

**PENENTUAN JADUAL PERAWATAN DAN PENGADAAN
KOMPONEN KRITIS PADA MESIN UNTUK MEMINIMASI
BIAYA PRODUKSI**

(Studi Kasus di CV. Perdana Perkasa Indonesia, Bojonegoro – Jawa Timur)

TUGAS AKHIR

Diajukan Sebagai Salah Satu Syarat untuk Memperoleh Gelar Sarjana S-1

Fakultas Teknologi Industri Jurusan Teknik Industri



Oleh

Nama : Navia Akhrin Naya

No. Mahasiswa : 07522037

**JURUSAN TEKNIK INDUSTRI
FAKULTAS TEKNOLOGI INDUSTRI
UNIVERSITAS ISLAM INDONESIA**

2011

PENGAKUAN

Demi Allah, Saya akui karya ini adalah hasil kerja saya sendiri kecuali nukilan dan ringkasan yang setiap satunya telah saya jelaskan sumbernya. Jika dikemudian hari terbukti pengakuan saya ini tidak benar dan melanggar peraturan yang sah dalam karya tulis dan hak intelektual maka saya bersedia ijazah yang telah saya terima untuk ditarik kembali oleh Universitas Islam Indonesia.

Yogyakarta, November 2011

METERAI
TEMPEL
46CC2AAF86482149



60.000



Navia Akhrin Naya

07522037





CV. PERDANA PERKASA NUSANTARA

Jl. Raya Balenrejo 140-141 , Desa Balenrejo , Kabupaten Bojonegoro

SURAT KETERANGAN

Nomor : 19/SK/09/PR/2011

Yang bertanda tangan di bawah ini Pimpinan CV. Perdana Perkasa Nusantara, menerangkan dengan sesungguhnya bahwa:

Nama : Navia Akhrin Naya

Nomor Mhs : 07522037

Jurusan : Teknik Industri

Fakultas Teknologi Industri Universitas Islam Indonesia

Telah selesai melakukan penelitian untuk penyusunan skripsi di CV. Perdana Perkasa Nusantara, Desa Balenrejo, Kabupaten Bojonegoro, Jawa Timur.

Demikian surat keterangan ini dibuat, agar dapat dipergunakan sebagaimana mestinya.

Bojonegoro, 20 September 2011

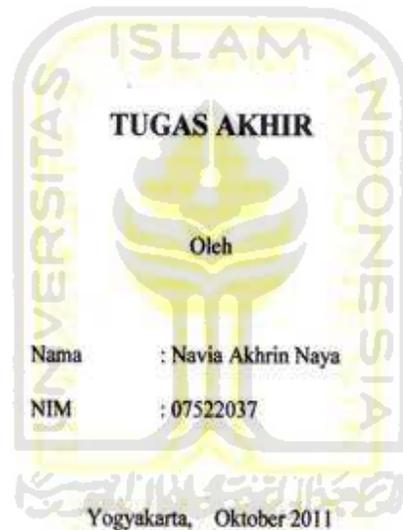
Manajemen Operasional

Yoseph, ST.

LEMBAR PENGESAHAN PEMBIMBING

**PENENTUAN JADUAL PERAWATAN DAN PENGADAAN
KOMPONEN KRITIS PADA MESIN UNTUK MEMINIMASI
BIAYA PRODUKSI**

(Studi Kasus di CV. Perdana Perkasa Indonesia, Bojonegoro – Jawa Timur)



Pembimbing

Ir. Ali Parkhan, MT.

LEMBAR PENGESAHAN PENGUJI

**PENENTUAN JADUAL PERAWATAN DAN PENGADAAN
KOMPONEN KRITIS PADA MESIN UNTUK MEMINIMASI
BIAYA PRODUKSI**

TUGAS AKHIR

Oleh

Nama : Navia Akhrin Naya

NIM : 07522037

Telah Dipertahankan di depan Sidang Penguji Sebagai
Salah Satu Syarat Untuk Memperoleh Gelar Sarjana Strata-1 Teknik Industri
Yogyakarta, November 2011

Tim Penguji

Ir. Ali Parkhan, MT

Ketua

Drs. R. Abdul Djalal, MM

Anggota 1

Yuli Agusti Rochman, ST., M. Eng.

Anggota 2

Mengetahui,

Ketua Jurusan Teknik Industri

Fakultas Teknologi Industri

Universitas Islam Indonesia

Drs. H. Mohammad Ibnu Mastur, MSIE.

11/11/2011

PERSEMBAHAN

*Kupersembahkan karya ini untuk kedua orang tuaku, Ibu dan Bapak
tercinta...*

*Terima kasih untuk setiap cinta yang tak terhingga, doa yang tak pernah
putus, kepercayaan yang selalu diberikan, dukungan yang begitu kuat serta
kesabaran yang begitu besar..*

*Terima kasih selalu mengajarkan kami agar menjadi anak yang senang
mencari ilmu, kuat dan berani..*



MOTTO

إِنَّ مَعَ الْعُسْرِ يُسْرًا . فَإِذَا فَرَغْتَ فَانصَبْ . وَإِلَى رَبِّكَ فَارْغَبْ

“ Dan bersama kesukaran pasti ada kemudahan. Karena itu bila selesai suatu tugas, mulailah tugas yang lain dengan sungguh-sungguh. Hanya kepada Tuhanmu hendaknya kau berharap”

(QS Asy-Syarah : 6 – 8)

هُبِّقَوْمٍ لَا يَعَيِّرُ مَا بِقَوْمِهِمْ وَيُغَيِّرُ مَا بِقَوْمِهِمْ وَأَمَّا بِنَفْسِهِمْ إِذَا رَأَوْا آيَاتِنَا سَاءَ أَفْلا مَرَدَّةً لَهُ

“Sungguh Allah tidak akan mengubah nasib suatu kaum sampai mereka sendiri mengubah dirinya”

(QS Ar Ra'd :11)

“Sebaik-baiknya manusia adalah yang bermanfaat untuk orang lain”

(Nabi Muhammad SAW)

‘Singsingkan lengan baju dan bersungguh-sungguhlah menggapai impian. Karena kemuliaan tak akan bisa diraih dengan kemalasan”

(Terjemahan Syair Sayyid Ahmad Hasyimi)

KATA PENGANTAR

بِسْمِ اللَّهِ الرَّحْمَنِ الرَّحِيمِ

Assalamu'alaikum Wr. Wb

Alhamdulillah, segala puji dan syukur penulis panjatkan kehadiran Allah SWT yang telah melimpahkan rahmat, taufik serta hidayahnya. Sholawat dan salam kepada junjungan kita Nabi Muhammad SAW beserta keluarga dan para sahabat, sehingga penulis dapat menyelesaikan Tugas Akhir yang berjudul **Penentuan Jadwal Perawatan dan Pengadaan Komponen Komponen Kritis pada Mesin untuk Meminimasi Biaya Produksi.**

Laporan Tugas Akhir ini merupakan salah satu syarat guna memperoleh gelar Sarjana Teknik Industri, Universitas Islam Indonesia. Dan juga sebagai sarana untuk mempraktekkan secara langsung ilmu dan teori yang telah diperoleh selama menjalani masa studi di Jurusan Teknik Industri, Fakultas Teknologi Industri, Universitas Islam Indonesia.

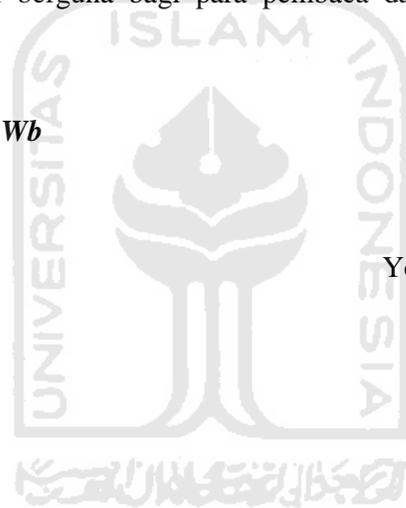
Keberhasilan terselesaikannya Tugas Akhir ini tidak lepas dari bantuan berbagai pihak. Oleh karena itu, dengan rasa hormat dan terima kasih yang sebesar-besarnya penulis sampaikan kepada:

1. Bapak Ir. Gumbolo Hadi Susanto, M.Sc. selaku Dekan Fakultas Teknologi Industri.
2. Drs. H. Mohammad Ibnu Mastur, MSIE selaku Ketua Jurusan Teknik Industri Universitas Islam Indonesia.
3. Bapak Ir. Ali Parkhan, MT. selaku dosen pembimbing penulis yang telah memberikan banyak arahan dalam penulisan laporan ini.

4. Bapak, ibu dan adikku yang memberi banyak dukungan dan dorongan bagi penulis dari awal penyusunan hingga terselesaikannya laporan Tugas Akhir ini.
5. Bapak Yoseph, ST. selaku manager operasional dan Mas Deni selaku kepala Teknisi CV. Perdana Perkasa Nusantara.
6. Seluruh teman-teman yang telah banyak memberi dukungan dalam penyusunan laporan.

Penulis menyadari bahwa Tugas Akhir ini masih jauh dari sempurna, untuk itu penulis sangat mengharapkan kritik dan saran yang membangun dari semua pihak. Semoga Tugas Akhir ini berguna bagi para pembaca dan khususnya bagi penulis sendiri.

Wassalamu'alaikum Wr. Wb



Yogyakarta, Oktober 2011

Penulis

ABSTRAK

CV. Perdana Perkasa Nusantara merupakan perusahaan penyedia paving yang berkualitas. Permasalahan yang terjadi di CV. Perdana Perkasa yaitu mesin yang digunakan untuk produksi sering mengalami kerusakan tiba-tiba. Untuk menanggulangi hal tersebut diperlukan jadwal perencanaan perawatan mesin terutama komponen kritis mesin. Dengan adanya jadwal perawatan tersebut diharapkan dapat meningkatkan reliability mesin dan meminimasi biaya perawatan yang dikeluarkan untuk maintenance. Selain itu, terjadinya kerusakan mesin akibat rusaknya komponen tidak dapat diketahui dengan pasti waktunya. Kondisi tersebut menyebabkan diperlukan tersedianya suku cadang komponen yang memadai pada saat dibutuhkan. Sehingga dalam perencanaan jadwal perawatan komponen kritis perlu juga disertakan jadwal pengadaan suku cadangnya. Komponen kritis yang terpilih adalah bearing vibro, manumatic cement, silinder, as dinamo, pompa air, bearing dinam, pintu pengaduk dan scrone cement. Berdasarkan hasil perhitungan diketahui bahwa interval waktu penggantian pencegahan masing- masing komponen kritis adalah bearing vibro 160 jam, manumatic cement 1.000 jam, silinder 1.150 jam, as dinamo 550 jam, pompa air 400 jam, bearing dinamo 550 jam, pintu pengaduk 850 jam dan scrone cement 700 jam. Perusahaan melakukan reorder untuk komponen bearing vibro sebanyak 11 unit tiap komponen di gudang tersisa 4 sampai 5 unit dengan biaya Rp. 1.030.372,72 /pesanan, as dinamo sebanyak 8 unit tiap komponen di gudang tersisa 2 sampai 3 unit dengan biaya Rp. 424.200,00 /pesanan dan bearing dinamo sebanyak 6 unit jika komponen di gudang tersisa 1 sampai 2 unit dengan biaya 412.466,67 /pesanan. Biaya yang harus ditanggung perusahaan setiap kali mengalami kerusakan minimum adalah bearing vibro Rp. 437,42 /jam, manumatic cement Rp. 330,1 /jam, silinder Rp. 252,6 /jam, as dinamo Rp. 154,48 /jam, pompa air Rp. 757,28 /jam, bearing dinamo Rp. 156,28 /jam, pintu pengaduk Rp. 448,67 /jam dan scrone cement Rp. 450,64 /jam.

Kata kunci : reliability, maintenance, suku cadang, interval, reorder

DAFTAR ISI

HALAMAN JUDUL	i
HALAMAN PENGAKUAN	ii
SURAT KETERANGAN DARI PERUSAHAAN	iii
HALAMAN PENGESAHAN PEMBIMBING	iv
HALAMAN PENGESAHAN PENGUJI	v
HALAMAN PERSEMBAHAN	vi
HALAMAN MOTTO	vii
KATA PENGANTAR	viii
ABSTRAK	x
DAFTAR ISI	xi
DAFTAR TABEL	xv
DAFTAR GAMBAR	xvii
BAB I: PENDAHULUAN	
1.1 Latar Belakang	1
1.2 Rumusan Masalah	3
1.3 Batasan Masalah	3
1.4 Tujuan Penelitian	4
1.5 Manfaat Penelitian	4
1.6 Sistematika Penulisan	4
BAB II: KAJIAN LITERATUR	
2.1 Perawatan Mesin	6
2.2 Tujuan Perawatan	9
2.3 Mesin Kritis dan Komponen Kritis	10
2.4 Diagram Pareto	12
2.5 Keandalan (<i>Reliability</i>)	14
2.6 Distribusi Kerusakan	16
2.6.1 Distribusi Eksponensial	17
2.6.2 Distribusi Weibull	18
2.6.3 Distribusi Normal	20

2.6.4	Distribusi Lognormal.....	21
2.7	Mean Time To Failure (MTTF).....	23
2.8	Mean Time To Repair (MTTR).....	23
2.9	Model Penentuan Penggantian Pencegahan dengan Kriteria Minimasi Downtime	24
2.10	Frekuensi Pemeriksaan dan Interval Pemeriksaan Optimal.....	27
2.11	Perhitungan Ketersediaan (<i>Availability</i>)	28
2.12	Penentuan Persediaan Suku Cadang	29
2.12.1	Pengertian Persediaan (<i>Inventory</i>).....	29
2.12.2	Biaya-biaya Persediaan (<i>Inventory</i>)	29
2.12.3	Model Persediaan untuk Produk dengan Permintaan Relatif Stabil	31
2.12.4	Model Persediaan untuk Produk dengan Permintaan Musiman	34
2.13	Perhitungan Biaya Perawatan.....	35

BAB III : METODE PENELITIAN

3.1	Objek Penelitian.....	36
3.2	Tujuan Penelitian	36
3.3	Landasan Teori	36
3.4	Metode Pengambilan Data	37
3.5	Diagram Alir Penelitian	38
3.6	Penjelasan Langkah-langkah Diagram Alir	39

BAB IV : PENGUMPULAN DAN PENGOLAHAN DATA

4.1	Pengumpulan Data.....	43
4.1.1	Profil Perusahaan.....	43
4.1.2	Penjadual Tenaga Kerja.....	44
4.1.3	Proses Produksi	44
4.1.4	Mesin yang Digunakan.....	44
4.1.5	Data Kerusakan Mesin.....	45
4.1.6	Data Persediaan Komponen.....	48

4.1.7	Data Biaya.....	50
4.1.8	Data Harga Jual Produk.....	52
4.2	Pengolahan Data.....	52
4.2.1	Penentuan Komponen Kritis.....	52
4.3	Penjadualan Perawatan Komponen Kritis.....	54
4.3.1	Perhitungan <i>Time To Failure</i> (TTF) dan <i>Time To Repair</i> (TTR).....	54
4.3.2	Identifikasi Distribusi Waktu Antar Kerusakan (TTF).....	58
4.3.3	Identifikasi Distribusi untuk Data Waktu Perbaikan (TTR).....	65
4.3.4	Perhitungan <i>Mean Time To Failure</i> (MTTF) Data Waktu Antar Kerusakan.....	74
4.3.5	Perhitungan <i>Mean Time To Repair</i> (MTTR) Data Waktu Perbaikan.....	76
4.3.6	Perhitungan Interval Waktu Pengganti Pencegahan Berdasarkan Kriteria Minimasi Downtime.....	79
4.3.7	Penentuan Frekuensi dan Interval Waktu Pemeriksaan Dengan Kriteria Minimasi Downtime.....	87
4.3.8	Perhitungan <i>Availability</i> (Ketersediaan).....	95
4.4	Perhitungan Persediaan Suku Cadang.....	98
4.4.1	Penjadualan Pengadaan Suku Cadang <i>Bearing Vibro</i>	98
4.4.2	Penjadualan Pengadaan Suku Cadang <i>As Dinamo</i>	100
4.4.3	Penjadualan Pengadaan Suku Cadang <i>Bearing Dinamo</i>	103
4.5	Perhitungan Biaya Perawatan.....	105
4.5.1	Perhitungan Biaya Perawatan <i>Bearing Vibro</i>	106
4.5.2	Perhitungan Biaya Perawatan <i>Manumatic Cement</i>	107
4.5.3	Perhitungan Biaya Perawatan <i>Silinder</i>	109
4.5.4	Perhitungan Biaya Perawatan <i>As Dinamo</i>	110
4.5.5	Perhitungan Biaya Perawatan Pompa Air.....	111
4.5.6	Perhitungan Biaya Perawatan <i>Bearing Dinamo</i>	113
4.5.7	Perhitungan Biaya Perawatan Pintu Pengaduk (<i>Mixer</i>).....	114
4.5.8	Perhitungan Biaya Perawatan <i>Scrone Cement</i>	116

BAB V : PEMBAHASAN

5.1	Analisis Penentuan Komponen Kritis.....	118
5.2	Analisis Penjadualan Perawatan <i>Bearing Vibro</i>	119
5.3	Analisis Penjadualan Perawatan <i>Manumatic Cement</i>	120
5.4	Analisis Penjadualan Perawatan Silinder.....	121
5.5	Analisis Penjadualan Perawatan <i>As Dinamo</i>	122
5.6	Analisis Penjadualan Perawatan Pompa Air	123
5.7	Analisis Penjadualan Perawatan <i>Bearing Dinamo</i>	124
5.8	Analisis Penjadualan Perawatan Pintu Pengaduk (<i>Mixer</i>).....	125
5.9	Analisis Penjadualan Perawatan <i>Scrone Cement</i>	126
5.10	Analisis Perhitungan Persediaan Suku Cadang.....	127
5.11	Analisis Biaya Total Perawatan.....	128

BAB VI : KESIMPULAN DAN SARAN

5.1	Kesimpulan.....	131
5.2	Saran	132

DAFTAR PUSTAKA

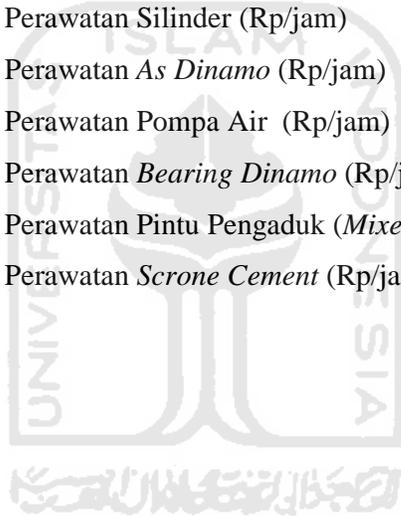
LAMPIRAN



DAFTAR TABEL

- Tabel 4.1 Data Komponen Mesin Tidak Dapat Dioperasikan
- Tabel 4.2 Data Status Komponen *Bearing Vibro* di Gudang
- Tabel 4.3 Data Status Komponen *As Dinamo* di Gudang
- Tabel 4.4 Data Status Komponen *Bearing Dinamo* di Gudang
- Tabel 4.5 Rincian Biaya Pemesanan
- Tabel 4.6 Persentase Kerusakan Komponen Mesin Tidak Dapat Dioperasikan
- Tabel 4.7 Data Kerusakan Komponen *Bearing Vibro*
- Tabel 4.8 Data Kerusakan Komponen *Manumatic Cement*
- Tabel 4.9 Data Kerusakan Komponen Silinder
- Tabel 4.10 Data Kerusakan Komponen *As Dinamo*
- Tabel 4.11 Data Kerusakan Komponen *Pompa Air*
- Tabel 4.12 Data Kerusakan Komponen *Bearing Dinamo*
- Tabel 4.13 Data Kerusakan Komponen Pintu Pengaduk (*Mixer*)
- Tabel 4.14 Data Kerusakan Komponen *Scrone Cement*
- Tabel 4.15 Nilai *Anderson Darling* untuk Distribusi Data TTF *Bearing Vibro*
- Tabel 4.16 Nilai *Anderson Darling* untuk Distribusi Data TTF *Manumatic Cement*
- Tabel 4.17 Nilai *Anderson Darling* untuk Distribusi Data TTF Silinder
- Tabel 4.18 Nilai *Anderson Darling* untuk Distribusi Data TTF *As Dinamo*
- Tabel 4.19 Nilai *Anderson Darling* untuk Distribusi Data TTF *Pompa Air*
- Tabel 4.20 Nilai *Anderson Darling* untuk Distribusi Data TTF *Bearing Dinamo*
- Tabel 4.21 Nilai *Anderson Darling* untuk Distribusi Data TTF Pintu Pengaduk (*Mixer*)
- Tabel 4.22 Nilai *Anderson Darling* untuk Distribusi Data TTF *Scrone Cement*
- Tabel 4.23 Nilai *Anderson Darling* untuk Distribusi Data TTR *Bearing Vibro*
- Tabel 4.24 Nilai *Anderson Darling* untuk Distribusi Data TTR *Manumatic Cement*
- Tabel 4.25 Nilai *Anderson Darling* untuk Distribusi Data TTR Silinder
- Tabel 4.26 Nilai *Anderson Darling* untuk Distribusi Data TTR *As Dinamo*
- Tabel 4.27 Nilai *Anderson Darling* untuk Distribusi Data TTR *Pompa Air*
- Tabel 4.28 Nilai *Anderson Darling* untuk Distribusi Data TTR *Bearing Dinamo*
- Tabel 4.29 Nilai *Anderson Darling* untuk Distribusi Data TTR Pintu Pengaduk (*Mixer*)

- Tabel 4.30 Nilai *Anderson Darling* untuk Distribusi Data TTR *Scrone Cement*
- Tabel 4.31 Interval Penggantian *Bearing Vibro*
- Tabel 4.32 Interval Penggantian *Manumatic Cement*
- Tabel 4.33 Interval Perawatan Silinder
- Tabel 4.34 Interval Penggantian *As Dinamo*
- Tabel 4.35 Interval Perawatan Pompa Air
- Tabel 4.36 Interval Penggantian *Bearing Dinamo*
- Tabel 4.37 Interval Penggantian Pintu Pengaduk (*Mixer*)
- Tabel 4.38 Interval Penggantian *Scrone Cement*
- Tabel 4.39 Data Ongkos Perawatan *Bearing Vibro* (Rp/jam)
- Tabel 4.40 Data Ongkos Perawatan *Manumatic Cement* (Rp/jam)
- Tabel 4.41 Data Ongkos Perawatan Silinder (Rp/jam)
- Tabel 4.42 Data Ongkos Perawatan *As Dinamo* (Rp/jam)
- Tabel 4.43 Data Ongkos Perawatan Pompa Air (Rp/jam)
- Tabel 4.44 Data Ongkos Perawatan *Bearing Dinamo* (Rp/jam)
- Tabel 4.45 Data Ongkos Perawatan Pintu Pengaduk (*Mixer*) (Rp/jam)
- Tabel 4.46 Data Ongkos Perawatan *Scrone Cement* (Rp/jam)



DAFTAR GAMBAR

- Gambar 2.1 Contoh Diagram Pareto
- Gambar 2.2 Kurva Laju Kerusakan (*Bathub Curve*)
- Gambar 2.3 Pola Distribusi Eksponensial a) $F(t)$ dan $R(t)$; b) *Failure*; c) *Cumulative Failure Distribution*; d) *Hazard Rate*
- Gambar 2.4 Pola Distribusi Weibull *Reliability Function*; a) *Failure Distribution*; b) *Cumulative Failure Distribution*; c) *Hazard Rate*
- Gambar 2.5 *Probability density function* distribusi normal
- Gambar 2.6 *Cummulative distribution function* dan *Hazard rate* Distribusi Normal
- Gambar 2.7 Pola Distribusi Lognormal
- Gambar 2.8 Ilustrasi Model Pengadaan Suku Cadang
- Gambar 2.9 Interaksi antara Permintaan dan *Lead time* pada Penentuan *Safety Stock*
- Gambar 3.1 Diagram Alir Penelitian
- Gambar 4.1 Diagram Pareto Tingkat Kerusakan Komponen Mesin
- Gambar 4.2 Plot Data TTF *Bearing Vibro*
- Gambar 4.3 Plot Data TTF *Manumatic Cement*
- Gambar 4.4 Plot Data TTF Silinder
- Gambar 4.5 Plot Data TTF *As Dinamo*
- Gambar 4.6 Plot Data TTF Pompa Air
- Gambar 4.7 Plot Data TTF *Bearing Dinamo*
- Gambar 4.8 Plot Data TTF Pintu Pengaduk (*Mixer*)
- Gambar 4.9 Plot Data TTF *Scrone Cement*
- Gambar 4.10 Plot Data TTR *Bearing Vibro*
- Gambar 4.11 Plot Data TTR *Manumatic Cement*
- Gambar 4.12 Plot Data TTR Silinder
- Gambar 4.13 Plot Data TTR *As Dinamo*
- Gambar 4.14 Plot Data TTR Pompa Air
- Gambar 4.15 Plot Data TTR *Bearing Dinamo*
- Gambar 4.16 Plot Data TTR Pintu Pengaduk (*Mixer*)
- Gambar 4.17 Plot Data TTR *Scrone Cement*
- Gambar 4.18 Grafik Permintaan Komponen *Bearing Vibro*

Gambar 4.19 Grafik Permintaan Komponen *As Dinamo*

Gambar 4.20 Grafik Permintaan Komponen *Bearing Dinamo*



BAB I

PENDAHULUAN

1.1 Latar Belakang

Seiring dengan semakin tajamnya persaingan di dunia industri memaksa suatu perusahaan untuk lebih meningkatkan kelancaran, efektivitas dan efisiensi kegiatan operasinya. Salah satu hal yang mendukung kelancaran kegiatan operasi pada suatu perusahaan adalah kesiapan mesin-mesin produksi dalam melaksanakan tugasnya. Untuk menjaga tingkat kesiapan mesin agar mesin dapat selalu digunakan terus sehingga kontinuitas produksi dapat terus terjamin, maka dibutuhkan perawatan mesin atau *maintenance* yang baik (Mustafa, 1998). Menurut Gaspersz (1994), perawatan (*maintenance*) merupakan suatu kegiatan yang diarahkan pada tujuan untuk menjamin kelangsungan fungsional suatu sistem produksi sehingga dari sistem itu dapat diharapkan menghasilkan *output* sesuai dengan yang dikehendaki.

Suatu manajemen perawatan terdiri atas berbagai perawatan, mulai dari perawatan ringan (pelumasan, pemeriksaan, *setting*) sampai kepada perawatan yang berat (penggantian komponen dan turun mesin). Manajemen perawatan yang baik tersebut akan mendukung kinerja perawatan mesin menjadi efektif dan efisien serta akan dapat meminimalkan kerusakan-kerusakan yang terjadi selama proses operasi.

Mesin yang rusak secara mendadak dapat mengganggu rencana produksi yang telah ditetapkan. Untuk menanggulangi hal tersebut diperlukan perencanaan perawatan mesin yang terjadual. Dengan adanya penentuan jadual perawatan yang

tepat, keandalan suatu mesin (sistem) akan meningkat, serta akan menurunkan biaya perbaikan dan perawatan akibat kerusakan mesin.

Salah satu bentuk aktivitas perawatan adalah penggantian (*replacement*) komponen yang telah mengalami kerusakan (*failed*) (Imam Sodikin, 2008). Sedangkan terjadinya kerusakan mesin akibat rusaknya komponen tidak dapat diketahui dengan pasti. Kondisi tersebut menyebabkan diperlukan tersedianya suku cadang komponen yang memadai pada saat dibutuhkan. Tetapi, terlalu banyak suku cadang yang disimpan di gudang dan dalam jangka waktu yang lama akan menimbulkan biaya yang besar untuk penyimpanan dan perawatan suku cadang di gudang. Sehingga dalam perencanaan jadwal perawatan komponen kritis perlu juga disertakan jadwal pengadaan suku cadang agar selalu tersedia saat terjadi pergantian komponen dan tidak terjadi penimbunan.

CV. Perdana Perkasa Nusantara merupakan perusahaan yang bergerak dalam bidang produksi paving yang berkualitas. Perusahaan menggunakan beberapa mesin untuk membantu kelancaran proses produksi. Mesin-mesin yang digunakan untuk produksi merupakan mesin-mesin berat. Masalah yang terjadi di perusahaan ini adalah mesin yang digunakan untuk produksi sering mengalami kerusakan tiba-tiba sehingga menghentikan proses produksi yang sedang berlangsung. Selain mengakibatkan target produksi yang tidak terpenuhi, kerusakan mesin ini juga mengakibatkan ongkos-ongkos produksi yang berkaitan dengan perawatan dan pengadaan suku cadang komponen kritis meningkat.

Berdasarkan uraian diatas, perawatan komponen kritis pada mesin bertujuan untuk menekan terjadinya kerusakan pada mesin dengan merencanakan jadwal perawatan komponen kritis dan pengadaan suku cadang yang optimal sehingga total biaya produksi dapat diminimalkan. Berkaitan dengan itu, teknologi keandalan

mempunyai potensi untuk dipakai dalam ruang yang sangat luas. Hal inilah yang membuat pentingnya diadakan penelitian ini agar mesin dapat menjalankan fungsinya secara optimal dengan penjadualan perawatan komponen kritis mesin dan pengadaan suku cadang yang optimum.

1.2 Rumusan Masalah

Berdasarkan uraian latar belakang diatas maka permasalahan yang dikaji dalam penelitian ini adalah bagaimana jadwal perawatan komponen kritis mesin dan pengadaan suku cadang yang optimum untuk meminimasi biaya produksi.

1.3 Batasan Masalah

Pembatasan masalah perlu dilakukan untuk memfokuskan kajian yang akan dilaksanakan sehingga tujuan penelitian dapat dicapai. Adapun batasan masalahnya adalah sebagai berikut :

1. Penelitian dilakukan pada komponen kritis mesin produksi 2 CV. Perdana Perkasa Nusantara. Komponen kritis yang menjadi objek penelitian adalah *bearing vibro, manumatic cement, silinder, as dinamo, pompa air, bearing dinamo, pintu pengaduk (mixer) dan scrone cement.*
2. Pengambilan data yang digunakan dalam penelitian ini data perawatan mesin baik perawatan *preventif* maupun perawatan *corrective* akibat proses produksi.
3. Biaya produksi yang dihitung adalah biaya perawatan dan pengadaan suku cadang komponen kritis mesin.
4. Pada pengolahan data menggunakan bantuan software minitab 16.0.

1.4 Tujuan Penelitian

Adapun tujuan dari penelitian ini adalah:

1. Menentukan jadwal perawatan komponen kritis
2. Menentukan waktu dan jumlah pengadaan suku cadang
3. Menghitung biaya produksi yang akan dikeluarkan

1.5 Manfaat Penelitian

Dari penelitian yang dilakukan diharapkan dapat diambil manfaat :

1. Menambah khasanah ilmu pengetahuan khususnya dalam hal manajemen perawatan.
2. Penelitian ini dapat memberikan kontribusi positif kepada pihak perusahaan dalam hal mengevaluasi dan mengambil kebijakan terhadap masalah manajemen perawatan fasilitas perusahaan.

1.6 Sistematika Penelitian

Untuk lebih terstrukturanya penulisan tugas akhir ini maka selanjutnya sistematika penulisan ini disusun sebagai berikut :

BAB I : PENDAHULUAN

Bab ini akan menguraikan secara singkat mengenai latar belakang masalah, rumusan masalah, batasan masalah, tujuan penelitian, manfaat penelitian dan sistematika penulisan.

BAB II : KAJIAN LITERATUR

Merupakan penjelasan secara terperinci mengenai teori-teori yang digunakan sebagai landasan untuk pemecahan masalah. Memberikan garis

besar metode yang digunakan oleh peneliti sebagai kerangka pemecahan masalah.

BAB III : METODOLOGI PENELITIAN

Mengandung uraian tentang bahan atau materi penelitian, alat tata cara penelitian dan data yang akan dikaji serta cara analisis yang dipakai dan sesuai dengan bagan alir yang telah dibuat.

BAB IV : PENGUMPULAN DAN PENGOLAHAN DATA

Menguraikan tentang data-data yang dibutuhkan selama penelitian dan tahap-tahap pengolahan data dengan metode yang telah ditentukan serta hasil dari pengolahan data tersebut.

BAB V : PEMBAHASAN

Berisi informasi tentang pembahasan atau diskusi hasil penelitian, kesesuaian dengan latar belakang masalah, rumusan dan tujuan penelitian yang mengarah pada kesimpulan dari hasil penelitian.

BAB VI : KESIMPULAN DAN SARAN

Berisi kesimpulan yang diperoleh melalui pembahasan hasil penelitian, serta saran-saran yang perlu diberikan untuk perbaikan bagi instansi tempat penelitian maupun kepada peneliti lain.

DAFTAR PUSTAKA

Pada bab ini berisi tentang semua literatur, buku, jurnal, artikel dan lain-lain yang digunakan untuk mendukung penelitian ini.

LAMPIRAN

Memuat keterangan tabel, gambar, data perusahaan dan hal-hal lain yang perlu dilampirkan.

BAB II

KAJIAN LITERATUR

2.1 Perawatan Mesin

Penelitian mengenai perawatan mesin menggunakan metode *reliability* ini sudah banyak dilakukan oleh beberapa orang, antara lain Aditya Saputra dengan judul “Analisis *Maintenance Task Conveyor 2851-V* dengan menggunakan Metode *Reliability Centered Maintenance*” memasukkan konsep simulasi terjadinya kerusakan mesin yang dalam kasusnya adalah mesin *conveyor*. Selain itu pada tahun 2006, Dhinar Riyati dengan judul penelitian “Penentuan Interval Waktu Penggantian Komponen Kritis pada Mesin Diesel Generator berdasarkan Analisis *Reliability*” juga menggunakan konsep *reliability* dalam perawatan mesin. Kemudian pada tahun yang sama penelitian dengan judul “Penentuan Interval Optimum *Overhaul Rotating Equipment* berdasarkan Evaluasi *Reliability*” oleh Windy Lidia Lestari juga menggunakan metode *reliability* untuk mengoptimalkan laju kerusakan yang terjadi pada studi kasusnya. Dan tahun 2010, Steffi Kartika Widyasputri dengan judul penelitian “Perhitungan *Reliability* untuk Penjadualan *Predictive Maintenance* Serta Biaya Perawatan Mesin Kritis Oil Shipping Pump” menggunakan metode *reliability* untuk membuat penjadualan *predictive maintenance* dan biaya yang akan dikeluarkan. Pada penelitian ini juga digunakan metode *reliability* dalam menentukan laju kerusakan sehingga nantinya dapat dibuat penjadualan perawatan komponen kritis dan dapat meminimasi biaya yang akan dikeluarkan. Lebih lanjut dalam penelitian ini juga dilengkapi dengan penentuan waktu dan jumlah pengadaan suku cadang komponen

kritis sehingga dapat menjamin ketersediaan komponen setiap kali terjadi kerusakan dan membutuhkan pergantian pergantian komponen.

Menurut Gaspersz (1994), perawatan (*maintenance*) merupakan suatu kegiatan yang diarahkan pada tujuan untuk menjamin kelangsungan fungsional suatu sistem produksi sehingga dari sistem itu dapat diharapkan menghasilkan *output* sesuai dengan yang dikehendaki. Dengan kata lain perawatan adalah kegiatan dalam rangka mengupayakan fasilitas produksi berada pada kemampuan produksi yang dikehendaki.

Perawatan dalam suatu perusahaan merupakan hal yang sangat penting untuk diperhatikan sebab kegiatan perawatan merupakan suatu masalah yang sangat kompleks yaitu menyangkut semua peralatan atau mesin yang ada dalam pabrik tersebut. Departemen perawatan dalam perusahaan merupakan bagian yang membantu departemen produksi dalam memberikan laporan mengenai keadaan peralatan atau mesin tersebut.

Kegiatan perawatan (pemeliharaan) dibedakan atas dua macam, yaitu:

1. Perawatan tidak terencana (*Unplanned Maintenance*)

Perawatan tidak terencana merupakan perawatan yang tidak direncanakan terlebih dahulu. Biasanya disebabkan oleh perawatan dan fasilitas produksi yang mengalami kerusakan secara tiba-tiba karena tidak memiliki rencana atau jadual perawatan.

2. Perawatan terencana.

Perawatan terencana adalah perawatan yang diorganisir dan dilakukan dengan perkiraan ke masa depan, pengendalian dan pencatatan sesuai dengan rencana yang telah ditentukan sebelumnya. Perawatan ini terbagi dua, yaitu:

a. Perawatan yang bersifat preventif.

Perawatan ini dimaksudkan untuk menjaga keadaan peralatan sebelum peralatan itu menjadi rusak. Pada dasarnya yang dilakukan untuk mencegah timbulnya kerusakan-kerusakan yang tidak diduga dan menentukan keadaan yang dapat menyebabkan fasilitas produksi mengalami kerusakan pada waktu digunakan dalam proses operasi.

b. Perawatan yang bersifat korektif.

Perawatan ini dimaksudkan untuk memperbaiki peralatan yang rusak. Pada dasarnya aktivitas yang dilakukan adalah pemeliharaan dan perawatan yang dilakukan setelah terjadinya suatu kerusakan atau kelainan pada mesin tersebut. Perawatan korektif dapat juga didefinisikan sebagai perbaikan yang dilakukan karena adanya kerusakan yang dapat terjadi akibat tidak dilakukannya perawatan preventif maupun telah dilakukan perawatan preventif tapi sampai pada suatu waktu tertentu fasilitas dan peralatan tersebut tetap rusak. Jadi dalam hal ini, kegiatan perawatan sifatnya hanya menunggu sampai terjadi kerusakan, baru kemudian diperbaiki atau dibetulkan.

c. *Predictive Maintenance* ini lebih maju dibanding dengan dua tipe sebelumnya. Ditandai dengan menggunakan teknik-teknik muhtahir (*advace scientific techniques*) termasuk statistic probabilitas untuk memaksimalkan waktu operasi dan menghilangkan pekerjaan pekerjaan yang tidak perlu. Predictive maintenance dipakai hanya pada sistem yang akan menimbulkan masalah serius jika terjadi kerusakan pada mesin atau pada proses proses yang berbahaya.

2.2 Tujuan Perawatan

Secara umum perawatan mempunyai tujuan-tujuan sebagai berikut: (Mustafa, 1998)

1. Memungkinkan tercapainya mutu produksi dan kepuasan pelanggan melalui penyesuaian, pelayanan dan pengoperasian mesin.
2. Memaksimalkan umur kegunaan dari sistem.
3. Menjaga agar sistem aman dan mencegah perkembangan gangguan keamanan.
4. Meminimalkan biaya produksi total secara langsung dapat dihubungkan dengan service dan perbaikan
5. Memaksimalkan produksi dari sumber-sumber yang ada.
6. Meminimalkan frekuensi dan kuatnya gangguan terhadap proses operasi.
7. Menyiapkan personil, fasilitas dan metodenya.
8. Agar mampu mengerjakan tugas-tugas perawatan.

Tindakan – tindakan perawatan yang dilakukan meliputi :

1. Pemeriksaan

- a) Pemeriksaan terhadap sistem yang dalam kondisi siap pakai (*serviceable*), bertujuan untuk melihat apakah ada hal-hal yang dapat menimbulkan kerusakan.
- b) Pemeriksaan terhadap sistem yang dalam kondisi tidak siap pakai atau rusak (*unserviceable*), bertujuan untuk menentukan jenis kerusakan, tingkat kerusakan, dan suku cadang yang diperlukan.

- c) Pemeriksaan yang dilakukan pada sistem yang telah selesai mengalami perawatan, bertujuan untuk melihat apakah prosedur dan mutunya sesuai standar yang digunakan.
2. *Servicing* yaitu kegiatan yang meliputi pencucian, pelumasan dan hal-hal lain yang sejenis.
3. Perbaikan yaitu perawatan yang tidak terjadual untuk memperbaiki bagian yang rusak. Pekerjaannya meliputi pembongkaran, penggantian yang rusak, pemasangan kembali dan pengujian.
4. Modifikasi bertujuan mengubah dari kondisi asli sistem dengan cara menambah, mengurangi atau membentuk .
5. Uji coba meliputi pengujian yang dilakukan atas suatu peralatan atau mesin untuk meyakinkan bahwa peralatan atau mesin dapat berfungsi dengan baik.

2.3 Mesin Kritis dan Komponen Kritis

Mesin kritis adalah mesin yang mengalami frekuensi kerusakan terbesar dengan total *downtime* terbesar. Untuk penentuan mesin kritis ini, langkah pertama yang dilakukan adalah dengan mengukur lamanya waktu *downtime* produksi dari tiap-tiap mesin (Pratiwi, 2006).

Suatu mesin dikatakan mesin kritis bila memiliki jumlah frekuensi kerusakan dan jumlah *stop hour* terbanyak dibandingkan mesin lain. Sedangkan komponen atau unit dikualifikasikan kritis apabila:

1. Kerusakan unit itu membahayakan kesehatan atau keselamatan penggunaannya.
2. Kerusakan unit dapat mempengaruhi kualitas produk.
3. Kerusakan unit dapat menimbulkan kemacetan.

4. Biaya investasi untuk unit itu sangat mahal.

Selanjutnya, untuk mengetahui komponen kritis dari suatu mesin dilakukan perhitungan frekuensi kumulatif, presentase kerusakan dan presentase kumulatif kerusakan dari mesin yang diteliti.

Frekuensi kumulatif adalah penjumlahan dari frekuensi kerusakan komponen yang dimaksud dengan banyak kerusakan sebelumnya, contoh perhitungannya adalah sebagai berikut:

$$Fk_n = F_n + Fk(n - 1)$$

Dimana:

Fk_n = kumulatif dari kerusakan komponen ke- n

F_n = frekuensi kerusakan komponen ke- n

$Fk(n-1)$ = jumlah dari kerusakan mesin sebelumnya (kumulatif dari kerusakan komponen sebelumnya)

Perhitungan presentase adalah total presentase kerusakan komponen yang dimaksud dari total kerusakan komponen. Rumus presentase total kerusakan komponen adalah sebagai berikut: $Xk_n = \frac{Fk_n}{\sum F} \times 100\%$

Dimana:

Xk_n = presentase dari kerusakan komponen ke- n

F = frekuensi kerusakan

Presentase kumulatif dari kerusakan adalah jumlah presentase dari kerusakan peralatan yang dimaksud dengan kumulatif atau jumlah presentase dan kerusakan sebelumnya. Rumus perhitungan untuk presentase kumulatif adalah sebagai berikut:

$$KXk_n = Xk_n + XK(n - 1)$$

Dimana:

KXk_n = presentase kumulatif dari kerusakan peralatan ke- n

Xk_n = presentase dari kerusakan peralatan ke- n

$Xk(n-1)$ = jumlah atau kumulatif presentase dari kerusakan peralatan sebelumnya

Penentuan komponen kritis ditentukan berdasarkan presentase waktu terbesar penyebab kerusakan mesin selanjutnya akan digambarkan dengan diagram pareto.

2.4 Diagram Pareto

Diagram pareto adalah grafik batang yang menunjukkan masalah berdasarkan urutan banyaknya kejadian (Gaspersz, 1998). Masalah yang paling banyak terjadi ditunjukkan oleh grafik batang yang pertama yang tertinggi serta ditempatkan pada sisi paling kiri, dan seterusnya sampai masalah yang paling sedikit terjadi ditunjukkan oleh grafik batang terakhir yang terendah serta ditempatkan pada sisi paling kanan. Pada dasarnya diagram pareto digunakan sebagai alat interpretasi untuk:

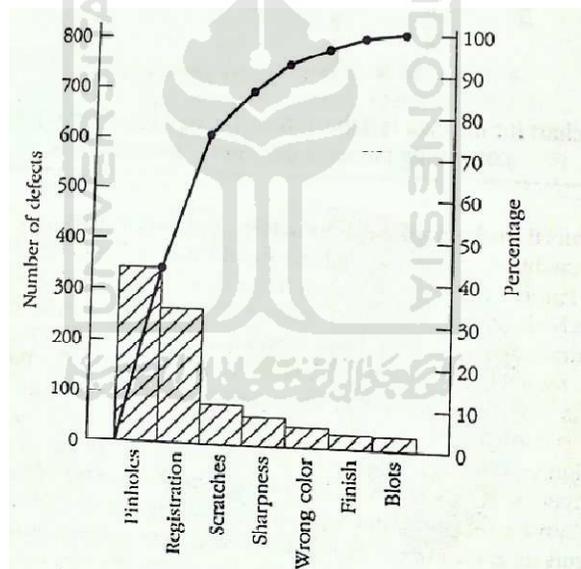
1. Menentukan frekuensi relatif dan urutan pentingnya masalah-masalah atau penyebab-penyebab dari masalah yang ada.
2. Memfokuskan perhatian pada isu-isu kritis dan penting melalui pembuatan ranking terhadap masalah-masalah atau penyebab-penyebab dari masalah itu dalam bentuk yang signifikan.

Langkah-langkah membuat diagram pareto (Gaspersz, 1998):

1. Menentukan masalah yang akan diteliti, mengidentifikasi kategori-kategori atau penyebab-penyebab dari masalah yang akan diperbandingkan.
2. Membuat suatu ringkasan daftar atau tabel yang mencatat frekuensi kejadian dari suatu masalah yang telah diteliti.

3. Membuat daftar masalah secara berurutan berdasarkan frekuensi kejadian dari yang tertinggi sampai terendah, frekuensi kumulatif, presentase total kejadian dan presentase dari total kejadian secara kumulatif.
4. Menggambar dua buah garis vertical dan garis horizontal.
5. Membuat histogram pada diagram pareto.
6. Menggambar kurva kumulatif serta cantumkan nilai-nilai kumulatif di sebelah kanan atas dari interval setiap item masalah.
7. Memutuskan untuk mengambil tindakan perbaikan atas penyebab utama dari masalah.

Adapun gambar mengenai diagram pareto dapat dilihat pada gambar berikut:



Gambar 2.1 Contoh Diagram Pareto

Diagram tersebut menggambarkan penyebab-penyebab permasalahan ditulis pada garis horizontal, histogram menggambarkan frekuensi dan presentase kejadian penyebab masalah yang diteliti. Frekuensi kejadian kerusakan ditulis berurutan dari yang terbesar dimulai dari kiri ke kanan. Garis yang bergerak dari kiri bawah ke kanan atas adalah garis yang menggambarkan presentase kumulatif penyebab masalah.

Diagram tersebut menggambarkan dua penyebab masalah yang jumlah presentase kumulatifnya mencapai hampir tiga per empat dari seluruh penyebab masalah. Perbaikan signifikan pada hampir atau lebih tiga per empat penyebab masalah akan menghasilkan perbaikan yang besar dalam penyelesaian masalah yang diteliti.

Penyebab-penyebab masalah lain mungkin memiliki perbedaan ongkos yang substansial. Dalam kasus ini, akan lebih baik jika kita mengutamakan faktor ongkos dari pada frekuensi kejadian penyebab masalah. Pada saat ongkos unit penyebab masalah tersebut sulit atau hampir tidak bisa diestimasi, maka peneliti bisa menggunakan faktor subjektif untuk menentukan penyebab masalah yang akan diperbaiki.

2.5 Keandalan (*Reliability*)

Keandalan atau *reliability* dapat diartikan sebagai peluang bahwa sebuah komponen akan mampu melaksanakan sebuah fungsi yang spesifik dalam suatu kondisi operasi dan periode waktu tertentu. Keandalan merupakan salah satu ukuran keberhasilan sistem pemeliharaan yang digunakan untuk menentukan penjadwalan pemeliharaan sendiri. Konsep keandalan digunakan juga pada berbagai industri, misalnya dalam penentuan interval penggantian komponen mesin.

Secara umum, fungsi keandalan dinyatakan sebagai berikut (Ebeling, 1997) :

$$R(t) = 1 - F(t) \text{ dimana } F(t) = \int_0^t f(t)dt$$

$$R(t) = 1 - \int_0^{\infty} f(t)dt \text{ untuk } t \geq 0$$

$$R(t) = \int_t^{\infty} f(t)dt$$

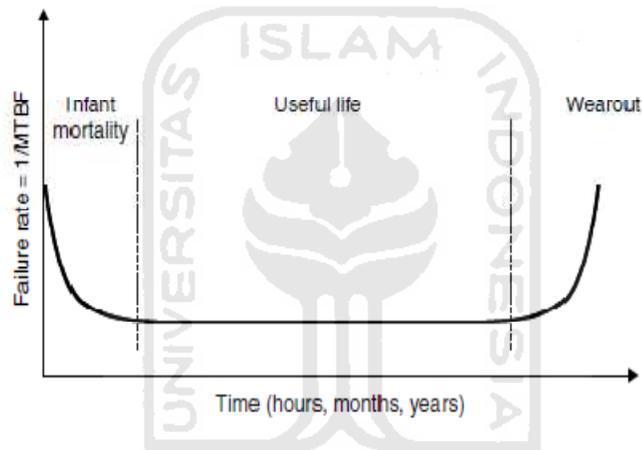
Keterangan:

t = waktu

$f(t)$ = probabilitas suatu kerusakan sebelum waktu t

$R(t)$ = fungsi keandalan

Ukuran pemenuhan performa dinyatakan dalam sebuah notasi peluang. Nilai fungsi keandalan $R(t)$ berkisar antara $0 \leq R(t) \leq 1$, dimana nilai 0 berarti keandalan sangat rendah dan komponen tidak dapat dipakai. Sedangkan nilai 1 menunjukkan keandalan yang tinggi.



Gambar 2.2 Kurva Laju Kerusakan (*Bathub Curve*)

Bagian ini menjelaskan mengenai kurva yang menunjukkan pola laju kerusakan sesaat yang umum bagi suatu produk yang dikenal dengan istilah kurva bak mandi (*bathub curve*) karena bentuknya (Ebeling, 1997).

Setiap periode waktu mempunyai karakteristik tertentu, yang ditentukan oleh laju kerusakannya:

1. *Infant Mortality Stage*: pada tahap awal pengembangan produk, terdapat beberapa part, material, proses yang tidak terpantau oleh bagian quality control. Item yang tidak standard ini kemudian rusak lebih cepat dari pada total

waktu hidup produk. Saat masalah ini muncul dan perlahan diperbaiki, tingkat kerusakan populasi akan menurun dan menstabilkan populasi.

2. *On Average Stage*: saat stabilisasi populasi selesai, laju kerusakan produk menjadi konstan. Namun, kita tidak dapat memprediksikan secara pasti kapan kerusakan terjadi karena terjadinya kerusakan tersebut secara random.
3. *Aging and Wearout Stage*: saat masa pemakaian produk meningkat, beberapa mekanisme kegagalan potensial dapat terjadi namun tidak secara random. Faktanya, kerusakan tersebut berdasarkan waktu atau siklus dan mengarah pada penuaan dan keausan. Dengan demikian, laju kerusakan akan mulai naik dan umur pakai produk mendekati akhir.

2.6 Distribusi Kerusakan

Data yang digunakan dalam perhitungan dapat dibagi dalam dua jenis yaitu: data diskrit dan data kontinyu.

Data diskret adalah data yang berupa atribut (seperti baik atau buruk, tolak atau terima) atau kejadian (seperti kecelakaan, kelahiran). Jumlah data diskret dapat disajikan dalam angka maupun proporsi. Dalam prakteknya, data diskret berupa hasil cacahan, misalnya banyaknya penduduk yang cacat, frekuensi kerusakan mesin dalam satu tahun disuatu perusahaan (Walpole, 1986).

Data kontinyu adalah suatu data yang merupakan hasil perhitungan kuantitas. Pengukuran variabel ini hanya dapat dicatat bila pengukuran dilakukan secara akurat. Dalam prakteknya, data kontinyu berupa hasil pengukuran, misalnya tinggi, boot, suhu, jarak, umur, dan lain-lain.

Pola distribusi kerusakan mesin atau komponennya biasanya merupakan distribusi weibull, lognormal, eksponensial dan normal. Pola-pola berikut ini

merupakan pola yang umum menggambarkan distribusi kerusakan komponen mesin. Data waktu kerusakan merupakan hasil pengukuran, sehingga data yang digunakan adalah data kontinyu.

2.6.1 Distribusi Eksponensial

Distribusi ini secara luas digunakan dalam keandalan dan perawatan. Hal ini dikarenakan distribusi ini mudah digunakan untuk berbagai tipe analisis dan memiliki laju kegagalan yang konstan selama masa pakai. Fungsi-fungsi dari distribusi eksponensial:

1. Fungsi Kepadatan Probabilitas

$$f(t) = \lambda e^{-\lambda t}$$

Dengan: $t \geq 0; \lambda \geq 0$

2. Fungsi Distribusi Kumulatif

$$F(t) = 1 - e^{-\lambda t}$$

3. Fungsi Keandalan

$$R(t) = 1 - F(t)$$

$$= 1 - \int_{-\infty}^1 f(t) dt$$

$$= \int_t^{\infty} \lambda e^{-\lambda t} dt$$

$$R(t) = [-e^{-\lambda t}]^{\infty}$$

$$= \left[-\frac{1}{e^{-\lambda \infty}} - \left[\frac{1}{e^{\lambda t}} \right] \right]$$

$$= -\frac{1}{\lambda} + \frac{1}{e^{\lambda t}}$$

$$= e^{-\lambda t}$$

4. Fungsi Laju Kerusakan

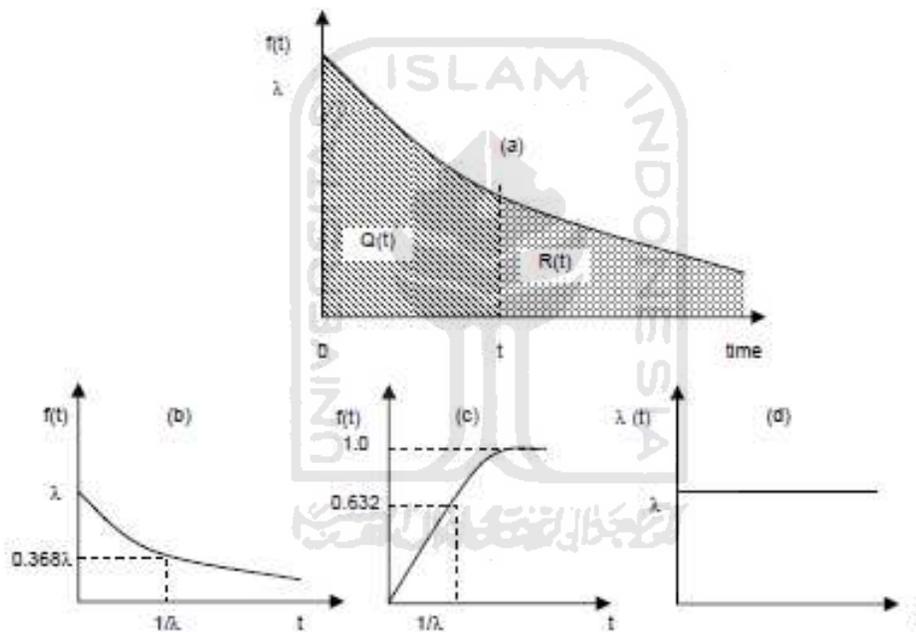
$$\lambda(t) = \frac{f(t)}{R(t)} = \lambda$$

Dimana $t \geq 0$

$R(t)$ = kehandaan suatu sistem pada t waktu

e = bilangan eksponensial = 2.7183

t = periode waktu yang diinginkan



Gambar 2.3 Pola Distribusi Eksponensial a) $F(t)$ dan $R(t)$; b) Failure; c) *Cumulative Failure Distribution*; d) *Hazard Rate*

2.6.2 Distribusi Weibull

Distribusi ini dikembangkan oleh W. Weibull pada awal tahun 1950. Distribusi Weibull adalah salah satu distribusi yang penting pada teori *reliability*. Distribusi weibull sangat luas digunakan untuk analisa kehilangan performansi pada sistem

kompleks di dalam sistem *engineering*. Secara umum, distribusi ini dapat digunakan untuk menjelaskan data saat waktu menunggu hingga terjadi kejadian dan untuk menyatakan berbagai fenomena fisika yang berbeda-beda. Dengan demikian, distribusi ini dapat diterapkan pada analisa resiko karena dapat menduga umur pakai (*life time*) komponen. Fungsi-fungsi dari distribusi weibull:

1. Fungsi Kepadatan Probabilitas (*Probability Density Function*).

$$f(t) = \frac{\beta}{\theta} \left(\frac{t}{\theta}\right)^{\beta-1} \exp\left[-\left(\frac{t}{\theta}\right)^\beta\right]$$

2. Fungsi Reliabilitas (*Reliability Function*).

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

3. Fungsi Kepadatan Kumulatif (*Cummulative Density Function*):

$$F(t) = \exp\left[-\left(\frac{t}{\theta}\right)^\beta\right]$$

$$R(t) = 1 - F(t)$$

4. Fungsi Laju Kerusakan (*Hazard Rate Function*).

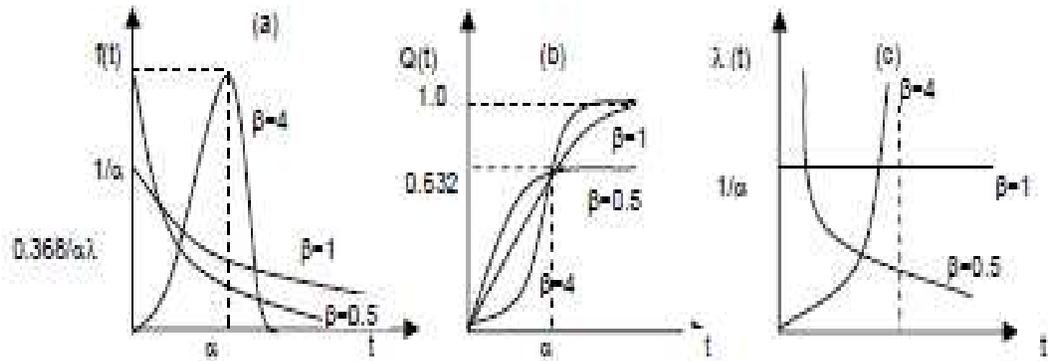
$$\lambda(t) = \frac{f(t)}{R(t)} = \frac{\beta}{\theta} \left(\frac{t}{\theta}\right)^{\beta-1} ; \theta > 0, \beta > 0 \text{ dan } t \geq 0$$

Dimana:

θ = parameter skala

t = waktu

β = parameter bentuk



Gambar 2.4 Pola Distribusi Weibull *Reliability Function*; a) *Failure Distribution*; b)

Cumulative Failure Distribution; c) *Hazard Rate*

2.6.3 Distribusi Normal

Distribusi normal adalah distribusi yang paling sering dan umum digunakan. Distribusi normal disebut juga distribusi Gauss yang ditemukan oleh Carl Friedrich Gauss (1777-1855). Fungsi-fungsi dari distribusi Normal adalah:

1. Fungsi Kepadatan Probabilitas.

$$f(t) = \frac{1}{\sqrt{2\pi}\sigma} e \left[-\frac{1(t-\mu)^2}{2\sigma^2} \right] ; -\infty < t < \infty$$

2. Fungsi Distribusi Kumulatif.

$$F(t) = \sigma \left[\frac{(t-\mu)}{\sigma} \right]$$

3. Fungsi Reliabilitas.

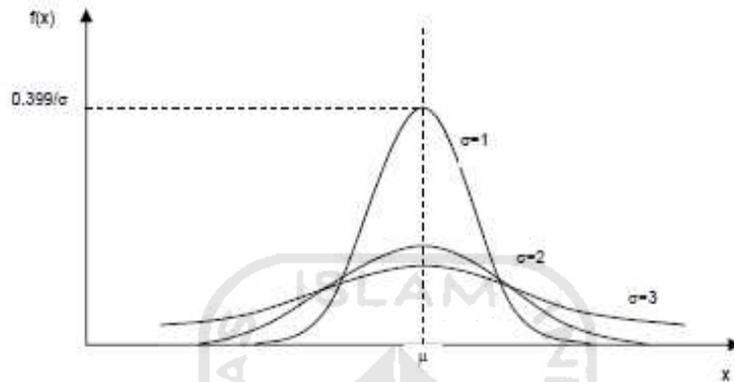
$$R(t) = 1 - \sigma \left[\frac{(t-\mu)}{\sigma} \right]$$

$$R(t) = 1 - F(t)$$

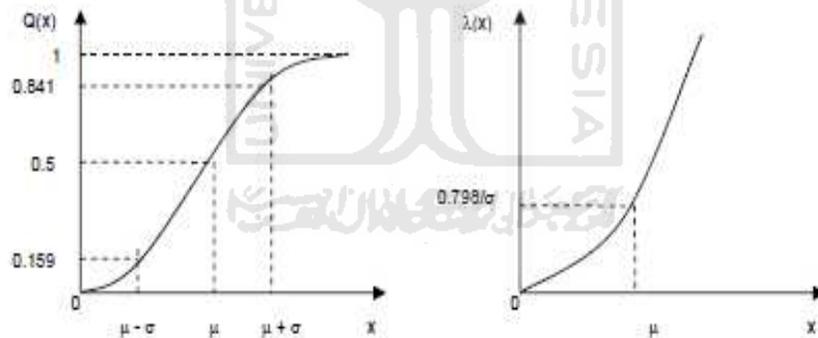
4. Fungsi Laju Kerusakan

$$\lambda(t) = \frac{f(t)}{R(t)} = \frac{f(t)}{1-F(t)}$$

$$\lambda(t) = \frac{f(t)}{1-\Phi\left(\frac{t-\mu}{\sigma}\right)}$$



Gambar 2.5 *Probability density function* distribusi normal



Gambar 2.6 *Cummulative distribution function* dan *Hazard Rate* Distribusi Normal

2.6.4 Distribusi Lognormal

Distribusi lognormal sangat cocok menggambarkan lamanya waktu perbaikan suatu komponen. Fungsi-fungsi dari distribusi lognormal:

1. Fungsi Kepadatan Probabilitas (*Probability Density Function*).

$$f(t) = \frac{1}{\sqrt{2\pi}st} \exp \left[-\frac{1}{2s^2} \left(\ln \frac{t}{t_{med}} \right)^2 \right]; t \geq 0$$

2. Fungsi Kepadatan Kumulatif (*Cumulative Density Function*).

$$F(t) = \sigma \left[\frac{1}{s} \ln \frac{t}{t_{med}} \right]$$

3. Fungsi Keandalan (*Reliability Function*)

$$R(t) = 1 - \sigma \left[\frac{1}{s} \ln \frac{t}{t_{med}} \right]$$

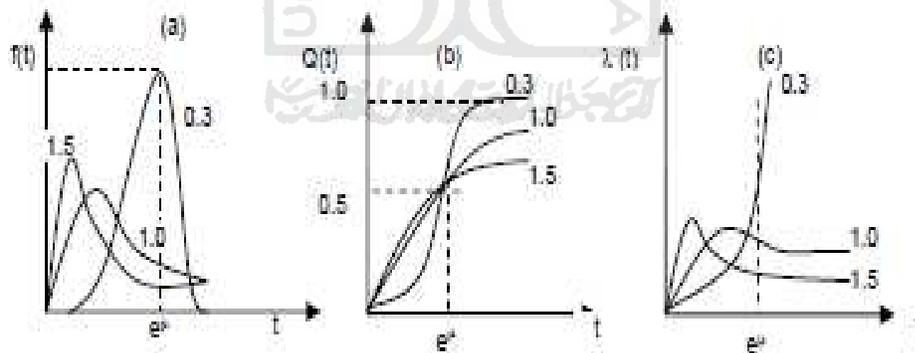
4. Fungsi Laju Kerusakan (*Hazard Rate Function*).

$$\lambda(t) = \frac{t(t)}{1 - \theta \left(\frac{1}{s} \ln \frac{t}{t_{med}} \right)}$$

Dimana:

s = parameter bentuk (*Shape Parameter*)

t_{med} = parameter lokasi (*location parameter*).



Gambar 2.7 Pola Distribusi Lognormal

2.7 Mean Time To Failure (MTTF)

Mean Time To Failure (MTTF) adalah nilai rata-rata atau nilai yang diharapkan (*expected value*) dari suatu distribusi kerusakan yang didefinisikan oleh fungsi kepadatan peluang $f(t)$ sebagai berikut : (Ebeling 1997)

$$MTTF = \int_0^{\infty} t \cdot f(t) dt$$

$$f(t) = \frac{dF(t)}{dt} = -\frac{dR(t)}{dt} \text{ sehingga, } MTTF = \int_0^{\infty} -\frac{dR(t)}{dt} t dt$$

$$MTTF = -t R(t)_0^{\infty} + \int_0^{\infty} R(t) dt$$

$$MTTF = \int_0^{\infty} R(t) dt$$

Perhitungan MTTF untuk tiap-tiap distribusinya adalah :

a) Distribusi Weibull

$$MTTF = \theta \Gamma \left(1 + \frac{1}{\beta} \right)$$

b) Distribusi Eksponensial

$$MTTF = \frac{1}{\lambda}$$

c) Distribusi Normal

$$MTTF = \mu$$

d) Distribusi Lognormal

$$MTTF = t_{med} e^{s^2/2}$$

2.8 Mean Time To Repair (MTTR)

Mean Time To Repair (MTTR) adalah nilai rata-rata dari fungsi probabilitas untuk waktu perbaikan dari distribusi data waktu perbaikan yang telah diketahui terlebih dahulu. Perhitungan MTTR diperoleh dari rumus: (Ebeling, 1997).

$$MTTR = \int_0^{\infty} t h(t) dt = \int_0^{\infty} (1 - H(t)) dt$$

Dimana:

(t) = fungsi kepadatan peluang untuk data waktu perbaikan

$H(t)$ = fungsi distribusi kumulatif untuk data waktu perbaikan

Perhitungan MTTR untuk tiap distribusi yaitu:

a. Distribusi Weibull

$$MTTR = \theta \Gamma \left(1 + \frac{1}{\beta} \right)$$

b. Distribusi Eksponensial

$$MTTR = \frac{1}{\lambda}$$

c. Distribusi Normal

$$MTTR = \mu$$

d. Distribusi Lognormal

$$MTTR = t_{med} e^{s^2/2}$$

2.9 Model Penentuan Penggantian Pencegahan dengan Kriteria Minimasi

Downtime

Model penentuan penggantian pencegahan berdasarkan kriteria minimasi *downtime* dilakukan dengan tujuan untuk menentukan waktu terbaik dilakukannya penggantian pencegahan guna meminimalkan waktu *downtime* per satuan waktu. Kendala utama yang sering terjadi adalah adanya peningkatan *downtime* penggantian pencegahan, namun di sisi lain terjadi penurunan *downtime* penggantian kerusakan. Model ini digunakan untuk menyumbangkan frekuensi penggantian pencegahan yang meminimalisasi total *downtime* persatuan waktu dengan konstruksi model:

1. T_f = *downtime* yang terjadi karena penggantian kerusakan.
2. T_p = *downtime* yang terjadi karena penggantian pencegahan.
3. $f(t)$ = fungsi kepadatan peluang dari waktu kerusakan.

Model penentuan penggantian pencegahan optimal berdasarkan kriteria minimasi *downtime* ini yaitu *Model Age Replacement*. Pada model ini, pelaksanaan penggantian pencegahan tergantung pada umur pakai dari komponen. Penggantian pencegahan dilakukan dengan menetapkan kembali interval waktu penggantian pencegahan berikutnya sesuai dengan interval yang telah ditentukan jika dilakukan penggantian kerusakan (Jardine, 1973).

Penerapan model ini bertujuan untuk menentukan umur optimal komponen (t_p) untuk melakukan penggantian pencegahan sehingga total *downtime* per unit waktu $[D(t_p)]$ dapat diminimasi.

$$D(t_p) = \frac{\text{total ekspektasi downtime per siklus}}{\text{ekspektasi panjang siklus}}$$

Keterangan :

t_p = interval waktu penggantian pencegahan.

Total ekspektasi *downtime* per siklus (EDS) = (*downtime* yang terjadi pada siklus pencegahan (*preventive cycle*) x probabilitas terjadinya siklus pencegahan) + (ekspektasi *downtime* yang terjadi pada siklus kerusakan (*failure cycle*) x probabilitas terjadinya siklus kerusakan)

Atau:

$$\text{Total ekspektasi downtime per siklus (EDS)} = T_p \cdot R(t_p) + T_f [1 - R(t_p)]$$

Ekspektasi panjang siklus kerusakan (EPS) =

(panjang siklus pencegahan x probabilitas terjadinya siklus pencegahan) + (ekspektasi panjang siklus kerusakan x probabilitas terjadinya siklus kerusakan)

Atau:

$$\text{Ekspektasi panjang siklus kerusakan (EPS)} = (t_p + T_p) \cdot R(t_p) + (M(t_p) + T_f) \cdot F(t_p) \cdot [1 - R(t_p)]$$

Jika $f(t)$ merupakan fungsi *mean time to failure* maka probabilitas terjadinya siklus pencegahan $[R(t_p)]$ adalah sama dengan probabilitas munculnya kerusakan setelah waktu t_p yang ditunjukkan oleh daerah yang diarsir. Sesuai yang dibahas dalam bagian mengenai fungsi keandalan, maka :

$$R(t_p) = \int_0^{\infty} f(t) dt$$

Nilai tengah distribusi waktu kerusakan (*Mean Time To Failure* = *MTTF*) dari suatu distribusi adalah sebagai berikut :

$$\int_{-\infty}^{\infty} t f(t) dt$$

dimana pada distribusi normal selang waktu kerusakan ini merupakan rata-rata dari distribusi tersebut. Jika penggantian pencegahan dilakukan pada waktu t_p maka nilai tengah dari distribusi kerusakannya $[M(t_p)]$ adalah sebagai berikut :

$$MTTF = \frac{\int_{-\infty}^{\infty} t f(t) dt}{1 - R(t_p)} = \frac{MTTF}{1 - R(t_p)}$$

Jadi total *downtime* per unit waktu adalah :

$$D(t_p) = \frac{T_p \cdot R(t_p) + T_f \cdot (F(t_p))}{(t_p + T_p) \cdot R(t_p) + [M(t_p) + T_f] \cdot (F(t_p))}$$

Dimana:

T_f = Waktu yang diperlukan untuk penggantian komponen karena kerusakan

T_p = Waktu yang diperlukan untuk penggantian komponen karena tindakan *preventive* (komponen belum rusak)

t_p = panjang interval waktu antara tindakan perawatan *preventive*

$f(t)$ = fungsi kepadatan peluang dari waktu kegagalan komponen

2.10 Frekuensi Pemeriksaan dan Interval Pemeriksaan Optimal

Dalam melaksanakan tindakan perawatan, selain melakukan penggantian pencegahan, juga diperlukan tindakan pemeriksaan yang dilakukan secara berkala, model pemeriksaan ini mengikuti model yang dikemukakan Jardine (1973). Melalui model pemeriksaan ini diharapkan dapat diperoleh suatu pemecahan yang dapat mengidentifikasi level yang paling optimum untuk melakukan kegiatan pemeriksaan dan selanjutnya diharapkan bahwa efek dilaksanakannya kegiatan pemeriksaan menurut level tersebut akan dapat mengurangi laju kerusakan mesin, meminimalkan *downtime* yang akan meningkatkan tingkat ketersediaan operasi mesin, yang akan membawa dampak bagi terjaminnya layanan pemakaian mesin.

Total *downtime* setiap satuan waktu dapat dijabarkan dalam bentuk suatu fungsi dari frekuensi pemeriksaan (n) yaitu : (Jardine, 1973).

$D(n)$ = *downtime* yang terjadi karena perbaikan per unit waktu + *downtime* yang terjadi karena pemeriksaan per unit waktu.

$$D(n) = \lambda(n). T_f + n. T_i$$

Dimana :

$\lambda(n)$ = laju kerusakan yang terjadi.

$$\lambda(n) = \frac{k}{n} \text{ sehingga : } \lambda'(n) = \frac{k}{n^2}$$

k adalah nilai konstan dari jumlah kerusakan (*breakdown*) per satuan waktu.

$$k = \frac{\text{frekuensi jumlah kerusakan}}{\text{periode terjadinya kerusakan}}$$

T_f = waktu rata-rata untuk melakukan penggantian ($1/\mu$)

T_i = waktu rata-rata untuk melakukan pemeriksaan ($1/i$)

N = jumlah pemeriksaan (frekuensi) yang dilakukan per satuan waktu

Sehingga :

$$D(n) = \frac{\lambda(n)}{\mu} + \frac{n}{i} \text{ atau } D(n) = \frac{k}{n^2 \mu} + \frac{n}{i}$$

Jika persamaan $D(n)$ diatas dideferensialkan akan menjadi :

$$D'(n) = -\frac{k}{n^2 \mu} + \frac{1}{i} = 0$$

Sehingga frekuensi pemeriksaan :

$$n = \sqrt{\frac{k \cdot i}{\mu}}$$

2.11 Ketersediaan (*availability*)

Setelah dilakukan perhitungan interval waktu penggantian pencegahan dan frekuensi pemeriksaan, maka dapat dihitung nilai ketersediaan mesin. Perhitungan ketersediaan mesin berdasarkan usulan perawatan ditentukan dari nilai ketersediaan pada interval penggantian pencegahan dan nilai ketersediaan pada frekuensi pemeriksaan.

Availability dapat dirumuskan sebagai berikut (Jardine, 1973) :

1. *Availability* berdasarkan frekuensi pemeriksaan

$$D'(n) = \frac{\lambda(n)}{\mu} + \frac{n}{i} \text{ atau } D(n) = \frac{k}{n \cdot \mu} + \frac{n}{i}$$

$$A(n) = -k/n^2$$

$$D'(n) = \frac{k}{n^2 \mu} + \frac{1}{i} = 0 \text{ maka:}$$

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

2. *Availability* berdasarkan interval penggantian pencegahan

$$D(tp) = \frac{T_p \cdot R(tp) + T_f \cdot (F(tp))}{(tp + T_p) \cdot R(tp) + [M(tp) + T_f] \cdot (F(tp))}$$

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

3. *Availability* total

$$Availability = A(n) \times A(tp)$$

2.12 Penentuan Persediaan Suku Cadang

2.12.1 Pengertian Persediaan (*Inventory*)

Persediaan adalah sumber daya yang menganggur (*idle resource*) yang menunggu proses lebih lanjut. Yang dimaksud proses lebih lanjut tersebut adalah berupa kegiatan produksi pada sistem manufaktur, kegiatan pemasaran pada sistem distribusi ataupun kegiatan konsumsi pangan pada sistem rumah tangga (Nasution, 1999)

Sedangkan menurut Tersine (1994), persediaan adalah semua aset yang tidak digunakan dan menunggu untuk didayagunakan atau dijual

Ciri khas model *inventory* adalah solusi optimalnya selalu difokuskan untuk menjamin persediaan dengan biaya serendah-rendahnya. Pada dasarnya masalah yang dianalisa oleh sistem *inventory* meliputi 2 hal berikut:

1. Berapa banyak suatu item harus dipesan/ diproduksi
2. Kapan pesanan/ produksi dari suatu item harus dilakukan

2.12.2 Biaya-biaya Persediaan (*Inventory*)

Dalam pembuatan setiap keputusan yang akan mempengaruhi besarnya (jumlah) *inventory*, harus dipertimbangkan komponen-komponen biaya berikut (Tersine, 1994):

1. Biaya Pembelian (*Purchasing Cost=Cm*)

Biaya pembelian adalah semua biaya yang dikeluarkan untuk membeli barang, dimana besarnya biaya ini tergantung pada jumlah dan harga barang yang

dibeli dan harga satuan barang yang dibeli tergantung pada ukuran pembelian atau dinamakan *quantity discount*.

2. Biaya Persiapan (*Preparation Cost=Pc*)

Biaya persiapan adalah biaya yang dikeluarkan untuk semua aktifitas dalam masalah pembelian atau pemesanan barang.

3. Biaya Pemesanan (*Ordering Cost=Oc*)

Biaya pemesanan adalah biaya yang timbul akibat mendatangkan barang dari luar, meliputi biaya pengiriman pemesanan, biaya penerimaan, biaya untuk menganalisa pemasok, biaya pengangkutan dan lain-lain.

4. Biaya Pembuatan (*Set up Cost=Sc*)

Biaya pembuatan adalah biaya yang timbul dalam memproduksi suatu barang yang meliputi biaya persiapan peralatan produksi, biaya penyetalan mesin dan sebagainya.

5. Biaya Penyimpanan (*Holding Cost*)

Biaya penyimpanan adalah biaya yang dikeluarkan karena menyimpan barang. Biaya ini meliputi biaya memiliki persediaan, biaya gudang, biaya kerusakan, biaya administrasi, pajak dan sebagainya.

6. Biaya Kekurangan Persediaan (*Shortage Cost*)

Biaya ini merupakan suatu bentuk kerugian perusahaan karena kehilangan kesempatan atau kehilangan kesempatan mendapat keuntungan yang juga dapat dikatakan kehilangan konsumen. Biaya ini dapat diukur dari jumlah barang yang tidak dapat terpenuhi, waktu pemenuhan maupun biaya pengadaan darurat.

2.12.3 Model Persediaan untuk Produk dengan Permintaan Relatif Stabil

Salah satu model sederhana yang bisa digunakan untuk menentukan ukuran pesanan yang ekonomis adalah model *economic order quantity* (EOQ). *Economic Order Quantity* (EOQ) merupakan metode manajemen persediaan yang lama tetapi masih sering digunakan sampai saat ini. Metode EOQ biasa digunakan untuk mengetahui berapa jumlah komponen dan kapan melakukan pemesanan kembali sehingga biaya total (meliputi biaya pesan dan biaya simpan) menjadi minimum dengan besarnya ukuran lot yang relatif konstan. Metode EOQ dapat dirumuskan sebagai berikut:

$$TC(Q) = PR + \frac{CR}{Q} + \frac{HQ}{2}$$

Dimana:

R = rata-rata permintaan (unit)

P = harga beli per item (rupiah)

C = biaya pemesanan per periode pesan (rupiah)

$H = PF$ = biaya penyimpanan per unit (rupiah)

Q = jumlah pemesanan (unit)

F = rata-rata biaya penyimpanan sebagai bagian dari unit biaya.

Untuk mendapatkan biaya yang optimal (minimum), jumlah pemesanan ekonomis (EOQ) atau (Q^*) diperoleh dengan menurunkan rumus total biaya tahunan ($TC(Q)$) terhadap jumlah pemesanan (Q).

$$EOQ = \sqrt{\frac{2DS}{H}} = \sqrt{\frac{2DS}{hxC}}$$

Keterangan:

D = jumlah kebutuhan barang (unit/unit waktu)

S = biaya pesan (rupiah/pesan)

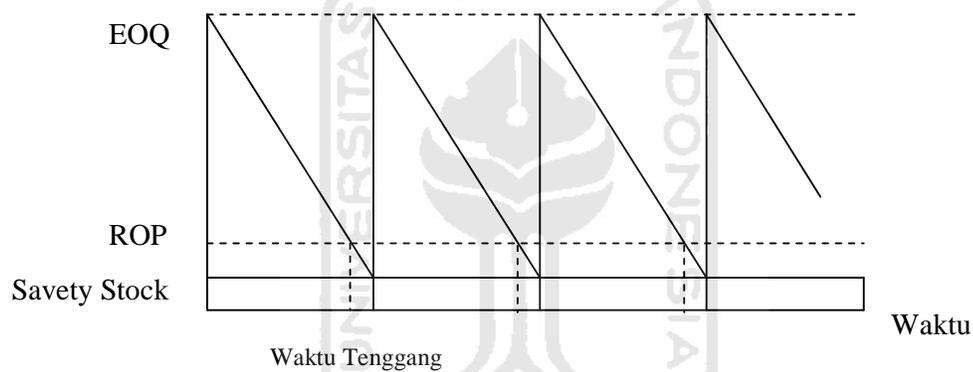
h = biaya simpan (% terhadap nilai barang)

C = harga barang (rupiah/unit)

$H = h \times C$ = biaya simpan (rupiah/unit/unit waktu)

EOQ = *economic order quantity*/jumlah pemesanan (unit/pemesanan)

Ilustrasi model pengadaan suku cadang dengan persediaan pengaman (*safety stock*) dapat digambarkan sebagai berikut:



Gambar 2.8 Ilustrasi Model Pengadaan Suku Cadang

Reorder Point (ROP) adalah titik dimana dilakukan pemesanan kembali untuk menghindari kehabisan *stock* komponen dan besarnya jumlah yang perlu dipesan.

ROP dapat dirumuskan sebagai berikut:

$$ROP = d \times L + SS$$

Keterangan:

ROP = *Reorder Point* (unit)

d = Tingkat Kebutuhan/unit waktu

L = *Lead time* (unit waktu)

SS = *Safety stock*

Sebelum menghitung ROP-nya perlu dihitung terlebih dahulu *safety stock* komponennya. Besarnya nilai *safety stock* tergantung pada ketidakpastian pasokan maupun permintaan. Pada situasi normal, ketidakpastian pasokan bisa diwakili dengan standar deviasi *lead time* dari supplier. Sedangkan ketidakpastian permintaan biasanya diwakili dengan standar deviasi besarnya permintaan per periode.

Nilai S_{dl} bisa dicari dengan mengumpulkan langsung data permintaan selama *lead time* untuk suatu periode yang cukup panjang, atau diperoleh dengan terlebih dahulu mendapatkan data rata-rata dan standar deviasi dari dua komponen penyusunnya, yaitu permintaan per periode dan *lead time*. Dengan mendapatkan empat parameter tersebut maka nilai S_{dl} bisa dihitung sebagai berikut:

$$S_{dl} = \sqrt{(d^2 x S_l^2 + l x S_d^2)}$$

Dimana:

S_l dan S_d = standar deviasi *lead time* dan standar deviasi permintaan per periode.

Dengan menggunakan patokan rumus tersebut, maka kita bisa melihat empat kondisi seperti berikut:

variabel	$S_{dl} = S_d x \sqrt{l}$ <i>Safety stock</i> ditentukan oleh ketidakpastian permintaan	$S_{dl} = \sqrt{(d^2 x S_l^2 + l x S_d^2)}$ <i>Safety stock</i> ditentukan oleh interaksi dua ketidakpastian
permintaan	Tidak perlu <i>safety stock</i> , Situasi deterministik $(S_{dl} = 0)$	$S_{dl} = d x S_l$ <i>Safety stock</i> ditentukan oleh ketidakpastian <i>lead time</i>
konstan	konstan	variabel

Gambar 2.9 Interaksi antara Permintaan dan *Lead time* pada Penentuan *Safety Stock*

2.12.4 Model Persediaan untuk Produk dengan Permintaan Musiman

Konsep EOQ diatas tepat untuk item-item yang permintaannya relatif stabil. Untuk item-item yang permintaannya bersifat musiman, ongkos simpan dan ongkos pesan bukanlah isu utama yang harus diperhatikan. Untuk item-item dengan permintaan musiman, isu yang mendasar adalah mencari keseimbangan antara ongkos kelebihan dan ongkos kekurangan produk selama satu musim penjualan.

Apabila permintaan selama musim jual diketahui berdistribusi normal dengan rata-rata d dan standar deviasi s_d maka besarnya permintaan yang optimal adalah:

$$Q = d + Z(SL^*) \times s_d$$

Dimana:

SL^* = *service level* yang optimal

$Z(SL^*)$ = nilai invers distribusi normal standar yang berkorelasi dengan probabilitas

SL^*

s_d = standar deviasi

Nilai SL^* merupakan *trade off* antara ongkos kelebihan (C_o) dan ongkos kekurangan (C_u). Apabila C_o sama dengan C_u maka keputusan yang terbaik adalah memesan pada nilai rata-rata (d) yang berarti berkorespondensi dengan *service level* 50%. Apabila C_u lebih besar dari C_o maka ekspektasi keuntungan akan lebih besar bila perusahaan memesan lebih dari nilai rata-rata. Ini berarti bahwa SL^* akan semakin besar kalau C_u/C_o semakin besar nilainya. Dengan manipulasi matematis, nilai SL^* bisa dihitung sebagai berikut:

$$SL^* = C_u / (C_u + C_o)$$

Dimana:

C_o = ongkos kelebihan

C_u = ongkos kekurangan

2.13 Perhitungan Biaya Perawatan

(Willyanto Anggono, 2005) menyatakan bahwa model perhitungan total ekspektasi biaya pergantian bertujuan untuk menentukan selang waktu penggantian komponen yang optimal adalah meminimumkan total ekspektasi biaya pergantian persatuan waktu. Persamaan berikut merupakan total ekspektasi biaya-biaya pergantian persatuan waktu :

$$Tc (tp) = \frac{Ci.R(tp)+Cr-R(tp)}{tp+Ti+Tr-R(tp)}$$

Dimana :

- TC (tp) = total ekspektasi biaya pergantian komponen per satuan waktu
Ci = total biaya akibat perawatan preventif replacement
Cr = biaya-biaya akibat perbaikan prevent replacement
R (tp) = Probabilitas komponen andal selama waktu (tp)
Tr = Waktu antar kerusakan atau bisa juga disebut dengan MTTR
Ti = jumlah menit dalam jam = 1 jam = 60 menit

BAB III

METODOLOGI PENELITIAN

3.1 Objek Penelitian

Dalam penelitian ini yang dijadikan objek penelitian adalah CV. Perdana Perkasa Nusantara yang merupakan perusahaan yang memproduksi paving. Penelitian yang dilakukan adalah terhadap mesin produksi 2 yang mengalami kerusakan lebih sering dibanding mesin produksi lain. Penelitian yang dilakukan adalah perawatan terhadap komponen mesin baik perawatan korektif ataupun pencegahan serta persediaan suku cadang yang ada di gudang.

3.2 Tujuan Penelitian

Penelitian ini bertujuan untuk mengetahui waktu perawatan terhadap komponen kritis mesin sehingga dapat meningkatkan ketersediaan mesin. Selanjutnya akan dilakukan pula perhitungan untuk mengetahui waktu dan banyaknya suku cadang yang akan dipesan sehingga dapat menjamin ketersediaan komponen jika terjadi *replacement* dengan biaya pengadaan dan perawatan seminimal mungkin.

3.3 Landasan Teori

Pada tahap ini dilakukan studi terhadap literatur-literatur dan referensi-referensi untuk merumuskan masalah yang akan dipecahkan. Teori dan konsep yang digunakan merupakan pijakan teoritis untuk pengolahan data dan untuk mengontrol langkah-langkah penelitian secara keseluruhan.

3.4 Metode Pengambilan Data

Data-data yang diambil dalam penelitian berupa:

1. Data Primer

Adapun yang dimaksud dengan data primer adalah data yang diperoleh secara langsung dari obyek yang diteliti. Teknik yang digunakan adalah :

a. Wawancara

Wawancara dilakukan dengan responden kepala teknisi. Dalam wawancara ini diketahui teknik-teknik perawatan mesin produksi 2 secara garis besar.

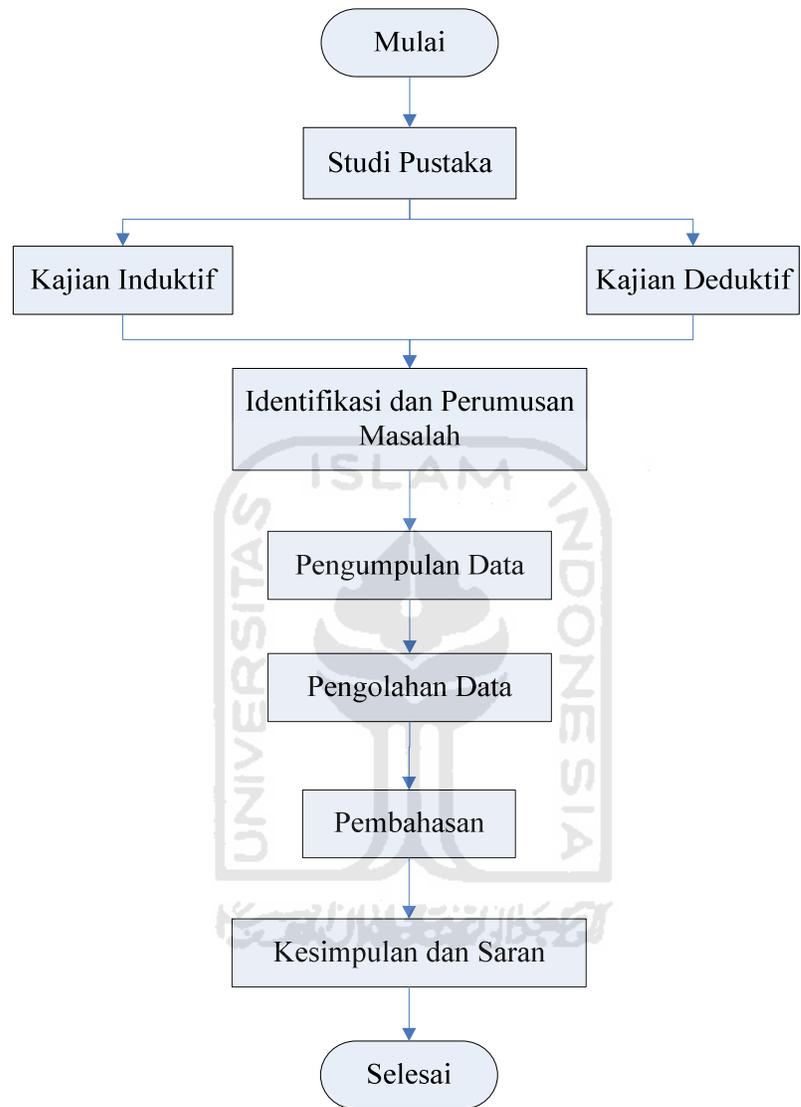
b. Observasi

Observasi dilakukan dengan cara pengumpulan data yang dilaksanakan dengan jalan mengadakan peninjauan langsung pada mesin produksi 2 di departemen produksi.

2. Data Sekunder

Data sekunder diperoleh dari literatur-literatur atau dokumen lainnya yang berhubungan dengan obyek yang diteliti.

3.5 Diagram Alir Penelitian



Gambar 3.1 Diagram Alir Penelitian

3.6 Penjelasan Langkah-langkah Diagram Alir

Metodologi yang menggambarkan langkah-langkah untuk melakukan penelitian adalah sebagai berikut:

1. Studi pustaka

Ada dua jenis studi pustaka yang dilakukan, yaitu:

a. Studi pustaka deduktif

Pada studi pustaka deduktif dilakukan dengan membaca penelitian sebelumnya, jurnal atau prosiding dari seminar-seminar baik nasional maupun internasional (hasil pembangunan), serta skripsi dan laporan lainnya untuk menentukan informasi topik yang akan diteliti.

b. Studi pustaka induktif

Pada studi pustaka induktif ini dilakukan dengan membaca dan mencantumkan hasil dari kajian pustaka yang bersumber dari buku-buku penunjang penelitian dari topik yang akan diteliti serta tulisan–tulisan ilmiah yang dapat mendukung terbentuknya landasan teori, ataupun dengan *browsing* ke situs-situs internet yang memuat artikel-artikel dan jurnal tentang perawatan mesin pada umumnya dan model penentuan penggantian pencegahan dengan kriteria minimasi *downtime*, kehandalan pada khususnya. sehingga dapat digunakan sebagai landasan teori yang kuat dalam analisa penelitian.

2. Membuat rumusan dan batasan masalah

Pada tahap ini dilakukan identifikasi masalah berdasarkan latar belakang dari penelitian. Identifikasi masalah pada penelitian ini yaitu sering terjadinya kerusakan pada mesin sehingga mengganggu jalannya produksi (produksi tidak lancar) sehingga diperlukannya penjadualan yang

terprediksi, penjadualan pengadaan suku cadang komponen kritis serta perhitungan pengurangan biaya produksi.

Perumusan masalah ini ditentukan dari hasil identifikasi masalah. Pada penelitian ini yaitu bagaimana jadwal perawatan komponen kritis dan pengadaan suku cadang yang optimal sehingga dapat meminimasi biaya produksi.

4. Pengumpulan data

Beberapa data yang diperlukan adalah :

a. Pengumpulan data umum perusahaan.

Tahapan ini merupakan langkah awal dalam pengumpulan data. Contoh data yang dikumpulkan ialah sejarah dan perkembangan perusahaan, proses produksi, dan pengaturan jam kerja pegawai.

b. Pengumpulan data mesin – mesin yang digunakan dalam produksi.

Sebuah perusahaan memiliki mesin-mesin produksi yang dibutuhkan dalam proses produksi. Sehingga dalam penelitian ini data yang dikumpulkan yaitu data mesin - mesin dalam proses secara keseluruhan serta lamanya jam beroperasi mesin yang dibutuhkan.

c. Pengumpulan data waktu kerusakan mesin.

Data yang dibutuhkan merupakan data waktu kerusakan mesin pada periode tertentu.

d. Pengumpulan data waktu perbaikan mesin.

Data waktu yang dibutuhkan merupakan data lama waktu perbaikan mesin pada periode tertentu.

e. Pengumpulan data komponen mesin.

Data yang dibutuhkan adalah data spesifikasi suku cadang, meliputi data persediaan suku cadang mesin yang kritis ongkos simpan suku cadang tersebut.

f. Pengumpulan data biaya perawatan.

Data yang dibutuhkan adalah biaya perawatan komponen mesin pada saat perbaikan, mencakup biaya mesin yang diperbaiki maupun biaya jasa pekerja dalam perbaikan.

5. Pengolahan data

Langkah-langkah dalam pengolahan data adalah sebagai berikut :

- a. Menentukan komponen kritis.
- b. Menghitung index of fit pada tiap – tiap distribusi kegagalan.
- c. Pengujian kecocokan distribusi data waktu kerusakan dan data waktu perbaikan.
- d. Menghitung nilai MTTF dan MTTR
- e. Menghitung interval waktu penggantian pencegahan.
- f. Menghitung tingkat frekuensi dan interval waktu pemeriksaan optimal
- g. Menghitung availability
- i. Menentukan jumlah, waktu pembelian dan biaya persediaan suku cadang.
- j. Menghitung biaya perawatan.

6. Pembahasan

Dari hasil pengolahan data maka akan dibahas lebih dalam atau dianalisis untuk mengambil keputusan dalam menentukan waktu perawatan dengan pendekatan *reliability*, pengadaan suku cadang serta perhitungan pengurangan biaya produksi yang bisa dilakukan.

7. Kesimpulan dan saran

Pada tahap ini peneliti memberikan kesimpulan dari hasil penelitian ini serta memberikan saran kepada perusahaan khususnya departemen perawatan (*maintenance*) dan departemen administrasi untuk melakukan penjadualan mesin produksi dan penjadualan pengadaan suku cadang.



BAB IV

PENGUMPULAN DAN PENGOLAHAN DATA

4.1 Pengumpulan Data

4.1.1 Profil Perusahaan

Seiring dengan pembangunan yang terus dilakukan oleh Pemerintah Kabupaten Bojonegoro untuk menjadi salah satu Kabupaten yang terdepan khususnya di Propinsi Jawa Timur dan Indonesia pada umumnya, maka perbaikan infrastruktur khususnya sarana jalan yang menghubungkan poros desa satu dengan yang lainnya merupakan salah satu solusinya. Sarana transportasi yang memadai akan semakin meningkatkan taraf hidup masyarakat Bojonegoro. Dengan meningkatnya kesadaran akan nilai-nilai pembangunan oleh masyarakat, serta letak geografis Bojonegoro yang merupakan daerah penghasil minyak dan untuk menyongsong era industrialisasi, maka pembangunan sarana jalan merupakan kebutuhan yang sangat penting. Untuk memenuhi kebutuhan tersebut maka Pavingisasi jalan salah satunya, karena lebih efisien dan mudah perawatannya dan cocok dengan struktur tanah di Bojonegoro.

Meskipun tergolong baru, tetapi CV. Perdana Perkasa Nusantara mempunyai suatu keinginan untuk menjadi perusahaan terdepan di dalam pembuatan paving. Perusahaan ini didukung oleh karyawan-karyawan yang mumpuni serta sarana dan prasarana yang berteknologi modern. CV. Perdana Perkasa Nusantara mengawali kiprahnya untuk menjadi perusahaan penyedia paving yang berkualitas di Bojonegoro khususnya dan Jawa Timur pada umumnya.

4.1.2 Penjadualan Tenaga Kerja

CV. Perdana Perkasa Nusantara beroperasi selama 12 jam dalam 1 hari setiap hari senin sampai sabtu. Jam kerja karyawan yang bekerja di lapangan dibagi menjadi 2 gelombang (*shift*) dan pergantian *shift* dilakukan setiap 7 hari sekali. Setiap *shift* bekerja selama 6 jam, dengan pembagian *shift* sebagai berikut:

Shift pertama : jam 05.30 – 11.30

Shift kedua : jam 11.30 – 17.30

Sedangkan pekerja yang bekerja di kantor jam kerjanya adalah 7 jam mulai dari jam 08.00 sampai jam 15.00 dengan jam istirahat 12.00 – 13.00.

4.1.3 Proses Produksi

Proses pembuatan paving dimulai dengan penimbangan bahan baku. Bahan baku berupa abu batu, batu pecah dan pasir ditimbang di mesin penimbang dengan perbandingan untuk masing-masing bahan baku adalah 1:3. Dari mesin penimbang, selanjutnya material melalui *conveyor* dibawa ke mesin pengaduk (*mixer*). Di mesin pengaduk (*mixer*) material berupa abu batu, batu pecah dan pasir dicampur dengan air dan semen. Proses pengadukan dilakukan kurang lebih selama 20 menit. Selanjutnya campuran adonan tersebut dibawa ke mesin pencetak menggunakan *conveyor*. Di mesin pencetak campuran adonan tersebut dicetak sesuai dengan ukuran yang diperlukan.

4.1.4 Mesin yang Digunakan

Penggunaan mesin sangat bermanfaat dalam usaha peningkatan produktivitas produksi. Dengan adanya mesin ini perusahaan dapat memproduksi produk dalam

jumlah yang lebih banyak dan kualitas yang lebih baik dalam waktu yang lebih pendek.

Mesin-mesin yang digunakan di CV. Perdana Perkasa Nusantara dibagi menjadi 2 kelompok mesin, yaitu mesin produksi 1 dan mesin produksi 2, masing-masing mesin produksi terdiri atas mesin penimbang, mesin pengaduk (*mixer*) dan mesin pencetak. Mesin produksi 1 dan mesin produksi 2 digunakan masing-masing selama 6 jam dalam sehari sesuai dengan *shift* kerja pekerja lapangan. Yaitu *shift* 1 jam 05.30 sampai 11.30 dan *shift* 2 jam 11.30 sampai 17.30. Pergantian *shift* pemakaian mesin produksi dilakukan setiap 1 bulan sekali. Mesin produksi 2 mengalami kerusakan lebih sering dibandingkan mesin produksi 1, sehingga difokuskan untuk meneliti kerusakan yang terjadi di mesin produksi 2.

4.1.5 Data Kerusakan Mesin

Pada penelitian ini, data yang diambil adalah data kerusakan mesin yang terjadi pada mesin produksi 2. Data – data waktu terjadinya kerusakan mesin diambil dari data historis perusahaan pada bulan Januari 2011 sampai Agustus 2011. Selama periode tersebut, kerusakan yang terjadi pada mesin produksi 2 di departemen produksi di CV. Perdana Perkasa Nusantara, Jawa Timur sebanyak 78 kali kerusakan.

Adapun data jumlah kerusakan downtime dapat dilihat dari tabel berikut ini:

Tabel 4.1 Data Komponen Mesin Tidak Dapat Dioperasikan

Nama Komponen	Tanggal Kerusakan	Jam Kerusakan	Mesin Berhenti Beroperasi (jam)
<i>Bearing vibro</i>	08/01/2011	10.15-10.27	0,2
	22/01/2011	07.08-07.20	0,2
	28/01/2011	09.13-09.24	0,18
	12/02/2011	13.15-13.25	0,17
	21/02/2011	16.40-16.53	0,22
	15/03/2011	10.12-10.26	0,23

	22/03/2011	09.10-09.20	0,17
	29/03/2011	07.18-07.31	0,22
	01/04/2011	16.45-16.55	0,17
	05/04/2011	12.43-12.54	0,18
	08/04/2011	15.05-15.18	0,22
	28/04/2011	15.15-15.25	0,17
	04/05/2011	05.38-05.50	0,2
	12/05/2011	08.46-08.57	0,18
	21/05/2011	09.40-09.53	0,22
	01/06/2011	16.10-16.22	0,2
	15/06/2011	16.38-16.51	0,22
	28/06/2011	15.45-15.56	0,18
	06/07/2011	07.40-07.50	0,2
	15/06/2011	06.30-06.43	0,22
	23/07/2011	08.42-08.47	0,25
	31/07/2011	10.50-11.00	0,17
	10/08/2011	14.45-14.55	0,17
	20/08/2011	13.40-13.52	0,2
	27/08/2011	15.05-15.16	0,18
<i>Manumatic cement</i>	10/01/2011	09.35-10.15	0,67
	02/04/2011	13.22-13.58	0,6
	28/05/2011	09.04-09.38	0,57
	11/07/2011	08.10-08.42	0,53
<i>Silinder</i>	09/02/2011	14.00-14.33	0,55
	17/03/2011	07.15-07.45	0,5
	22/06/2011	13.20-13.55	0,58
	16/08/2011	14.00-14.25	0,42
<i>As dinamo</i>	22/01/2011	09.30-09.44	0,23
	24/02/2011	14.20-14.35	0,25
	17/03/2011	10.33-10.46	0,22
	06/04/2011	14.44-14.57	0,22
	31/05/2011	09.50-10.03	0,22
	05/06/2011	15.30-15.40	0,17
	30/06/2011	12.49-13.03	0,23
	22/07/2011	10.07-10.21	0,23
	23/08/2011	12.36-12.49	0,22
<i>Pompa Air</i>	08/01/2011	07.10-07.54	0,73
	25/01/2011	10.12-10.53	0,68
	17/02/2011	15.23-15.55	0,53
<i>Bearing dinamo</i>	12/01/2011	06.40-06.53	0,22
	23/01/2011	08.45-08.55	0,17
	04/02/2011	14.40-14.50	0,17
	02/03/2011	07.34-07.47	0,22
	11/04/2011	16.00-16.12	0,2

	07/05/2011	10.20-10.35	0,25
	08/06/2011	16.15-16.29	0,23
	07/07/2011	06.48-07.01	0,22
	15/08/2011	16.45-17.00	0,25
Pintu Pengaduk (<i>Mixer</i>)	22/03/2011	06.41-07.02	0,35
	05/04/2011	16.20-16.42	0,37
	21/04/2011	12.50-13.11	0,35
	24/05/2011	06.50-07.07	0,28
	08/08/2011	16.12-16.30	0,3
<i>Scrone cement</i>	28/03/2011	08.32-08.52	0,33
	05/04/2011	14.45-15.05	0,33
	05/06/2011	12.55-13.18	0,38
	28/07/2011	09.35-09.58	0,38
Kren	04/02/2011	12.03-12.25	0,37
	15/04/2011	13.10-13.33	0,38
	10/08/2011	16.10-16.31	0,35
Kompresor	03/01/2011	10.25-10.45	0,33
	19/05/2011	07.02-07.25	0,38
	05/08/2011	13.08-13.30	0,37
Lengan Pengaduk (<i>Mixer</i>)	09/03/2011	08.00-08.15	0,25
	08/06/2011	14.47-13.05	0,3
	02/07/2011	10.31-10.47	0,27
Sepatu Pengaduk (<i>Mixer</i>)	16/01/2011	09.15-09.30	0,25
	02/04/2011	16.11-16.25	0,23
	31/08/2011	16.03-16.20	0,28
Lantai dan dinding Pengaduk (<i>Mixer</i>)	01/01/2011	08.05-08.42	0,62
Sensor	23/03/2011	10.00-10.30	0,5
Roda <i>Feeder</i>	06/02/2011	14.42-15.04	0,37
Lantai <i>Feeder</i>	06/02/2011	13.27-13.40	0,22

Berdasarkan tabel di atas dapat diketahui bahwa dalam 8 bulan telah terjadi 78 kerusakan. Komponen yang menjadi komponen kritis adalah *bearing vibro*, *manumatic cement*, silinder, *as dinamo*, pompa air, *bearing dinamo*, pintu pengaduk (*mixer*) dan *scrone cement* karena memiliki frekuensi kerusakan paling besar dibanding dengan komponen lain. Selain itu diketahui bahwa untuk melakukan pemeriksaan terhadap masing-masing komponen mesin dilakukan selama kurang lebih 15 menit atau 0,25 jam. Umur ekonomis untuk komponen *bearing vibro* adalah 5

tahun, *manumatic cement* 4 tahun, silinder 4 tahun, *as dinamo* 5 tahun, pompa air 5 tahun, *bearing dinamo* 4 tahun, pintu pengaduk (*mixer*) 5 tahun dan *scrone cement* 6 tahun.

4.1.6 Data Persediaan Komponen

Penelitian tentang persediaan komponen akan difokuskan komponen yang pada saat terjadi kerusakan harus diganti dengan komponen yang baru yaitu *bearing vibro*, *as dinamo* dan *bearing dinamo*. Data – data yang diambil mencakup data historis persediaan perusahaan pada bulan januari 2011 sampai agustus 2011.

Tabel 4.2 Data Status Komponen *Bearing Vibro* di Gudang

No.	Tanggal	Jumlah keluar	jumlah masuk	jumlah di gudang
1.	08/01/2011	1	8	10
2.	14/01/2011	1		9
3.	22/01/2011	1		8
4.	26/01/2011	1		6
5.	28/01/2011	1		5
6.	31/01/2011	1		4
7.	07/02/2011	1		3
8.	12/02/2011	1		2
9.	15/02/2011	0	8	10
10.	21/02/2011	1		9
11.	25/02/2011	1		8
12.	28/02/2011	1		7
13.	05/03/2011	1		6
14.	15/03/2011	1		5
15.	19/03/2011	1		4
16.	22/03/2011	1		3
17.	29/03/2011	1		2
18.	30/03/2011	0	8	10
19.	01/04/2011	1		9
20.	05/04/2011	1		8
21.	07/04/2011	1		7
22.	08/04/2011	1		6
23.	15/04/2011	1		5
24.	25/04/2011	1		4
25.	28/04/2011	1		3

26.	03/05/2011	1		2
27.	04/05/2011	0	8	10
28.	12/05/2011	2		8
30.	18/05/2011	1		7
31.	21/05/2011	1		6
32.	26/05/2011	1		5
33.	01/06/2011	1		4
34.	05/06/2011	1		3
35.	12/06/2011	1		2
36.	13/06/2011	0	8	10
37.	15/06/2011	1		9
38.	21/06/2011	1		8
39.	28/06/2011	2		6
40.	03/07/2011	1		5
41.	06/07/2011	1		4
42.	15/07/2011	1		3
43.	19/07/2011	1		2
44.	20/07/2011	0	8	10
45.	23/07/2011	1		9
46.	27/07/2011	1		8
47.	31/07/2011	1		7
48.	06/08/2011	1		6
49.	10/08/2011	1		5
50.	19/08/2011	1		4
51.	20/08/2011	1		3
52.	27/08/2011	1		2

Tabel 4.3 Data Status Komponen *As Dinamo* di Gudang

No.	Tanggal	Jumlah keluar	jumlah masuk	jumlah di gudang
1.	15/01/2011	1		3
2.	22/01/2011	1		2
3.	15/02/2011	0	5	7
4.	17/02/2011	1		6
5.	24/02/2011	1		5
6.	17/03/2011	1		4
7.	22/03/2011	1		3
8.	28/03/2011	1		2
9.	30/03/2011	0	5	7
10.	06/04/2011	1		6
11.	20/04/2011	1		5
12.	11/05/2011	1		4
13.	31/05/2011	1		3

14.	05/06/2011	1		2
15.	13/06/2011	0	5	7
16.	19/06/2011	1		6
17.	30/06/2011	1		5
18.	05/07/2011	1		4
19.	22/07/2011	1		3
20.	04/08/2011	1		2
21.	10/08/2011	0	5	7
22.	23/08/2011	1		6
23.	21/02/2011	1		5

Tabel 4.4 Data Status Komponen *Bearing Dinamo* di Gudang

No.	Tanggal	Jumlah keluar	jumlah masuk	jumlah di gudang
1.	08/01/2011	0	6	8
2.	12/01/2011	1		7
3.	17/01/2011	1		6
4.	23/01/2011	1		5
5.	04/02/2011	1		4
6.	17/02/2011	1		3
7.	02/03/2011	1		2
8.	30/03/2011	0	6	8
9.	11/04/2011	1		7
10.	27/04/2011	1		6
11.	07/05/2011	1		5
12.	01/06/2011	1		4
13.	08/06/2011	1		3
14.	11/06/2011	1		2
15.	13/06/2011	0	6	8
16.	07/07/2011	1		7
17.	15/08/2011	1		6
18.	21/08/2011	1		5

Waktu berangkat pembelian sampai komponen setiap digunakan kurang lebih selama kurang lebih 11 jam.

4.1.7 Data Biaya

Biaya-biaya yang dipakai dalam penelitian ini antara lain biaya yang menyangkut pengadaan suku cadang dan biaya perawatan.

a. Biaya dalam pengadaan komponen kritis

Harga 1 buah *bearing vibro* adalah Rp. 110.000,00, harga *as dinamo* Rp. 90.000,00 dan harga *bearing dinamo* Rp. 130.000,00. Sedangkan harga komponen lain seperti *manumatic cement* adalah Rp. 700.000,00, harga silinder Rp. 600.000,00, harga pompa air Rp. 800.000,00, harga pintu pengaduk (*mixer*) Rp. 5000.000,00 dan harga *scrone cement* Rp. 650.000,00. Biaya lain dalam pengadaan komponen adalah biaya pemesanan yang ditanggung perusahaan. Rincian biaya pemesanan komponen adalah sebagai berikut:

Tabel 4.5 Rincian Biaya Pemesanan

No.	Keterangan	Biaya
1.	Biaya angkut	Rp. 75.000,-
2.	Biaya transportasi	Rp. 125.000,-
Jumlah		Rp. 200.000,00

b. Biaya dalam perawatan komponen kritis

Biaya perawatan komponen mencakup biaya gaji teknisi dan operator serta ongkos pembantu dalam perawatan mesin. Dari bagian personalia didapat informasi bahwa gaji teknisi adalah Rp. 870.000,00 /bulan, sedangkan gaji operator adalah Rp. 800.000,00. Biaya bahan pembantu yang digunakan setiap kali terjadi perbaikan diestimasikan sebesar Rp. 250.000,00 tiap masing-masing komponen. Biaya tenaga kerja bila terjadi perbaikan adalah Rp. 20.000 tiap tenaga kerja.

c. Ongkos simpan

Ongkos simpan mencakup biaya pemeliharaan, biaya listrik, biaya keamanan dan bunga bank. Ongkos simpan diestimasikan sekitar 22% dari nilai persediaan komponen rata-rata per bulan.

4.1.8 Data Harga Jual Produk

Harga jual untuk masing-masing produk yaitu

1. Paving K-300 tebal 6 cm : Rp. 38.000,00/m²
2. Paving K-400 tebal 8 cm : Rp. 42.000,00/m²
3. Topi uskup tebal 6 cm : Rp. 38.000,00/m²
4. Topi uskup tebal 8 cm : Rp. 50.000,00/m²

4.2 Pengolahan Data

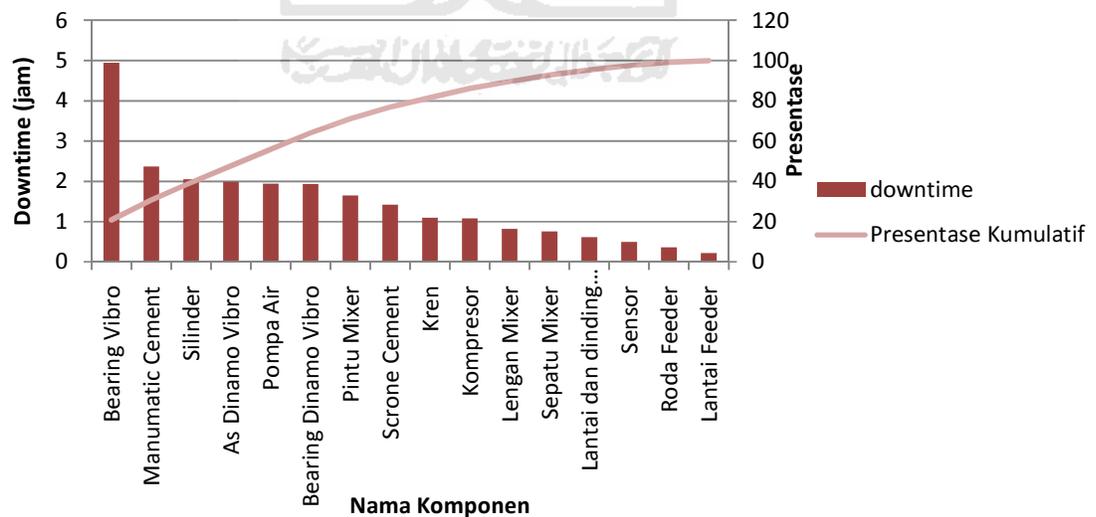
4.2.1 Penentuan Komponen Kritis

Penentuan komponen kritis dilakukan berdasarkan persentase total waktu *downtime* terbesar dari kerusakan komponen mesin. Berdasarkan hasil perhitungan presentase total waktu *downtime* kerusakan komponen mesin diperoleh 8 komponen mesin yang memiliki waktu kerusakan terbesar yaitu *bearing vibro*, *manumatic cement*, silinder, *as dinamo*, pompa air, *bearing dinamo*, pintu pengaduk (*mixer*) dan *scrone cement*. Komponen-komponen tersebut dapat disimpulkan merupakan komponen kritis mesin. Adapun perhitungan persentase kerusakan komponen kritis mesin tidak dapat dioperasikan pada mesin produksi 2 seperti yang dapat dilihat pada Tabel 4.6.

Tabel 4.6 Persentase Kerusakan Komponen Mesin Tidak Dapat Dioperasikan

No.	Nama Komponen	Mesin Berhenti Beroperasi (jam)	%	% Kumulatif
1.	<i>Bearing vibro</i>	4,95	20,82456878	20,82456878
2.	<i>Manumatic cement</i>	2,37	9,970551115	30,7951199
3.	Silinder	2,05	8,624316365	39,41943626
4.	<i>As dinamo</i>	1,99	8,37189735	47,79133361
5.	Pompa Air	1,94	8,16154817	55,95288178
6.	<i>Bearing dinamo</i>	1,93	8,119478334	64,07236012
7.	Pintu Pengaduk (<i>Mixer</i>)	1,65	6,941522928	71,01388305
8.	<i>Scrone cement</i>	1,42	5,973916702	76,98779975
9.	Kren	1,1	4,627681952	81,6154817
10.	Kompresor	1,08	4,54354228	86,15902398
11.	Lengan Pengaduk (<i>Mixer</i>)	0,82	3,449726546	89,60875053
12.	Sepatu Pengaduk (<i>Mixer</i>)	0,76	3,197307531	92,80605806
13.	Lantai dan dinding Pengaduk (<i>Mixer</i>)	0,62	2,608329828	95,41438788
14.	Sensor	0,5	2,103491796	97,51787968
15.	Roda <i>Feeder</i>	0,37	1,556583929	99,07446361
16.	Lantai <i>Feeder</i>	0,22	0,92553639	100
Jumlah		23,77	100	

Tingkat Kerusakan Komponen Bulan Januari 2011- Agustus 2011



Gambar 4.1 Diagram Pareto Tingkat Kerusakan Komponen Mesin

Dari Tabel 4.6 dan Gambar 4.1, dapat dilihat bahwa untuk mencapai perbaikan sebanyak kurang lebih tiga per empat dari seluruh kerusakan dipilih 8 komponen yaitu komponen *bearing vibro*, *manumatic cement*, silinder, *as dinamo*, pompa air, *bearing dinamo*, pintu pengaduk (*mixer*) dan *scrone cement*. Total seluruh kerusakan 8 komponen tersebut selama 8 bulan adalah 18,3 jam atau 76,99% dari seluruh kerusakan yang terjadi pada mesin.

4.3 Penjadualan Perawatan Komponen Kritis

4.3.1 Perhitungan *Time To Failure* (TTF) dan *Time To Repair* (TTR)

Langkah selanjutnya setelah diketahui komponen kritis mesin adalah menghitung waktu antar kerusakan atau TTF dan waktu perbaikan atau TTR.

Selang waktu kerusakan (*downtime*) atau TTF didapatkan dengan cara menghitung selang waktu dari saat penggantian selesai, dimana kegiatan operasi mulai berjalan kembali sampai dengan saat awal kerusakan yang selanjutnya. Misalnya pada komponen *bearing vibro* kerusakan dimulai pada tanggal 8 Januari 2011 pukul 07.15 selesai 8 Januari 2011 pukul 10.27, kerusakan selanjutnya 22 Januari 2011 pukul 07.08 selesai 22 Januari 2011 pukul 07.20, maka selang waktu antar kerusakannya didapatkan dengan cara; saat selesai pukul 24.00 didapatkan 8,55 jam, selang waktu pada 8 Januari 2011 sampai 22 Januari 2011 didapatkan 13 hari kerja produksi = 312 jam, selang waktu pada tanggal 22 Januari 2011 dari pukul 00.00 sampai dengan 07.08 didapatkan 7,13 jam, jadi selang waktunya = $8,55 + 312 + 7,13 = 320,68$ jam.

Waktu antar perbaikan atau TTR didapatkan dengan cara menghitung selang waktu dari saat terjadi kerusakan sampai selesai perbaikan. Misalnya pada komponen *bearing vibro* kerusakan dimulai pada tanggal 8 Januari 2011 pukul 10.15 sampai pukul 10.27, maka total mesin tidak dapat dioperasikan adalah 0,2 jam.

Perhitungan untuk seluruh komponen kritis adalah sebagai berikut:

a. Bearing Vibro

Tabel 4.7 Data Kerusakan Komponen *Bearing Vibro*

Tanggal	Waktu	TTF (jam)	TTR (jam)	Urutan TTF	Urutan TTR
08/01/2011	10.15-10.27	0	0,2	0	0,17
22/01/2011	07.08-07.20	320,68	0,2	74,18	0,17
28/01/2011	09.13-09.24	145,89	0,18	81,23	0,17
12/02/2011	13.15-13.25	363,85	0,17	91,8	0,17
21/02/2011	16.40-16.53	219,25	0,22	134,21	0,17
15/03/2011	10.12-10.26	521,53	0,23	145,89	0,17
22/03/2011	09.10-09.20	162,57	0,17	160,97	0,18
29/03/2011	07.18-07.31	160,97	0,22	162,57	0,18
01/04/2011	16.45-16.55	81,23	0,17	169,21	0,18
05/04/2011	12.43-12.54	91,8	0,18	183,74	0,18
08/04/2011	15.05-15.18	74,18	0,22	193,98	0,18
28/04/2011	15.15-15.25	239,95	0,17	194,05	0,2
04/05/2011	05.38-05.50	134,21	0,2	194,94	0,2
12/05/2011	08.46-08.57	194,94	0,18	214,67	0,2
21/05/2011	09.40-09.53	216,72	0,22	216,72	0,2
01/06/2011	16.10-16.22	270,29	0,2	219,25	0,2
15/06/2011	16.38-16.51	336,26	0,22	238,75	0,2
28/06/2011	15.45-15.56	310,9	0,18	239,95	0,22
06/07/2011	07.40-07.50	183,74	0,2	243,45	0,22
15/06/2011	06.30-06.43	214,67	0,22	270,29	0,22
23/07/2011	08.42-08.47	193,98	0,25	310,9	0,22
31/07/2011	10.50-11.00	194,05	0,17	320,68	0,22
10/08/2011	14.45-14.55	243,45	0,17	336,26	0,22
20/08/2011	13.40-13.52	238,75	0,2	363,85	0,23
27/08/2011	15.05-15.16	169,21	0,18	521,53	0,25
Total		5283,07	4,92	5283,07	4,92

b. Manumatic Cement

Tabel 4.8 Data Kerusakan Komponen *Manumatic Cement*

Tanggal	Waktu	TTF (jam)	TTR (jam)	Urutan TTF	Urutan TTR
10/01/2011	09.35-10.15	0	0,67	0	0,53
02/04/2011	13.22-13.58	1971,117	0,6	1078,533	0,57
28/05/2011	09.04-09.38	1339,1	0,57	1339,1	0,6
11/07/2011	08.10-08.42	1078,533	0,53	1971,117	0,67
Total		4388,75	2,37	4388,75	2,37

c. Silinder

Tabel 4.9 Data Kerusakan Komponen Silinder

Tanggal	Waktu	TTF (jam)	TTR (jam)	Urutan TTF	Urutan TTR
09/02/2011	14.00-14.33	0	0,55	0	0,42
17/03/2011	07.15-07.45	856,67	0,5	856,67	0,5
22/06/2011	13.20-13.55	2333,58	0,58	1320,083	0,55
16/08/2011	14.00-14.25	1320,083	0,42	2333,58	0,58
Total		4510,333	2,05	4510,333	2,05

d. As Dinamo

Tabel 4.10 Data Kerusakan Komponen As Dinamo

Tanggal	Waktu	TTF (jam)	TTR (jam)	Urutan TTF	Urutan TTR
22/01/2011	09.30-09.44	0	0,23	0	0,17
24/02/2011	14.20-14.35	796,6	0,25	149,283	0,22
17/03/2011	10.33-10.46	499,97	0,22	483,96	0,22
06/04/2011	14.44-14.57	483,96	0,22	499,97	0,22
31/05/2011	09.50-10.03	1314,88	0,22	549,07	0,22
05/06/2011	15.30-15.40	149,283	0,17	597,15	0,23
30/06/2011	12.49-13.03	597,15	0,23	770,25	0,23
22/07/2011	10.07-10.21	549,07	0,23	796,6	0,23
23/08/2011	12.36-12.49	770,25	0,22	1314,88	0,25
Total		5161,163	1,99	5161,163	1,99

e. Pompa Air

Tabel 4.11 Data Kerusakan Komponen Pompa Air

Tanggal	Waktu	TTF (jam)	TTR (jam)	Urutan TTF	Urutan TTR
08/01/2011	07.10-07.54	0	0,73	0	0,53
25/01/2011	10.12-10.53	410,3	0,68	410,3	0,68
17/02/2011	15.23-15.55	556,5	0,53	556,5	0,73
Total		966,8	1,94	966,8	1,94

f. Bearing Dinamo

Tabel 4.12 Data Kerusakan Komponen *Bearing Dinamo*

Tanggal	Waktu	TTF (jam)	TTR (jam)	Urutan TTF	Urutan TTR
12/01/2011	06.40-06.53	0	0,22	0	0,17
23/01/2011	08.45-08.55	265,87	0,17	265,87	0,17
04/02/2011	14.40-14.50	293,753	0,17	293,753	0,2
02/03/2011	07.34-07.47	616,74	0,22	616,74	0,22
11/04/2011	16.00-16.12	968,22	0,2	618,13	0,22
07/05/2011	10.20-10.35	618,13	0,25	686,32	0,22
08/06/2011	16.15-16.29	773,67	0,23	773,67	0,23
07/07/2011	06.48-07.01	686,32	0,22	945,73	0,25
15/08/2011	16.45-17.00	945,73	0,25	968,22	0,25
Total		5168,433	1,93	5168,433	1,93

g. Pintu Pengaduk (Mixer)

Tabel 4.13 Data Kerusakan Komponen Pintu Pengaduk (*Mixer*)

Tanggal	Waktu	TTF (jam)	TTR (jam)	Urutan TTF	Urutan TTR
22/03/2011	06.41-07.02	0	0,35	0	0,28
05/04/2011	16.20-16.42	345,3	0,37	345,3	0,3
21/04/2011	12.50-13.11	380,13	0,35	380,13	0,35
24/05/2011	06.50-07.07	785,65	0,28	785,65	0,35
08/08/2011	16.12-16.30	1833,08	0,3	1833,08	0,37
Total		3344,16	1,65	3344,16	1,65

h. Scrone Cement

Tabel 4.14 Data Kerusakan Komponen *Scrone Cement*

Tanggal	Waktu	TTF (jam)	TTR (jam)	Urutan TTF	Urutan TTR
28/03/2011	08.32-08.52	0	0,33	0	0,33
05/04/2011	14.45-15.05	197,88	0,33	197,88	0,33
05/06/2011	12.55-13.18	717,84	0,38	717,84	0,38
28/07/2011	09.35-09.58	1268,28	0,38	1268,28	0,38
Total		2184	1,42	2184	1,42

4.3.2 Identifikasi Distribusi Waktu Antar Kerusakan (TTF)

Untuk mengetahui distribusi yang sesuai bagi data waktu antar kerusakan (*Time to Failure*) terlebih dahulu dilakukan identifikasi jenis distribusi dengan bantuan *software* minitab 16.0 menggunakan metode *Least square Curve Fitting*.

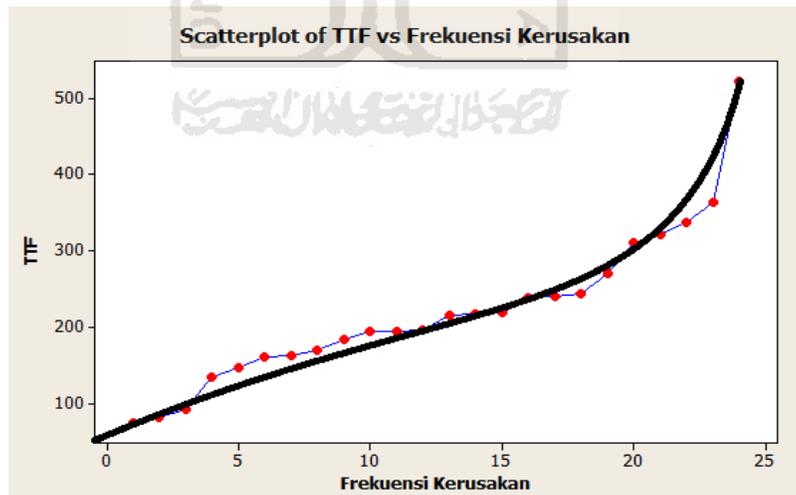
a. *Bearing Vibro*

Hasil rekapan nilai *Anderson Darling* untuk kesesuaian data TTF komponen *bearing vibro* dengan seluruh distribusi adalah sebagai berikut:

Tabel 4.15 Nilai *Anderson Darling* untuk Distribusi Data TTF *Bearing Vibro*

No.	Distribusi	Nilai <i>Anderson Darling</i>
1.	Ekspensial	6,732
2.	Weibull	0,991
3.	Normal	1,055
4.	Lognormal	0,856

Pada data TTF *bearing vibro* distribusi yang terpilih adalah distribusi lognormal.



Gambar 4.2 Plot Data TTF *Bearing Vibro*

Gambar 4.2 menunjukkan bahwa data TTF komponen *Bearing Vibro* berdistribusi lognormal.

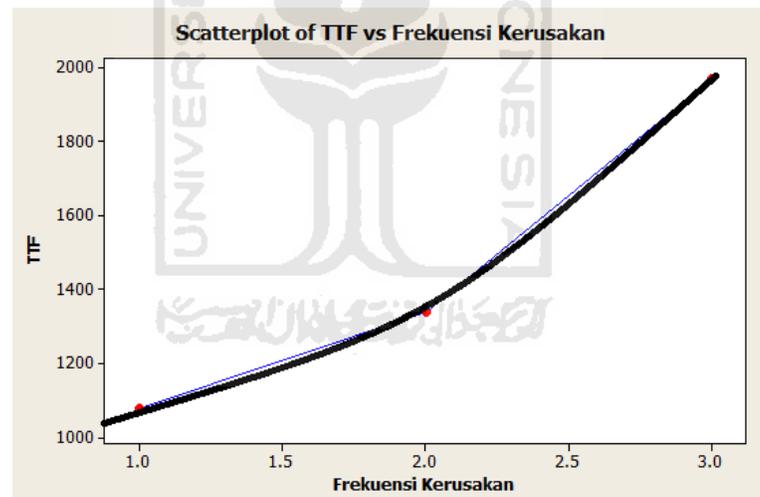
b. Manumatic Cement

Hasil rekapan nilai *Anderson Darling* untuk kesesuaian data TTF komponen *manumatic cement* dengan seluruh distribusi adalah sebagai berikut:

Tabel 4.16 Nilai *Anderson Darling* untuk Distribusi Data TTF *Manumatic Cement*

No.	Distribusi	Nilai <i>Anderson Darling</i>
1.	Ekspensial	4,017
2.	Weibull	3,495
3.	Normal	3,462
4.	Lognormal	3,447

Pada data TTF *manumatic cement* distribusi yang terpilih adalah distribusi lognormal.



Gambar 4.3 Plot Data TTF *Manumatic Cement*

Gambar 4.3 menunjukkan bahwa data TTF komponen *Manumatic Cement* berdistribusi lognormal.

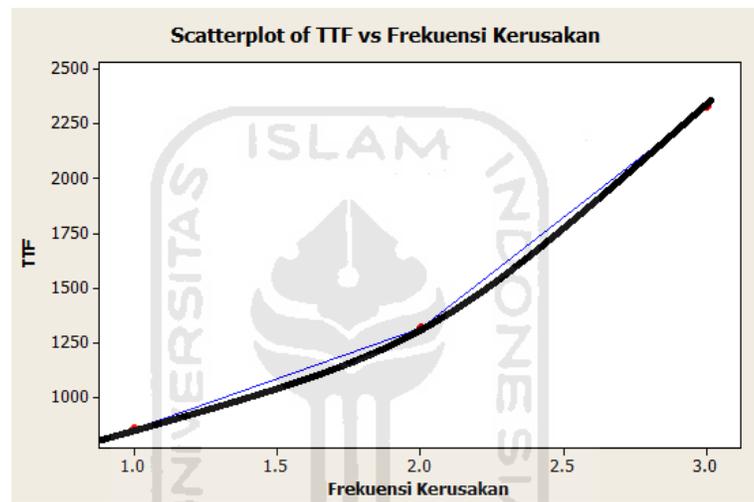
c. Silinder

Hasil rekapan nilai *Anderson Darling* untuk kesesuaian data TTF komponen silinder dengan seluruh distribusi adalah sebagai berikut:

Tabel 4.17 Nilai *Anderson Darling* untuk Distribusi Data TTF Silinder

No.	Distribusi	Nilai <i>Anderson Darling</i>
1.	Eksponensial	3,746
2.	Weibull	3,464
3.	Normal	3,456
4.	Lognormal	3,439

Pada data TTF silinder distribusi yang terpilih adalah distribusi lognormal.



Gambar 4.4 Plot Data TTF Silinder

Gambar 4.4 menunjukkan bahwa data TTF komponen Silinder berdistribusi lognormal.

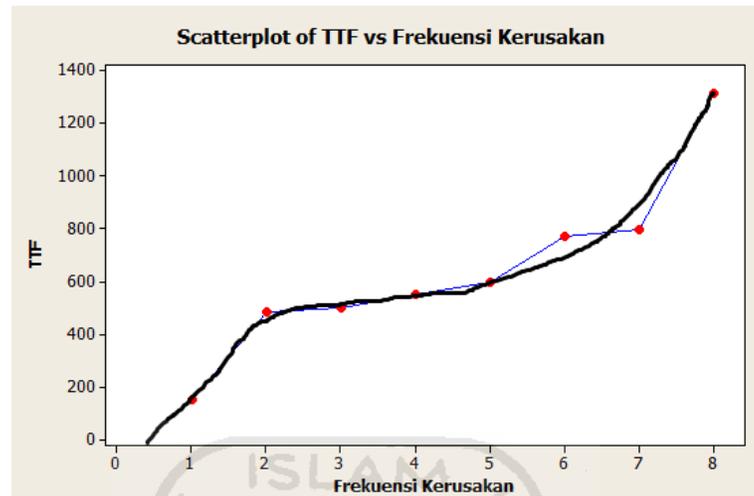
d. As Dinamo

Hasil rekapan nilai *Anderson Darling* untuk kesesuaian data TTF komponen *as dinamo* dengan seluruh distribusi adalah sebagai berikut:

Tabel 4.18 Nilai *Anderson Darling* untuk Distribusi Data TTF *As Dinamo*

No.	Distribusi	Nilai <i>Anderson Darling</i>
1.	Eksponensial	3,026
2.	Weibull	1,810
3.	Normal	1,847
4.	Lognormal	1,930

Pada data TTF *as dinamo* distribusi yang terpilih adalah distribusi weibull.



Gambar 4.5 Plot Data TTF *As Dinamo*

Gambar 4.5 menunjukkan bahwa data TTF komponen *As Dinamo* berdistribusi weibull.

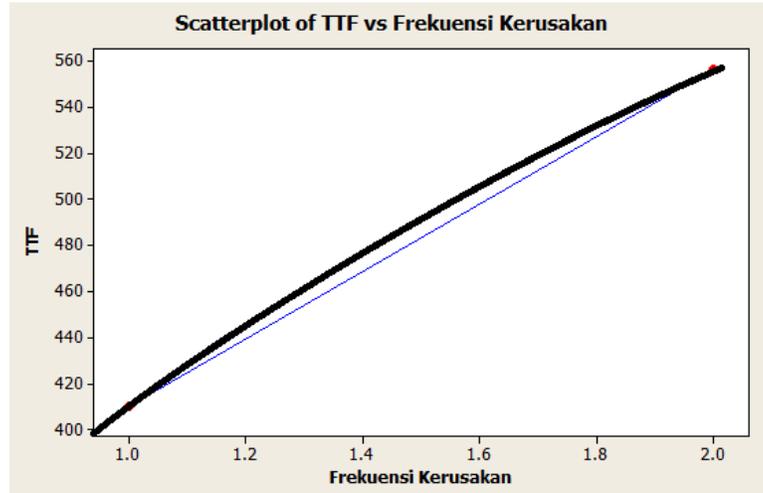
e. Pompa Air

Hasil rekapan nilai *Anderson Darling* untuk kesesuaian data TTF komponen pompa air dengan seluruh distribusi adalah sebagai berikut:

Tabel 4.19 Nilai *Anderson Darling* untuk Distribusi Data TTF Pompa Air

No.	Distribusi	Nilai <i>Anderson Darling</i>
1.	Eksponensial	4,865
2.	Weibull	4,569
3.	Normal	4,569
4.	Lognormal	4,569

Pada data TTF pompa air distribusi yang terpilih adalah distribusi weibull.



Gambar 4.6 Plot Data TTF Pompa Air

Gambar 4.6 menunjukkan bahwa data TTF komponen Pompa Air berdistribusi weibull.

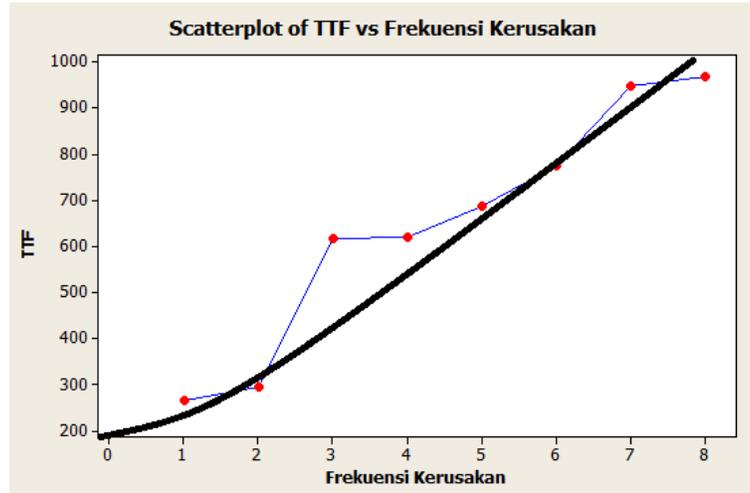
f. Bearing Dinamo

Hasil rekapan nilai *Anderson Darling* untuk kesesuaian data TTF komponen *bearing dinamo* dengan seluruh distribusi adalah sebagai berikut:

Tabel 4.20 Nilai *Anderson Darling* untuk Distribusi Data TTF *Bearing Dinamo*

No.	Distribusi	Nilai <i>Anderson Darling</i>
1.	Eksponensial	3,596
2.	Weibull	1,740.
3.	Normal	1,707.
4.	Lognormal	1,935.

Pada data TTF *bearing dinamo* distribusi yang terpilih adalah distribusi normal.



Gambar 4.7 Plot Data TTF *Bearing Dinamo*

Gambar 4.7 menunjukkan bahwa data TTF komponen *Bearing Dinamo* berdistribusi normal.

g. Pintu Pengaduk (*Mixer*)

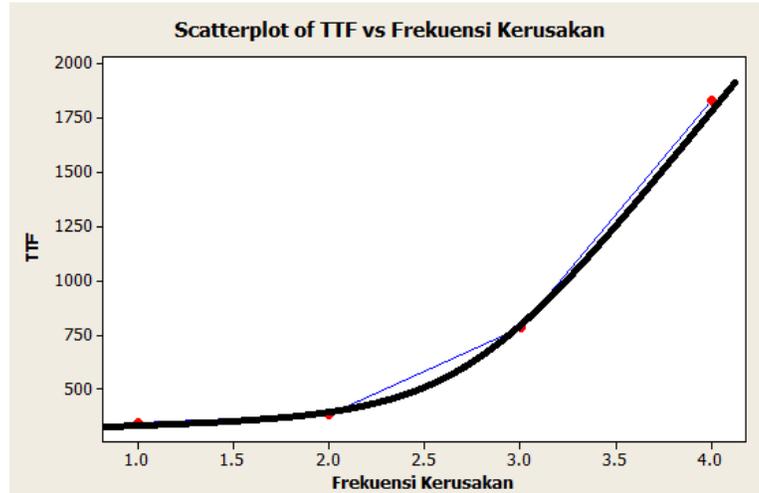
Hasil rekapan nilai *Anderson Darling* untuk kesesuaian data TTF komponen pintu pengaduk dengan seluruh distribusi adalah sebagai berikut:

Tabel 4.21 Nilai *Anderson Darling* untuk Distribusi Data TTF Pintu Pengaduk

(*Mixer*)

No.	Distribusi	Nilai <i>Anderson Darling</i>
1.	Eksponensial	2,852
2.	Weibull	2,991
3.	Normal	2,929
4.	Lognormal	2,822

Pada data TTF pintu pengaduk (*Mixer*) distribusi yang terpilih adalah distribusi lognormal.



Gambar 4.8 Plot Data TTF Pintu Pengaduk (*Mixer*)

Gambar 4.8 menunjukkan bahwa data TTF komponen Pintu Pengaduk (*Mixer*) berdistribusi lognormal.

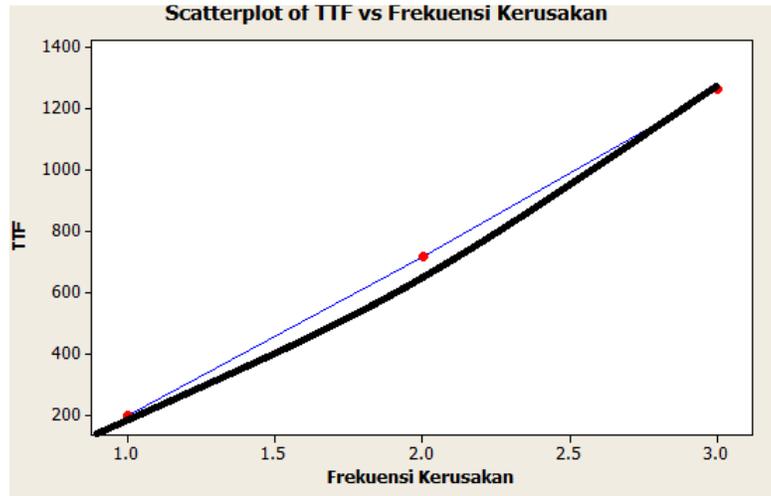
h. *Scrone Cement*

Hasil rekapan nilai *Anderson Darling* untuk kesesuaian data TTF komponen *scrone cement* dengan seluruh distribusi adalah sebagai berikut:

Tabel 4.22 Nilai *Anderson Darling* untuk Distribusi Data TTF *Scrone Cement*

No.	Distribusi	Nilai <i>Anderson Darling</i>
1.	Eksponensial	3,519
2.	Weibull	3,459
3.	Normal	3,440
4.	Lognormal	3,491

Pada data TTF *scrone cement* distribusi yang terpilih adalah distribusi normal.



Gambar 4.9 Plot Data TTF *Scrone Cement*

Gambar 4.9 menunjukkan bahwa data TTF komponen *Scrone Cement* berdistribusi normal.

4.3.3 Identifikasi Distribusi untuk Data Waktu Perbaikan (TTR)

Langkah – langkah perhitungan untuk mencari nilai *Anderson Darling* pada setiap distribusi untuk data waktu perbaikan sama dengan langkah – langkah perhitungan untuk mencari nilai *Anderson Darling* pada sebaran data TTF, yaitu untuk mengetahui distribusi yang sesuai dilakukan identifikasi jenis distribusi dengan bantuan *software* minitab 16.0 menggunakan metode *Least square Curve Fitting*.

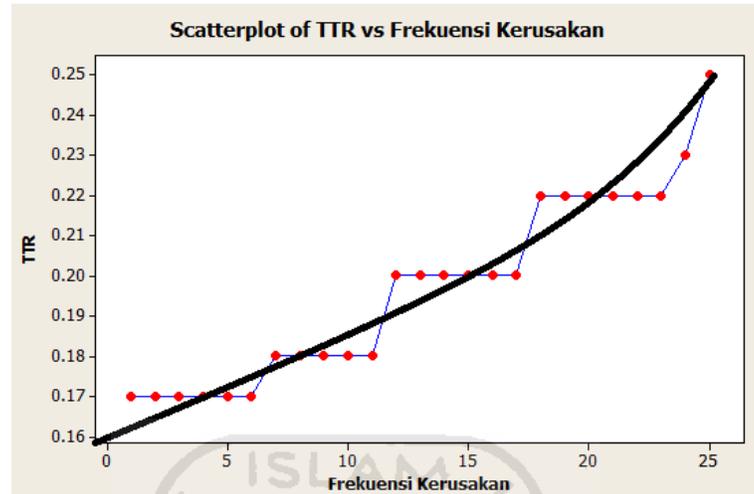
a. *Bearing Vibro*

Hasil rekapan nilai *Anderson Darling* untuk kesesuaian data TTR komponen *bearing vibro* dengan seluruh distribusi adalah sebagai berikut:

Tabel 4.23 Nilai *Anderson Darling* untuk Distribusi Data TTR *Bearing Vibro*

No.	Distribusi	Nilai <i>Anderson Darling</i>
1.	Ekspensial	18,133
2.	Weibull	2,586
3.	Normal	1,514
4.	Lognormal	1,5

Pada data TTR *bearing vibro* distribusi yang terpilih adalah distribusi lognormal.



Gambar 4.10 Plot Data TTR *Bearing Vibro*

Gambar 4.10 menunjukkan bahwa data TTR komponen *Bearing Vibro* berdistribusi lognormal.

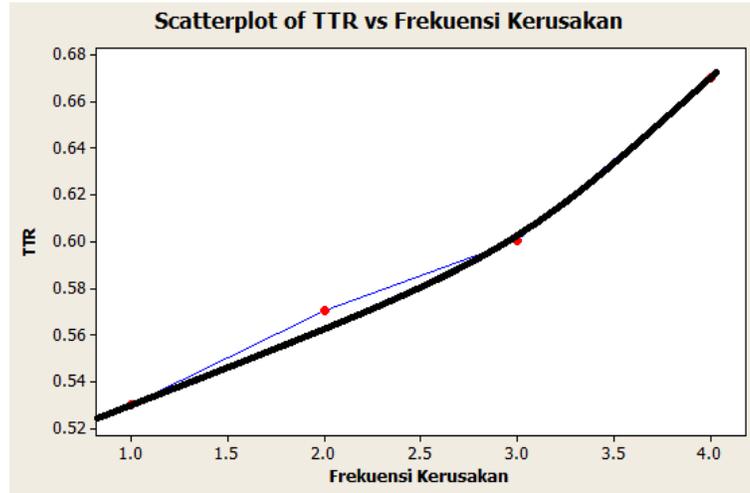
b. Manumatic Cement

Hasil rekapan nilai *Anderson Darling* untuk kesesuaian data TTR komponen *manumatic cement* dengan seluruh distribusi adalah sebagai berikut:

Tabel 4.24 Nilai *Anderson Darling* untuk Distribusi Data TTR *Manumatic Cement*

No.	Distribusi	Nilai <i>Anderson Darling</i>
1.	Ekspensial	4,413
2.	Weibull	2,851
3.	Normal	2,774
4.	Lognormal	2,766

Pada data TTR *manumatic cement* distribusi yang terpilih adalah distribusi lognormal.



Gambar 4.11 Plot Data TTR *Manumatic Cement*

Gambar 4.11 menunjukkan bahwa data TTR komponen *Manumatic Cement* berdistribusi lognormal.

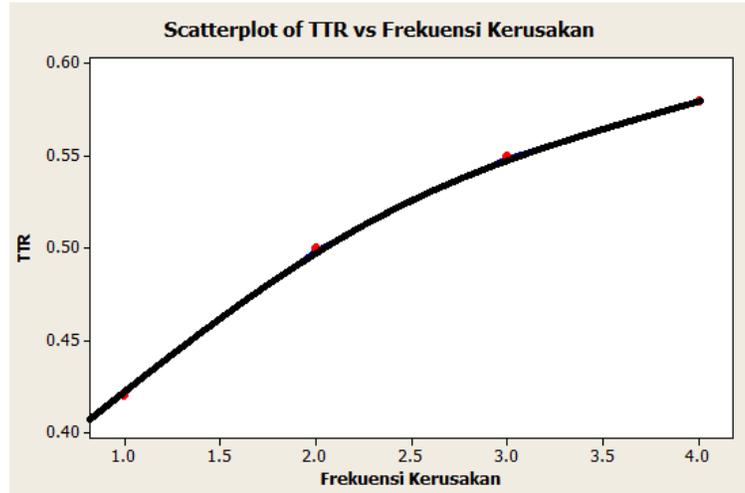
c. Silinder

Hasil rekapan nilai *Anderson Darling* untuk kesesuaian data TTR komponen silinder dengan seluruh distribusi adalah sebagai berikut:

Tabel 4.25 Nilai *Anderson Darling* untuk Distribusi Data TTR Silinder

No.	Distribusi	Nilai <i>Anderson Darling</i>
1.	Eksponensial	4,323
2.	Weibull	2,780
3.	Normal	2,814
4.	Lognormal	2,837

Pada data TTR silinder distribusi yang terpilih adalah distribusi weibull.



Gambar 4.12 Plot Data TTR Silinder

Gambar 4.12 menunjukkan bahwa data TTR komponen Silinder berdistribusi lognormal.

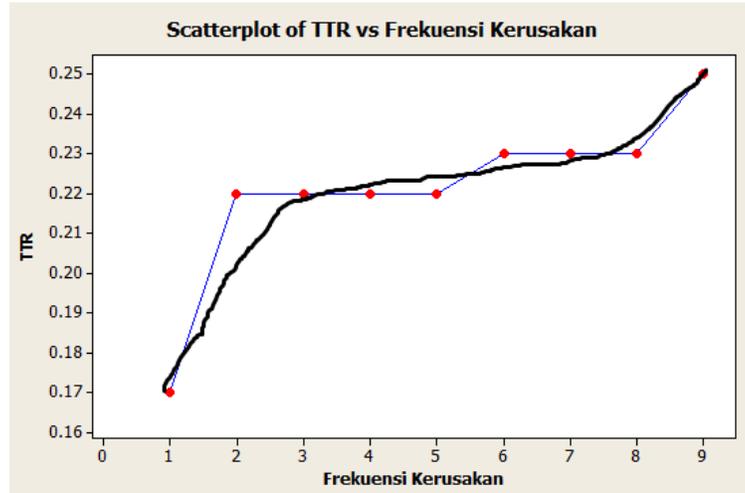
d. As Dinamo

Hasil rekapan nilai *Anderson Darling* untuk kesesuaian data TTR komponen *as dinamo* dengan seluruh distribusi adalah sebagai berikut:

Tabel 4.26 Nilai *Anderson Darling* untuk Distribusi Data TTR *As Dinamo*

No.	Distribusi	Nilai <i>Anderson Darling</i>
1.	Eksponensial	7,172
2.	Weibull	2.074
3.	Normal	2,267
4.	Lognormal	2,396

Pada data TTR *as dinamo* distribusi yang terpilih adalah distribusi weibull.



Gambar 4.13 Plot Data TTR As Dinamo

Gambar 4.13 menunjukkan bahwa data TTR komponen *As Dinamo* berdistribusi weibull.

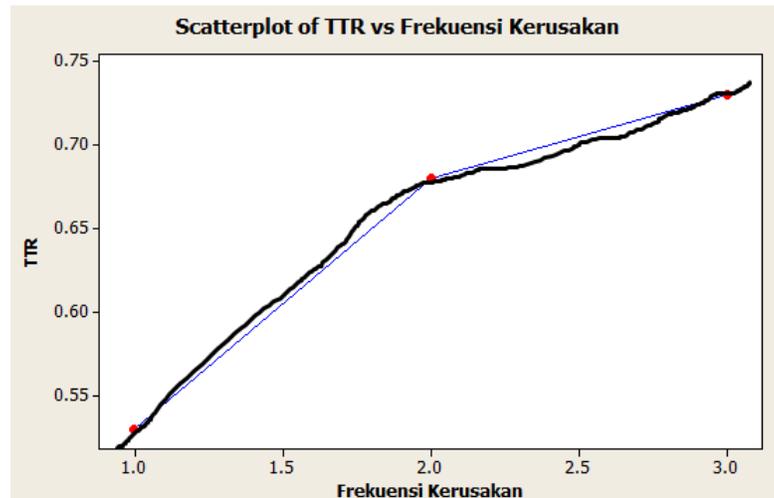
e. Pompa Air

Hasil rekapan nilai *Anderson Darling* untuk kesesuaian data TTR komponen pompa air dengan seluruh distribusi adalah sebagai berikut:

Tabel 4.27 Nilai *Anderson Darling* untuk Distribusi Data TTR Pompa Air

No.	Distribusi	Nilai <i>Anderson Darling</i>
1.	Eksponensial	4,340
2.	Weibull	3,493
3.	Normal	3,519
4.	Lognormal	3,535

Pada data TTR pompa air distribusi yang terpilih adalah distribusi weibull.



Gambar 4.14 Plot Data TTR Pompa Air

Gambar 4.14 menunjukkan bahwa data TTR komponen Pompa Air berdistribusi weibull.

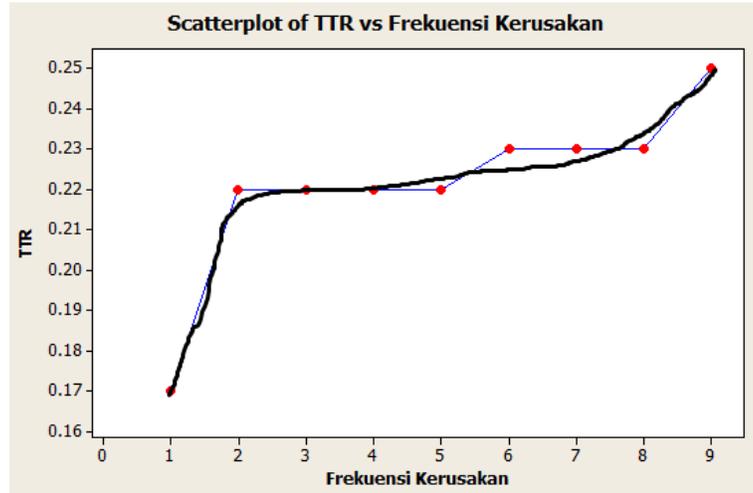
f. Bearing Dinamo

Hasil rekapan nilai *Anderson Darling* untuk kesesuaian data TTR komponen *bearing dinamo* dengan seluruh distribusi adalah sebagai berikut:

Tabel 4.28 Nilai *Anderson Darling* untuk Distribusi Data TTR *Bearing Dinamo*

No.	Distribusi	Nilai <i>Anderson Darling</i>
1.	Eksponensial	6,402
2.	Weibull	1,609
3.	Normal	1,666
4.	Lognormal	1,740

Pada data TTR *bearing dinamo* distribusi yang terpilih adalah distribusi weibull.



Gambar 4.15 Plot Data TTR *Bearing Dinamo*

Gambar 4.15 menunjukkan bahwa data TTR komponen *Bearing Dinamo* berdistribusi weibull.

g. Pintu Pengaduk (*Mixer*)

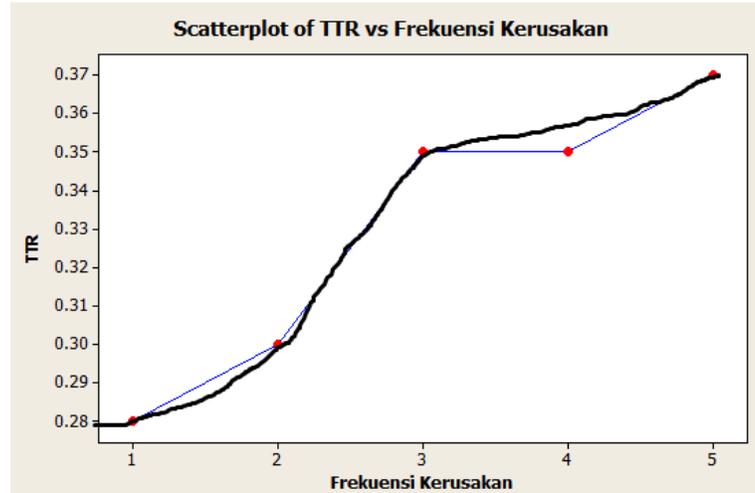
Hasil rekapan nilai *Anderson Darling* untuk kesesuaian data TTR komponen pintu pengaduk dengan seluruh distribusi adalah sebagai berikut:

Tabel 4.29 Nilai *Anderson Darling* untuk Distribusi Data TTR Pintu Pengaduk

(*Mixer*)

No.	Distribusi	Nilai <i>Anderson Darling</i>
1.	Ekspensial	4,636
2.	Weibull	2,438
3.	Normal	2,469
4.	Lognormal	2,483

Pada data TTR pintu pengaduk (*mixer*) distribusi yang terpilih adalah distribusi weibull.



Gambar 4.16 Plot Data TTR Pintu Pengaduk (*Mixer*)

Gambar 4.16 menunjukkan bahwa data TTR komponen *Pintu Pengaduk (Mixer)* berdistribusi weibull.

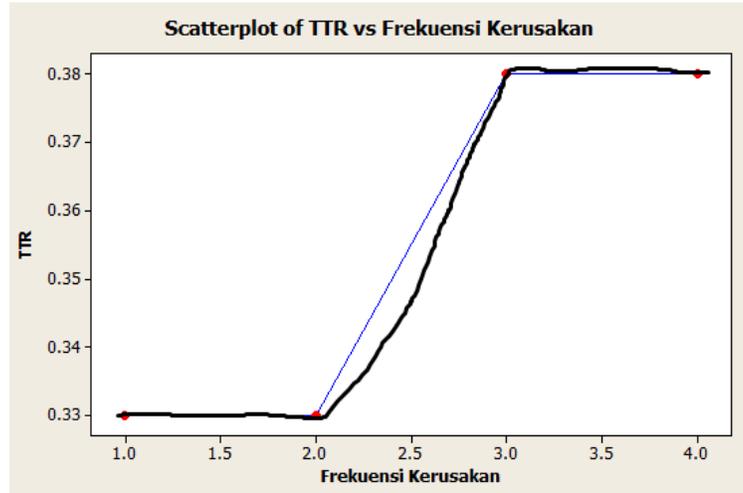
h. *Scrone Cement*

Hasil rekapan nilai *Anderson Darling* untuk kesesuaian data TTR komponen *scrone cement* dengan seluruh distribusi adalah sebagai berikut:

Tabel 4.30 Nilai *Anderson Darling* untuk Distribusi Data TTR *Scrone Cement*

No.	Distribusi	Nilai <i>Anderson Darling</i>
1.	Eksponensial	4,517
2.	Weibull	3,150
3.	Normal	3,071
4.	Lognormal	3,071

Pada data TTR *scrone cement* distribusi yang terpilih adalah distribusi normal.



Gambar 4.17 Plot Data TTR *Scrone Cement*

Gambar 4.17 menunjukkan bahwa data TTR komponen *Scrone Cement* berdistribusi weibull.

4.3.4 Perhitungan *Mean Time To Failure* (MTTF) Data Waktu Antar Kerusakan

a. *Bearing Vibro*

Distribusi terpilih untuk data waktu antar kerusakan adalah distribusi lognormal. Nilai yang akan digunakan pada perhitungan MTTF adalah nilai parameter-parameter dari distribusi lognormal dengan rumus:

$$MTTF = t_{med} e^{s^2/2}$$

Dari perhitungan menggunakan Minitab 16.0 didapat nilai MTTF sebesar 223,693 jam.

b. *Manumatic Cement*

Distribusi terpilih untuk data waktu antar kerusakan adalah distribusi lognormal. Nilai yang akan digunakan pada perhitungan MTTF adalah nilai parameter-parameter dari distribusi lognormal dengan rumus:

$$MTTF = t_{med} e^{s^2/2}$$

Dari perhitungan menggunakan Minitab 16.0 didapat nilai MTTF sebesar 1516,19 jam.

c. Silinder

Distribusi terpilih untuk data waktu antar kerusakan adalah distribusi lognormal. Nilai yang akan digunakan pada perhitungan MTTF adalah nilai parameter-parameter dari distribusi lognormal dengan rumus:

$$MTTF = t_{med} e^{s^2/2}$$

Dari perhitungan menggunakan Minitab 16.0 didapat nilai MTTF sebesar 1664,94 jam.

d. As Dinamo

Distribusi terpilih untuk data waktu antar kerusakan adalah distribusi weibull. Nilai yang akan digunakan pada perhitungan MTTF adalah nilai parameter-parameter dari distribusi weibull dengan rumus:

$$MTTF = \theta \Gamma \left(1 + \frac{1}{\beta} \right)$$

Dari perhitungan menggunakan Minitab 16.0 didapat nilai MTTF sebesar 656,227 jam.

e. Pompa Air

Distribusi terpilih untuk data waktu antar kerusakan adalah distribusi weibull. Nilai yang akan digunakan pada perhitungan MTTF adalah nilai parameter-parameter dari distribusi weibull dengan rumus:

$$MTTF = \theta \Gamma \left(1 + \frac{1}{\beta} \right)$$

Dari perhitungan menggunakan Minitab 16.0 didapat nilai MTTF sebesar 481,028 jam.

f. Bearing Dinamo

Distribusi terpilih untuk data waktu antar kerusakan adalah distribusi normal. Nilai yang akan digunakan pada perhitungan MTTF adalah nilai parameter-parameter dari distribusi normal dengan rumus:

$$MTTF = \mu$$

Dari perhitungan menggunakan Minitab 16.0 didapat nilai MTTF sebesar 646,054 jam.

g. Pintu Pengaduk (Mixer)

Distribusi terpilih untuk data waktu antar kerusakan adalah distribusi lognormal. Nilai yang akan digunakan pada perhitungan MTTF adalah nilai parameter-parameter dari distribusi lognormal dengan rumus:

$$MTTF = t_{med} e^{s^2/2}$$

Dari perhitungan menggunakan Minitab 16.0 didapat nilai MTTF sebesar 961,595 jam.

h. Scrone Cement

Distribusi terpilih untuk data waktu antar kerusakan adalah distribusi normal. Nilai yang akan digunakan pada perhitungan MTTF adalah nilai parameter-parameter dari distribusi normal dengan rumus:

$$MTTF = \mu$$

Dari perhitungan menggunakan Minitab 16.0 didapat nilai MTTF sebesar 728 jam.

4.3.5 Perhitungan *Mean Time To Repair* (MTTR) Data Waktu Perbaikan

a. *Bearing Vibro*

Distribusi terpilih untuk data waktu perbaikan adalah distribusi lognormal. Nilai yang akan digunakan pada perhitungan MTTR adalah parameter-parameter dari distribusi lognormal dengan rumus:

$$MTTR = t_{med} e^{s^2/2}$$

Dari perhitungan menggunakan Minitab 16.0 didapat nilai MTTR sebesar 0,196834 jam.

b. *Manumatic Cement*

Distribusi terpilih untuk data waktu perbaikan adalah distribusi lognormal. Nilai yang akan digunakan pada perhitungan MTTR adalah parameter-parameter dari distribusi lognormal dengan rumus:

$$MTTR = t_{med} e^{s^2/2}$$

Dari perhitungan menggunakan Minitab 16.0 didapat nilai MTTR sebesar 0,594259 jam.

c. *Silinder*

Distribusi terpilih untuk data waktu perbaikan adalah distribusi weibull. Nilai yang akan digunakan pada perhitungan MTTR adalah parameter-parameter dari distribusi weibull dengan rumus:

$$MTTR = \theta \Gamma \left(1 + \frac{1}{\beta} \right)$$

Dari perhitungan menggunakan Minitab 16.0 didapat nilai MTTR sebesar 0,509314 jam.

d. As Dinamo

Distribusi terpilih untuk data waktu perbaikan adalah distribusi weibull. Nilai yang akan digunakan pada perhitungan MTTR adalah parameter-parameter dari distribusi weibull dengan rumus:

$$MTTR = \theta \Gamma \left(1 + \frac{1}{\beta} \right)$$

Dari perhitungan menggunakan Minitab 16.0 didapat nilai MTTR sebesar 0,220224 jam.

e. Pompa Air

Distribusi terpilih untuk data waktu perbaikan adalah distribusi weibull. Nilai yang akan digunakan pada perhitungan MTTR adalah parameter-parameter dari distribusi weibull dengan rumus:

$$MTTR = \theta \Gamma \left(1 + \frac{1}{\beta} \right)$$

Dari perhitungan menggunakan Minitab 16.0 didapat nilai MTTR sebesar 0,641928 jam.

f. Bearing Dinamo

Distribusi terpilih untuk data waktu perbaikan adalah distribusi weibull. Nilai yang akan digunakan pada perhitungan MTTR adalah parameter-parameter dari distribusi weibull dengan rumus:

$$MTTR = \theta \Gamma \left(1 + \frac{1}{\beta} \right)$$

Dari perhitungan menggunakan Minitab 16.0 didapat nilai MTTR sebesar 0,214916 jam.

g. Pintu Pengaduk (*Mixer*)

Distribusi terpilih untuk data waktu perbaikan adalah distribusi weibull. Nilai yang akan digunakan pada perhitungan MTTR adalah parameter-parameter dari distribusi weibull dengan rumus:

$$MTTR = \theta \Gamma \left(1 + \frac{1}{\beta} \right)$$

Dari perhitungan menggunakan Minitab 16.0 didapat nilai MTTR sebesar 0,328167 jam.

h. *Scrone cement*

Distribusi terpilih untuk data waktu perbaikan adalah distribusi weibull. Nilai yang akan digunakan pada perhitungan MTTR adalah parameter-parameter dari distribusi normal dengan rumus:

$$MTTF = \mu$$

Dari perhitungan menggunakan Minitab 16.0 didapat nilai MTTR sebesar 0,3530 jam.

4.3.6 Perhitungan Interval Waktu Pengganti Pencegahan Berdasarkan Kriteria Minimasi *Downtime*

Setelah mengetahui distribusi yang sesuai untuk data *Time To Failure* dan *Time To Repair* serta nilai MTTF dan MTTR berdasarkan distribusi terpilih, selanjutnya dapat dilakukan perhitungan interval waktu penggantian pencegahan berdasarkan kriteria minimasi *downtime*.

a. Bearing Vibro

Perhitungan dilakukan secara *trial and error* yang dimulai dengan kondisi $t_p = 100$ jam dan seterusnya.

1. Data interval waktu antar kerusakan atau Time To Failure (TTF) berdistribusi lognormal, dengan nilai :

$$MTTF = 223,693 \text{ jam}$$

2. Data waktu perbaikan atau Time To Repair (TTR) berdistribusi lognormal, dengan nilai:

$$MTTR = T_f = T_P = 0,196834 \text{ jam}$$

3. $s = 0,49664$ $t_{med} = 199,517$

Tabel 4.31 Interval Penggantian *Bearing Vibro*

tp (jam)	(1/s)* (ln(t/tmed))	F(tp)=Φ((1/s)* (ln(t/tmed)))	R(tp)=1- F(tp)	Tp*R(tp)	Tf*F(tp)	M(tp)	D(tp)
100	-1,390804727	0,082179291	0,917820709	0,180658	0,016176	2722,012	0,00062354
120	-1,023694634	0,130587181	0,869412819	0,17113	0,025704	1712,978	0,000599703
140	-0,713307472	0,240974684	0,759025316	0,149402	0,047432	928,2842	0,00059619
160	-0,444437884	0,328402362	0,671597638	0,132193	0,064641	681,1553	0,000594045
180	-0,207278099	0,413961542	0,586038458	0,115352	0,081482	540,3715	0,000597595
200	0,004868558	0,502052577	0,497947423	0,098013	0,098821	445,5569	0,00060849
220	0,196778553	0,578011421	0,421988579	0,083062	0,113772	387,0045	0,000621462
240	0,371978652	0,645032101	0,354967899	0,06987	0,126964	346,7936	0,000636834
260	0,533147119	0,703001492	0,296998508	0,058459	0,138375	318,197	0,000653696
280	0,682365813	0,75245706	0,24754294	0,048725	0,148109	297,2834	0,000671326
300	0,821285094	0,794259826	0,205740174	0,040497	0,156337	281,6371	0,000689166

$D(tp)$ = total *downtime* per unit waktu

$$M(tp) = \frac{MTTF}{1-R(tp)}$$

$$D(tp) = \frac{T_p \cdot R(tp) + T_f \cdot (F(tp))}{(t_p + T_p) \cdot R(tp) + [M(tp) + T_f] \cdot (F(tp))}$$

Dari tabel perhitungan dihasilkan :

1. Min D (tp) = 0,000594045 jam
2. Age Replacement = 160 jam

b. Manumatic Cement

Perhitungan dilakukan secara *trial and error* yang dimulai dengan kondisi tp = 1000 jam dan seterusnya.

1. Data interval waktu antar kerusakan atau Time To Failure (TTF) berdistribusi lognormal, dengan nilai :

$$MTTF = 1516,19 \text{ jam}$$

2. Data waktu perbaikan atau Time To Repair (TTR) berdistribusi lognormal, dengan nilai:

$$MTTR = T_f = T_P = 0,594259 \text{ jam}$$

3. $s = 0,37709$ $t_{med} = 1417,34$

Tabel 4.32 Interval Penggantian *Manumatic Cement*

tp (jam)	(1/s)* (ln(t/tmed))	F(tp)=Φ((1/s)* (ln(t/tmed)))	R(tp)=1-F(tp)	Tp*R(tp)	Tf*F(tp)	M(tp)	D(tp)
800	-1,5166815	0,06469822	0,93530178	0,555812	0,038448	23434,8	0,000262363
850	-1,355911864	0,087554102	0,912445898	0,54223	0,05203	17317,18	0,000259235
900	-1,20433422	0,114233156	0,885766844	0,526376	0,067884	13272,77	0,000256814
950	-1,060954069	0,146680564	0,853319436	0,507094	0,087166	10336,68	0,000255328
1000	-0,924930058	0,177518185	0,822481815	0,488768	0,105492	8541,04	0,000254037
1050	-0,795544065	0,213192221	0,786807779	0,467568	0,126692	7111,845	0,000253639
1100	-0,672178248	0,250724743	0,749275257	0,445264	0,148996	6047,229	0,00025385
1150	-0,554297205	0,289695978	0,710304022	0,422105	0,172155	5233,728	0,00025465
1200	-0,441433925	0,329483787	0,670516213	0,398461	0,195799	4601,714	0,000255992
1250	-0,333178616	0,369492126	0,630507874	0,374686	0,219574	4103,443	0,000257822
1300	-0,229169723	0,409846882	0,590153118	0,350704	0,243556	3699,406	0,000260186
1350	-0,129086645	0,448656208	0,551343792	0,327642	0,266618	3379,403	0,000262819
1400	-0,032643769	0,486942492	0,513057508	0,30489	0,28937	3113,694	0,00026588
1450	0,060414439	0,524065776	0,475934224	0,282829	0,311431	2893,129	0,000269275
1500	0,150317517	0,559727007	0,440272993	0,261637	0,332623	2708,803	0,000272948

Dari tabel perhitungan dihasilkan :

1. Min D (tp) = 0,000254037 jam
2. Age Replacement = 1000 jam

c. Silinder

Perhitungan dilakukan secara *trial and error* yang dimulai dengan kondisi tp = 1100 jam dan seterusnya.

1. Data interval waktu antar kerusakan atau Time To Failure (TTF) berdistribusi lognormal, dengan nilai :

$$MTTF = 1664,94 \text{ jam}$$

1. Data waktu perbaikan atau Time To Repair (TTR) berdistribusi weibull dengan nilai:

$$MTTR = T_f = T_P = 0,509314 \text{ jam}$$

2. $s = 0,61428$ $t_{med} = 1381,97$

Tabel 4.33 Interval Perawatan Silinder

tp (jam)	(1/s)* (ln(t/tmed))	F(tp)=Φ((1/s)* (ln(t/tmed)))	R(tp)=1-F(tp)	Tp*R(tp)	Tf*F(tp)	M(tp)	D(tp)
1100	-0,371491564	0,355148121	0,644851879	0,32843	0,18088	4688,016	0,000214466
1150	-0,299127556	0,382431529	0,617568471	0,314534	0,194776	4353,564	0,000214387
1200	-0,229843818	0,409060911	0,590939089	0,300971	0,208339	4070,152	0,000214485
1250	-0,16338879	0,435078372	0,564921628	0,28772	0,22159	3826,759	0,000214754
1300	-0,099540524	0,460379196	0,539620804	0,274834	0,234476	3616,454	0,000215175
1350	-0,038102209	0,484759116	0,515240884	0,262417	0,246893	3434,572	0,000215716
1400	0,021101483	0,508440593	0,491559407	0,250356	0,258954	3274,601	0,000216393
1450	0,078227419	0,531190968	0,468809032	0,238769	0,270541	3134,353	0,000217169
1500	0,133416505	0,553066602	0,446933398	0,227628	0,281682	3010,379	0,000218041
1550	0,186795783	0,574050355	0,425949645	0,21694	0,29237	2900,338	0,000218995
1600	0,238480191	0,594222473	0,405777527	0,206667	0,302643	2801,88	0,000220033
1650	0,288574055	0,613558141	0,386441859	0,196819	0,312491	2713,581	0,000221143
1700	0,337172354	0,632025495	0,367974505	0,187413	0,321897	2634,292	0,000222308

Dari tabel perhitungan dihasilkan :

1. Min D (tp) = 0,000214387 jam
2. Age Replacement = 1150 jam

d. As Dinamo

Perhitungan dilakukan secara *trial and error* yang dimulai dengan kondisi tp = 450 jam dan seterusnya.

1. Data interval waktu antar kerusakan atau Time To Failure (TTF) berdistribusi weibull, dengan nilai :

$$MTTF = 656,227 \text{ jam}$$

2. Data waktu perbaikan atau Time To Repair (TTR) berdistribusi weibull, dengan nilai:

$$MTTR = T_f = T_P = 0,220224 \text{ jam}$$

3. $\theta = 763,3664$ $\beta = 1,651492$

Tabel 4.34 Interval Penggantian As *Dinamo*

tp (jam)	$R(tp)=e^{-(t/\theta)^\beta}$	$F(tp)=1-R(tp)$	$T_p * R(tp)$	$T_f * F(tp)$	M(tp)	D(tp)
450	0,658504586	0,341495414	0,145019	0,075205	1921,628	0,00023114
500	0,608239264	0,391760736	0,133949	0,086275	1675,071	0,00022926
550	0,55881232	0,44118768	0,123064	0,09716	1487,41	0,0002285
600	0,510751262	0,489248738	0,11248	0,107744	1341,295	0,00022871
650	0,464485478	0,535514522	0,102291	0,117933	1225,414	0,00022979
700	0,420352978	0,579647022	0,092572	0,127652	1132,115	0,00023165
750	0,378607793	0,621392207	0,083379	0,136845	1056,059	0,00023418
800	0,33942791	0,66057209	0,07475	0,145474	993,4222	0,00023731
850	0,302923554	0,697076446	0,066711	0,153513	941,3989	0,00024096
900	0,269145611	0,730854389	0,059272	0,160952	897,8902	0,00024505

Dari tabel perhitungan dihasilkan :

1. Min D (tp) = 0,0002285 jam
2. Age Replacement = 550 jam

e. Pompa Air

Perhitungan dilakukan secara *trial and error* yang dimulai dengan kondisi $t_p = 100$ jam dan seterusnya.

1. Data interval waktu antar kerusakan atau Time To Failure (TTF) berdistribusi weibull, dengan nilai :

$$MTTF = 481,028 \text{ jam}$$

2. Data waktu perbaikan atau Time To Repair (TTR) berdistribusi weibull, dengan nilai:

$$MTTR = T_f = T_P = 0,641928 \text{ jam}$$

3. $\theta = 529,401$ $\beta = 4,17821$

Tabel 4.35 Interval Perawatan Pompa Air

t_p (jam)	$R(t_p)=e^{-(t/\theta)^\beta}$	$F(t_p)=1-R(t_p)$	$T_p * R(t_p)$	$T_f * F(t_p)$	$M(t_p)$	$D(t_p)$
100	0,999054475	0,000945525	0,641321	0,000607	508799,1	0,0011037
150	0,994865394	0,005134606	0,638632	0,003296	93694,05	0,0010174
200	0,983020251	0,016979749	0,631028	0,0109	28332,69	0,0009463
250	0,957426238	0,042573762	0,614599	0,027329	11299,96	0,0008902
300	0,911016152	0,088983848	0,584807	0,057121	5406,397	0,0008502
350	0,837391669	0,162608331	0,537545	0,104383	2958,532	0,0008285
400	0,733421001	0,266578999	0,470803	0,171125	1804,651	0,0008282
450	0,602208856	0,397791144	0,386575	0,255353	1209,383	0,0008528
500	0,454922174	0,545077826	0,292027	0,349901	882,5932	0,0009052

Dari tabel perhitungan dihasilkan :

1. Min D (tp) = 0,0008282 jam
2. Age Replacement = 400 jam

f. Bearing Dinamo

Perhitungan dilakukan secara *trial and error* yang dimulai dengan kondisi $t_p = 450$ jam dan seterusnya.

1. Data interval waktu antar kerusakan atau Time To Failure (TTF) berdistribusi normal, dengan nilai :

$$MTTF = 646,054 \text{ jam}$$

2. Data waktu perbaikan atau Time To Repair (TTR) berdistribusi weibull, dengan nilai:

$$MTTR = T_f = T_P = 0,214916 \text{ jam}$$

3. $\sigma = 301,5559$ $\mu = 646,0541$

Tabel 4.36 Interval Penggantian *Bearing dinamo*

tp (jam)	$(t-\mu)/\sigma$	$F(tp)=\Phi((t-\mu)/\sigma)$	$R(tp)=1-F(tp)$	$T_p * R(tp)$	$T_f * F(tp)$	M(tp)	D(tp)
450	-0,650141815	0,247754619	0,752245381	0,161673	0,053247	2607,637	0,00021824
500	-0,484335077	0,318985132	0,681014868	0,146364	0,068556	2025,342	0,0002178
550	-0,318528339	0,37527998	0,62472002	0,134265	0,080655	1721,525	0,00021712
600	-0,152721602	0,438821471	0,561178529	0,120608	0,094312	1472,248	0,00021864
650	0,013085136	0,505234054	0,494765946	0,106335	0,108585	1278,722	0,00022206
700	0,178891874	0,570934587	0,429065413	0,092215	0,122705	1131,573	0,00022704
750	0,344698611	0,634838486	0,365161514	0,078481	0,136439	1017,667	0,00023357
800	0,510505349	0,695176872	0,304823128	0,065513	0,149407	929,3376	0,00024145

Dari tabel perhitungan dihasilkan :

1. Min D (tp) = 0,00021712 jam
2. Age Replacement = 550 jam

g. Pintu Pengaduk (*Mixer*)

Perhitungan dilakukan secara *trial and error* yang dimulai dengan kondisi tp = 500 jam dan seterusnya.

1. Data interval waktu antar kerusakan atau Time To Failure (TTF) berdistribusi lognormal, dengan nilai :

$$MTTF = 961,595 \text{ jam}$$

2. Data waktu perbaikan atau Time To Repair (TTR) berdistribusi weibull dengan nilai:

$$MTTR = T_f = TP = 0,328167 \text{ jam}$$

3. $s = 0,950903$ $t_{med} = 663,5453$

Tabel 4.37 Interval Penggantian Pintu Pengaduk (*Mixer*)

tp (jam)	(1/s)* (ln(t/tmed))	F(tp)=Φ((1/s)* (ln(t/tmed)))	R(tp)=1- F(tp)	Tp*R(tp)	Tf*F(tp)	M(tp)	D(tp)
500	-0,297601249	0,383011526	0,616988474	0,202475	0,125692	2510,616	0,000258314
550	-0,1973697	0,42175212	0,57824788	0,189762	0,138405	2280	0,000256389
600	-0,105865465	0,457853814	0,542146186	0,177914	0,150253	2100,223	0,000254944
650	-0,021689729	0,491324109	0,508675891	0,166931	0,161236	1957,15	0,000253889
700	0,05624483	0,522397932	0,477602068	0,156733	0,171434	1840,733	0,000253167
750	0,128800169	0,551232066	0,448767934	0,147271	0,180896	1744,447	0,000252728
800	0,196671156	0,577968462	0,422031538	0,138497	0,18967	1663,75	0,000252524
850	0,260426148	0,602761936	0,397238064	0,13036	0,197807	1595,315	0,000252519
900	0,320535953	0,625703662	0,374296338	0,122832	0,205335	1536,822	0,000252671
950	0,377394951	0,647036132	0,352963868	0,115831	0,212336	1486,153	0,000252973
1000	0,43133679	0,666881244	0,333118756	0,109319	0,218848	1441,928	0,000253403

Dari tabel perhitungan dihasilkan :

1. Min D (tp) = 0,000252519 jam
2. Age Replacement = 850 jam

h. *Scrone Cement*

Perhitungan dilakukan secara *trial and error* yang dimulai dengan kondisi tp = 500 jam dan seterusnya.

1. Data interval waktu antar kerusakan atau Time To Failure (TTF) berdistribusi normal, dengan nilai:

$$MTTF = 500 \text{ jam}$$

2. Data waktu perbaikan atau Time To Repair (TTR) berdistribusi weibull, dengan nilai:

$$MTTR = T_f = T_P = 0,3530 \text{ jam}$$

$$3. \sigma = 652,421 \quad \mu = 728$$

Tabel 4.38 Interval Penggantian *Scrone Cement*

tp (jam)	$(t-\mu)/\sigma$	$F(tp)=\Phi((t-\mu)/\sigma)$	$R(tp)=1-F(tp)$	$T_p \cdot R(tp)$	$T_f \cdot F(tp)$	M(tp)	D(tp)
500	-0,34956	0,367065664	0,632934336	0,223426	0,129574	1983,296	0,000337857
550	-0,27291	0,392466948	0,607533052	0,214459	0,138541	1854,933	0,000332236
600	-0,19625	0,422201408	0,577798592	0,203963	0,149037	1724,296	0,000328362
650	-0,11959	0,452364921	0,547635079	0,193315	0,159685	1609,32	0,000325551
700	-0,04293	0,482857722	0,517142278	0,182551	0,170449	1507,69	0,000323748
750	0,03373	0,630717348	0,369282652	0,130357	0,222643	1154,241	0,000351134
900	0,263706	0,600145421	0,399854579	0,141149	0,211851	1213,039	0,000324382
950	0,340365	0,633235045	0,366764955	0,129468	0,223532	1149,652	0,000327829

Dari tabel perhitungan dihasilkan :

1. Min D (tp) = 0,000323748 jam
2. Age Replacement = 700 jam

4.3.7 Penentuan Frekuensi dan Interval Waktu Pemeriksaan Dengan Kriteria

Minimasi Downtime

a. Bearing Vibro

1. Perhitungan jumlah kerusakan (k)

a. Frekuensi kerusakan mesin = 25 kali

b. Periode penelitian = 8 bulan

$$c. K = \frac{\text{Frekuensi jumlah mesin}}{\text{periode jumlah kerusakan}} = \frac{25}{8} = 3,125$$

2. Waktu rata-rata untuk melakukan penggantian ($1/\mu$)

a. MTTR = 0,196834

b. Jam kerja per bulan (1 bulan = 26 hari kerja dan 1 hari = 6 jam kerja),
sehingga jam kerja per bulan = $26 \times 6 = 156$ jam/bulan.

c. Waktu rata-rata untuk melakukan penggantian $1/\mu$

$$\frac{MTTR}{jam\ kerja\ per\ bulan} = \frac{0,196834}{156} = 0,00126$$

$$d. \mu = \frac{1}{0,00126} = 792,55$$

3. Waktu rata-rata untuk melakukan pemeriksaan (1/i)

a. Waktu untuk melakukan pemeriksaan = 15 menit atau 0,25 jam

b. Jam kerja/bulan = 156 jam/bulan

c. Rata-rata waktu pemeriksaan = $\frac{0,25}{156} = 0,0016$ jam

$$d. i = \frac{1}{0,0016} = 624 \text{ jam}$$

4. Perhitungan frekuensi (n) dan Interval Pemeriksaan (I/n)

$$a. n = \sqrt{\frac{k i}{\mu}} = \sqrt{\frac{3,125 \cdot 624}{792,55}} = 1,5685 = 2 \text{ kali}$$

b. Interval Waktu Pemeriksaan = $\frac{1}{n} \times jam\ kerja = \frac{1}{2} \times 156 = 78$ jam

b. Manumatic Cement

1. Perhitungan jumlah kerusakan (k)

a. Frekuensi kerusakan mesin = 4 kali

b. Periode penelitian = 8 bulan

$$c. K = \frac{Frekuensi\ jumlah\ mesin}{periode\ jumlah\ kerusakan} = \frac{4}{8} = 0,5$$

2. Waktu rata-rata untuk melakukan penggantian ($1/\mu$)

a. MTTR = 0,594259

b. Jam kerja per bulan (1 bulan = 26 hari kerja dan 1 hari = 6 jam kerja),
sehingga jam kerja per bulan = $26 \times 6 = 156$ jam/bulan.

c. Waktu rata-rata untuk melakukan penggantian $1/\mu$

$$\frac{MTTR}{jam\ kerja\ per\ bulan} = \frac{0,594259}{156} = 0,0038$$

d. $\mu = \frac{1}{0,0038} = 262,51$

3. Waktu rata-rata untuk melakukan pemeriksaan (1/i)

a. Waktu untuk melakukan pemeriksaan = 15 menit atau 0,25 jam

b. Jam kerja/bulan = 156 jam/bulan

c. Rata-rata waktu pemeriksaan = $\frac{0,25}{156} = 0,0016$ jam

d. $i = \frac{1}{0,0016} = 624$ jam

4. Perhitungan frekuensi (n) dan Interval Pemeriksaan (I/n)

a. $n = \sqrt{\frac{k i}{\mu}} = \sqrt{\frac{0,5 \cdot 624}{262,51}} = 1,09 = 2$ kali

b. Interval Waktu Pemeriksaan = $\frac{1}{n} \times jam\ kerja = \frac{1}{2} \times 156 = 78$ jam

c. Silinder

1. Perhitungan jumlah kerusakan (k)

a. Frekuensi kerusakan mesin = 4 kali

b. Periode penelitian = 8 bulan

c. $K = \frac{Frekuensi\ jumlah\ mesin}{periode\ jumlah\ kerusakan} = \frac{4}{8} = 0,5$

2. Waktu rata-rata untuk melakukan penggantian ($1/\mu$)

a. MTTR = 0,509314

b. Jam kerja per bulan (1 bulan = 26 hari kerja dan 1 hari = 6 jam kerja),
sehingga jam kerja per bulan = $26 \times 6 = 156$ jam/bulan.

c. Waktu rata-rata untuk melakukan penggantian $1/\mu$

$$\frac{MTTR}{jam\ kerja\ per\ bulan} = \frac{0,509314}{156} = 0,0033$$

d. $\mu = \frac{1}{0,0033} = 306,29$

3. Waktu rata-rata untuk melakukan pemeriksaan (1/i)

a. Waktu untuk melakukan pemeriksaan = 15 menit atau 0,25 jam

b. Jam kerja/bulan = 156 jam/bulan

c. Rata-rata waktu pemeriksaan = $\frac{0,25}{156} = 0,0016$ jam

d. $i = \frac{1}{0,0016} = 624$ jam

4. Perhitungan frekuensi (n) dan Interval Pemeriksaan (I/n)

a. $n = \sqrt{\frac{k i}{\mu}} = \sqrt{\frac{0,5 \cdot 624}{306,29}} = 1,01 = 2$ kali

b. Interval Waktu Pemeriksaan = $\frac{1}{n} \times jam\ kerja = \frac{1}{2} \times 156 = 78$ jam

d. As Dinamo

1. Perhitungan jumlah kerusakan (k)

a. Frekuensi kerusakan mesin = 9 kali

b. Periode penelitian = 8 bulan

c. $K = \frac{Frekuensi\ jumlah\ mesin}{periode\ jumlah\ kerusakan} = \frac{9}{8} = 1,125$

2. Waktu rata-rata untuk melakukan penggantian ($1/\mu$)

a. MTTR = 0,220224

b. Jam kerja per bulan (1 bulan = 26 hari kerja dan 1 hari = 6 jam kerja),
sehingga jam kerja per bulan = $26 \times 6 = 156$ jam/bulan.

c. Waktu rata-rata untuk melakukan penggantian $1/\mu$

$$\frac{MTTR}{jam\ kerja\ per\ bulan} = \frac{0,220224}{156} = 0,0014$$

$$d. \mu = \frac{1}{0,0014} = 708,37$$

3. Waktu rata-rata untuk melakukan pemeriksaan (1/i)

a. Waktu untuk melakukan pemeriksaan = 15 menit atau 0,25 jam

b. Jam kerja/bulan = 156 jam/bulan

c. Rata-rata waktu pemeriksaan = $\frac{0,25}{156} = 0,0016$ jam

$$d. i = \frac{1}{0,0016} = 1624 \text{ jam}$$

4. Perhitungan frekuensi (n) dan Interval Pemeriksaan (I/n)

$$a. n = \sqrt{\frac{k i}{\mu}} = \sqrt{\frac{1,125 \cdot 624}{708,37}} = 0,991 = 1 \text{ kali}$$

$$b. \text{Interval Waktu Pemeriksaan} = \frac{1}{n} \times \text{jam kerja} = \frac{1}{1} \times 156 = 156 \text{ jam}$$

e. Pompa Air

1. Perhitungan jumlah kerusakan (k)

a. Frekuensi kerusakan mesin = 3 kali

b. Periode penelitian = 8 bulan

$$c. K = \frac{\text{Frekuensi jumlah mesin}}{\text{periode jumlah kerusakan}} = \frac{3}{8} = 0,375$$

2. Waktu rata-rata untuk melakukan penggantian (1/μ)

a. MTTR = 0,641928

b. Jam kerja per bulan (1 bulan = 26 hari kerja dan 1 hari = 6 jam kerja),

sehingga jam kerja per bulan = 26 x 6 = 156 jam/bulan.

c. Waktu rata-rata untuk melakukan penggantian 1/μ

$$\frac{MTTR}{jam\ kerja\ per\ bulan} = \frac{0,641928}{156} = 0,0041$$

$$d. \mu = \frac{1}{0,0041} = 243,02$$

3. Waktu rata-rata untuk melakukan pemeriksaan (1/i)

a. Waktu untuk melakukan pemeriksaan = 15 menit atau 0,25 jam

b. Jam kerja/bulan = 156 jam/bulan

c. Rata-rata waktu pemeriksaan = $\frac{0,25}{1566} = 0,0016$ jam

d. $i = \frac{1}{0,0016} = 624$ jam

4. Perhitungan frekuensi (n) dan Interval Pemeriksaan (I/n)

$$a. n = \sqrt{\frac{k i}{\mu}} = \sqrt{\frac{0,375 \cdot 624}{243,02}} = 0,98 = 1 \text{ kali}$$

b. Interval Waktu Pemeriksaan = $\frac{1}{n} \times \text{jam kerja} = \frac{1}{1} \times 156 = 156$ jam

f. **Bearing Dinamo**

1. Perhitungan jumlah kerusakan (k)

a. Frekuensi kerusakan mesin = 9 kali

b. Periode penelitian = 8 bulan

$$c. K = \frac{\text{Frekuensi jumlah mesin}}{\text{periode jumlah kerusakan}} = \frac{9}{8} = 1,125$$

2. Waktu rata-rata untuk melakukan penggantian (1/μ)

a. MTTR = 0,214916

b. Jam kerja per bulan (1 bulan = 26 hari kerja dan 1 hari = 6 jam kerja),

sehingga jam kerja per bulan = 26 x 6 = 156 jam/bulan.

c. Waktu rata-rata untuk melakukan penggantian 1/μ

$$\frac{MTTR}{\text{jam kerja per bulan}} = \frac{0,214916}{156} = 0,0014$$

$$d. \mu = \frac{1}{0,0014} = 725,86$$

3. Waktu rata-rata untuk melakukan pemeriksaan (1/i)

a. Waktu untuk melakukan pemeriksaan = 15 menit atau 0,25 jam

b. Jam kerja/bulan = 156 jam/bulan

c. Rata-rata waktu pemeriksaan = $\frac{0,25}{156} = 0,0016$ jam

d. $i = \frac{1}{0,0016} = 624$ jam

4. Perhitungan frekuensi (n) dan Interval Pemeriksaan (I/n)

$$a. n = \sqrt{\frac{k i}{\mu}} = \sqrt{\frac{1,125 \cdot 624}{725,86}} = 0,98 = 1 \text{ kali}$$

b. Interval Waktu Pemeriksaan = $\frac{1}{n} \times \text{jam kerja} = \frac{1}{1} \times 156 = 78$ jam

g. Pintu Pengaduk (Mixer)

1. Perhitungan jumlah kerusakan (k)

a. Frekuensi kerusakan mesin = 9 kali

b. Periode penelitian = 8 bulan

$$c. K = \frac{\text{Frekuensi jumlah mesin}}{\text{periode jumlah kerusakan}} = \frac{5}{8} = 0,625$$

2. Waktu rata-rata untuk melakukan penggantian (1/μ)

a. MTTR = 0,328167

b. Jam kerja per bulan (1 bulan = 26 hari kerja dan 1 hari = 6 jam kerja),

sehingga jam kerja per bulan = 26 x 6 = 156 jam/bulan.

c. Waktu rata-rata untuk melakukan penggantian 1/μ

$$\frac{\text{MTTR}}{\text{jam kerja per bulan}} = \frac{0,328167}{156} = 0,0021$$

$$d. \mu = \frac{1}{0,0021} = 475,37$$

3. Waktu rata-rata untuk melakukan pemeriksaan (1/i)

a. Waktu untuk melakukan pemeriksaan = 15 menit atau 0,25 jam

b. Jam kerja/bulan = 156 jam/bulan

c. Rata-rata waktu pemeriksaan = $\frac{0,25}{156} = 0,0016$ jam

d. $i = \frac{1}{0,0016} = 624$ jam

4. Perhitungan frekuensi (n) dan Interval Pemeriksaan (I/n)

$$a. n = \sqrt{\frac{k i}{\mu}} = \sqrt{\frac{0,625 \cdot 624}{475,37}} = 0,82 = 1 \text{ kali}$$

b. Interval Waktu Pemeriksaan = $\frac{1}{n} \times \text{jam kerja} = \frac{1}{1} \times 156 = 78$ jam

h. *Scrone Cement*

1. Perhitungan jumlah kerusakan (k)

a. Frekuensi kerusakan mesin = 3 kali

b. Periode penelitian = 4 bulan

$$c. K = \frac{\text{Frekuensi jumlah mesin}}{\text{periode jumlah kerusakan}} = \frac{4}{8} = 0,5$$

2. Waktu rata-rata untuk melakukan penggantian ($1/\mu$)

a. MTTR = 0,3530

b. Jam kerja per bulan (1 bulan = 26 hari kerja dan 1 hari = 6 jam kerja),

sehingga jam kerja per bulan = $26 \times 6 = 156$ jam/bulan.

c. Waktu rata-rata untuk melakukan penggantian $1/\mu$

$$\frac{MTTR}{\text{jam kerja per bulan}} = \frac{0,3530}{156} = 0,0023$$

$$d. \mu = \frac{1}{0,0023} = 441,93$$

3. Waktu rata-rata untuk melakukan pemeriksaan ($1/i$)

a. Waktu untuk melakukan pemeriksaan = 15 menit atau 0,25 jam

b. Jam kerja/bulan = 156 jam/bulan

c. Rata-rata waktu pemeriksaan = $\frac{0,5}{156} = 0,0016$ jam

d. $i = \frac{1}{0,0016} = 624$ jam

4. Perhitungan frekuensi (n) dan Interval Pemeriksaan (I/n)

a. $n = \sqrt{\frac{k i}{\mu}} = \sqrt{\frac{0,5 \cdot 624}{441,93}} = 0,71 = 1$ kali

b. Interval Waktu Pemeriksaan = $\frac{1}{n} \times \text{jam kerja} = \frac{1}{1} \times 156 = 78$ jam

4.3.8 Perhitungan Availability (Ketersediaan)

a. Bearing Vibro

1. Availability berdasarkan frekuensi pemeriksaan

$$D(n) = \frac{k}{n \cdot \mu} + \frac{n}{i} = \frac{3,125}{2 \cdot 792,55} + \frac{2}{624} = 0,00517$$

$$A(n) = 1 - D(n) = 1 - 0,00517 = 0,994$$

2. Availability berdasarkan interval penggantian pencegahan

$$A(tp) = 1 - [\min D(tp)] = 1 - 0,000594045 = 0,9994$$

3. Availability Total

$$\text{Availability} = A(n) \times A(tp) = 0,994 \times 0,9994 = 0,9942$$

b. Manumatic Cement

1. Availability berdasarkan frekuensi pemeriksaan

$$D(n) = \frac{k}{n \cdot \mu} + \frac{n}{i} = \frac{0,5}{2 \cdot 262,51} + \frac{2}{624} = 0,00415$$

$$A(n) = 1 - D(n) = 1 - 0,00415 = 0,996$$

2. Availability berdasarkan interval penggantian pencegahan

$$A(tp) = 1 - [\min D(tp)] = 1 - 0,000254037 = 0,9997$$

3. Availability Total

$$\text{Availability} = A(n) \times A(tp) = 0,996 \times 0,9997 = 0,996$$

c. Silinder

1. *Availability* berdasarkan frekuensi pemeriksaan

$$D(n) = \frac{k}{n \cdot \mu} + \frac{n}{i} = \frac{0,5}{2 \cdot 306,29} + \frac{2}{624} = 0,00402$$

$$A(n) = 1 - D(n) = 1 - 0,00402 = 0,996$$

2. *Availability* berdasarkan interval penggantian pencegahan

$$A(tp) = 1 - [\min D(tp)] = 1 - 0,000214387 = 0,9998$$

3. *Availability Total*

$$Availability = A(n) \times A(tp) = 0,996 \times 0,9998 = 0,996$$

d. As Dinamo

1. *Availability* berdasarkan frekuensi pemeriksaan

$$D(n) = \frac{k}{n \cdot \mu} + \frac{n}{i} = \frac{1,125}{1 \cdot 708,37} + \frac{1}{624} = 0,00319$$

$$A(n) = 1 - D(n) = 1 - 0,00318 = 0,997$$

2. *Availability* berdasarkan interval penggantian pencegahan

$$A(tp) = 1 - [\min D(tp)] = 1 - 0,0002285 = 0,9998$$

3. *Availability Total*

$$Availability = A(n) \times A(tp) = 0,997 \times 0,9998 = 0,997$$

e. Pompa Air

1. *Availability* berdasarkan frekuensi pemeriksaan

$$D(n) = \frac{k}{n \cdot \mu} + \frac{n}{i} = \frac{0,375}{1 \cdot 243,02} + \frac{1}{624} = 0,00314$$

$$A(n) = 1 - D(n) = 1 - 0,00314 = 0,997$$

2. *Availability* berdasarkan interval penggantian pencegahan

$$A(tp) = 1 - [\min D(tp)] = 1 - 0,0008282 = 0,99917$$

3. *Availability Total*

$$Availability = A(n) \times A(tp) = 0,997 \times 0,99917 = 0,996$$

f. Bearing Dinamo

1. *Availability* berdasarkan frekuensi pemeriksaan

$$D(n) = \frac{k}{n \cdot \mu} + \frac{n}{i} = \frac{1,125}{1 \cdot 725,86} + \frac{1}{624} = 0,00315$$

$$A(n) = 1 - D(n) = 1 - 0,00315 = 0,997$$

2. *Availability* berdasarkan interval penggantian pencegahan

$$A(tp) = 1 - [\min D(tp)] = 1 - 0,00021712 = 0,9998$$

3. *Availability* Total

$$Availability = A(n) \times A(tp) = 0,997 \times 0,9998 = 0,997$$

g. Pintu Pengaduk (Mixer)

1. *Availability* berdasarkan frekuensi pemeriksaan

$$D(n) = \frac{k}{n \cdot \mu} + \frac{n}{i} = \frac{0,625}{1 \cdot 475,37} + \frac{1}{624} = 0,00291$$

$$A(n) = 1 - D(n) = 1 - 0,00291 = 0,997$$

2. *Availability* berdasarkan interval penggantian pencegahan

$$A(tp) = 1 - [\min D(tp)] = 1 - 0,000252519 = 0,9997$$

3. *Availability* Total

$$Availability = A(n) \times A(tp) = 0,997 \times 0,9997 = 0,997$$

h. Scrone Cement

1. *Availability* berdasarkan frekuensi pemeriksaan

$$D(n) = \frac{k}{n \cdot \mu} + \frac{n}{i} = \frac{0,5}{1 \cdot 441,93} + \frac{1}{624} = 0,00273$$

$$A(n) = 1 - D(n) = 1 - 0,00273 = 0,997$$

2. *Availability* berdasarkan interval penggantian pencegahan

$$A(tp) = 1 - [\min D(tp)] = 1 - 0,000323748 = 0,9997$$

3. *Availability* Total

$$Availability = A(n) \times A(tp) = 0,997 \times 0,9997 = 0,997$$

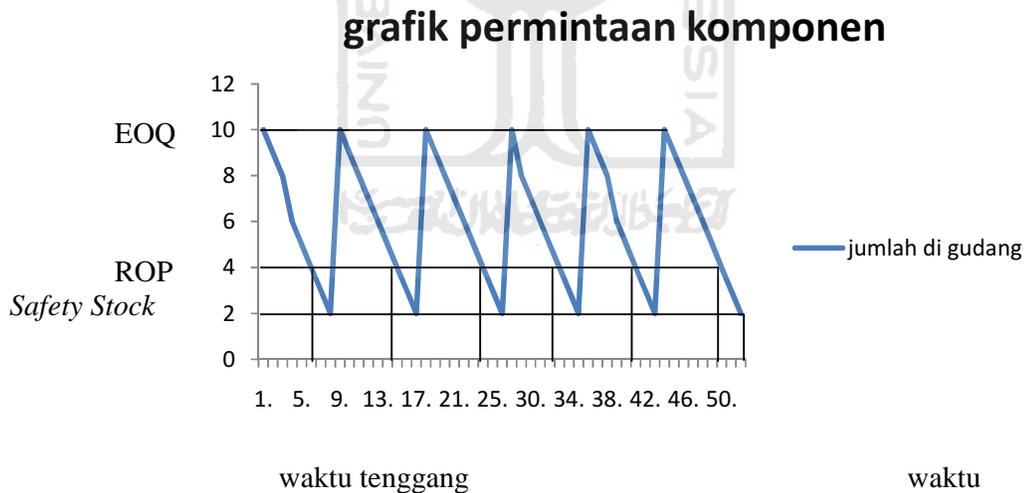
4.4 Perhitungan Persediaan Suku Cadang

Penelitian ini juga bertujuan untuk menentukan jadwal penyediaan jumlah komponen yang optimal di gudang agar selalu siap digunakan pada saat terjadi perawatan. Komponen yang akan dibuat jadwalnya adalah komponen yang pada saat terjadi kerusakan harus diganti dengan komponen yang baru yaitu komponen *bearing vibro*, *as dinamo*, dan *bearing dinamo*.

4.4.1 Penjadualan Pengadaan Suku Cadang *Bearing Vibro*

1. Data Jumlah Permintaan Komponen

Data jumlah permintaan komponen merupakan jumlah komponen *bearing vibro* yang keluar dari gudang untuk kegiatan perawatan. Data permintaan mencakup bulan januari 2011 sampai agustus 2011.



Gambar 4.18 Grafik Permintaan Komponen *Bearing Vibro*

Rata-rata komponen *bearing vibro* yang keluar tiap bulannya adalah $53/8 = 6,125 = 7$ unit/bulan.

2. Data *Lead Time* Pemesanan Suku Cadang

Lead time dari supplier yang berada di Surabaya rata-rata adalah 11 jam atau 0,45 hari.

3. Biaya Pemesanan

Harga komponen = Rp. 110.000,00 /unit.

Biaya total per pemesanan adalah Rp. 200.000,00

4. Biaya Penyimpanan

Ongkos simpan per bulan sekitar 22% dari nilai persediaan komponen rata-rata.

Jumlah komponen yang harus dipesan seetiap kali pemesanan adalah:

$$EOQ = \sqrt{\frac{2DS}{hxC}} = \sqrt{\frac{2 \times 7 \frac{\text{unit}}{\text{bulan}} \times 200.000 \text{ rupiah/pesan}}{\frac{24200 \text{ rupiah}}{\text{unit}}/\text{bulan}}} = 10,75 = 11 \text{ unit/pesan}$$

Jumlah komponen yang harus ada di gudang sebagai jumlah aman adalah:

Minimum:

$$S_{dl} = 0 \text{ unit}$$

$$\text{Safety stock} = 1,645 \times 0 = 0 \text{ unit}$$

Permintaan dan *lead time* konstan, sehingga tidak diperlukan adanya *safety stock*.

Maksimum:

$$S_{dl} = s_d \sqrt{(l)} = 0,394 \sqrt{(0,45)} = 0,264 \text{ unit}$$

$$\text{Safety stock} = 1,645 \times 0,264 = 0,435 \text{ unit} = 1 \text{ unit}$$

Safety stock dipengaruhi oleh ketidakpastian permintaan dengan *lead time* konstan.

Titik pemesanan kembali:

Minimum:

$$ROP = (d \times L) + SS = (7 \times 0,45) + 0 = 3,15 = 4 \text{ unit}$$

Maksimum:

$$ROP = (d \times L) + SS = (7 \times 0,45) + 1 = 4,15 = 5 \text{ unit}$$

Biaya yang harus dikeluarkan perusahaan setiap kali melakukan pemesanan kembali komponen *bearing vibro* adalah:

Aktual:

$$TC(Q) = PR + \frac{CR}{Q} + \frac{HQ}{2} = 110.000 \text{ rupiah}(7 \text{ unit}) + \frac{200.000 \text{ rupiah/pesan}(7 \text{ unit})}{8 \text{ unit}} + \frac{24.200 \text{ rupiah/unit} (8 \text{ unit})}{2} = \text{Rp. } 1.041.800,00 \text{ /pesan.}$$

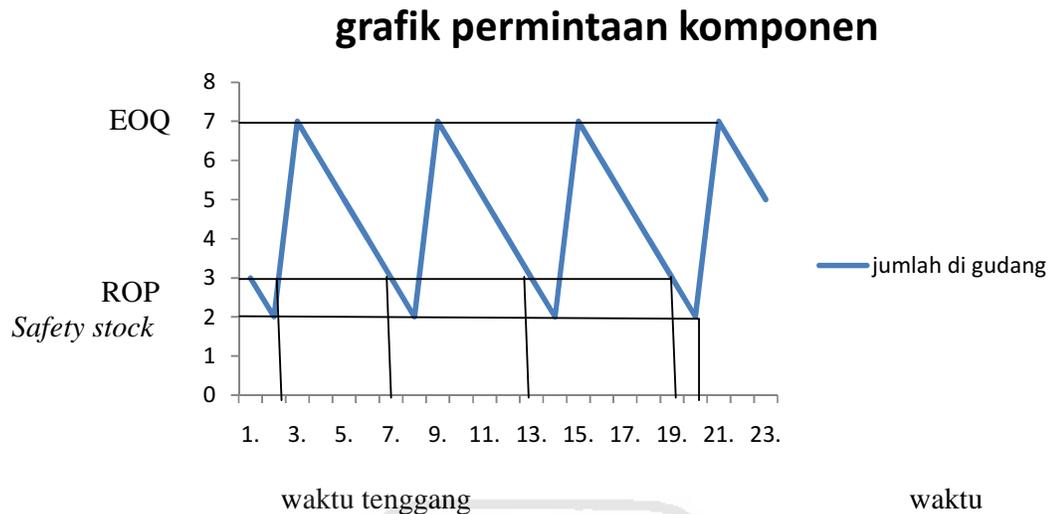
Usulan:

$$TC(Q) = PR + \frac{CR}{Q} + \frac{HQ}{2} = 110.000 \text{ rupiah}(7 \text{ unit}) + \frac{200.000 \text{ rupiah/pesan}(7 \text{ unit})}{11 \text{ unit}} + \frac{24.200 \text{ rupiah/unit} (11 \text{ unit})}{2} = \text{Rp. } 1.030.372,72 \text{ /pesan.}$$

4.4.2 Penjadualan Pengadaan Suku Cadang As Dinamo

1. Data Jumlah Permintaan Komponen

Data jumlah permintaan komponen merupakan jumlah komponen *as dinamo* yang keluar dari gudang untuk kegiatan perawatan. Data permintaan mencakup bulan januari 2011 sampai agustus 2011.



Gambar 4.19 Grafik Permintaan Komponen As Dinamo

Rata-rata komponen *as dinamo* yang keluar tiap bulannya adalah $23/8 = 2,375 = 3$ unit/bulan.

2. Data *Lead Time* Pemesanan Suku Cadang

Lead time dari supplier yang berada di Surabaya rata-rata adalah 11 jam atau 0,45 hari.

3. Biaya Pemesanan

Harga komponen = Rp. 90.000,00 /unit.

Biaya total per pemesanan adalah Rp. 200.000,00

4. Biaya Penyimpanan

Ongkos simpan per bulan sekitar 22% dari nilai persediaan komponen rata-rata.

Jumlah komponen yang harus dipesan setiap kali pemesanan adalah:

$$EOQ = \sqrt{\frac{2DS}{hxC}} = \sqrt{\frac{2 \times 3 \frac{\text{unit}}{\text{bulan}} \times 200.000 \text{ rupiah/pesan}}{\frac{19800 \text{ rupiah}}{\text{unit}}/\text{bulan}}} = 7,78 = 8 \text{ unit/pesan}$$

Jumlah komponen yang harus ada di gudang sebagai jumlah aman adalah:

Minimum:

$$S_{dl} = 0 \text{ unit}$$

$$\text{Safety stock} = 1,645 \times 0 = 0 \text{ unit}$$

Permintaan dan *lead time* konstan, sehingga tidak diperlukan adanya *safety stock*.

Maksimum:

$$S_{dl} = s_d \sqrt{l} = 0,387 \sqrt{0,45} = 0,259 \text{ unit}$$

$$\text{Safety stock} = 1,645 \times 0,259 = 0,427 \text{ unit} = 1 \text{ unit}$$

Safety stock dipengaruhi oleh ketidakpastian permintaan dengan *lead time* konstan.

Titik pemesanan kembali:

Minimum:

$$ROP = (d \times L) + SS = (3 \times 0,45) + 0 = 1,35 = 2 \text{ unit}$$

Maksimum:

$$ROP = (d \times L) + SS = (3 \times 0,45) + 1 = 2,35 = 3 \text{ unit}$$

Biaya yang harus dikeluarkan perusahaan setiap kali melakukan pemesanan kembali komponen *as dinamo* adalah:

Aktual:

$$TC(Q) = PR + \frac{CR}{Q} + \frac{HQ}{2} = 90.000 \text{ rupiah}(3 \text{ unit}) + \frac{200.000 \text{ rupiah/pesan}(3 \text{ unit})}{5 \text{ unit}} + \frac{19800 \text{ rupiah/unit}(5 \text{ unit})}{2} = \text{Rp. } 439.500,00 \text{ /pesan}$$

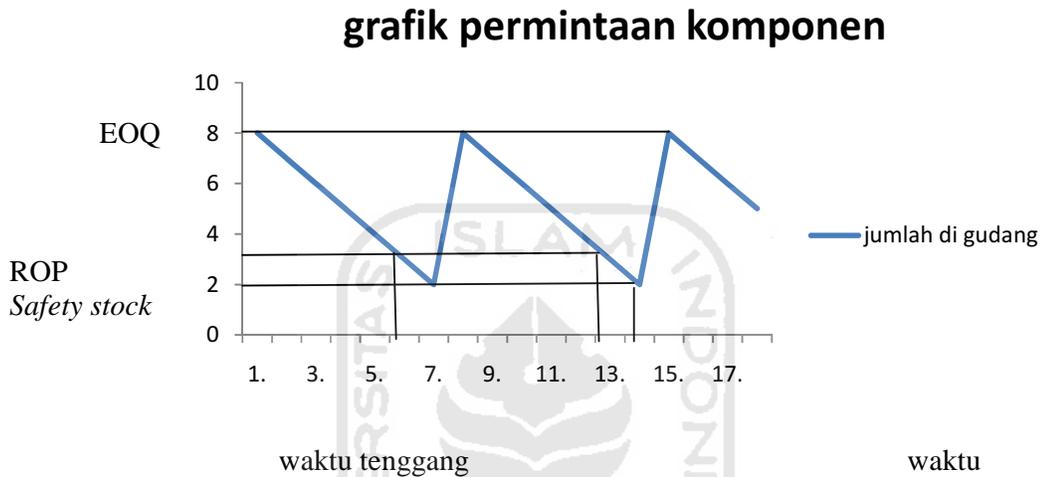
Usulan:

$$TC(Q) = PR + \frac{CR}{Q} + \frac{HQ}{2} = 90.000 \text{ rupiah}(3 \text{ unit}) + \frac{200.000 \text{ rupiah/pesan}(3 \text{ unit})}{8 \text{ unit}} + \frac{19800 \text{ rupiah/unit}(8 \text{ unit})}{2} = \text{Rp. } 424.200,00 \text{ /pesan.}$$

4.4.3 Penjadualan Pengadaan Suku Cadang *Bearing Dinamo*

1. Data Jumlah Permintaan Komponen

Data jumlah permintaan komponen merupakan jumlah komponen *bearing dinamo* yang keluar dari gudang untuk kegiatan perawatan. Data permintaan mencakup bulan Januari 2011 sampai Agustus 2011.



Gambar 4.20 Grafik Permintaan Komponen *Bearing Dinamo*

Rata-rata komponen *bearing dinamo* yang keluar tiap bulannya adalah $15/8 = 1,875 = 2$ unit/bulan.

2. Data *Lead Time* Pemesanan Suku Cadang

Lead time dari supplier yang berada di Surabaya rata-rata adalah 11 jam atau 0,45 hari.

3. Biaya Pemesanan

Harga komponen = Rp. 130.000,00 /unit.

Biaya total per pemesanan adalah Rp. 200.000,00

4. Biaya Penyimpanan

Ongkos simpan per bulan sekitar 22% dari nilai persediaan komponen rata-rata.

Jumlah komponen yang harus dipesan seetiap kali pemesanan adalah:

$$EOQ = \sqrt{\frac{2DS}{hxC}} = \sqrt{\frac{2 \times 2 \frac{\text{unit}}{\text{bulan}} \times 200.000 \text{ rupiah/pesan}}{\frac{28600 \text{ rupiah}}{\text{unit}} / \text{bulan}}} = 5,28 = 6 \text{ unit/pesan}$$

Jumlah komponen yang harus ada di gudang sebagai jumlah aman adalah:

Minimum:

$$S_{dl} = 0 \text{ unit}$$

$$\text{Safety stock} = 1,645 \times 0 = 0 \text{ unit}$$

Permintaan dan *lead time* konstan, sehingga tidak diperlukan adanya *safety stock*.

Maksimum:

$$S_{dl} = s_d \sqrt{l} = 0,3834 \sqrt{(0,45)} = 0,257 \text{ unit}$$

$$\text{Safety stock} = 1,645 \times 0,257 = 0,423 \text{ unit} = 1 \text{ unit}$$

Safety stock dipengaruhi oleh ketidakpastian permintaan dengan *lead time* konstan.

Titik pemesanan kembali:

Minimum:

$$ROP = (d \times L) + SS = (2 \times 0,45) + 0 = 0,9 = 1 \text{ unit}$$

Maksimum:

$$ROP = (d \times L) + SS = (2 \times 0,45) + 1 = 1,9 = 2 \text{ unit}$$

Biaya yang harus dikeluarkan perusahaan setiap kali melakukan pemesanan kembali

komponen *bearing dinamo* adalah:

Awal:

$$TC(Q) = PR + \frac{CR}{Q} + \frac{HQ}{2} = 130.000 \text{ rupiah}(2 \text{ unit}) + \frac{200.000 \text{ rupiah/pesan}(2 \text{ unit})}{6 \text{ unit}} +$$

$$\frac{28600 \text{ rupiah/unit}(6 \text{ unit})}{2} = \text{Rp. } 412.466,67 / \text{pesan.}$$

Sesudah penelitian:

$$TC(Q) = PR + \frac{CR}{Q} + \frac{HQ}{2} = 130.000 \text{ rupiah}(2 \text{ unit}) + \frac{200.000 \text{ rupiah/pesan}(2 \text{ unit})}{6 \text{ unit}} + \frac{28600 \text{ rupiah/unit}(6 \text{ unit})}{2} = \text{Rp. } 412.466,67 / \text{pesan.}$$

4.5 Perhitungan Biaya Perawatan

a. Biaya tenaga kerja bagian pemeriksaan

Gaji rata-rata teknisi perorangan adalah Rp. 870.000/bulan. Dalam satu bulan ada 26 hari kerja dan 1 hari lamanya 12 jam kerja dengan jumlah teknisi 3 orang untuk setiap mesin. Sehingga biaya teknisi perawatan adalah $(870.000 \times 3) / 26 \text{ hari} = \text{Rp. } 100.384,61 / \text{hari} = \text{Rp. } 8.365,38 / \text{jam.}$

b. Biaya operator yang menganggur

Adapun gaji rata-rata operator mesin adalah Rp. 800.000,00 /bulan atau Rp. 30.769,2 /hari atau Rp. 2.564,10 /jam. Jumlah operator yang diperlukan untuk mengoperasikan mesin produksi 2 adalah 7 orang, sehingga besarnya biaya akibat operator menganggur untuk setiap mesin adalah $7 \text{ orang} \times \text{Rp. } 2.564,10 / \text{jam} = \text{Rp. } 17.948,71 / \text{jam.}$

c. Keuntungan yang hilang

Keuntungan yang hilang berdasarkan kebijakan perusahaan adalah 10% dari ongkos produksi. Harga 1 buah paving rata-rata sebesar Rp. 40.000/m² paving sedangkan jumlah paving yang diproduksi per hari= 1.600 buah/hari yang meliputi: $1.600 \text{ buah/hari} \times 40.000 / \text{m}^2 = \text{Rp. } 64.000.000 / \text{hari} = \text{Rp. } 5.333,33 / \text{jam}$ Jadi keuntungan hilang adalah $10\% \times \text{Rp. } 5.333,33 / \text{jam} = \text{Rp. } 533,3 / \text{jam.}$

d. Ongkos kegiatan perbaikan (Cr)

Biaya tenaga kerja untuk berbagai perbaikan sebesar Rp. 20.000,00 per orang untuk setiap mesinnya. Jumlah tenaga kerja 3 orang, sehingga besarnya biaya tenaga kerja bagian perbaikan yaitu = 1 orang x Rp. 20.000/jam = Rp. 60.000/jam.

4.5.1 Perhitungan Biaya Perawatan *Bearing Vibro*

Biaya depresiasi komponen

Umur ekonomi untuk komponen *bearing vibro* adalah 5 tahun. Harga *bearing vibro* adalah Rp.110.000,00. Depresiasi *bearing vibro* adalah:

$$\frac{\text{harga komponen}}{\text{umur ekonomis komponen} \times \text{jumlah jam kerja per 1 tahun}}$$

$$\frac{110.000}{5 \times 3744} = \text{Rp. } 5,87 \text{ /jam.}$$

Tabel 4.39 Data Ongkos Perawatan *Bearing Vibro* (Rp/jam)

Keterangan	Biaya Pemeriksaan (Ci)	Biaya Perbaikan (Cr)
Ongkos teknisi	8.365,38	60.000
Operator menganggur	17.948,71	17.948,71
Depresiasi komponen	5,87	5,87
Keuntungan yang hilang	533,3	533,3
Total	26853,26	78487,88

Besarnya biaya yang harus ditanggung perusahaan setiap kali mengalami kerusakan per menitnya dihitung dengan rumus sebagai berikut:

$$Tc(tp) = \frac{Ci.R(tp) + Cr - R(tp)}{tp + Ti + Tr - R(tp)}$$

$$Tr / \text{MTTR} = 0,196834 \text{ jam}$$

$$R(tp) = 0,671597638 \text{ jam}$$

1. Biaya yang harus ditanggung perusahaan setiap kali mengalami kerusakan minimum didasarkan pada hasil perhitungan minimasi *downtime* pada bagian sebelumnya yaitu pada $tp = 160$ jam.

Sehingga biaya totalnya adalah :

$$Tc (tp) = \frac{(26853,26(0,671597638))+78487,88-0,671597638}{(160+60+0,196834)-0,671597638} = 439,684$$

$$Tc (tp) = 439,684 \text{ /jam}$$

2. Biaya yang harus ditanggung perusahaan setiap kali mengalami kerusakan minimum didasarkan pada hasil perhitungan interval waktu pemeriksaan pada bagian sebelumnya yaitu pada $tp = 156$ jam

Sehingga biaya totalnya adalah :

$$Tc (tp) = \frac{(26853,26(0,671597638))+78487,88-0,671597638}{(156+60+0,196834)-0,671597638} = 447,845$$

$$Tc (tp) = \text{Rp. } 447,845 \text{ /jam}$$

4.5.2 Perhitungan Biaya Perawatan *Manumatic Cement*

- a. Ongkos bahan pembantu

Bahan pembantu untuk perbaikan *manumatic cement* seperti bahan las dan lain-lain diestimasikan Rp. 250.000,00 untuk satu kali pemeriksaan.

- b. Biaya depresiasi komponen

Umur ekonomi untuk komponen *manumatic cement* adalah 4 tahun. Harga *manumatic cement* adalah Rp. 700.000,00. Depresiasi *manumatic cement* adalah:

$$\frac{\text{harga komponen}}{\text{umur ekonomis komponen} \times \text{jumlah jam kerja per 1 tahun}}$$

$$\frac{700000}{4 \times 3744} = \text{Rp. } 46,74 \text{ /jam}$$

Tabel 4.40 Data Ongkos Perawatan *Manumatic Cement* (Rp/jam)

Keterangan	Biaya Pemeriksaan (Ci)	Biaya Perbaikan (Cr)
Ongkos teknisi	8.365,38	60.000
Operator menganggur	17.948,71	17.948,71
ongkos pembantu	0	250.000
Depresiasi komponen	46,74	46,74
Keuntungan yang hilang	533,3	533,3
Total	26894,13	328528,75

Besarnya biaya yang harus ditanggung perusahaan setiap kali mengalami kerusakan per menitnya dihitung dengan rumus sebagai berikut:

$$Tc(tp) = \frac{Ci.R(tp) + Cr - R(tp)}{tp + Ti + Tr - R(tp)}$$

$$Tr / MTTR = 0,594259 \text{ jam}$$

$$R(tp) = 0,822481815 \text{ jam}$$

1. Biaya yang harus ditanggung perusahaan setiap kali mengalami kerusakan minimum didasarkan pada hasil perhitungan minimasi *downtime* pada bagian sebelumnya yaitu pada $tp = 1000$ jam.

Sehingga biaya totalnya adalah :

$$Tc(tp) = \frac{(26894,13(0,822481815)) + 328528,75 - 0,822481815}{(1000 + 60 + 0,594259) - 0,822481815} = 330,871$$

$$Tc(tp) = \text{Rp. } 330,871 \text{ /jam.}$$

2. Biaya yang harus ditanggung perusahaan setiap kali mengalami kerusakan minimum didasarkan pada hasil perhitungan interval waktu pemeriksaan pada bagian sebelumnya yaitu pada $tp = 156$ jam.

Sehingga biaya totalnya adalah :

$$Tc(tp) = \frac{(26894,13(0,822481815)) + 328528,75 - 0,822481815}{(156 + 60 + 0,594259) - 0,822481815} = 1625,09$$

$$Tc(tp) = \text{Rp. } 1.625,09 \text{ /jam}$$

4.5.3 Perhitungan Biaya Perawatan Silinder

a. Ongkos bahan pembantu

Bahan pembantu untuk perbaikan las silinder seperti bahan dan lain-lain diestimasikan Rp. 250.000,00 untuk satu kali pemeriksaan

b. Biaya depresiasi komponen

Umur ekonomi untuk komponen silinder adalah 4 tahun. Harga silinder adalah Rp.600.000,00. Depresiasi silinder adalah:

$$\frac{\text{harga komponen}}{\text{umur ekonomis komponen} \times \text{jumlah jam kerja per 1 tahun}}$$

$$\frac{600000}{4 \times 3744} = \text{Rp.40,06 /jam}$$

Tabel 4.41 Data Ongkos Perawatan Silinder (Rp/jam)

Keterangan	Biaya Pemeriksaan (Ci)	Biaya Perbaikan (Cr)
Ongkos teknisi	8.365,38	60.000
Operator menganggur	17.948,71	17.948,71
ongkos pembantu	0	250.000
Depresiasi komponen	40,06	40,06
Keuntungan yang hilang	533,3	533,3
Total	26887,45	328522,07

Besarnya biaya yang harus ditanggung perusahaan setiap kali mengalami kerusakan per menitnya dihitung dengan rumus sebagai berikut:

$$Tc (tp) = \frac{Ci.R(tp)+Cr-R(tp)}{tp+Ti+Tr-R(tp)}$$

$$Tr / MTTR = 0,509314 \text{ jam}$$

$$R(tp) = 0,617568471 \text{ jam}$$

1. Biaya yang harus ditanggung perusahaan setiap kali mengalami kerusakan minimum didasarkan pada hasil perhitungan minimasi *downtime* pada bagian sebelumnya yaitu pada $tp = 1150$ jam.

Sehingga biaya totalnya adalah :

$$Tc (tp) = \frac{(26887,45(0,617568471)) + 328522,07 - 0,617568471}{(1150 + 60 + 0,509314) - 0,617568471} = 253,79$$

$$Tc (tp) = \text{Rp. } 253,79 \text{ /jam}$$

2. Biaya yang harus ditanggung perusahaan setiap kali mengalami kerusakan minimum didasarkan pada hasil perhitungan interval waktu pemeriksaan pada bagian sebelumnya yaitu pada $tp = 156$ jam.

Sehingga biaya totalnya adalah :

$$Tc (tp) = \frac{(26887,45(0,617568471)) + 328522,07 - 0,617568471}{(156 + 60 + 0,509314) - 0,617568471} = 1598,61$$

$$Tc (tp) = \text{Rp. } 1.598,61 \text{ /jam}$$

4.5.4 Perhitungan Biaya Perawatan *As Dinamo*

Biaya depresiasi komponen

Umur ekonomi untuk komponen *as dinamo* adalah 5 tahun. Harga *as dinamo* adalah Rp.90.000,00. Depresiasi *as dinamo* adalah:

$$\frac{\text{harga komponen}}{\text{umur ekonomis komponen} \times \text{jumlah jam kerja per 1 tahun}}$$

$$\frac{90000}{5 \times 3744} = \text{Rp. } 6 \text{ /jam}$$

Tabel 4.42 Data Ongkos Perawatan *As Dinamo* (Rp/jam)

Keterangan	Biaya Pemeriksaan (Ci)	Biaya Perbaikan (Cr)
Ongkos teknisi	8.365,38	60.000
Operator menganggur	17.948,71	17.948,71
Depresiasi komponen	6	6
Keuntungan yang hilang	533,3	533,3
Total	26853,39	78488,01

Besarnya biaya yang harus ditanggung perusahaan setiap kali mengalami kerusakan per menitnya dihitung dengan rumus sebagai berikut:

$$Tc(tp) = \frac{Ci.R(tp) + Cr - R(tp)}{tp + Ti + Tr - R(tp)}$$

$$Tr / MTTR = 0,220224 \text{ jam}$$

$$R(tp) = 0,55881232 \text{ jam}$$

1. Biaya yang harus ditanggung perusahaan setiap kali mengalami kerusakan minimum didasarkan pada hasil perhitungan minimasi *downtime* pada bagian sebelumnya yaitu pada $tp = 550$ jam.

Sehingga biaya totalnya adalah :

$$Tc(tp) = \frac{(26853,39(0,55881232)) + 78488,01 - 0,55881232}{(550 + 60 + 0,220224) - 0,55881232} = 153,35$$

$$Tc(tp) = \text{Rp. } 153,35 / \text{jam}$$

2. Biaya yang harus ditanggung perusahaan setiap kali mengalami kerusakan minimum didasarkan pada hasil perhitungan interval waktu pemeriksaan pada bagian sebelumnya yaitu pada $tp = 312$ jam.

Sehingga biaya totalnya adalah :

$$Tc(tp) = \frac{(26853,39(0,55881232)) + 78488,01 - 0,55881232}{(312 + 60 + 0,220224) - 0,55881232} = 251,55$$

$$Tc(tp) = \text{Rp. } 251,55 / \text{jam}$$

4.5.5 Perhitungan Biaya Perawatan Pompa Air

- a. Ongkos bahan pembantu

bahan pembantu untuk perbaikan pompa air seperti bahan las dan lain-lain diestimasikan Rp. 250.000,00 untuk satu kali pemeriksaan.

b. Biaya depresiasi komponen

Umur ekonomi untuk komponen pompa air adalah 5 tahun. Harga pompa air adalah Rp.800.000,00. Depresiasi pompa air adalah:

$$\frac{\text{harga komponen}}{\text{umur ekonomis komponen} \times \text{jumlah jam kerja per 1 tahun}}$$

$$\frac{800000}{5 \times 3744} = \text{Rp. } 42,73 \text{ /jam}$$

Tabel 4.43 Data Ongkos Perawatan Pompa Air (Rp/jam)

Keterangan	Biaya Pemeriksaan (Ci)	Biaya Perbaikan (Cr)
Ongkos teknisi	8.365,38	60.000
Operator menganggur	17.948,71	17.948,71
ongkos pembantu	0	250.000
Depresiasi komponen	42,73	42,73
Keuntungan yang hilang	533,3	533,3
Total	26890,12	328524,74

Besarnya biaya yang harus ditanggung perusahaan setiap kali mengalami kerusakan per menitnya dihitung dengan rumus sebagai berikut:

$$Tc(tp) = \frac{Ci.R(tp) + Cr - R(tp)}{tp + Ti + Tr - R(tp)}$$

$$Tr / \text{MTTR} = 0,641928 \text{ jam}$$

$$R(tp) = 0,733421001 \text{ jam}$$

1. Biaya yang harus ditanggung perusahaan setiap kali mengalami kerusakan minimum didasarkan pada hasil perhitungan minimasi *downtime* pada bagian sebelumnya yaitu pada $tp = 400$ jam.

Sehingga biaya totalnya adalah :

$$Tc(tp) = \frac{(26890,12(0,733421001)) + 328524,74 - 0,733421001}{(400 + 60 + 0,641928) - 0,733421001} = 757,21$$

$$Tc(tp) = \text{Rp. } 757,21 \text{ /jam}$$

2. Biaya yang harus ditanggung perusahaan setiap kali mengalami kerusakan minimum didasarkan pada hasil perhitungan interval waktu pemeriksaan pada bagian sebelumnya yaitu pada $tp = 312$ jam.

Sehingga biaya totalnya adalah :

$$Tc(tp) = \frac{(26890,12(0,733421001)) + 328524,74 - 0,733421001}{(312 + 60 + 0,641928) - 0,733421001} = 936,37$$

$$Tc(tp) = \text{Rp. } 936,37 / \text{jam}$$

4.5.6 Perhitungan Perawatan *Bearing Dinamo*

Biaya depresiasi komponen

Umur ekonomi untuk komponen *bearing dinamo* adalah 4 tahun. Harga *bearing dinamo* adalah Rp.130.000,00. Depresiasi *bearing dinamo* adalah:

$$\frac{\text{harga komponen}}{\text{umur ekonomis komponen} \times \text{jumlah jam kerja per 1 tahun}} = \frac{130000}{4 \times 3744} = \text{Rp. } 8,68 / \text{jam}$$

Tabel 4.44 Data Ongkos Perawatan *Bearing Dinamo* (Rp/jam)

Keterangan	Biaya Pemeriksaan (Ci)	Biaya Perbaikan (Cr)
Ongkos teknisi	8.365,38	60.000
Operator menganggur	17.948,71	17.948,71
Depresiasi komponen	8,68	8,68
Keuntungan yang hilang	533,3	533,3
Total	26856,07	78490,69

Besarnya biaya yang harus ditanggung perusahaan setiap kali mengalami kerusakan per menitnya dihitung dengan rumus sebagai berikut:

$$Tc(tp) = \frac{Ci.R(tp) + Cr - R(tp)}{tp + Ti + Tr - R(tp)}$$

$$Tr / \text{MTTR} = 0,214916 \text{ jam}$$

$$R(tp) = 0,62472002 \text{ jam}$$

1. Biaya yang harus ditanggung perusahaan setiap kali mengalami kerusakan minimum didasarkan pada hasil perhitungan minimasi *downtime* pada bagian sebelumnya yaitu pada $tp = 550$ jam.

Sehingga biaya totalnya adalah :

$$Tc(tp) = \frac{(26856,07(0,62472002)) + 78490,69 - 0,62472002}{(550 + 60 + 0,214916) - 0,62472002} = 156,28$$

$$Tc(tp) = \text{Rp. } 156,28 / \text{jam}$$

2. Biaya yang harus ditanggung perusahaan setiap kali mengalami kerusakan minimum didasarkan pada hasil perhitungan interval waktu pemeriksaan pada bagian sebelumnya yaitu pada $tp = 312$ jam.

Sehingga biaya totalnya adalah :

$$Tc(tp) = \frac{(1301,22(0,62472002)) + 1743,66 - 0,62472002}{(312 + 60 + 0,214916) - 0,62472002} = 256,38$$

$$Tc(tp) = \text{Rp. } 256,38 / \text{jam}$$

4.5.7 Perhitungan Biaya Perawatan Pintu Pengaduk (*Mixer*)

- a. Ongkos bahan pembantu

Bahan pembantu untuk perbaikan pintu pengaduk seperti bahan las dan lain-lain diestimasikan Rp. 250.000,00 untuk satu kali pemeriksaan.

- b. Biaya depresiasi komponen

Umur ekonomi untuk komponen pintu pengaduk adalah 5 tahun. Harga pintu pengaduk adalah Rp.500.000,00. Depresiasi pintu pengaduk adalah:

$$\frac{\text{harga komponen}}{\text{umur ekonomis komponen} \times \text{jumlah jam kerja per 1 tahun}}$$

$$\frac{500000}{5 \times 3744} = \text{Rp. } 26,71 / \text{jam}$$

Tabel 4.45 Data Ongkos Perawatan Pintu Pengaduk (*Mixer*) (Rp/jam)

Keterangan	Biaya Pemeriksaan (Ci)	Biaya Perbaikan (Cr)
Ongkos teknisi	8.365,38	60.000
Operator menganggur	17.948,71	17.948,71
ongkos pembantu	0	250.000
Depresiasi komponen	26,71	26,71
Keuntungan yang hilang	533,3	533,3
Total	26874,1	328508,72

Besarnya biaya yang harus ditanggung perusahaan setiap kali mengalami kerusakan per menitnya dihitung dengan rumus sebagai berikut:

$$Tc(tp) = \frac{Ci.R(tp) + Cr - R(tp)}{tp + Ti + Tr - R(tp)}$$

$$Tr / MTTR = 0,328167 \text{ jam}$$

$$R(tp) = 0,397238064 \text{ jam}$$

1. Biaya yang harus ditanggung perusahaan setiap kali mengalami kerusakan minimum didasarkan pada hasil perhitungan minimasi *downtime* pada bagian sebelumnya yaitu pada $tp = 850$ jam.

Sehingga biaya totalnya adalah :

$$Tc(tp) = \frac{(26874,1(0,397238064)) + 328508,72 - 0,397238064}{(850 + 60 + 0,328167) - 0,397238064} = 446,33$$

$$Tc(tp) = \text{Rp. } 446,33 / \text{jam}$$

2. Biaya yang harus ditanggung perusahaan setiap kali mengalami kerusakan minimum didasarkan pada hasil perhitungan interval waktu pemeriksaan pada bagian sebelumnya yaitu pada $tp = 312$ jam.

Sehingga biaya totalnya adalah :

$$Tc(tp) = \frac{(26874,1(0,397238064)) + 328508,72 - 0,397238064}{(312 + 60 + 0,328167) - 0,397238064} = 911,95$$

$$Tc(tp) = \text{Rp. } 911,95 / \text{jam}$$

4.5.8 Perhitungan Biaya Perawatan *Scrone cement*

a. Ongkos bahan pembantu

Bahan pembantu untuk perbaikan *scrone cement* seperti bahan las dan lain-lain diestimasikan Rp. 250.000,00 untuk satu kali pemeriksaan.

b. Biaya depresiasi komponen

Umur ekonomi untuk komponen *scrone cement* adalah 6 tahun. Harga *scrone cement* adalah Rp.65.000,00. Depresiasi *scrone cement* adalah:

$$\frac{\text{harga komponen}}{\text{umur ekonomis komponen} \times \text{jumlah jam kerja per 1 tahun}}$$

$$\frac{650000}{6 \times 3744} = \text{Rp. } 28,93 \text{ /jam}$$

Tabel 4.46 Data Ongkos Perawatan *Scrone Cement* (Rp/jam)

Keterangan	Biaya Pemeriksaan (Ci)	Biaya Perbaikan (Cr)
Ongkos teknisi	8.365,38	60.000
Operator menganggur	17.948,71	17.948,71
ongkos pembantu	0	250.000,00
Depresiasi komponen	28,93	28,93
Keuntungan yang hilang	533,3	533,3
Total	26876,32	328510,94

Besarnya biaya yang harus ditanggung perusahaan setiap kali mengalami kerusakan per menitnya dihitung dengan rumus sebagai berikut:

$$Tc(tp) = \frac{Ci.R(tp) + Cr - R(tp)}{tp + Ti + Tr - R(tp)}$$

$$Tr / MTTR = 0,3530 \text{ jam}$$

$$R(tp) = 0,517142278 \text{ jam}$$

1. Biaya yang harus ditanggung perusahaan setiap kali mengalami kerusakan minimum didasarkan pada hasil perhitungan minimasi *downtime* pada bagian sebelumnya yaitu pada $tp = 700$ jam.

Sehingga biaya totalnya adalah :

$$Tc(tp) = \frac{(26876,32(0,517142278)) + 328510,94 - 0,517142278}{(700 + 60 + 0,3530) - 0,517142278} = 450,64$$

$$Tc(tp) = \text{Rp. } 450,64 \text{ /jam}$$

2. Biaya yang harus ditanggung perusahaan setiap kali mengalami kerusakan minimum didasarkan pada hasil perhitungan interval waktu pemeriksaan pada bagian sebelumnya yaitu pada $tp = 312$ jam.

Sehingga biaya totalnya adalah :

$$Tc(tp) = \frac{(26876,32(0,517142278)) + 328510,94 - 0,517142278}{(312 + 60 + 0,3530) - 0,517142278} = 980,86$$

$$Tc(tp) = \text{Rp. } 980,86 \text{ /jam}$$

BAB V

PEMBAHASAN

5.1 Analisis Penentuan Komponen Kritis

Penentuan komponen kritis dipilih dengan menghitung jumlah total *downtime* dan frekuensi kerusakan dari komponen-komponen penyusun mesin produksi 2. Berdasarkan data jumlah *downtime* kerusakan komponen-komponen mesin produksi 2 dapat diketahui bahwa ada 16 komponen penyusun mesin produksi yang mengalami kerusakan dari bulan Januari 2011 sampai Agustus 2011. Penelitian ini bertujuan untuk memperbaiki sekitar tiga per empat atau 75% dari seluruh kerusakan komponen. Berdasarkan diagram Pareto dapat dilihat bahwa tiga per empat dari seluruh kerusakan disebabkan oleh 8 komponen. Sehingga 8 komponen tersebut dipilih untuk menjadi komponen kritis.

Komponen-komponen kritis tersebut adalah *bearing vibro* dengan presentase kerusakan sebesar 20,76%, *manumatic cement* dengan presentase kerusakan sebesar 9,94%, silinder dengan presentase kerusakan sebesar 8,6%, *as dinamo* dengan presentase kerusakan sebesar 8,3%, pompa air dengan presentase kerusakan sebesar 8,18%, *bearing dinamo* dengan presentase kerusakan sebesar 8,09%, pintu pengaduk (*mixer*) dengan presentase kerusakan sebesar 7,26% dan *scrone cement* dengan presentase kerusakan sebesar 5,96%. Jumlah kerusakan seluruh komponen kritis

tersebut adalah 18,3 jam atau 76,99% terhadap seluruh kerusakan yang terjadi pada mesin produksi 2 dari bulan januari 2011 samapi agustus 2011. Sehingga dengan melakukan penjadualan terhadap komponen-komponen tersebut, diharapkan dapat mengurangi kerusakan yang terjadi pada mesin produksi 2 sebesar 76,99 %.

5.2 Analisis Penjadualan Perawatan *Bearing Vibro*

Penjadualan komponen *bearing vibro* dimulai dengan menghitung waktu antar kerusakan (TTF) dan waktu perbaikan (TTR). Dilanjutkan dengan mengidentifikasi distribusi dari hasil perhitungan tersebut. Distribusi penyebaran data dapat mengikuti distribusi eksponensial, weibull, normal dan lognormal. Penentuan distribusi dilakukan dengan metode *Least Square Curve Fitting*. Distribusi yang terpilih adalah distribusi yang memiliki nilai Anderson-Darling terkecil diantara distribusi-distribusi yang lain. Berdasarkan hasil perhitungan menggunakan *software* minitab 16.0 diketahui bahwa data waktu antar kerusakan berdistribusi lognormal dan data waktu perbaikan berdistribusi lognormal.

Dari distribusi data tersebut, nilai rata-rata waktu antar kerusakan (MTTF) adalah 223,693 jam dan nilai rata-rata waktu perbaikan (MTTR) adalah 0,198039 jam. Selanjutnya dapat dilakukan perhitungan interval waktu penggantian pencegahan berdasarkan kriteria minimasi *downtime*, dimana perhitungan dilakukan secara *trial and error* dan hasil yang didapat adalah sebagai berikut :

- a. Min D (tp) = 0,000594045 jam
- b. Age Replacement = 160 jam

Interval waktu penggantian pencegahan diperoleh hasil 160 jam yang berarti penggantian komponen *bearing vibro* dilakukan kira-kira setiap 160 jam dihitung dari waktu komponen *bearing vibro* pertama kali beroperasi.

Pada perhitungan interval waktu pemeriksaan dan frekuensi pemeriksaan diperoleh hasil 78 jam dan 2 pemeriksaan/bulan, maksudnya interval waktu pemeriksaan dilakukan setiap 78 jam atau dilakukan rata-rata 2 pemeriksaan/bulan dari waktu komponen *bearing vibro* mulai beroperasi.

5.3 Analisis Penjadualan Perawatan *Manumatic Cement*

Penjadualan komponen *manumatic cement* dimulai dengan menghitung waktu antar kerusakan (TTF) dan waktu perbaikan (TTR). Dilanjutkan dengan mengidentifikasi distribusi dari hasil perhitungan tersebut. Distribusi penyebaran data dapat mengikuti distribusi eksponensial, weibull, normal dan lognormal. Penentuan distribusi dilakukan dengan metode *Least Square Curve Fitting*. Distribusi yang terpilih adalah distribusi yang memiliki nilai Anderson-Darling terkecil diantara distribusi-distribusi yang lain. Berdasarkan hasil perhitungan menggunakan *software* minitab 16.0 diketahui bahwa data waktu antar kerusakan berdistribusi lognormal dan data waktu perbaikan berdistribusi lognormal.

Dari distribusi data tersebut, nilai rata-rata waktu antar kerusakan (MTTF) adalah 1516,19 jam dan nilai rata-rata waktu perbaikan (MTTR) adalah 0,594259 jam. Selanjutnya dapat dilakukan perhitungan interval waktu penggantian pencegahan berdasarkan kriteria minimasi *downtime*, dimana perhitungan dilakukan secara *trial and error* dan hasil yang didapat adalah sebagai berikut :

- a. $\text{Min D (tp)} = 0,000254037 \text{ jam}$
- b. $\text{Age Replacement} = 1000 \text{ jam}$

Interval waktu perawatan pencegahan diperoleh hasil 1000 jam yang berarti penggantian komponen *manumatic cement* dilakukan kira-kira setiap 1000 jam dihitung dari waktu komponen *manumatic cement* pertama kali beroperasi.

Pada perhitungan interval waktu pemeriksaan dan frekuensi pemeriksaan diperoleh hasil 78 jam dan 2 pemeriksaan/bulan, maksudnya interval waktu pemeriksaan dilakukan setiap 78 jam atau dilakukan rata-rata 2 pemeriksaan/bulan dari waktu komponen *manumatic cement* mulai beroperasi.

5.4 Analisis Penjadualan Perawatan Silinder

Penjadualan komponen silinder dimulai dengan menghitung waktu antar kerusakan (TTF) dan waktu perbaikan (TTR). Dilanjutkan dengan mengidentifikasi distribusi dari hasil perhitungan tersebut. Distribusi penyebaran data dapat mengikuti distribusi eksponensial, weibull, normal dan lognormal. Penentuan distribusi dilakukan dengan metode *Least Square Curve Fitting*. Distribusi yang terpilih adalah distribusi yang memiliki nilai Anderson-Darling terkecil diantara distribusi-distribusi yang lain. Berdasarkan hasil perhitungan menggunakan *software* minitab 16.0 diketahui bahwa data waktu antar kerusakan berdistribusi lognormal dan data waktu perbaikan berdistribusi weibull.

Dari distribusi data tersebut, nilai rata-rata waktu antar kerusakan (MTTF) adalah 1664,94 jam dan nilai rata-rata waktu perbaikan (MTTR) adalah 0,509314 jam. Selanjutnya dapat dilakukan perhitungan interval waktu penggantian pencegahan berdasarkan kriteria minimasi *downtime*, dimana perhitungan dilakukan secara *trial and error* dan hasil yang didapat adalah sebagai berikut :

- a. $\text{Min D (tp)} = 0,000214387 \text{ jam}$
- b. $\text{Age Replacement} = 1150 \text{ jam}$

Interval waktu perawatan pencegahan diperoleh hasil 1150 jam yang berarti penggantian komponen silinder dilakukan kira-kira setiap 1150 jam dihitung dari waktu komponen silinder pertama kali beroperasi.

Pada perhitungan interval waktu pemeriksaan dan frekuensi pemeriksaan diperoleh hasil 78 jam dan 2 pemeriksaan/bulan, maksudnya interval waktu pemeriksaan dilakukan setiap 78 jam atau dilakukan rata-rata 2 pemeriksaan/bulan dari waktu komponen silinder mulai beroperasi.

5.5 Analisis Penjadualan Perawatan *As Dinamo*

Penjadualan komponen *As dinamo* dimulai dengan menghitung waktu antar kerusakan (TTF) dan waktu perbaikan (TTR). Dilanjutkan dengan mengidentifikasi distribusi dari hasil perhitungan tersebut. Distribusi penyebaran data dapat mengikuti distribusi eksponensial, weibull, normal dan lognormal. Penentuan distribusi dilakukan dengan metode *Least Square Curve Fitting*. Distribusi yang terpilih adalah distribusi yang memiliki nilai Anderson-Darling terkecil diantara distribusi-distribusi yang lain. Berdasarkan hasil perhitungan menggunakan *software* minitab 16.0 diketahui bahwa data waktu antar kerusakan dan data waktu perbaikan berdistribusi weibull.

Dari distribusi data tersebut, nilai rata-rata waktu antar kerusakan (MTTF) adalah 656,227 jam dan nilai rata-rata waktu perbaikan (MTTR) adalah 0,219108 jam. Selanjutnya dapat dilakukan perhitungan interval waktu penggantian pencegahan berdasarkan kriteria minimasi *downtime*, dimana perhitungan dilakukan secara *trial and error* dan hasil yang didapat adalah sebagai berikut :

a. $\text{Min D (tp)} = 0,0002285 \text{ jam}$

b. $\text{Age Replacement} = 550 \text{ jam}$

Interval waktu perawatan pencegahan diperoleh hasil 550 jam yang berarti penggantian komponen *as dinamo* dilakukan kira-kira setiap 550 jam dihitung dari waktu komponen *as dinamo* pertama kali beroperasi.

Pada perhitungan interval waktu pemeriksaan dan frekuensi pemeriksaan diperoleh hasil 156 jam dan 1 pemeriksaan/bulan, maksudnya interval waktu pemeriksaan dilakukan setiap 156 jam atau dilakukan rata-rata 1 pemeriksaan/bulan dari waktu komponen *as dinamo* mulai beroperasi.

5.6 Analisis Penjadualan Perawatan Pompa Air

Penjadualan komponen pompa air dimulai dengan menghitung waktu antar kerusakan (TTF) dan waktu perbaikan (TTR). Dilanjutkan dengan mengidentifikasi distribusi dari hasil perhitungan tersebut. Distribusi penyebaran data dapat mengikuti distribusi eksponensial, weibull, normal dan lognormal. Penentuan distribusi dilakukan dengan metode *Least Square Curve Fitting*. Distribusi yang terpilih adalah distribusi yang memiliki nilai Anderson-Darling terkecil diantara distribusi-distribusi yang lain. Berdasarkan hasil perhitungan menggunakan *software* minitab 16.0 diketahui bahwa data waktu antar kerusakan dan data waktu perbaikan berdistribusi weibull.

Dari distribusi data tersebut, nilai rata-rata waktu antar kerusakan (MTTF) adalah 481,028 jam dan nilai rata-rata waktu perbaikan (MTTR) adalah 0,645132 jam. Selanjutnya dapat dilakukan perhitungan interval waktu penggantian pencegahan berdasarkan kriteria minimasi *downtime*, dimana perhitungan dilakukan secara *trial and error* dan hasil yang didapat adalah sebagai berikut :

- a. $\text{Min D (tp)} = 0,0008282 \text{ jam}$
- b. $\text{Age Replacement} = 400 \text{ jam}$

Interval waktu perawatan pencegahan diperoleh hasil 400 jam yang berarti penggantian komponen pompa air dilakukan kira-kira setiap 400 jam dihitung dari waktu komponen pompa air pertama kali beroperasi.

Pada perhitungan interval waktu pemeriksaan dan frekuensi pemeriksaan diperoleh hasil 156 jam dan 1 pemeriksaan/bulan, maksudnya interval waktu pemeriksaan dilakukan setiap 156 jam atau dilakukan rata-rata 1 pemeriksaan/bulan dari waktu komponen pompa air mulai beroperasi.

5.7 Analisis Penjadualan Perawatan *Bearing Dinamo*

Penjadualan komponen *bearing dinamo* dimulai dengan menghitung waktu antar kerusakan (TTF) dan waktu perbaikan (TTR). Dilanjutkan dengan mengidentifikasi distribusi dari hasil perhitungan tersebut. Distribusi penyebaran data dapat mengikuti distribusi eksponensial, weibull, normal dan lognormal. Penentuan distribusi dilakukan dengan metode *Least Square Curve Fitting*. Distribusi yang terpilih adalah distribusi yang memiliki nilai Anderson-Darling terkecil diantara distribusi-distribusi yang lain. Berdasarkan hasil perhitungan menggunakan *software minitab 16.0* diketahui bahwa data waktu antar kerusakan berdistribusi normal dan data waktu perbaikan berdistribusi weibull.

Dari distribusi data tersebut, nilai rata-rata waktu antar kerusakan (MTTF) adalah 646,054 jam dan nilai rata-rata waktu perbaikan (MTTR) adalah 0,214916 jam. Selanjutnya dapat dilakukan perhitungan interval waktu penggantian pencegahan berdasarkan kriteria minimasi *downtime*, dimana perhitungan dilakukan secara *trial and error* dan hasil yang didapat adalah sebagai berikut :

- a. $\text{Min D (tp)} = 0,00021712 \text{ jam}$
- b. $\text{Age Replacement} = 550 \text{ jam}$

Interval waktu perawatan pencegahan diperoleh hasil 550 jam yang berarti penggantian komponen *bearing dinamo* dilakukan kira-kira setiap 550 jam dihitung dari waktu komponen *bearing dinamo* pertama kali beroperasi.

Pada perhitungan interval waktu pemeriksaan dan frekuensi pemeriksaan diperoleh hasil 156 jam dan 1 pemeriksaan/bulan, maksudnya interval waktu pemeriksaan dilakukan setiap 156 jam atau dilakukan rata-rata 1 pemeriksaan/bulan dari waktu komponen *bearing dinamo* mulai beroperasi.

5.8 Analisis Penjadualan Perawatan Pintu Pengaduk (*Mixer*)

Penjadualan komponen pintu pengaduk dimulai dengan menghitung waktu antar kerusakan (TTF) dan waktu perbaikan (TTR). Dilanjutkan dengan mengidentifikasi distribusi dari hasil perhitungan tersebut. Distribusi penyebaran data dapat mengikuti distribusi eksponensial, weibull, normal dan lognormal. Penentuan distribusi dilakukan dengan metode *Least Square Curve Fitting*. Distribusi yang terpilih adalah distribusi yang memiliki nilai Anderson-Darling terkecil diantara distribusi-distribusi yang lain. Berdasarkan hasil perhitungan menggunakan *software* minitab 16.0 diketahui bahwa data waktu antar kerusakan berdistribusi lognormal dan data waktu perbaikan berdistribusi weibull.

Dari distribusi data tersebut, nilai rata-rata waktu antar kerusakan (MTTF) adalah 961,595 jam dan nilai rata-rata waktu perbaikan (MTTR) adalah 0,344011 jam. Selanjutnya dapat dilakukan perhitungan interval waktu penggantian pencegahan berdasarkan kriteria minimasi *downtime*, dimana perhitungan dilakukan secara *trial and error* dan hasil yang didapat adalah sebagai berikut :

- a. $\text{Min D (tp)} = 0,000252519 \text{ jam}$
- b. $\text{Age Replacement} = 850 \text{ jam}$

Interval waktu perawatan pencegahan diperoleh hasil 850 jam yang berarti penggantian komponen pintu pengaduk dilakukan kira-kira setiap 850 jam dihitung dari waktu komponen pintu pengaduk pertama kali beroperasi.

Pada perhitungan interval waktu pemeriksaan dan frekuensi pemeriksaan diperoleh hasil 156 jam dan 1 pemeriksaan/bulan, maksudnya interval waktu pemeriksaan dilakukan setiap 156 jam atau dilakukan rata-rata 1 pemeriksaan/bulan dari waktu komponen pintu pengaduk mulai beroperasi.

5.9 Analisis Penjadualan Perawatan *Scrone Cement*

Penjadualan komponen *scrone cement* dimulai dengan menghitung waktu antar kerusakan (TTF) dan waktu perbaikan (TTR). Dilanjutkan dengan mengidentifikasi distribusi dari hasil perhitungan tersebut. Distribusi penyebaran data dapat mengikuti distribusi eksponensial, weibull, normal dan lognormal. Penentuan distribusi dilakukan dengan metode *Least Square Curve Fitting*. Distribusi yang terpilih adalah distribusi yang memiliki nilai Anderson-Darling terkecil diantara distribusi-distribusi yang lain. Berdasarkan hasil perhitungan menggunakan *software* minitab 16.0 diketahui bahwa data waktu antar kerusakan berdistribusi normal dan data waktu perbaikan berdistribusi normal.

Dari distribusi data tersebut, nilai rata-rata waktu antar kerusakan (MTTF) adalah 728 jam dan nilai rata-rata waktu perbaikan (MTTR) adalah 0,3530 jam. Selanjutnya dapat dilakukan perhitungan interval waktu penggantian pencegahan berdasarkan kriteria minimasi *downtime*, dimana perhitungan dilakukan secara *trial and error* dan hasil yang didapat adalah sebagai berikut :

- a. $\text{Min D (tp)} = 0,000323748 \text{ jam}$
- b. $\text{Age Replacement} = 700 \text{ jam}$

Interval waktu perawatan pencegahan diperoleh hasil 700 jam yang berarti penggantian komponen *scrone cement* dilakukan kira-kira setiap 700 jam dihitung dari waktu komponen *scrone cement* pertama kali beroperasi.

Pada perhitungan interval waktu pemeriksaan dan frekuensi pemeriksaan diperoleh hasil 312 jam dan 1 pemeriksaan/bulan, maksudnya interval waktu pemeriksaan dilakukan setiap 312 jam atau dilakukan rata-rata 1 pemeriksaan/bulan dari waktu komponen *scrone cement* mulai beroperasi.

5.10 Analisis Perhitungan Persediaan Suku Cadang

Komponen yang dibuat jadwal pengadaan suku cadangnya adalah komponen yang pada saat terjadi kerusakan harus diganti dengan komponen yang baru yaitu komponen *bearing vibro*, *as dinamo*, dan *bearing dinamo*.

Komponen *bearing vibro*, perusahaan perusahaan harus melakukan pemesanan ulang jika persediaan suku cadang di gudang tersisa 4 sampai 5 unit. Jumlah komponen yang harus dipesan setiap kali pembelian adalah 11 unit. Biaya yang harus dikeluarkan perusahaan dari Rp. 1.041.800,00 /pesanan menjadi Rp. 1.030.372,72 /pesanan.

Komponen *as dinamo*, perusahaan perusahaan harus melakukan pemesanan ulang jika persediaan suku cadang di gudang tersisa 2 sampai 3 unit. Jumlah komponen yang harus dipesan setiap kali pembelian adalah 8 unit. Biaya yang harus dikeluarkan perusahaan dari Rp. 439.500,00 /pesanan menjadi Rp. 424.200,00 /pesanan.

Komponen *bearing dinamo*, perusahaan perusahaan harus melakukan pemesanan ulang jika persediaan suku cadang di gudang tersisa 1 sampai 2 unit. Jumlah komponen yang harus dipesan setiap kali pembelian adalah 6 unit. Biaya yang harus dikeluarkan perusahaan telah sesuai dengan usulan penelitian yaitu Rp. 412.466,67 /pesanan.

Pada komponen *bearing vibro* dan *as dinamo*, ter jadi kenaikan ukuran pemesanan (Q) dan titik pemesanan ulang (ROP). Komponen *bearing vibro*

mengalami kenaikan Q dari 8 unit menjadi 11 unit dan ROP dari 2 unit menjadi 4 sampai 5 unit. Komponen *as dinamo* mengalami kenaikan Q dari 5 unit menjadi 8 unit dan ROP dari 2 unit menjadi 2 sampai 3 unit. Hal tersebut terjadi karena harga komponen rendah sehingga biaya simpan untuk komponen tersebut juga rendah. Biaya simpan yang rendah tidak menjadi masalah bagi perusahaan untuk menyimpan komponen dalam jumlah yang lebih besar. Selain karena biaya simpan yang rendah, biaya pesan untuk komponen tersebut juga rendah, sehingga tidak akan menjadi masalah besar juga jika perusahaan menaikkan Q. Dari optimasi perpotongan antara biaya pesan dan biaya simpan tersebut, perusahaan dapat menaikkan ukuran pemesanan (Q) dan titik pemesanan ulang (ROP).

5.11 Analisis Biaya Total Perawatan

Perhitungan biaya total perawatan merupakan jumlah total seluruh biaya yang dikeluarkan setiap kali melakukan pemeriksaan dan perbaikan. Berikut ini merupakan hasil perhitungan biaya-biaya yang harus dikeluarkan perusahaan saat melakukan pemeriksaan dan perbaikan.

Selanjutnya untuk komponen *bearing vibro* biaya pencegahan yang harus ditanggung perusahaan sebagai upaya untuk meminimasi kerusakan adalah Rp. 439,684 /jam. Sedangkan biaya yang harus ditanggung perusahaan setiap kali mengalami kerusakan berdasarkan interval waktu pemeriksaan yang ada ternyata lebih besar dari biaya pencegahan, yaitu Rp. 447,845 /jam.

Untuk komponen *manumatic cement* biaya pencegahan yang harus ditanggung perusahaan sebagai upaya untuk meminimasi kerusakan adalah Rp. 330,871 /jam. Sedangkan biaya yang harus ditanggung perusahaan setiap kali mengalami kerusakan

berdasarkan interval waktu pemeriksaan yang ada ternyata lebih besar dari biaya pencegahan, yaitu Rp. 1.625,09 /jam.

Untuk komponen silinder biaya pencegahan yang harus ditanggung perusahaan sebagai upaya untuk meminimasi kerusakan adalah Rp. 253,79 /jam. Sedangkan biaya yang harus ditanggung perusahaan setiap kali mengalami kerusakan berdasarkan interval waktu pemeriksaan yang ada ternyata lebih besar dari biaya pencegahan, yaitu Rp. 1.598,61 /jam.

Untuk komponen *as dinamo* biaya pencegahan yang harus ditanggung perusahaan sebagai upaya untuk meminimasi kerusakan adalah Rp. 153,35 /jam. Sedangkan biaya yang harus ditanggung perusahaan setiap kali mengalami kerusakan berdasarkan interval waktu pemeriksaan yang ada ternyata lebih besar dari biaya pencegahan, yaitu Rp. 251,55 /jam.

Untuk komponen pompa air biaya pencegahan yang harus ditanggung perusahaan sebagai upaya untuk meminimasi kerusakan adalah Rp. 757,21 /jam. Sedangkan biaya yang harus ditanggung perusahaan setiap kali mengalami kerusakan berdasarkan interval waktu pemeriksaan yang ada ternyata lebih besar dari biaya pencegahan, yaitu Rp. 936,37 /jam.

Untuk komponen *bearing dinamo* biaya pencegahan yang harus ditanggung perusahaan sebagai upaya untuk meminimasi kerusakan adalah Rp. 156,28/jam. Sedangkan biaya yang harus ditanggung perusahaan setiap kali mengalami kerusakan berdasarkan interval waktu pemeriksaan yang ada ternyata lebih besar dari biaya pencegahan, yaitu Rp. 256,38 /jam.

Untuk komponen pintu pengaduk biaya pencegahan yang harus ditanggung perusahaan sebagai upaya untuk meminimasi kerusakan adalah Rp. 446,33 /jam. Sedangkan biaya yang harus ditanggung perusahaan setiap kali mengalami kerusakan

berdasarkan interval waktu pemeriksaan yang ada ternyata lebih besar dari biaya pencegahan, yaitu Rp. 911,95 /jam.

Untuk komponen *scrone cement* biaya pencegahan yang harus ditanggung perusahaan sebagai upaya untuk meminimasi kerusakan adalah Rp. 450,64 /jam. Sedangkan biaya yang harus ditanggung perusahaan setiap kali mengalami kerusakan berdasarkan interval waktu pemeriksaan yang ada ternyata lebih besar dari biaya pencegahan, yaitu Rp. 980,86 /jam.



BAB VI

KESIMPULAN DAN SARAN

6.1 Kesimpulan

Berdasarkan uraian dan analisa yang telah dilakukan pada bab sebelumnya, maka dapat ditarik beberapa kesimpulan sebagai berikut :

1. Komponen kritis yang dipilih adalah komponen yang memiliki total downtime dan frekuensi kerusakan terbesar. Komponen yang terpilih sebagai komponen kritis adalah *bearing vibro*, *manumatic cement*, silinder, *as dinamo*, pompa air, *bearing dinamo*, pintu pengaduk (*mixer*) dan *scrone cement*. Total *downtime* komponen-komponen tersebut adalah 18,3 jam atau 76,99% dari jumlah seluruh kerusakan mesin selama 8 bulan.
2. Interval waktu penggantian pencegahan masing-masing komponen kritis berdasarkan kriteria minimasi *downtime* tiap-tiap komponen adalah *bearing vibro* 160 jam, *manumatic cement* 1.000 jam, silinder 1.150 jam, *as dinamo* 550 jam, pompa air 400 jam, *bearing dinamo* 550 jam, pintu pengaduk (*mixer*) 850 jam dan *scrone cement* 700 jam.
3. Perusahaan melakukan pemesanan ulang *bearing vibro* sebanyak 11 unit jika suku cadang di gudang tersisa 4 sampai 5 unit dengan biaya dari Rp. 1.041.800,00 /pesanan menjadi Rp. 1.030.372,72 /pesanan, *as dinamo* sebanyak 8 unit jika suku cadang di gudang tersisa 2 sampai 3 unit dengan biaya dari Rp. 439.500,00 /pesanan menjadi Rp. 424.200,00 /pesanan dan *bearing dinamo*

sebanyak 6 unit jika suku cadang di gudang tersisa 1 sampai 2 unit dengan biaya Rp. 412.466,67 /pesan.

4. Biaya yang harus ditanggung perusahaan setiap kali mengalami kerusakan minimum pada komponen *bearing vibro* adalah dari Rp. 447,845 /jam menjadi Rp. 439,684 /jam, *manumatic cement* dari Rp. 1.625,09 /jam menjadi Rp. 330,871 /jam, silinder dari Rp. 1.598,61 /jam menjadi Rp. 253,79 /jam, *as dinamo* dari Rp. 251,55 /jam menjadi Rp. 153,35 /jam, pompa air dari Rp. 936,37 /jam menjadi Rp. 757,21 /jam, *bearing dinamo* dari Rp. 256,38 /jam menjadi Rp. 156,28 /jam, pintu pengaduk (*mixer*) dari Rp. 911,95 /jam menjadi Rp. 446,33 /jam dan *scrone cement* dari Rp. 980,86 /jam menjadi Rp. 450,64 /jam.

6.2 Saran

Adapun saran-saran yang dapat diberikan kepada pihak perusahaan berdasarkan hasil penelitian adalah sebagai berikut :

1. Meskipun dari hasil penelitian secara matematik telah diperoleh hasil selang waktu perawatan yang dapat memaksimalkan availabilitas mesin dan dapat mengurangi biaya yang dikeluarkan oleh perusahaan dalam kegiatan perawatan mesin, namun penelitian ini hanya sebagai alat bantu dalam menentukan kebijakan perawatan, sedang untuk persiapannya perlu dilakukan penyesuaian dengan kondisi yang berlaku di perusahaan.
2. Perusahaan perlu mempertimbangkan kebijakan perencanaan pengadaan komponen seperti perhitungan yang telah dilakukan penulis. Bahwa metode tersebut dapat menjamin ketersediaan komponen untuk keperluan perawatan.

DAFTAR PUSTAKA

- Ebeling, C. E., (1997). *An Introduction To reliability and Maintainability Engineer*. Singapore. Mc.Grow-Hill Book Co.
- Gaspersz, V., (2004). *Total Quality Management*. PT.Gramedia Pustaka Utama. Jakarta.
- Handoko, T. H., (1984). *Dasar-dasar Manajemen Produksi dan Operasi*. Yogyakarta. BPFE.
- Jardine, A. K. S., (1973). *Maintenance, Replacement, and Reability*. Canada. Pitman Publishing Corporation.
- Lestari, W., L., (2006). Penentuan Interval Optimum *Overhaul Rotating Equipment* berdasarkan Evaluasi *Reliability*. Tugas Akhir. Yogyakarta: Fakultas Teknologi Industri Universitas Islam Indonesia.
- Mustafa, A., (1998). *Manajemen Perawatan*. Bandung. ITB.
- Nasution, A. H., (1999). *Perencanaan dan Persediaan Produksi*. Surabaya. Guna Widya.
- Pratiwi, I., (2006). Waktu Perawatan untuk Pencegahan pada Komponen Kritis Cyclone Feed Pump Berdasarkan kriteria Minimasi Downtime. *Jurnal Ilmiah Teknologi Industri*, Vol 5, no. 1, 39-44. Surakarta. UMS.
- Riyati, D., (2006). Penentuan Interval Waktu Penggantian Komponen Kritis pada Mesin Diesel Generator berdasarkan Analisis *Reliability*. Tugas Akhir. Yogyakarta: Fakultas Teknologi Industri Universitas Islam Indonesia.
- Saputra, A., (2006). Analisis *Maintenance Task Conveyor 2851-V* dengan menggunakan Metode *Reliability Centered Maintenance*. Tugas Akhir. Yogyakarta: Fakultas Teknologi Industri Universitas Islam Indonesia.

- Sodikin, I., (2008). *Analisis Penentuan Waktu Perawatan dan Jumlah Persediaan Suku Cadang Rantai Garu Yang Optimal*. Jurnal Teknologi, Vol 3 No. 1, Juni 2010. Yogyakarta. IST AKPRIND.
- Tersine, J., (1994). *Principles of Inventory and Material Management*. New Jersey. Prentice Hall.
- Walpole R, E., Myers Raymond, H., (1986). *Ilmu Peluang dan Statistika untuk Insinyur dan Ilmuan*. Bandung. ITB-Press.
- Widyasputri, S., K., (2010). Perhitungan *Reliability* untuk Penjadualan *Predictive Maintenance* Serta Biaya Perawatan Mesin Kritis Oil Shipping Pump. Tugas Akhir. Yogyakarta: Fakultas Teknologi Industri Universitas Islam Indonesia.
- Wilyanto, A., (2005). *Preventive Maintenance System dengan Modularity Design sebagai Solusi Penurunan Biaya Maintenance (Studi Kasus di Perusahaan Tepung Ikan*. Jurusan Teknik Industri, Fakultas Teknologi Industri. Universitas Petra.



LAMPIRAN



Gambar *bearing vibro*



Gambar *manumatic cement*



Gambar *silinder*



Gambar *as dinamo*



Gambar pompa air



Gambar *bearing dinamo*



Gambar pintu pengaduk (*mixer*)



Gambar scrone cement

Data Kerusakan Mesin Bulan Januari

No	Tanggal	Kerusakan	Jam	Lama Kerusakan (jam)
1.	01/01/2011	ganti rantai dan dinding mixer	08.05-08.42	0,62
2.	03/01/2011	kompresor macet	10.25-10.45	0,33
3.	08/01/2011	perbaiki pompa air	07.10-07.54	0,73
		vibro atas rusak (ganti bearing)	10.15-10.27	0,2
4.	10/01/2011	perbaikan manumatic cement	09.35-10.15	0,6
5.	12/01/2011	ganti bearing dinamo vibro	06.40-06.53	0,22
6.	16/01/2011	ganti sepatu mixer	09.15-09.30	0,25
7.	22/01/2011	ganti bearing vibro bawah	07.08-07.20	0,2
		ganti as dinamo vibro	09.30-09.44	0,23
8.	23/01/2011	ganti bearing dinamo vibro	08.45-08.55	0,17
9.	25/01/2011	perbaikan pompa air	10.12-10.53	0,68
10.	28/01/2011	ganti bearing vibro atas	09.13-09.24	0,18

Data Kerusakan Mesin Bulan Februari

No	Tanggal	Kerusakan	Jam	Lama Kerusakan (jam)
1.	04/02/2011	perbaikan kren	12.03-12.25	0,37
		ganti bearing dinamo vibro	14.40-14.50	0,17
2.	06/02/2011	ganti rantai bawah feeder	13.27-13.40	0,22
		ganti roda feeder	14.42-15.04	0,37
3.	09/02/2011	silinder rusak	14.00-14.33	0,55
4.	12/02/2011	ganti bearing vibro atas	13.15-13.25	0,17
5.	17/02/2011	pompa air pecah	15.23-15.55	0,54

6.	21/02/2011	ganti bearing vibro bawah	16.40-16.53	0,22
7.	24/02/2011	ganti as dinamo vibro	14.20-14.35	0,25

Data Kerusakan Mesin Bulan Maret

No	Tanggal	Kerusakan	Jam	Lama Kerusakan (jam)
1.	02/03/2011	ganti bearing dinamo vibro	07.34-07.47	0,22
2.	09/03/2011	ganti lengan mixer	08.00-08.15	0,25
3.	15/03/2011	ganti bearing vibro atas	10.12-10.26	0,23
4.	17/03/2011	silinder rusak	07.15-07.45	0,5
		ganti as dinamo vibro	10.33-10.46	0,22
5.	22/03/2011	pintu mixer rusak	06.41-07.02	0,35
		ganti bearing vibro bawah	09.10-09.20	0,17
6.	23/03/2011	sensor rusak (ganti)	10.00-10.30	0,5
7.	28/03/2011	scrone cement macet	08.32-08.52	0,33
8.	29/03/2011	ganti bearing vibro bawah	07.18-07.31	0,22

Data Kerusakan Mesin Bulan April

No	Tanggal	Kerusakan	Jam	Lama Kerusakan (jam)
1.	01/04/2011	ganti bearing vibro atas	16.45-16.55	0,17
2.	02/04/2011	perbaikan manumatic cement	13.22-13.58	0,6
		ganti sepatu mixer	16.11-16.25	0,23
3.	05/04/2011	ganti bearing vibro bawah	12.43-12.54	0,18
		scrone cement macet	14.45-15.05	0,33
		pintu mixer rusak	16.20-16.42	0,37
4.	08/04/2011	ganti bearing vibro atas	15.05-15.18	0,22
5.	11/04/2011	ganti bearing dinamo vibro	16.00-16.12	0,2
6.	15/04/2011	perbaikan kren	13.10-13.33	0,38
7.	21/04/2011	pintu mixer macet	12.50-13.11	0,35
8.	26/04/2011	ganti as dinamo vibro	14.44-14.57	0,22
9.	28/04/2011	ganti bearing vibro bawah	15.15-15.25	0,17

Data Kerusakan Mesin Bulan Mei

No	Tanggal	Kerusakan	Jam	Lama Kerusakan (jam)
1.	04/05/2011	ganti bearing vibro atas	05.38-05.50	0,2
2.	07/05/2011	ganti bearing dinamo vibro	10.20-10.35	0,25
3.	12/05/2011	ganti bearing vibro bawah	08.46-08.57	0,18

4.	19/05/2011	perbaiki kompresor	07.02-07.25	0,38
5.	21/05/2011	ganti bearing vibro atas	09.40-09.53	0,22
6.	24/05/2011	pintu mixer macet	06.50-07.07	0,28
7.	28/05/2011	perbaiki manumatic cement	09.04-09.38	0,57
8.	31/05/2011	ganti as dinamo vibro	09.50-10.13	0,22

Data Kerusakan Mesin Bulan Juni

No	Tanggal	Kerusakan	Jam	Lama Kerusakan (jam)
1.	01/06/2011	ganti bearing vibro bawah	16.10-16.22	0,2
2.	05/06/2011	scrone cement rusak	12.55-13.18	0,38
		ganti as dinamo vibro	15.30-15.40	0,17
3.	08/06/2011	ganti lengan mixer	14.47-13.05	0,3
		ganti bearing dinamo vibro	16.15-16.29	0,23
4.	15/06/2011	ganti bearing vibro atas	16.38-16.51	0,22
5.	22/06/2011	silinder rusak	13.20-13.55	0,58
6.	28/06/2011	ganti bearing vibro bawah	15.45-15.56	0,18
7.	30/06/2011	ganti as dinamo vibro	12.49-13.03	0,22

Data Kerusakan Mesin Bulan Juli

No	Tanggal	Kerusakan	Jam	Lama Kerusakan (jam)
1.	02/07/2011	ganti lengan mixer	10.31-10.47	0,27
2.	06/07/2011	ganti bearing vibro atas	07.40-07.50	0,2
3.	07/07/2011	ganti bearing dinamo vibro	06.48-07.01	0,22
4.	11/07/2011	perbaiki manumatic cement	08.10-08.42	0,53
5.	15/07/2011	ganti bearing vibro bawah	06.30-06.43	0,22
6.	22/07/2011	ganti as dinamo vibro	10.07-10.21	0,23
7.	23/07/2011	ganti bearing vibro bawah	08.42-08.47	0,25
8.	28/07/2011	perbaiki scrone cement	09.35-09.58	0,38
9.	31/07/2011	ganti bearing vibro atas	10.50-11.00	0,17

Data Kerusakan Mesin Bulan Agustus

No	Tanggal	Kerusakan	Jam	Lama Kerusakan (jam)
1.	05/08/2011	kompresor rusak	13.08-13.30	0,37
2.	08/08/2011	pintu mixer macet	16.12-16.30	0,38
3.	10/08/2011	ganti bearing vibro bawah	14.45-14.55	0,17
		perbaiki kren	16.10-16.31	0,35
4.	15/08/2011	ganti bearing dinamo vibro	16.45-17.00	0,25

5.	16/08/2011	silinder rusak	14.00-14.25	0,42
6.	20/08/2011	ganti bearing vibro atas	13.40-13.52	0,2
7.	23/08/2011	ganti as dinamo vibro	12.36-12.49	0,22
8.	27/08/2011	ganti bearing vibro bawah	15.05-15.16	0,18
9.	31/08/2011	ganti sepatu mixer	16.03-16.20	0,28

