

TESIS

**PERANCANGAN PENJADWALAN *PREVENTIVE MAINTENANCE* UNTUK
MEMINIMALISIR BIAYA *DOWNTIME* MENGGUNAKAN *INTERVAL*
WAKTU PADA MESIN *BUCKET ELEVATOR***

(STUDI KASUS PADA PT. WILMAR PADI INDONESIA NGAWI)



MUHAMAD MUKAFI ABDUL FATAH

20916013

PROGRAM STUDI MAGISTER TEKNIK INDUSTRI

FAKULTAS TEKNOLOGI INDUSTRI

UNIVERSITAS ISLAM INDONESIA

YOGYAKARTA

2023

LEMBAR PENGESAHAN PEMBIMBING

PERANCANGAN PENJADWALAN *PREVENTIVE MAINTENANCE* UNTUK MEMINIMALISIR BIAYA *DOWNTIME* MENGGUNAKAN *INTERVAL* WAKTU PADA MESIN *BUCKET ELEVATOR*

**(STUDI KASUS PADA PT. WILMAR PADI INDONESIA
NGAWI)**

TESIS

**Diajukan sebagai salah satu syarat untuk memperoleh
Gelar Magister Teknik (M.T.)
Pada Program Studi Magister Teknik Industri
Fakultas Teknologi Industri
Universitas Islam Indonesia**

Disusun Oleh:

**Muhamad Mukafi Abdul Fatah
20916013**

Yogyakarta, 8 November 2023

Menyetujui,

Dosen Pembimbing



Ir. Winda Nur Cahyo, S.T., M.T., Ph.D

LEMBAR PENGESAHAN PENGUJI

**PERANCANGAN PENJADWALAN *PREVENTIVE MAINTENANCE* UNTUK
MEMINIMALISIR BIAYA *DOWNTIME* MENGGUNAKAN *INTERVAL WAKTU* PADA MESIN
*BUCKET ELEVATOR***

TESIS

Disusun Oleh :

Nama : Muhamad Mukafi Abdul Fatah

NIM : 20916013

Tesis Telah Diuji dan Dinilai Oleh Panitia Penguji Program Magister Teknik Industri
Universitas Islam Indonesia
Pada Tanggal 15 Desember 2023

Tim Penguji

Ir. Winda Nur Cahyo, S.T., M.T., Ph.D

NIP : 025200519

Ketua Penguji I

Dr. Agus Mansur, S.T., M.Eng.Sc

NIP : 985220102

Anggota Penguji II

Dr. Taufiq Immawan, S.T., M.M

NIP : 985220101

Anggota Penguji III

Mengetahui

Kaprodi Teknik Industri

Program Magister FTI UII



Ir. Winda Nur Cahyo, S.T., M.T., Ph.D

NIP : 025200519

PERNYATAAN KEASLIAN TULISAN

Dengan ini saya menyatakan bahwa tesis ini asli dari penulis dan tidak berisi material yang telah diterbitkan sebelumnya atau tulisan dari penulis lain terkecuali referensi atau material tersebut telah disebutkan dalam tesis ini. Apabila ada kontribusi dari penulis lain dalam tesis ini, maka penulis lain tersebut secara eksplisit telah disebutkan dalam tesis ini.

Dengan ini saya menyatakan bahwa segala kontribusi dari pihak lain terhadap tesis ini, termasuk bantuan statistik, desain survei, analisis data, prosedur teknis yang bersifat signifikan dan segala bentuk aktivitas penelitian yang digunakan atau dilaporkan dalam tesis ini secara eksplisit telah disebutkan dalam tesis ini.

Segala bentuk hak cipta yang terdapat dalam material dokumen tesis ini berada dalam kepemilikan hak cipta masing-masing. Apabila dibutuhkan, penulis telah mendapatkan izin dari pemilik hak cipta untuk menggunakan ulang materialnya dalam tesis ini.

Yogyakarta, 15 Desember 2023



Muhamad Mukafi

HALAMAN PERSEMBAHAN



Segala puji dan sujud syukur kepada Allah SWT yang telah memberikanku kenikmatan, kekuatan, dan ilmu yang bermanfaat serta cinta yang tulus dan Ikhlas. Berkat kasih sayangmu akhirnya tesis ini dapat terselesaikan. Shalawat dan salam kepada junjungan besar Baginda Nabi Muhammad SAW. Persembahan karya sederhana ini kepada orang yang kuhormati dan kukasihi.

Umi dan Abah Tercinta

Rasa bakti, hormat dan kasih sayang serta rasa terima kasih yang tak terhingga karya sederhana ini kupersembahkan kepada Umi (Ibu Hj. Sofiyah Rofii) dan Abah (Bapak H. Abdul Fatah) yang telah memberikan ridho, dukungan dan doa yang tiada hentinya. Semoga berguna dan sebagai langkah awal untuk membuat Umi dan Abah bahagia karena masih belum bisa berbuat lebih. Umi dan Abah yang selalu memberikan motivasi, kasih sayang, doa, ridho, nasehat untuk menuntut ilmu. Jazakumullah khairan katsiran. Terima Kasih juga Ya Allah telah memberikan orangtua yang terbaik untuk mengasihi di dunia.

Kekasih Yang Kucintai Karena Allah

Terima kasih telah hadir dalam kehidupanku yang selalu membantu, mendukung, memberi semangat, perhatian dan kasih sayang dalam menyelesaikan serta mentuntaskan tesis ini. Terima kasih atas doa-doa yang telah kau panjatkan. Karya sederhana ini kupersembahkan untuk kekasihku sebagai relasi dalam kehidupanku Inshaallah until Jannah. I Love Suraida ❤️

Kakak, Kakak Ipar dan Orang Terdekatku

Rasa terima kasih kupersembahkan karya sederhana ini untuk kakak perempuan dan kakak ipar (Masruroh, Murifah, Hafsa dan Supriyadi, Zainuddin, Febriyan) dan semua keluarga besarku yang ada di Indonesia dan Saudi Arabia. Terima kasih telah memberikan inspirasi dan dukungan dalam penyelesaian tesis ini. Semoga kedepannya menjadi lebih baik lagi.

Dosen Pembimbing Tesis

Bapak Ir. Winda Nur Cahyo, S.T., M.T., Ph.D. sebagai dosen pembimbing tesis ini, terima kasih banyak sudah memberikan masukan, arahan, nasehat dan bimbingannya hingga tesis ini selesai dalam luang waktu di waktu sibuknya beliau, sehat dan bahagia selalu buat Bapak dan sekeluarga.

Sahabat/Teman Pabrik/Teman Angkatan 29 MTI UII

Sahabat-sahabatku, teman-teman pabrik dan teman-teman kelas blok maupun regular yang selalu meberikan support, nasehat, motivasi serta doa yang selalu semangat untuk menyelesaikan tesis ini serta lainnya yang tak bisa kusebutkan satuper satu. Terima kasih sahabat-sahabatku, kalian telah membagi suatu hal yang tak terlupakan kepadaku.

MOTTO

“Cobalah dulu, baru cerita. Pahami dulu, baru menjawab. Pikirlah dulu, baru berkata. Dengarlah dulu, baru beri penilaian. Berusahalah dulu, baru berharap.”
(Socrates)

“Janganlah larut dalam satu kesedihan karena masih ada hari esok yang menyongsong dengan sejuta kebahagiaan.”
(Sadiq)

“Carilah ilmu setinggi langit di dunia dan rendahkanlah hatimu serendah mutiara di dasar lautan”
(Hafizah)

خَيْرُ النَّاسِ أَنْفَعُهُمْ لِلنَّاسِ

“The best human beings are those who can provide benefits to others.”
(HR Ahmad)

اطْلُبِ الْعِلْمَ مِنَ الْمَهْدِ إِلَى اللَّحْدِ

“Seek knowledge from the cradle to the grave.”
(HR Ibnu Abd Bar)

إِنَّ مَعَ الْعُسْرِ يُسْرًا

“Verily, with every difficulty there is relief.”
(QS Al-Insyirah 94 : 6)

“今日から学び、今日を生き、明日に希望を持ちましょう”
“Belajar hari ini, jalani hari ini, harapan untuk hari esok”

他の誰にも頼らず、自分の杖に頼ってください

“Jangan bergantung pada orang lain, andalkan tongkat penopangmu sendiri”

私たちは勝ちからは少しだけ学びますが、負けからは多くを学びます
“Kita belajar sedikit dari kemenangan tapi kita belajar banyak dari kekalahan.”

KATA PENGANTAR

Assalamualaikum Wr.Wb.

Alhamdulillah, segala puji syukur kami panjatkan kehadirat Allah SWT, berkat Rahmat dan petunjuk-Nya serta selawat dan salam junjung tinggi kepada Baginda Nabi Muhammad SAW, penulis dapat menyelesaikan penyusunan Tesis yang berjudul **“Perancangan Penjadwalan *Preventive Maintenance* Untuk Meminimalisir Biaya *Downtime* Menggunakan *Interval Waktu* Pada Mesin *Bucket Elevator* (Studi Kasus Pada PT Wilmar Padi Indonesia Ngawi)”**.

Penyusunan Tesis ini terutama dengan tujuan untuk memenuhi salah satu syarat untuk meraih gelar Magister (S2) di Fakultas Teknologi Industri, Program Magister Teknik Industri, Universitas Islam Indonesia.

Dalam penyusunan Tesis ini, penulis banyak sekali dibantu baik berupa bimbingan, fasilitas, maupun dorongan semangat dan doa dari berbagai pihak. Oleh sebab itu dengan ketulusan hati yang dalam maka pada kesempatan yang berkah ini, Penulis ingin mengucapkan terima kasih yang sebesar-besarnya kepada :

1. Bapak Prof. Dr. Ir. Hari Purnomo, M.T., IPU., selaku Dekan Fakultas Teknologi Industri Universitas Islam Indonesia.
2. Bapak Ir. Winda Nur Cahyo, S.T., M.T., Ph.D., IPM., selaku Ketua Program Magister Teknik Industri, Fakultas Teknologi Industri Universitas Islam Indonesia sekaligus Dosen Pembimbing yang telah memberikan bimbingan dan masukan selama penyusunan Tesis ini.
3. Bapak Dr. Agus Mansur, S.T., M.Eng.Sc., selaku Penguji Satu yang telah menguji dan memberikan masukan mengenai Tesis ini.
4. Bapak Dr. Taufiq Immawan, S.T., M.M., selaku Penguji Dua yang juga menguji dan memberikan masukan mengenai Tesis ini.
5. Pimpinan dan seluruh staf PT Wilmar Padi Indonesia Ngawi yang telah membantu selama penelitian.
6. Seluruh keluarga tercinta, Ayah, Ibu, Kakak, Kakak Ipar, atas semua doa, kasih sayang dan dukungan sehingga penulis dapat menyelesaikan Tesis ini dengan baik.
7. Kekasih tercinta Anis Suraida Safitri, S.Pd., M.Pd., yang selalu mendukung dan membantu selama penyusunan Tesis ini.
8. Keluarga besar Program Magister Teknik Industri angkatan 2020 atas segala dukungan dan bantuannya selama ini.
9. Sahabat-sahabatku atas segala dukungan doa dan persahabatan kita serta seluruh teman-temanku yang tidak dapat disebutkan satu per satu.
10. Semua pihak yang tidak dapat disebutkan yang telah membantu hingga selesainya Tesis ini.

Penulis sadar bahwa Tesis ini masih banyak kekurangan dan jauh dari kata sempurna. Oleh karena itu saran dan kritik yang sifatnya membangun akan diterima

dengan senang hati. Semoga Tesis ini dapat bermanfaat dan menjadi sumbangan wawasan pemikiran bagi pembaca.

Wassalamualaikum Wr.Wb.

Ngawi, Januari 2024

Penulis



DAFTAR ISI

HALAMAN JUDUL	i
LEMBAR PENGESAHAN PEMBIMBING	ii
LEMBAR PENGESAHAN PENGUJI	iii
PERNYATAAN KEASLIAN TULISAN	iv
HALAMAN PERSEMBAHAN	v
MOTTO	vi
KATA PENGANTAR	vii
DAFTAR ISI	ix
DAFTAR TABEL	xii
DAFTAR GAMBAR	xiv
ABSTRAK	xv
ABSTRACT	xvi
BAB I PENDAHULUAN	1
1.1 Latar Belakang	1
1.2 Rumusan Masalah	4
1.3 Batasan Masalah.....	4
1.4 Tujuan Penelitian	4
1.5 Manfaat Penelitian.....	5
1.6 Sistematika Penulisan.....	5
BAB II TINJAUAN PUSTAKA	7
2.1 Penelitian Terdahulu	7
2.2 Pengertian <i>Maintenance</i>	16
2.3 Tujuan <i>Maintenance</i>	16
2.4 Jenis-jenis <i>Maintenance</i>	17
2.4.1 Pemeliharaan Pencegahan (<i>Preventive Maintenance</i>)	17
2.4.2 Pemeliharaan Korektif (<i>Corrective Maintenance</i>).....	17
2.4.3 Pemeliharaan <i>Breakdown</i>	18
2.5 <i>Total Productive Maintenance</i> (TPM).....	18
2.6 Delapan Pilar TPM (<i>Total Productive Maintenance</i>)	19
2.7 <i>Six Big Losses</i> (Enam Kerugian Besar).....	19
2.7.1 <i>Equipment Failure Breakdowns</i>	20
2.7.2 <i>Setup and Adjustment Losses</i>	20
2.7.3 <i>Idling and Minor Stoppages Losses</i>	20

2.7.4	<i>Reduced Speed Losses</i>	20
2.7.5	<i>Process Defect Losses</i>	21
2.7.6	<i>Reduced Yield Losses</i>	21
2.8	<i>Overall Equipment Effectiveness (OEE)</i>	21
2.8.1	<i>Availability</i>	22
2.8.2	<i>Perfomance Efficiency</i>	22
2.8.3	<i>Rate of Quality Product</i>	23
2.9	Perencanaan dan Penerapan <i>Total Productive Maintenance (TPM)</i>	23
2.10	<i>Failure Mode and Effect Analysis (FMEA)</i>	23
2.11	<i>Time to Repair (TTR)</i> dan <i>Time to Failure (TTF)</i>	27
2.12	Fungsi Distribusi Kerusakan.....	27
2.13	Model Perawatan Pemeliharaan dan Penggantian.....	30
2.14	Diagram Pareto.....	31
2.15	<i>Bucket Elevator</i>	32
2.16	Komponen <i>Belt Bucket Elevator</i>	32
BAB III METODOLOGI PENELITIAN		36
3.1	Diagram Alir Penelitian.....	36
3.2	Waktu dan Tempat Penelitian.....	37
3.3	Subjek dan Objek Penelitian.....	38
3.4	Pengumpulan Data.....	38
3.5	Pengolahan Data.....	39
BAB IV PENGUMPULAN DAN PENGOLAHAN DATA		44
4.1	Pengumpulan Data.....	44
4.1.1	Sejarah Singkat Perusahaan.....	44
4.1.2	Visi dan Misi Perusahaan.....	44
4.1.3	Proses Produksi.....	45
4.1.4	<i>Data Available Time</i>	46
4.1.5	<i>Data Downtime</i>	46
4.1.6	<i>Planned Downtime</i>	47
4.1.7	<i>Loading Time</i>	47
4.1.8	<i>Operation Time</i>	48
4.2	Pengolahan Data.....	49
4.2.1	<i>Availability</i>	49
4.2.2	<i>Perfomance Rate</i>	49

4.2.3 <i>Quality Rate</i>	50
4.2.4 <i>Overall Equipment Effectiveness</i>	50
4.2.5 <i>Six Big Losses</i>	51
4.2.6 <i>Failure Mode and Effect Analysis (FMEA)</i>	55
4.2.7 Penentuan Komponen Kritis	56
4.2.8 Penentuan Distribusi Data Waktu antar Kerusakan dan Perbaikan.....	56
4.2.9 Distribusi Waktu Kerusakan (TTF) dan Perbaikan (TTR).....	57
4.2.10 Perhitungan Nilai MTTF pada Mesin <i>Bucket Elevator</i>	60
4.2.11 Perhitungan Nilai MTTR pada Mesin <i>Bucket Elevator</i>	60
4.2.12 Perhitungan Waktu Pemeriksaan Optimal	61
4.2.13 Perhitungan Biaya Kerusakan dan Biaya Perawatan	65
4.2.14 Perhitungan Biaya Untuk Perawatan.....	66
4.2.15 Perhitungan Biaya Karena Kerusakan.....	67
4.2.16 Penentuan <i>Interval</i> Perawatan Optimal.....	67
4.2.17 Perbandingan <i>Reability</i> Sebelum dan Sesudah Penentuan Interval Waktu .	68
4.2.18 Perancangan Penjadwalan	68
BAB V PEMBAHASAN	71
5.1 Analisis <i>Availability</i>	71
5.2 Analisis <i>Performance</i>	72
5.3 Analisis <i>Quality Ratio</i>	73
5.4 Analisis <i>Overall Equipment Effectiveness (OEE)</i>	74
5.5 Analisis <i>Six Big Losses</i>	75
5.6 Analisis <i>Failure Mode and Effect Analysis (FMEA)</i>	76
5.7 Analisis Pola Distribusi Kerusakan.....	77
5.8 Analisis Parameter Distribusi TTF dan MTTF	79
5.9 Analisis Parameter Distribusi TTR dan MTTR	79
5.10 Analisis Perhitungan Biaya Tenaga Kerja Dan Biaya Kerugian Produksi	80
5.11 Analisis Perhitungan Biaya Perawatan dan Perawatan Karena Kerusakan.....	81
5.12 Analisis <i>Interval</i> Perawatan Optimal Dan Perancangan Jadwal <i>Maintenance</i> ...	82
BAB VI KESIMPULAN DAN SARAN	84
6.1 Kesimpulan	84
6.2 Saran.....	84
DAFTAR PUSTAKA	86
LAMPIRAN	90

DAFTAR TABEL

Tabel 2.1 Persamaan dan Perbedaan Penelitian.....	7
Tabel 2.2 Nilai Ideal OEE	22
Tabel 2.3 FMEA	23
Tabel 2.4 Tingkatan <i>Severity</i>	24
Tabel 2.5 Tingkatan <i>Occurency</i>	26
Tabel 2.6 Tingkatan <i>Detection</i>	27
Tabel 3.1 Kegiatan dan Jadwal Waktu Penelitian	37
Tabel 4.1 <i>Available Time</i> Pada Bulan Juli – Desember 2022.....	46
Tabel 4.2 <i>Downtime</i> Pada Bulan Juli – Desember 2022	46
Tabel 4.3 <i>Data Planned Downtime</i>	47
Tabel 4.4 <i>Loading Time</i> Pada Bulan Juli – Desember 2022.....	48
Tabel 4.5 <i>Operation Time</i> Pada Bulan Juli – Desember 2022.....	48
Tabel 4.6 <i>Availability Time</i> Bulan Juli-Desember 2022.....	49
Tabel 4.7 <i>Perfomance Rate</i> Bulan Juli-Desember 2022.....	49
Tabel 4.8 <i>Quality Rate</i> Bulan Juli-Desember 2022	50
Tabel 4.9 <i>Overall Equipment Effectiveness</i> Bulan Juli-Desember 2022.....	51
Tabel 4.10 <i>Equipment Failure Losses</i> Bulan Juli-Desember 2022	51
Tabel 4.11 <i>Set Up and Adjustment Losses</i> Bulan Juli-Desember 2022.....	52
Tabel 4.12 <i>Idling and Minor Stopages Losses</i> Bulan Juli-Desember 2022.....	53
Tabel 4.13 <i>Reduce Speed Losses</i> Bulan Juli-Desember 2022	53
Tabel 4.14 <i>Defect Losses</i> Bulan Juli-Desember 2022	54
Tabel 4.15 <i>Rework Losses</i> Bulan Juli-Desember 2022	55
Tabel 4.16 Akumulasi Nilai <i>Six Big Losses</i>	55
Tabel 4.17 FMEA pada Mesin <i>Bucket Elevator</i>	56
Tabel 4.18 Perhitungan TTR dan TTF Komponen <i>Bucket</i>	57
Tabel 4.19 Perhitungan TTR dan TTF Komponen <i>Bearing</i>	57
Tabel 4.20 Perhitungan TTR dan TTF Komponen <i>Sprocket</i>	57
Tabel 4.21 Distribusi TTF Komponen <i>Bucket</i>	58
Tabel 4.22 Distribusi TTF Komponen <i>Bearing</i>	58
Tabel 4.23 Distribusi TTF Komponen <i>Sprocket</i>	58
Tabel 4.24 Distribusi TTR Komponen <i>Bucket</i>	58

Tabel 4.25 Distribusi TTR Komponen <i>Bearing</i>	59
Tabel 4.26 Distribusi TTR komponen <i>Sprocket</i>	59
Tabel 4.27 Rekapitulasi Distribusi Waktu Antar Kerusakan Pada Komponen Kritis	59
Tabel 4.28 Rekapitulasi Distribusi Waktu Antar Perbaikan Pada Komponen Kritis	60
Tabel 4.29 Rincian Biaya Kerugian Produksi	66
Tabel 4.30 Rincian Biaya <i>Downtime</i> Mesin <i>Bucket Elevator</i>	66
Tabel 4.31 Biaya Untuk Perawatan	67
Tabel 4.32 Biaya Perawatan Karena Kerusakan.....	67
Tabel 4.33 <i>Interval</i> Perawatan Optimal.....	68
Tabel 4.34 Hasil Rekapitulasi Perhitungan <i>Reability</i>	69
Tabel 5.1 Standar Nilai OEE	71
Tabel 5.2 Akumulasi Nilai <i>Six Big Losses</i>	75
Tabel 5.3 RPN pada kegagalan komponen mesin <i>bucket elevator</i>	77
Tabel 5.4 Hasil Uji Pola Distribusi Data Waktu Antar Kerusakan <i>Bucket</i>	77
Tabel 5.5 Hasil Uji Pola Distribusi Data Waktu Antar Kerusakan <i>Bearing</i>	77
Tabel 5.6 Hasil Uji Pola Distribusi Data Waktu Antar Kerusakan <i>Sprocket</i>	78
Tabel 5.7 Hasil Uji Pola Distribusi Data Waktu Antar Perbaikan <i>Bucket</i>	78
Tabel 5.8 Hasil Uji Pola Distribusi Data Waktu Antar Perbaikan <i>Bearing</i>	78
Tabel 5.9 Hasil Uji Pola Distribusi Data Waktu Antar Perbaikan <i>Sprocket</i>	78
Tabel 5.10 Nilai Parameter Distribusi TTF dan Nilai MTTF Komponen <i>Bucket</i>	79
Tabel 5.11 Nilai Parameter Distribusi TTF dan Nilai MTTF Komponen <i>Bearing</i>	79
Tabel 5.12 Nilai Parameter Distribusi TTF dan Nilai MTTF Komponen <i>Sprocket</i>	79
Tabel 5.13 Nilai Parameter Distribusi TTF dan Nilai MTTF Komponen <i>Bucket</i>	79
Tabel 5.14 Nilai Parameter Distribusi TTF dan Nilai MTTF Komponen <i>Bearing</i>	80
Tabel 5.15 Nilai Parameter Distribusi TTF dan Nilai MTTF Komponen <i>Sprocket</i>	80
Tabel 5.16 Biaya Tenaga Kerja UMK Ngawi	80
Tabel 5.17 Biaya Kerugian Produksi.....	80
Tabel 5.18 Biaya <i>Downtime</i>	81
Tabel 5.19 Biaya Perawatan	81
Tabel 5.20 Biaya Perawatan Karena Kerusakan.....	81
Tabel 5.21 Rancangan Penjadwalan <i>Maintenance</i>	81
Tabel 5.22 Perbandingan Peningkatan <i>Reability</i> dan Penurunan Total Biaya	82
Tabel 5.23 Rancangan Penjadwalan <i>Maintenance</i>	83

DAFTAR GAMBAR

Gambar 2.1 Contoh Diagram Pareto	31
Gambar 2.2 <i>Bucket Elevator</i>	32
Gambar 2.3 (a) <i>Casing Head</i> , (b) Bagian Tengah, (c) <i>Casing Tail</i>	33
Gambar 2.4 <i>Bucket</i>	33
Gambar 2.5 <i>Belt Strands</i>	33
Gambar 2.6 (a) <i>Pulley Head</i> (b) <i>Pulley Tail</i>	34
Gambar 2.7 <i>Drive Motor</i>	34
Gambar 2.8 <i>Bearing</i>	35
Gambar 2.9 <i>Coupling</i>	35
Gambar 2.10 <i>Gear Box</i>	35
Gambar 3.1 Tahapan proses penelitian.....	36
Gambar 3.2 Peta lokasi PT WPI Ngawi.....	37
Gambar 4.1 Alur Proses <i>Receiving, Drying</i> dan <i>Silo</i>	45
Gambar 5.1 Grafik Hasil Perhitungan <i>Availability</i> Juli – Desember 2022.....	72
Gambar 5.2 Grafik Hasil Perhitungan <i>Performance Ratio</i> Juli – Desember 2022	73
Gambar 5.3 Grafik Hasil Perhitungan <i>Quality Ratio</i> Juli-Desember 2022	74
Gambar 5.4 Grafik <i>Overall Equipment Effectiveness</i> Juli-Desember 2022	75
Gambar 5.5 Diagram Pareto <i>Six Big Losses</i>	76

PERANCANGAN PENJADWALAN *PREVENTIVE MAINTENANCE* UNTUK MEMINIMALISIR BIAYA *DOWNTIME* MENGGUNAKAN *INTERVAL WAKTU* PADA MESIN *BUCKET ELEVATOR*

(STUDI KASUS PADA PT. WILMAR PADI INDONESIA NGAWI)

Oleh: Muhamad Mukafi Abdul Fatah (20916013)

ABSTRAK

Mesin sangat penting karena *downtime* dapat menghambat bahkan menghentikan produksi. Pada penelitian ini ditemukan bahwa terjadi *downtime* yang tinggi pada kategori mekanik yaitu pada bagian *receiving, drying, silo*, sering terjadi kerusakan pada mesin *bucket elevator*. Penelitian ini menggunakan *Total Productive Maintenance* (TPM) yang dimulai dengan menghitung *Overall Equipment Effectiveness* (OEE) dan *Six Big Losses*. Analisis Pareto Diagram dilakukan setelah perhitungan *six big losses* diketahui. Kemudian menggunakan *Failure Mode Effect Analysis* (FMEA) untuk menggambarkan dan mengidentifikasi kegagalan serta dampak pada konsumen jika risiko tersebut tidak dicegah. Hasil dari FMEA diperoleh bahwa komponen paling kritis sehingga perlu tindakan. Tahap selanjutnya adalah mencari jarak antar kerusakan dan perbaikan dari komponen *bucket, bearing* dan *sprocket*. Dilanjutkan dengan menghitung nilai *Mean Time To Failure* (MTTF) dan *Mean Time To Repair* (MTTR) mesin *bucket elevator* lalu menghitung biaya kerusakan dan biaya perawatan. Kemudian melakukan perbandingan *reliability* sebelum dan sesudah penentuan interval waktu penggantian pencegahan komponen. Terakhir, perancangan penjadwalan. Hasil penelitian menunjukkan bahwa inerja mesin *bucket elevator* tidak memenuhi persyaratan OEE. Meskipun satu nilai (*Perfomance Ratio*) tidak mencapai target sedangkan *Availability* dan *Quality Ratio* memenuhi target maka harus tetap mendapatkan perbaikan, *improvement* dan *replacement*. Akar permasalahannya adalah kurangnya pengawasan, perawatan serta usia mesin yang sudah tua. Biaya *loss opportunity* produksi yang terjadi dalam 6 bulan sebesar 242 juta dan setelah diterapkan perancangan penjadwalan *Preventive Maintenance* dengan Interval waktu untuk perawatan dan perawatan karena kerusakan ada penurunan biaya dengan rata-rata 79,47%.

Kata Kunci: *bucket elevator, implementasi, overall equipment effectiveness, six big losses, total productive maintenance*

*PREVENTIVE MAINTENANCE SCHEDULING DESIGN TO MINIMIZE
DOWNTIME COSTS USING TIME INTERVALS ON ELEVATOR BUCKET
MACHINES*

(CASE STUDY AT PT. WILMAR PADI INDONESIA NGAWI)

By: Muhamad Mukafi Abdul Fatah (20916013)

ABSTRACT

Machines are very important in the production process. Machines are prone to downtime because downtime can hinder and even stop production. In this study it was found that there was a high downtime in the mechanical category, namely in the receiving, drying, silo, frequent damage to the bucket elevator machine. This research uses Total Productive Maintenance (TPM) which begins by calculating Overall Equipment Effectiveness (OEE) and Six Big Losses. Pareto Diagram analysis is done after the calculation of six big losses is known. Then use Failure Mode Effect Analysis (FMEA) to describe and identify failures and impacts on consumers if the risk is not prevented. The results of the FMEA obtained that the most critical components so that action is needed. The next stage is to find the distance between damage and repair of the bucket, bearing and sprocket components. Followed by calculating the Mean Time To Failure (MTTF) and Mean Time To Repair (MTTR) values of the elevator bucket machine and then calculating damage costs and maintenance costs. Then compare the reliability before and after determining the component preventive replacement time interval. Finally, scheduling design. The results showed that the performance of the elevator bucket machine did not meet the OEE requirements. Although one value (Performance Ratio) does not reach the target while the Availability and Quality Ratio meet the target, it must still get improvement, and replacement. The root of the problem is the lack of supervision, maintenance and old age of the machine. The cost of loss of production opportunity that occurs in 6 months is 242 million and after implementing the Preventive Maintenance scheduling design with time intervals for maintenance and maintenance due to damage there is a decrease in costs with an average of 79.47%.

Kata Kunci: *bucket elevator, implementation, overall equipment effectiveness, six big losses, total productive maintenance*

BAB I

PENDAHULUAN

1.1 Latar Belakang

Salah satu komoditas penting Asia adalah beras dengan wilayah sistem produksi dan pola konsumsi yang beragam. Beras memiliki nilai gizi yang tinggi seperti karbohidrat, lemak, serat, protein, vitamin serta energi pangan, profil mineral dan asam lemak (Arsha et al., 2021). Proses pengolahan padi menjadi beras dimulai dari benih-benih yang dipilih, proses penanaman, hingga waktu musim panen. Setelah panen telah dilakukan, selanjutnya melalui beberapa tahapan-tahapan proses padi menjadi beras dalam pabrik. Populasi penduduk yang meningkat menyebabkan peningkatan permintaan terhadap beras. Sekitar 480 juta metrik ton beras giling diproduksi setiap tahun. Cina dan India menyumbang 50% dari beras yang ditanam dan dikonsumsi. Beras menyediakan hingga 50% dari pasokan kalori makanan bagi jutaan orang yang hidup di Asia dan oleh karena itu, sangat penting untuk ketahanan pangan.

Rekor peningkatan produksi beras telah diamati sejak dimulainya Revolusi Hijau. Menurut Bundumala (2018), sekitar 90% dari beras global diproduksi dan dikonsumsi di Asia. Oleh karena itu, produksi beras di Asia merupakan kunci ketahanan pangan global. Pertumbuhan produksi beras yang stabil menjadi perhatian untuk mencapai ketahanan pangan, terutama di negara-negara berkembang. Namun, beras tetap menjadi salah satu komoditas pangan yang paling dilindungi dalam perdagangan dunia terutama di Indonesia.

Analisis mengungkapkan bahwa Indonesia menempati urutan pertama dalam memproduksi beras, diikuti oleh Vietnam dan Thailand. Namun, Thailand adalah negara pengekspor beras tertinggi di antara ASEAN, diikuti oleh Vietnam (Ahmed Ferdoushi et al., 2020). Dalam rangka mencapai keterjangkauan dan pemenuhan konsumsi pangan nasional menurut undang-undang Indonesia No. 18 tahun 2012, Indonesia membutuhkan informasi untuk mendukung kebijakan pemerintah tentang pengumpulan, pengolahan, analisis, penyimpanan, penyajian, dan penyebarluasan (Airlangga et al., 2020). Produksi beras di Indonesia cenderung menurun sehingga mempengaruhi kenaikan harga beras. Kenaikan harga beras berpengaruh besar terhadap inflasi, seperti yang dicatat oleh Badan Pusat Statistik Indonesia, pada Januari 2018 terjadi inflasi dengan laju 0,62% yang merupakan angka 0,24% dari kenaikan harga beras. Oleh karena itu, ketersediaan beras

harus dikendalikan dengan membuat prediksi untuk mengembangkan perusahaan pengolahan padi menjadi beras berkelanjutan di Indonesia (Mardianto et al., 2019).

Perusahaan pengolahan padi menjadi beras dimulai dari penerimaan (*receiving*) yang dikirim oleh *supplier material*, kemudian dicek kualitasnya oleh *quality control* apakah sesuai standarisasi atau tidak, jika sesuai standar maka proses selanjutnya masuk ke proses pengeringan (*drying*), setelah kering dengan kadar air tertentu lalu ditransfer dan disimpan di *silo* (tempat menyimpan bahan curah). Kemudian, padi kering yang disimpan dalam *silo* dilakukan proses penggilingan tahapannya yaitu, *husking* (pemecah kulit), *whitener* (pemutihan beras/pemisahan kulit ari beras menjadi bekatul), *polisher* (pemolesan beras agar lebih mengkilap dengan air) terakhir beras tersebut dilakukan *packing* dengan variasi *quantity* dan disimpan di *warehouse* yang siap untuk dijual. Dalam proses pengolahannya menggunakan mesin, tidak luput dari perlakuan sistem perawatan karena berhubungan erat dalam berjalannya produksi (Ariani et al., 2020). Perawatan muncul karena adanya gangguan, gagal fungsi mesin hingga menyebabkan terhenti prosesnya.

Perusahaan ini menjadi fokus untuk dilakukan penelitian yaitu, satu unit *Rice Mill*, bernama PT WPI Ngawi Jawa Timur, perusahaan ini melakukan kegiatan pengolahan padi menjadi beras. PT WPI memiliki nilai yang cukup tinggi dalam hal pemasaran di beberapa wilayah bahkan telah dilakukan ekspansi untuk memenuhi permintaan pasar di Sumatera, Jawa, dan Sulawesi. PT WPI Ngawi mempunyai plant rice mill dengan kapasitas *drying* 400 ton/hari sedangkan untuk proses *packing* beras line A 210 ton/hari. Tingginya permintaan (*demand*) pada *market* untuk memenuhi target dapat membuat kelancaran proses produksi sering terjadi masalah yang diakibatkan kegagalan pada mesin atau pelaratan produksi. Di samping itu, hal penting yang harus ditarget yaitu hasil *output* tercapai sesuai perencanaan. Pada perusahaan ini, PT WPI Ngawi ketika mentransfer atau memindahkan dari satu tahap ke tahap lain menggunakan *bucket elevator machine* disebut juga *transportation machine* di mana *running* secara terus menerus. Ditemukan adanya *downtime* yang cukup tinggi di bagian kategori *mechanical* yaitu di *section receiving, drying, silo* disingkat menjadi *RDS* sering terjadi kerusakan pada mesin *bucket elevator* dengan catatan waktu 194 jam 18 menit selama 6 bulan (Juli 2022 - Desember 2022). Dalam suatu proses produksi agar masalah *downtime* bisa diturunkan maka peneliti bergerak menganalisis perawatan mesin, maka metode

pemeliharaan *bucket elevator machine* di *section RDS* ini adalah *Total Productive Maintenance* disingkat TPM dan *Interval Waktu*.

Total Productive Maintenance (TPM) adalah perlakuan berbasis inovatif untuk *maintenance* mesin atau fasilitas ketika dilakukannya optimasi efektifnya suatu *tools*, meminimalisir/mengurangi kerusakan tiba-tiba dan perawatan mandiri oleh karyawan bagian produksi maupun teknisi. TPM juga dapat dijadikan suatu program di mana dapat mengembangkan fundamental dari suatu fungsi perawatan pada suatu perusahaan dengan terlibatnya semua karyawan. Dalam penggunaannya, TPM dapat meningkatkan produktivitas mesin dengan biaya perawatan yang lebih hemat dan efisien (Rommy et al., 2020).

Pada TPM didapati beberapa *tools* sering digunakan untuk menilai keefektivitas mesin, yaitu *Overall Equipment Effectiveness* (OEE), OEE diartikan sebagai nilai ukuran evaluasi efektivitas peralatan dalam mengetahui kehilangan hasil *output* dan mempunyai pengaruh terhadap biaya *loss opportunity*. Dalam penentuan faktor-faktor yang menyebabkan OEE rendah, maka dilakukannya analisa *six big losses*. *Six big losses* terdiri dari enam kerugian di mana dapat menurunkan efektivitas dan efisiensi mesin dan peralatan. Dalam penggunaan *six big losses*, dapat diketahui bagian apa saja yang merugikan dan mengakibatkan OEE tidak sesuai Standar Internasional.

Perusahaan semakin lama semakin bergantung pada mesin untuk memproduksi beras. Penggunaan mesin merupakan bagian dari aset fisik yang membutuhkan perawatan agar perusahaan tetap produktif. Perawatan mesin di perusahaan lebih sering menggunakan sistem *breakdown maintenance*, di mana pemeliharaan mesinnya dilakukan setelah kerusakan telah terjadi sehingga menyebabkan *downtime* tinggi dan target produksi tidak tercapai. Mengenai hal ini, perusahaan berharap untuk *downtime* bisa seminimal mungkin agar biaya pemeliharaan efektif dan efisien. Dari masalah tersebut akan direncanakan penjadwalan perawatan baru yang dapat meminimalisir jumlah biaya perbaikan hingga perawatan mesin.

Setiap mesin tidak diketahui kapan akan terjadi kerusakan, maka dibutuhkan perlakuan perawatan maupun perbaikan mesin untuk mencegah terjadinya rusak pada mesin. Salah satu strategi untuk mesin tetap *running* secara ideal, salah satunya dengan penentuan *interval* waktu perawatan mesin maupun peralatan secara optimal dan meminimalisir biaya *maintenance* sebagai dampak memperlancar proses produksi.

Berdasarkan pemaparan dan penelitian sebelumnya di atas, maka judul penelitian ini “Perancangan Penjadwalan *Preventive Maintenance* Untuk Meminimalisir Biaya *Downtime* Menggunakan *Interval* Waktu Pada Mesin *Bucket Elevator* (Studi Kasus: Penggilingan Padi Di PT WPI Ngawi).

1.2 Rumusan Masalah

Menurut latar belakang masalah sebelumnya, maka rumusan masalahnya adalah apakah kinerja mesin *bucket elevator* sesuai dengan standar *Overall Equipment Effectiveness* (OEE), bagaimana hasil rincian analisa *Six Big Losses* dan bagaimana agar mesin *bucket elevator* bekerja secara optimal serta bagaimana biaya *downtime* dapat diminimalisir pada mesin *bucket elevator* di *section* RDS di PT. WPI Ngawi.

1.3 Batasan Masalah

Batasan masalah pada penelitian ini agar dapat dipahami dan terarah sesuai tujuan, ruang lingkup masalah, maka dibutuhkan batasan sebagai berikut:

1. Penelitian ini dilakukan pada objek atau mesin yang mengalami frekuensi *downtime* tinggi dengan kategori *mechanical* sebagai asumsi dapat dijadikan contoh dasar mesin lain agar lebih baik.
2. Penelitian pada PT WPI Ngawi dilakukan pada mesin *bucket elevator* di *section Receiving, Drying, Silo* (RDS) dan terbatas data waktu perawatan serta data utilisasi mesin.

1.4 Tujuan Penelitian

Berdasarkan pada rumusan masalah di atas, maka tujuan dari penelitian ini, yaitu:

1. Mengetahui kinerja dan tingkat efektivitas mesin *bucket elevator* di *section Receiving, Drying, Silo* (RDS) menggunakan standar perhitungan *Overall Equipment Effectiveness* (OEE).
2. Memahami hasil analisa enam kerugian besar atau *six big losses* pada mesin *bucket elevator* di *section Receiving, Drying, Silo* (RDS).
3. Merancang Jadwal *Preventive Maintenance* (PM) pada mesin *bucket elevator* di *section Receiving, Drying, Silo* (RDS).
4. Meminimalisir biaya *downtime* dengan *interval* waktu pada mesin *bucket elevator*.

1.5 Manfaat Penelitian

Manfaat penelitian yang didapatkan dari penelitian ini sebagai berikut:

1. Meningkatkan wawasan pengetahuan tentang *Total Productive Maintenance* (TPM) dan mengimplementasikan pada dunia kerja.
2. Meningkatkan produktivitas pabrik dan peralatan dalam perawatan dini serta meminimalisir terjadinya kerusakan atau *downtime*.
3. Mengetahui pentingnya pemeliharaan mesin untuk mengurangi faktor-faktor yang menjadi penghambat proses produksi.
4. Sebagai referensi akademik dalam bidang perancangan jadwal *preventive maintenance*.

1.6 Sistematika Penulisan

Dalam penelitian ini agar terstruktur maka disusun dengan sistematika penulisan sebagai berikut:

BAB I PENDAHULUAN

Bab ini berisi tentang situasi dan kondisi mesin pada perusahaan PT Wilmar Padi Indonesia Ngawi. Selanjutnya dilakukan pembuatan rumusan masalah ditinjau dari latar belakang masalah. Tujuan dan manfaat penelitian dijelaskan yang meminimalisir biaya *downtime* pada mesin *bucket elevator* dan dibuat batasan masalah agar fokus utama ke tujuan serta ditutup melalui sistematika penulisan dalam tesis ini.

BAB II LANDASAN TEORI

Dalam bab ini memuat beberapa penelitian terdahulu, persamaan dan perbedaan posisi penelitian. Dijelaskan juga mengenai prinsip dan konsep awal untuk digunakan pada pemecah suatu masalah, konsep *maintenance*, tujuan *maintenance*, jenis-jenis *maintenance*, pengertian TPM, konsep OEE dan *six big losses* serta *interval* waktu.

BAB III METODOLOGI PENELITIAN

Dalam bab ini menguraikan tentang langkah-langkah dalam penelitian. Adapun langkahnya ditampilkan dengan bentuk diagram alir, penjelasan mengenai subjek dan objek. Kemudian penjelasan tahapan mengenai perancangan jadwal *maintenance*, perawatan, perawatan karena kerusakan, *interval* waktu, OEE dan *Six Big Losses*.

BAB IV PENGOLAHAN DATA DAN HASIL PENELITIAN

Pada bab ini data-data yang dikumpulkan yaitu data *availability*, *performance*, *quality*, *six big losses*, *MTTF*, *MTTR*, *interval* waktu, biaya tenaga kerja, biaya *loss opportunity*, biaya produksi, biaya *downtime*, biaya perawatan, dan biaya perawatan karena kerusakan.

BAB V PEMBAHASAN

Bab ini lanjutan dari bab IV analisis mengenai hasil perhitungan data-data sesuai dengan kondisi, perlakuan terhadap variabel dan perubahan performa serta biaya *downtime* yang efektif dan efisien.

BAB VI KESIMPULAN DAN SARAN

Dalam bab akhir ini memuat simpulan hasil penelitian berdasarkan tujuan yang dirumuskan dan saran untuk penelitian ini akan diteruskan.

BAB II TINJAUAN PUSTAKA

2.1 Penelitian Terdahulu

Bab ini memuat hasil penelitian terdahulu dengan meninjau persamaan dan perbedaan pada tiap penelitian yang tertuang di bawah ini.

Tabel 2.1 Hasil Penelitian Terdahulu

No	Penelitian (Tahun)	Hasil Penelitian	Persamaan	Perbedaan
1.	Filscha et al. (2019) <i>Penggunaan metode Total Productive Maintenance, Overall Equipment Effectiveness, Six Big Losses, Mean Time Between Failure, dan Mean Time To Repair</i>	Hasil OEE belum dicapainya nilai target ideal karena ketersediaan yang rendah. Usulan mengatasi penyebab <i>breakdownloss</i> adalah dengan peningkatan performance maintenance, menghitung, evaluasi MTBF dan MTTR.	Menggunakan metode TPM, OEE, Six big losses, MTTF dan MTTR	Menggunakan interval waktu, menghitung biaya CM dan CF serta pembuatan perancangan <i>maintenance</i>
2.	J Alhilman et al. (2019) <i>Analysis of Double indian Ballbreaker Net Sorter Machine Based on Overall Equipment</i>	Menghasilkan nilai OEE pada mesin DIBN 53,98% di Tea Plantation Plant. Hasil yang didapat terlampau jauh dari standar yang ditetapkan oleh institusi industri	Menggunakan metode TPM, OEE, Six Big Losses	Menggunakan interval waktu, MTTF, MTTR, menghitung biaya CM dan CF serta pembuatan

	<p><i>Effectiveness Method Cases in Tea Plantation Plants</i></p>	<p>Jepang dengan pemeliharaan 85%. Dalam 6 kerugian tersebut, diketahui faktor-faktor yang berpengaruh terhadap turunnya efektivitas mesin DIBN berupa kerugian pengerjaan ulang (23,33%), mengurangi kerugian hasil (20,17%) dan kecepatan berkurang 19,49%.</p>		<p>perancangan <i>maintenance</i></p>
<p>3.</p>	<p>Zenithia et al., (2018)</p> <p><i>Analysis of total productive maintenance (TPM) implementation using overall equipment effectiveness (OEE) and six big losses: A case study</i></p>	<p>Pada mesin <i>ringframe</i> dengan nilai rata-rata OEE sebesar 79,69%, nilai efektivitas cukup rendah melihat standar nilai OEE untuk kelas perusahaan dunia adalah 85%. Faktor tertinggi yang mempengaruhi rendahnya nilai OEE adalah tingkat kinerja dari faktor persentase enam kerugian besar</p>	<p>Menggunakan metode TPM, OEE, <i>Six Big Losses</i></p>	<p>Menggunakan interval waktu, MTTF, MTTR, menghitung biaya CM dan CF serta pembuatan perancangan <i>maintenance</i></p>

		dengan pengurangan kehilangan kecepatan dengan persentase 17,303% dari seluruh kerugian waktu.		
4.	Nofriani et al. (2018) Analisis Performansi Mesin Pre-Turning dengan Metode Overall Equipment Effectiveness pada PT APCB	Nilai persentase OEE pada mesin preturning di PT APCB pada Januari hingga Desember 2016 didapatkan nilai OEE di bawah standar kelas dunia sebesar 85%. Nilai persentase OEE paling rendah pada bulan Februari 2016 senilai 52,39% sedangkan nilai OEE paling tinggi terdapat pada bulan September 2016 senilai 83,23% dengan hasil nilai rata-rata senilai 67,47%.	Menggunakan metode TPM, OEE, <i>Six Big Losses</i>	Menggunakan interval waktu, MTTF, MTTR, menghitung biaya CM dan CF serta pembuatan perancangan <i>maintenance</i>
5.	Sunaryo et al. (2021) Implementasi RCM pada mesin	Jumlah frekuensi kerusakan tertinggi serta downtime terlama selama kurang lebih 3	Menggunakan hitungan MTTF, MTTR dan Interval waktu serta	Menggunakan metode TPM, OEE, <i>Six Big Losses</i> , FMEA

	diesel Deutz 20 kVA	<p>tahun. Perhitungan nilai Mean Time to Failure (MTTF) Alternator adalah 25305 jam yang artinya komponen Alternator akan mengalami kerusakan kembali setelah beroperasi selama 25305 jam. Sedangkan nilai Mean Time to Repair (MTTR) dari Alternator adalah 22,54 jam yang artinya rata-rata waktu untuk perbaikan komponen Alternator selama 22,54 jam. Dari hasil perhitungan Nilai Keandalan, Alternator dikatakan masih memiliki fungsi dengan baik karena interval nilai rata – rata nya masih di range $0 < R(t) < 1$. Dari hasil analisa didapat nilai β</p>	biaya CM dan CF	
--	---------------------	--	-----------------	--

		<p>sebesar 1,64205.</p> <p>Dengan nilai tersebut ($\beta > 1$) maka jenis pemeliharaan yang sesuai pada komponen Alternator adalah <i>Preventive</i> dan <i>Time Based Maintenance</i></p>		
6.	<p>Christy, Adi (2019)</p> <p>Perancangan Jadwal <i>Maintenance</i> untuk Menurunkan Downtime pada Line Mesin Pellet 9 dengan Metode <i>Reliability Centered Maintenance</i> (RCM)</p>	<p>Downtime dapat dikurangi dengan mengidentifikasi akar permasalahan dengan menggunakan <i>Fault Tree Analysis</i>.</p> <p>Penyebab masalah akan diberi nilai menggunakan Analisis Efek Mode Kegagalan. FTA dan FMEA adalah bagian dari <i>Reliability Centered Maintenance</i>. Perbaikan dilakukan dengan merekapitulasi data kegagalan komponen untuk mengetahui kerusakannya</p>	<p>Menggunakan FMEA, hitungan MTTF, MTTR dan Interval waktu serta perancangan jadwal <i>maintenance</i></p>	<p>Menggunakan metode TPM, OEE, <i>Six Big Losses</i>, perhitungan biaya CM dan CF</p>

		<p>hari efektif untuk melakukan perawatan mesin. Hari pemeliharaan komponen adalah digunakan untuk membuat jadwal pemeliharaan baru, yang diharapkan dapat mengurangi downtime.</p> <p>Downtime mesin utama dapat dikurangi sebesar 31,94%.</p>		
7.	<p>Pardiyono, Fadillah (2020)</p> <p>Minimasi Downtime Menggunakan Reliability Centered Maintenance (RCM) Di PT. Agronesia Inkaba</p>	<p>Berdasarkan hasil, diketahui downtime yang terjadi pada mesin kneader KD 75-150D selama tahun 2017 yaitu sebesar 152,26 jam dengan jumlah kerusakan sebanyak 29 kali dengan total kerugian sebesar Rp. 105.352.184. Setelah melakukan kebijakan preventive maintenance menggunakan age</p>	<p>Menggunakan FMEA, hitungan MTTF, MTTR dan Interval waktu</p>	<p>Menggunakan metode TPM, OEE, <i>Six Big Losses</i>,</p>

		<p>replacement terjadi penurunan downtime menjadi 79,8 jam.</p> <p>Waktu pergantian untuk setiap komponennya adalah 28 hari seal packing, bearing 38 hari dan belt 41 hari. Untuk metode group replacement menghasilkan interval waktu pergantian setiap 34 hari sekali dengan total pergantian sebanyak 10 kali dalam 1 tahun dengan total downtime 76,8 jam pertahun. Total biaya corrective maintenance sebesar Rp. 80.730.998 per tahun, sedangkan biaya penggantian preventive maintenance menggunakan age replacement sebesar Rp. 66.177.601 pertahun dan</p>		
--	--	---	--	--

		<p>menggunakan group replacement sebesar Rp. 65.603.670 per tahun. Dengan demikian group replacement dinilai lebih efisien dan dapat mempersingkat waktu yang dibutuhkan untuk melakukan pergantian komponen yang rusak karena pergantian dilakukan secara bersamaan</p>		
8.	Edrawan, Ikhsan (2022)	<p>Diketahui bahwa mesin vibro jumbo sering mengalami kerusakan dengan frekuensi kerusakan sebanyak 216 kali kerusakan dalam kurun 1 tahun. Untuk mengatasi permasalahan tersebut dilakukan penelitian untuk</p>	<p>Menggunakan FMEA, hitungan MTTF, MTTR dan Interval waktu</p>	<p>Menggunakan metode TPM, OEE, <i>Six Big Losses</i>, perhitungan biaya CM dan CF</p>

		<p>menentukan interval waktu perawatan pencegahan dengan menggunakan metode <i>Realibility Centred Maintenance</i> (RCM) didapatkan hasil pada mesin Vibro Jumbo terdapat mode kegagalan yang sering yaitu Chasis Patah dengan perhitungan <i>Failure Modes and Effect Analyze</i> (FMEA) didapatkan nilai RPN tertinggi = 204,8, dengan kategori A, dan tindakan <i>time direct</i> (TD). Dari hasil perhitungan yang dilakukan diperoleh hasil <i>Mean Time to Repair</i> (MTTR)= 1.5 Jam, <i>Mean Time ti Failure</i> (MTTF) = 70,77 jam dan interval perawatan</p>		
--	--	--	--	--

		<p>pengegasan adalah selama 5 hari dengan tingkat <i>availability</i> 99,5 %.</p>		
--	--	---	--	--

2.2 Pengertian *Maintenance*

Maintenance berarti pemeliharaan atau perawatan. Wakiru dkk, (2020) menjelaskan bahwa pemeliharaan mesin yang efektif sangat penting dalam menentukan ketersediaan mesin dan kinerja optimal dalam suatu industri. *Maintenance* bukan untuk meningkatkan kemampuan tapi untuk menjamin kemampuan bawaan dari setiap komponen aset fisik. Semua aset, akan mengalami penurunan performa (*deteriorating*), sehingga perlu tindakan pemeliharaan (*Maintenance*) supaya kelangsungan fungsional suatu sistem produksi (peralatan) terjamin dan dapat digunakan sesuai dengan kondisi yang diharapkan. Farahani dkk, (2020) menyatakan bahwa pemeliharaan saat ini dipandang sebagai cara untuk mencapai tujuan dan berkontribusi secara signifikan bagi perusahaan dengan tujuan meningkatkan kehandalan mesin dan efektivitas. Pada penelitian ini *maintenance* merujuk pada kegiatan guna menjamin aset fisik untuk melakukan fungsi sesuai yang diharapkan melalui perencanaan dan penjadwalan tindakan perawatan guna mengantisipasi tingkat kerusakan dan terputusnya kegiatan produksi.

2.3 Tujuan *Maintenance*

Maintenance dilakukan guna untuk menunjang aktivitas dalam produksi, diharapkan peralatan produksi mampu dipergunakan sesuai *planning* dan tidak rusak saat dipakai (Tampubolon, 2018).

Sistem *Maintenance* yang efektif mempunyai fungsi tujuan sebagai berikut:

- a. Pengoperasian fasilitas kerja yang panjang, dipergunakan secara maksimal, biaya perawatan yang minimum, dan proteksi modal.
- b. Menentukan biaya yang diperlukan dan informasi tentang perawatan yang bisa dipilih.
- c. Menentukan metode evaluasi secara umum terkait manajemen.
- d. Menetapkan standar perawatan yang benar sehingga kondisi kerja yang baik dapat tercipta.

e. Melalui pelatihan diharapkan keterampilan pekerja bisa meningkat.

2.4 Jenis-jenis *Maintenance*

Maintenance terdiri dari dua jenis pekerjaan yaitu “perawatan” dan “perbaikan”. Perawatan adalah kegiatan mencegah peralatan agar tidak rusak, sedangkan perbaikan adalah kegiatan memperbaiki peralatan yang telah rusak. Perawatan dapat dibagi menjadi tiga cara yaitu:

1. Pencegahan (*Preventive Maintenance*)
2. Korektif (*Corrective Maintenance*)
3. *Breakdown*

2.4.1 Pemeliharaan Pencegahan (*Preventive Maintenance*)

Preventive Maintenance adalah pencegahan agar keadaan yang menyebabkan peralatan produksi rusak di proses produksi tidak terjadi. Beberapa keuntungan dari pemeliharaan ini seperti keandalan sistem terjamin, memperpanjang umur penggunaan mesin dan memperkecil *downtime*. Sedangkan beberapa kerugiannya yaitu menggunakan waktu produksi untuk melakukan perbaikan dan memungkinkan terjadinya kesalahan pekerja. Yang, Ye, Lee, Yang & Peng (2019) menjelaskan bahwa *preventive maintenance* memelihara peralatan sebelum kegagalan dan kejadian abnormal dalam proses. *Preventive Maintenance* dibagi menjadi 2 yaitu *periodic maintenance* dan *predictive maintenance*. *Periodic maintenance* yaitu pemeliharaan dengan jadwal meliputi inspeksi mesin, pembersihan, maupun pergantian *spareparts*. *Predictive maintenance* yaitu pemeliharaan guna mengantisipasi kerusakan sebelum kerusakan berat terjadi, memprediksi kapan kerusakan mesin terjadi agar *spare parts* yang dibutuhkan telah disiapkan sebelumnya.

2.4.2 Pemeliharaan Korektif (*Corrective Maintenance*)

Corrective Maintenance adalah pemeliharaan terjadi setelah kerusakan pada peralatan. *Corrective maintenance* juga disebut perbaikan atau reparasi. Perbaikan dilakukan akibat *preventive maintenance* tidak dijalankan maupun dilakukan hanya saja fasilitas atau peralatan tetap rusak hingga waktu tertentu.

2.4.3 *Breakdown*

Perawatan *Breakdown* adalah pemeliharaan dengan cara mesin atau peralatan dioperasikan hingga mencapai kerusakan ketika terjadi maka dilakukan perbaikan atau pergantian dengan yang baru. Pemeliharaan *Breakdown* melibatkan perbaikan dan pemulihan peralatan kondisi operasional setelah kegagalan peralatan (Poor, Zenisek & Basl, 2019). Pemeliharaan ini tidak dapat digunakan untuk mesin dengan tingkat kekritisannya tinggi atau secara biaya mahal. Pemeliharaan ini hanya dapat digunakan untuk mesin sederhana dan biaya yang murah.

2.5 *Total Productive Maintenance (TPM)*

Memperkenalkan strategi perawatan tingkat lanjut dapat meringankan situasi secara efektif, *Total Productive Maintenance (TPM)* adalah salah satunya (Mukhedkar, 2020). TPM adalah metode yang berguna untuk memaksimalkan efisiensi suatu peralatan yang kemudian diaplikasikan. Implementasi TPM memiliki tingkat keberhasilan yang tinggi diantara banyak perusahaan besar (Joshi & Bhatt, 2018). TPM dapat memberikan dorongan terhadap pekerja agar termotivasi melakukan pekerjaan yang lebih dari satu sehingga tidak hanya fokus sama satu pekerjaan halnya *maintenance*. TPM membawa peningkatan jangka pendek dan jangka panjang ke perusahaan, termasuk peralatan secara keseluruhan untuk meningkatkan efisiensi (OEE) (Bataneh dkk, 2019). TPM meminimalkan kemungkinan terjadinya kegagalan peralatan, pembuatan produk yang tidak sesuai dan terjadinya kecelakaan (Patil & Raut, 2019). *Total Productive Maintenance (TPM)* banyak diterapkan di perusahaan besar, seperti otomotif (Pacaiova & Izarlkova, 2019), permesinan-suku cadang otomatis (Sutoni, Setyawan & Munandar, 2019) dan organisasi jasa (Ali, 2019), mengurangi *breakdown* yang tinggi dan melakukan *autonomous maintenamce* secara bertahap oleh operator mesin. Manihalla, Gopal, Rao dan Javaraiah (2019) berpendapat bahwa penghargaan akan diberikan kepada karyawan yang kondusif dalam mengimplementasikan TPM dalam suatu organisasi. Ada dua tujuan yaitu *production increase* dan meningkatkan moral dan kepuasan kerja dari operator (Reyes et al., 2018). Metodologi ini akan efektif ketika tujuannya adalah untuk mengeksplorasi hubungan antara teori dan praktek (Eden & Ackermann, 2018). Prashanth Pai, Ramachandra, Srinivas dan Raghavendra (2018) percaya bahwa rencana yang logis dan pemahaman yang tepat secara positif mempengaruhi penerapan TPM.

2.6 Delapan Pilar TPM (*Total Productive Maintenance*)

Penggunaan metode TPM dalam implementasinya berbentuk perlakuan 8 pilar TPM, dimana bukan merupakan bagian dari aktivitas yang harus dilakukan semua langkah demi langkah, namun lebih seperti aktivitas-aktivitas yang berdiri mandiri. Konstruksi utama meliputi landasan delapan pilar kegiatan yang relevan dengan pemeliharaan, yaitu otonom pemeliharaan (AM), pemeliharaan terfokus, pemeliharaan terencana (PM), pemeliharaan kualitas, pendidikan dan pelatihan, manajemen awal, kaizen kantor, keselamatan dan lingkungan. Tidak semua pilar dapat diimplementasikan dalam suatu perusahaan (Madanhire, Mugwindiri, Ndlovu & Mbohwa, 2018). Beberapa kasus hanya melibatkan pilar tunggal atau selektif, misal AM (Sukanta, Maulana & Sari, 2018). Delapan pilar TPM yaitu:

- a. Pemeliharaan Mandiri (*Autonomous maintenance*)
- b. Peningkatan Pembagian (*Partial Improvement*)
- c. Pemeliharaan Terencana (*Planned Maintenance*)
- d. Pelatihan (*Training*)
- e. Manajemen Mesin dan Produk Baru (*Initial Control and Maintenance Prevention*)
- f. Pemeliharaan mutu
- g. TPM di Lingkungan Kantor (*TPM in Office*)
- h. Keselamatan Kesehatan Kerja dan Lingkungan (*Safety, health and Environment*)

2.7 Six Big Losses (Enam Kerugian Besar)

Kegiatan produksi pastinya menghasilkan kerugian di mana dapat berpengaruh terhadap hasil targetnya, berikut 6 kerugian yang mengakibatkan rendahnya kinerja yaitu:

- a. *Equipment Failure Breakdowns* (Kerugian Karena Kerusakan Peralatan)
- b. *Setup and Adjustment Losses* (Kerugian Karena Pemasangan dan Penyetelan)
- c. *Idling and Minor Stoppages Losses* (Kerugian Karena Beroperasi Tanpa Beban Maupun Karena Berhenti Sesaat)
- d. *Reduced Speed Losses* (Kerugian Penurunan Kecepatan Operasi)
- e. *Process Defect Losses* (Kerugian Karena Produk Cacat Maupun Kerja Produk)

- f. *Reduced Yield Losses* (Kerugian pada Awal Produksi Hingga Mencapai Kondisi Prima yang Stabil)

2.7.1 *Equipment Failure Breakdowns (EFP)*

EFP merupakan kerugian yang terjadi karena *tools* dan mesin gagal atau rusak sehingga diperlukan waktu untuk dilakukan perbaikan. *EFP* dapat ditentukan dengan formula berikut.

$$EFP = \frac{\text{Total Breakdown Time}}{\text{Loading Time}} \times 100\% \text{ Rumus 2.1 (Alhilman \& Abdillah, 2019)}$$

2.7.2 *Setup and Adjustment Losses (SAL)*

SAL merupakan perubahan yang ditemui saat mesin *running*, seperti perubahan jenis produk, jam kerja dan pengkondisian operasi yang mengakibatkan kinerja mesin terhenti. *SAL* dapat ditentukan dengan formula berikut.

$$SAL = \frac{\text{Total Setup and Adjustment Losses}}{\text{Loading Time}} \times 100\% \text{ Rumus 2.2 (Alhilman \& Abdillah, 2019)}$$

2.7.3 *Idling and Minor Stoppages Losses (IMSL)*

IMSL merupakan kejadian mesin terhalang atau berhenti beberapa saat karena menunggu material, suku cadang atau diproses. *IMSL* dapat ditentukan dengan formula berikut.

$$IMSL = \frac{\text{No Productive Time}}{\text{Loading Time}} \times 100\% \text{ Rumus 2.3 (Alhilman \& Abdillah, 2019)}$$

2.7.4 *Reduced Speed Losses (ISL)*

ISL merupakan penurunan kecepatan mesin saat beroperasi sehingga kehilangan kecepatan, ditemui saat mesin tidak bekerja pada kecepatan normalnya. Hal ini disebabkan oleh beberapa faktor tergantung dari problem. *ISL* dapat ditentukan dengan formula berikut.

$$ISL = \frac{Operation\ Time - Ideal\ Cycle\ Time \times Total\ Production}{Loading\ Time} \times 100\%$$
 Rumus 2.4 (Alhilman & Abdillah, 2019)

2.7.5 *Process Defect Losses (PDL)*

PDL merupakan kondisi saat hasil produksi yang cacat atau tidak memenuhi rincian produk yang diharapkan. Hal tersebut mengakibatkan kualitas produk buruk. Oleh karena itu produk perlu diproduksi ulang ataupun dirancang lagi supaya dapat dipergunakan. *PDL* dapat ditentukan dengan formula berikut.

$$PDL = \frac{Total\ Reject \times Ideal\ Cycle\ Time}{Loading\ Time} \times 100\%$$
 Rumus 2.5 (Alhilman & Abdillah, 2019)

2.7.6 *Reduced Yield Losses (RYL)*

RYL merupakan kerugian diakibatkan adanya produk *defect* karena produk diproduksi ulang sehingga kehilangan waktu produksi serta sangat mungkin untuk menimbulkan kerugian di material produksi. *RYL* dapat ditentukan dengan formula berikut.

$$RYL = \frac{Ideal\ Cycle\ Time \times Total\ Rework}{Loading\ Time} \times 100\%$$
 Rumus 2.6 (Sutoni et al., 2019)

2.8 *Overall Equipment Effectiveness (OEE)*

OEE adalah metode yang dipergunakan dalam menghitung kinerja peralatan. OEE terdiri dari ketersediaan, kinerja, dan kualitas. Ketiganya sama-sama untuk menghitung aspek proses yang dapat ditingkatkan. Sonmez dkk. (2018) mempertimbangkan dua jenis ketidakpastian dalam kecepatan dan penghentian produksi dengan pengukuran durasi yang digunakan dalam menghitung komponen OEE. OEE efektif dalam mengukur kinerja, mengidentifikasi ruang untuk dilakukan peningkatan, dan memfokuskan peningkatan dengan peralatan yang efisien dan efektif. Secara umum, OEE digunakan untuk mengetahui efisiensi kegiatan produksi jika ditinjau dari kapasitas selama produksi. Perusahaan menggunakan OEE karena berfokus pada quality, productivity dan penggunaan mesin sehingga produk meningkat (Tsarouhas, 2019). Kalkulasi nilai *OEE* juga dipergunakan untuk menghitung indikasi utama atau *Key*

Performance Indicator (KPI) sehingga mampu memberikan indikator keberhasilan. Standar nilai OEE tertera di bawah ini.

Tabel 2.2 Nilai Ideal OEE

<i>Availability</i>	90%
<i>Performance</i>	95%
<i>Quality</i>	99%
<i>Overall Equipment Effectiveness</i>	85%

(Sumber: Martomo & Laksono, 2018)

Menerapkan metode OEE pada produksi mesin berfokus pada *availability*, *performance* dan *quality*. OEE adalah metode untuk mengukur, menganalisis, menghitung, dan meningkatkan efektifitas guna mendukung peningkatan kualitas dengan memfokuskan pada kerugian serta memberikan langkah objektif dalam menentukan target peningkatan dan mengevaluasi kemajuan supaya mencapai target. Oleh karena itu penggunaan metode OEE sangat esensial dalam penerapan program TPM di perusahaan dengan tujuan menjaga peralatan pada kondisi prima, mengukur keberhasilan dan memperbaiki *performance* mesin. OEE diperoleh dari perkalian: ketersediaan (A), kinerja (P), dan kualitas (Q)

$$\text{OEE} = \text{Availability(A)} \cdot \text{Performance(P)} \cdot \text{Quality(Q)} \text{ Rumus 2.7 Tsarohuras, 2019}$$

2.8.1 *Availability (Ketersediaan)*

Ketersediaan adalah membandingkan waktu operasi (*operation time*) dengan waktu persiapan (*loading time*). *Availability* dapat dikalkulasi sebagai berikut.

$$\text{Availability} = \frac{\text{Loading Time} - \text{Downtime}}{\text{Loading Time}} \times 100\% \text{ Rumus 2.8 (Natasha, 2022)}$$

2.8.2 *Performance Efficiency*

Performance Efficiency adalah hasil perkalian *operating speed rate* dengan *net operating speed*. *Net operating speed* berfungsi untuk menghitung penurunan kecepatan produksi dengan memperhatikan 3 faktor, meliputi *ideal cycle time*, *processed amount* dan *operation time* sehingga *performance efficiency* dapat dikalkulasi sebagai berikut.

Pada tabel di atas, SOD kepanjangan dari *Saverity* (S), *Occurrence* (O) dan *Detection* (D). Sedangkan formulasi RPN dapat dikalkulasi sebagai berikut:

$$RPN = S \times O \times D$$

Hasil dari RPN merupakan level urgensi komponen dengan tingkat resiko tertinggi oleh karena itu diperlukan tindakan khusus dengan dilakukannya perbaikan. RPN memiliki komponen sebagai berikut.

1. *Severity*

Severity mendefinisikan dampak terburuk akibat dari kegagalan. Dampak tersebut diperoleh dari kerusakan alat yang ditemui, tingkat cedera oleh pengguna, kemudian seberapa lama *downtime*. *Rating severity* dapat dilihat pada tabel di bawah.

Tabel 2.4 Tingkatan *Severity*

Tingkatan <i>Severity</i> Rangkaing	Akibat (<i>Effect</i>)	Kriteria Verbal	Akibat pada produksi
1	Tidak ada	Tidak ada akibat tapi proses perlu disesuaikan	Proses berada dalam pengendalian
2	Sangat ringan	Hanya terdapat sedikit gangguan kecil pada mesin tapi mesin tetap dapat beroperasi dan dalam keadaan aman. Kejadian ini biasanya hanya diketahui operator yang berpengalaman	Proses dalam pengendalian, namun sedikit penyesuaian diperlukan.
3	Ringan	Hanya terdapat sedikit gangguan kecil pada peralatan tapi tetap dapat	Proses diluar pengendalian dan beberapa

		beroperasi dan dalam keadaan aman. Kejadian ini dapat diketahui oleh semua operator	penyesuaian diperlukan
4	<i>Minor</i>	Menimbulkan beberapa kegagalan atau kecacatan pada produk namun mesin tetap beroperasi dan dalam keadaan aman. Kinerja yang berkurang menyebabkan Operator merasa tidak puas.	Tidak kehilangan waktu produksi atau <i>downtime</i> kurang dari 30 menit
5	<i>Moderat</i>	Menimbulkan beberapa kegagalan atau kecacatan pada produk namun mesin tetap beroperasi dan dalam keadaan aman.	<i>Downtime</i> terjadi selama 30-60 menit
6	Signifikan	Menimbulkan beberapa kegagalan atau kecacatan pada produk namun mesin tetap beroperasi dan dalam keadaan aman.	<i>Downtime</i> terjadi selama 1-2 jam
7	<i>Major</i>	Mesin tidak mampu dioperasikan secara optimal. Operator merasa sangat tidak puas	<i>Downtime</i> terjadi selama 2-4 jam
8	Ekstrem	Mesin tidak mampu dioperasikan sama sekali karena telah kehilangan fungsi utamanya	<i>Downtime</i> terjadi selama 4-8 jam
9	Serius	Mesin tidak memenuhi standart keselamatan kerja karena gagal dioperasikan	<i>Downtime</i> terjadi selama > 8 jam
10	berbahaya	Mesin tidak layak beroperasi. Mesin memiliki kemungkinan untuk memicu kecelakaan kerja. Mesin juga tidak memenuhi standart keselamatan kerja	<i>Downtime</i> terjadi selama > 8 jam

2. Occurency

Occurency merupakan tingkat keseringan komponen terjadi kegagalan. Tingkat *occurency* disajikan pada tabel berikut.

Tabel 2.5 Tingkatan *Occurency*

Rangking	Kejadian	Kriteria	Tingkat Kejadian Kerusakan
1	Hampir tidak pernah terjadi	Kerusakan tidak pernah terjadi	Lebih besar 10.000 jam operasi
2	Remote	Jarang terjadi	6.001-10.000 jam operasi
3	Sangat sedikit	Sangat sedikit	3.001-6.000 jam operasi
4	Sedikit	Sedikit terjadi	2.001-3.000 jam operasi
5	Rendah	Terjadi dengan tingkat rendah	1.001-2.000 jam operasi
6	Medium	Terjadi pada tingkat menengah	401-1.000 jam operasi
7	Cukup tinggi	Terjadi cukup tinggi	101-400 jam operasi
8	Tinggi	Terjadi tinggi	11-100 jam operasi
9	Sangat tinggi	Terjadi sangat tinggi	2-10 jam operasi
10	Hampir selalu	Selalu terjadi	2-10 jam operasi

3. *Detection*

Detection adalah kemampuan pengendalian atas kegagalan. Tingkatan *detection* dijabarkan sebagai berikut.

Tabel 2.6 Tingkatan *Detection*

Rangking	Akibat	Kriteria Verbal
1	Hampir pasti	Selalu mendekati penyebab potensial dan mode kegagalan
2	Sangat tinggi	Memiliki kemungkinan sangat tinggi dalam mendeteksi penyebab potensial dan mode kegagalan
3	Tinggi	Memiliki kemungkinan tinggi dalam mendeteksi penyebab potensial dan mode kegagalan
4	<i>Moderate highly</i>	Memiliki kemungkinan <i>moderate highly</i> dalam mendeteksi penyebab potensial dan mode kegagalan
5	<i>Moderate</i>	Memiliki kemungkinan <i>moderate</i> dalam mendeteksi penyebab potensial dan mode kegagalan
6	Rendah	Memiliki kemungkinan rendah dalam mendeteksi penyebab potensial dan mode kegagalan
7	Sangat rendah	Memiliki kemungkinan sangat rendah dalam mendeteksi penyebab potensial dan mode kegagalan
8	Remote	Memiliki kemungkinan remote dalam mendeteksi penyebab potensial dan mode kegagalan

2.11 *Time to Repair* (TTR) dan *Time to Failure* (TTF)

Time to repair mengkalkulasi total waktu saat komponen rusak sampai nanti komponen selesai diperbaiki. Hal tersebut berbeda dengan *time to failure* yang mengkalkulasi total waktu saat komponen selesai diperbaiki sampai nanti komponen rusak kembali. Data yang dibutuhkan berupa data kerusakan yang memuat tanggal dan jam saat kerusakan terjadi dan perbaikan saat *downtime*. Hal tersebut dipergunakan untuk parameter TTR dan TTF.

2.12 Fungsi Distribusi Kerusakan

Fungsi distribusi kerusakan memiliki hubungan yang erat dengan probabilitas. Data tentang waktu kerusakan termasuk dalam data kontinu sehingga distribusi yang

cocok untuk mengkalkulasi waktu kerusakan perbaikan adalah distribusi Normal (*Gaussian*), *Lognormal*, *Exponential* dan *Weibull*.

a. Distribusi *Weibull*

Distribusi *Weibull* adalah distribusi yang sering digunakan dalam mengkalkulasi laju kerusakan. Distribusi ini digunakan untuk peningkatan maupun penurunan laju kerusakan. Selain itu, distribusi ini juga dapat menganalisis resiko dengan cara mengkalkulasi umur pakai (*lifetime*) komponen. Ada beberapa fungsi-fungsi, yaitu:

1. Fungsi Keandalan (*Reliability Fuction*)

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

2. Fungsi Kepadatan Probabilitas

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

3. Fungsi Kumulatif Kerusakan (*Cummulative Density Function*)

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

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

$$\lambda t = \frac{f(t)}{R(t)} = \frac{\beta}{\theta} \left(\frac{t}{\theta} \right)^{\beta-1}$$

b. Distribusi Normal

Distribusi Normal dipakai untuk memodelkan keausan atau kelelahan. Distribusi ini juga digunakan dalam melakukan pendekatan terkait proses kegagalan. Selain itu dipergunakan dalam menganalisis probabilitas *lognormal*. Distribusi memiliki ciri yaitu bentuk kurva seperti lonceng (genta) yang berfokus pada parameter yaitu nilai tengah (μ) dan standar deviasi (σ). Fungsi-fungsi dari Distribusi Normal yaitu:

1. Fungsi Keandalan (*Reliability Function*)

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

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

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

$$f(t) = \frac{1}{\sqrt{2\pi}\sigma} \exp\left(-\frac{1}{2} \frac{(t - \mu)^2}{\sigma^2}\right) \text{ untuk } -\infty < t < \infty \text{ di mana } t = \text{waktu}$$

3. Fungsi Kumulatif Kerusakan (*Cummulative Density Function*)

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

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

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

c. Distribusi Lognormal

Distribusi Lognormal mempunyai parameter yang dipaai berupa parameter bentuk (s) dan parameter lokasi (t_{med}). Distribusi ini memiliki banyak bentuk fungsi seperti distribusi *Weibull*, beberapa fungsi dari distribusi *lognormal* sebagai berikut.

1. Fungsi Keandalan (*Reliability Function*)

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

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

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

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

atau,

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

3. Fungsi Kumulatif Kerusakan (*Cummulative Density Function*)

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

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

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

d. Distribusi *Ekspontial*

Distribusi eksponensial sering dipakai untuk pencarian selisih maupun *interval* waktu pada suatu peluang. Distribusi ini memiliki laju kerusakan yang tidak tergantung pada umur suatu komponen atau alat. Parameter dalam distribusi ini berupa λ merupakan rata-rata kerusakan yang terjadi. Apabila $\lambda(t) = \lambda$, $t \geq 0$, $\lambda > 0$, maka berikut fungsi-sungsinya.

1. Fungsi Keandalan (*Reliability Function*)

$$R(t) = \exp(-\lambda t)$$

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

$$f(t) = \lambda \exp(-\lambda t)$$

untuk $t \geq 0$; $\lambda \geq 0$; dengan $t =$ waktu

3. Fungsi Kumulatif Kerusakan (*Cummulative Density Function*)

$$F(t) = 1 - \lambda \exp(-\lambda t)$$

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

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

2.13 Model Perawatan Pemeliharaan dan Penggantian

Model perawatan pemeliharaan dan penggantian suatu metode dipakai untuk melakukan penjadwalan pemeliharaan dan penggantian suatu komponen dengan mempertimbangkan selang waktu kerusakan maupun umur penggunaan dengan tujuan meminimasi *downtime*. Metode ini dipakai untuk mengantisipasi pergantian pada

komponen baru lebih cepat daripada waktu pergantian sebelumnya sehingga biaya dapat dikurangi. Sehingga, jika pergantian telah dilakukan, maka pergantian komponen kedepannya berdasarkan interval waktu yang dikalkulasi sebelumnya, lalu mesin yang telah digantikan komponennya akan seperti kondisi sebelumnya.

2.14 Diagram Pareto

Diagram Pareto merupakan alat untuk mengatur item secara berurutan berdasarkan besarnya kontribusi. Oleh karena itu mampu mendeteksi item yang mempunyai pengaruh secara maksimal. Analisis Pareto mengidentifikasi beberapa penyebab yang vital secara signifikan dan berkontribusi terhadap masalah yang sering terjadi (Z Tian Xiang, 2021). Diagram ini memfokuskan dalam meningkatkan kualitas sehingga mampu memprioritaskan untuk perbaikan guna memecahkan masalah, mengidentifikasi produk, penyebab, dan keluhan yang paling sering terjadi.

Diagram ini memiliki ciri berbentuk batang yang diurutkan dari paling tinggi hingga paling pendek dari kiri ke kanan. Diagram Pareto dapat digunakan sebagai berikut..

- Menganalisa data frekuensi permasalahan atau mengidentifikasi penyebab permasalahan pada proses.
- Apabila ditemukan beberapa masalah di Perusahaan akan tetapi ingin memfokuskan di masalah yang paling signifikan.
- Menghubungkan permasalahan dengan data.



Gambar 2.1 Contoh Diagram Pareto

2.15 *Bucket Elevator*

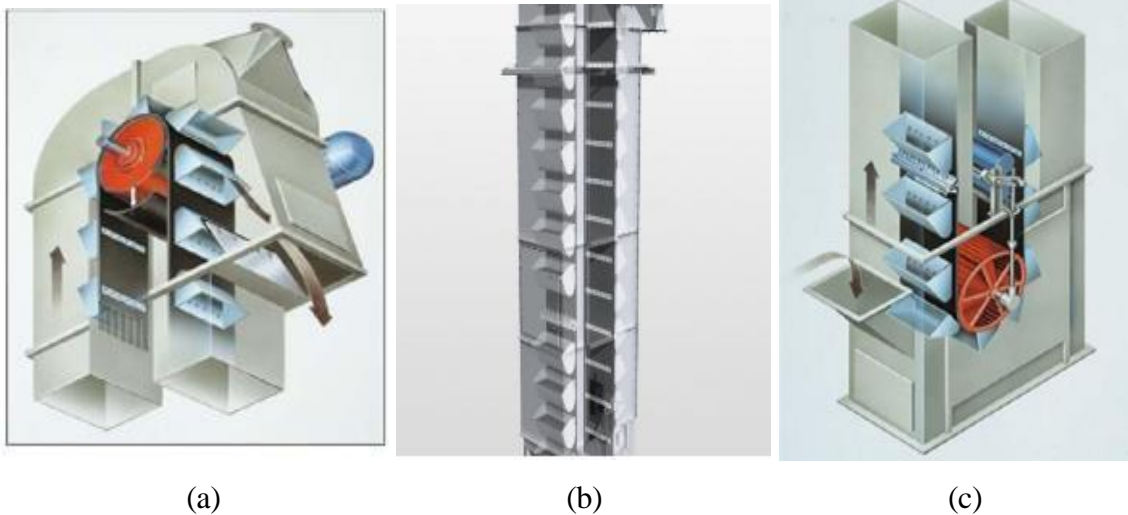
Belt Bucket Elevator adalah alat transportasi yang bekerja secara vertikal/tegak lurus terdiri dari *bucket* yang disusun pada sabuk yang digerakkan oleh motor melalui kepala katrol dan ekor katrol yang berputar sehingga *bucket* juga berputar arah vertikal, di mana *belt bucket elevator* memiliki dua *chute* yaitu *inlet chute* dan *chute* saluran keluar (Minanda et al., 2022). Saluran masuk terletak di bagian bawah dan saluran keluar terletak di bagian atas. Bahan diangkut oleh *bucket* ini masuk melalui saluran masuk yang lebih rendah dan akan ditampung oleh *bucket* kemudian diangkat mengikuti rotasi dan dituangkan pada *outlet chute* yang ada di atas untuk diteruskan ke mesin selanjutnya.



Gambar 2.2 Bucket Elevator

2.16 *Komponen Bucket Elevator*

Casing merupakan tutup *body* pada *bucket elevator* agar material yang diangkut tidak tumpah keluar dengan tujuan material yang diangkut oleh *bucket elevator* secara umum tidak boleh terkontaminasi dengan pengaruh luar atau lingkungan sekitar, *casing bucket elevator* sendiri berbentuk kotak persegi empat yang terbuat dari *palte* dengan tebal tertentu dan diberi *flanges* untuk mengikat satu sama lainnya serta diperkuat oleh *stiffner*. *Casing bucket* dari tiga bagian sebagai berikut.



Gambar 2.3 (a) *Casing Head*, (b) *Bagian Tengah*, (c) *Casing Tail*

Bucket merupakan bagian yang berbentuk keranjang di mana terbuat dari *steel plate*, fungsinya untuk menampung suatu material yang akan ditransport ke proses/mesin selanjutnya.



Gambar 2.4 *Bucket*

Belt Strands adalah *belt* yang fungsinya untuk menghubungkan antara *tail pulley* dengan *head pulley* serta tempat menempelnya *bucket* untuk menampung material yang akan ditransport.



Gambar 2.5 *Belt Strands*

Pulley merupakan suatu roda yang bentuknya seperti *drum* dan fungsinya untuk meneruskan putaran motor ke *belt strands* sehingga *bucket* yang menempel ikut bergerak mengikuti arah putaran. *Pulley* dalam *bucket elevator* terbagi menjadi 2 yaitu *Pulley Head* dan *Pulley Tail*.



(a) (b)
Gambar 2.6 (a) *Pulley Head* (b) *Pulley Tail*

Drive Motor adalah alat untuk merubahnya dari energi listrik menjadi suatu energi mekanik untuk melakukan penggerak utama dari *bucket elevator* pada saat operasi.



Gambar 2.7 *Drive Motor*

Bearing/bantalan adalah elemen mesin yang berfungsi dalam meminimalisir atau mengurangi gesekan antar dua komponen hingga bisa bergerak sesuai dengan arahnya. Komponennya berupa batang poros (*shaft*) dengan fungsi mengurangi gesekan sehingga beban putar yang diperlukan lebih kecil dan melancarkan putaran.



Gambar 2.8 *Bearing*

Coupling adalah alat penghubung yang fungsinya untuk meneruskan gaya putar dari suatu motor yang berputar ke mekanisme selanjutnya.



Gambar 2.9 *Coupling*

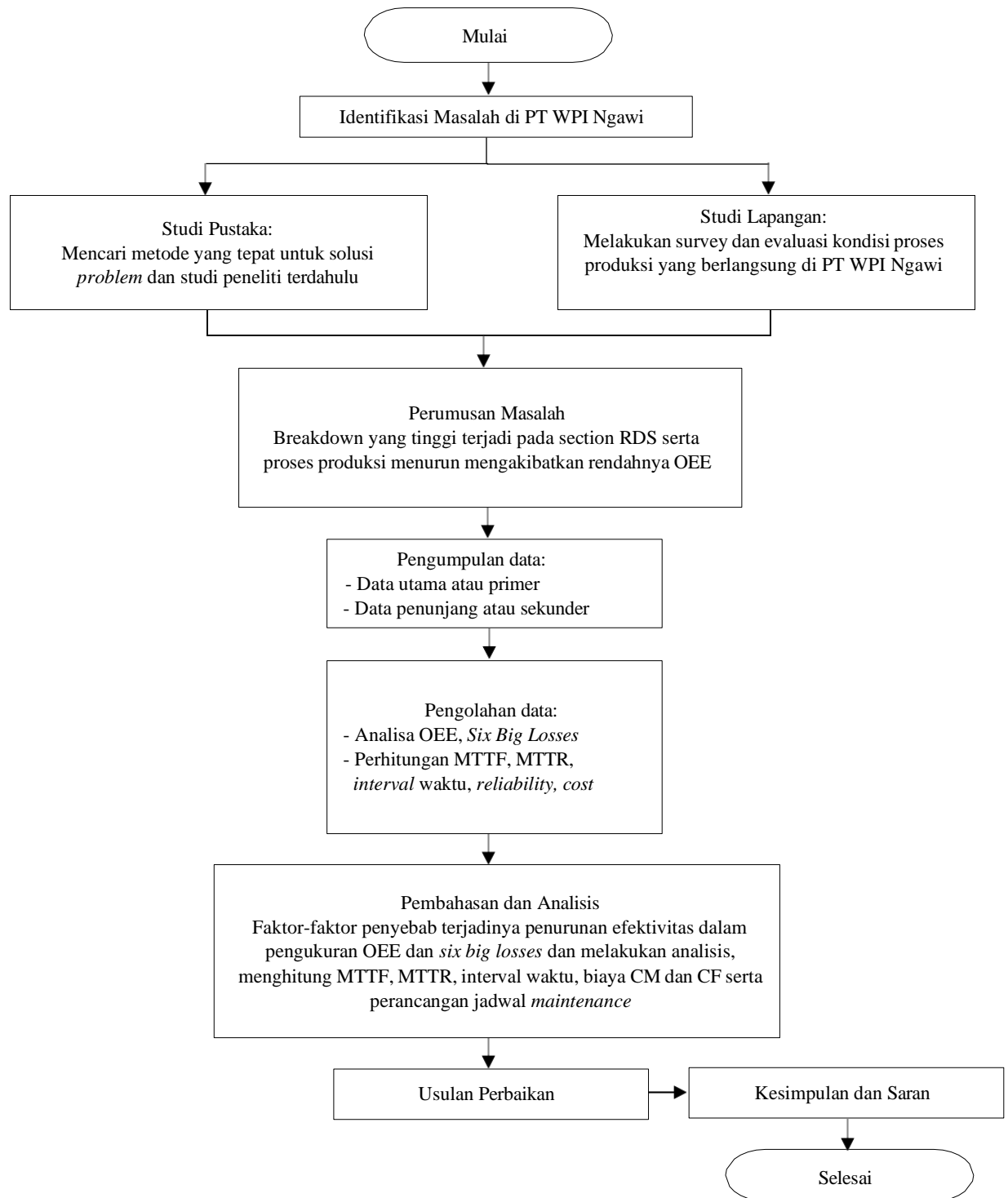
Gear Box merupakan suatu rangkaian roda gigi dalam satu *box* yang tersusun dengan fungsi untuk menurunkan putaran dari motor *drive* ke *head pulley* dengan *ratio* putaran tertentu.



Gambar 2.10 *Gear Box*

BAB III METODOLOGI PENELITIAN

3.1 Diagram Alir Penelitian



Gambar 3.1 Tahapan proses penelitian

3.2 Waktu dan Tempat Penelitian

a. Waktu Penelitian

Peneliti membutuhkan waktu untuk melakukan penelitian di mana akan dilaksanakan mulai bulan Juli hingga bulan November 2022 meliputi pengamatan dan pengumpulan serta pengolahan data di lapangan. Berikut tabel kegiatan dan jadwal waktu di PT. WPI Ngawi:

Tabel 3.1 Kegiatan dan Jadwal Waktu Peneliti

No	Kegiatan	Bulan							
		1	2	3	4	5	6	7	8
1.	Permintaan izin								
2.	Penyusunan kerangka penelitian								
3.	Survey lapangan								
4.	Pengamatan data lapangan								
5.	Pengolahan data								
6.	Penyusunan Laporan								

b. Tempat Penelitian

Peneliti melakukan penelitian di PT. WPI Ngawi tepatnya di Jalan Raya Ngawi-Caruban No.Km, RW 4, Cabean, Karang Tengah Prandon, Kecamatan Ngawi, Kabupaten Ngawi, Jawa Timur 63218.



Gambar 3.2 Peta lokasi PT WPI Ngawi

3.3 Subjek dan Objek Penelitian

3.3.1 Subjek Penelitian

Data untuk subjek didapatkannya dari salah satu sumber yaitu di mana terdapat data utama yang berkaitan dengan macam-macam variabel yang akan dianalisa. Subjek penelitian ini merupakan operator, *supervisor* bagian produksi di section RDS, *engineering foreman*, kepala produksi dan *engineering* di PT. WPI Ngawi.

3.3.2 Objek Penelitian

Pengambilan objek dilakukan peneliti di PT. WPI Ngawi yang merupakan sebuah agribisnis yang fokus di produksi beras. PT. WPI Ngawi terletak di Ngawi, Cabean, Karang Tengah Prandon, Kecamatan Ngawi, Kabupaten Ngawi. Objek dalam penelitian ini berupa mesin bucket elevator beserta track record produktivitas mesin dan data jam kerja pada bulan Juni 2022 hingga November 2022 yang didapatkan dari departemen *engineering* dan *production section* PT. WPI Ngawi.

3.4 Pengumpulan Data

Data utama atau primer merupakan data yang dihasilkan dari lapangan. Berikut ini merupakan data utama atau primer dari penelitian:

a. Wawancara

Mengajukan beberapa pertanyaan kepada *employee* terutama pengawas, mekanik, dan operator guna mengumpulkan informasi data mengenai suatu perusahaan dan sebab akibat *downtime* terjadi pada mesin *bucket elevator* di *section Receiving, Drying and Silo*.

b. Observasi

Melakukan kegiatan pengamatan di plant produksi secara langsung guna mengetahui sistem kerja dan sebab akibat *downtime* terhadap objek penelitian di *section Receiving, Drying and Silo* pada bagian mesin *bucket elevator*.

Sedangkan data penunjang atau sekunder adalah data yang tidak secara langsung didapatkannya. Data penunjang atau sekunder seperti *report* dari suatu industri yakni *machine working time, machine downtime, planned downtime, idle and minor stoppages, production total* serta literatur dari *journal* nasional maupun internasional, buku-buku yang berkaitan dengan penelitian ini.

3.5 Pengolahan Data

Setelah pengolahan data selesai tahap selanjutnya dengan cara menghitung OEE di bagian *Receiving, Drying and Silo*. Hasil OEE terdiri dari perkalian tiga rasio tersebut. Sesudah didapatkan hasil OEE, proses setelahnya yaitu menganalisa kerugian atau *losses* yang terjadi dengan tujuan menentukan komponen kritis, waktu atau *interval* kerusakan, *repair time*, pemeriksaan dan *interval* waktu pemeriksaan serta biaya-biaya *maintenance*. Tahap-tahap pada penelitian ini untuk mengolah data sebagai berikut:

a. Perhitungan *Availability Rate*

Melakukan perhitungan suatu proporsi setiap mesin pada waktu yang sebenarnya ada dari waktu yang seharusnya tersedia.

$$Availability = \frac{Loading\ Time - Downtime}{Loading\ Time} \times 100\% \text{ (Natasha, 2022)}$$

b. Perhitungan *Performance Efficiency*

Rasio kecepatan dihitung secara aktual operasi dari mesin di section *Receiving, Drying and Silo* kapasitas, deviasi dari *ideal cycle time*.

$$Performance\ Efficiency = \frac{Speed\ Operating\ Rate \times actual\ number\ produced}{Operating\ Time} \times 100\% \\ \text{(Natasha, 2022)}$$

c. Perhitungan *Quality Time*

Persentase kualitas produk baik dihitung dari jumlah semua yang diproduksi.

$$Quality\ Rate = \frac{Output - Reject}{Output} \text{ (Singh et al., 2022)}$$

d. Perhitungan *Overall Equipment Effectiveness*

Penggabungan suatu *tools* ke sistem guna mempertinggi kerja suatu *tools* serta pengurangan biaya. Hasil OEE didapatkan melalui waktu ketersediaan mesin, efisiensi kerja proses dan kualitas suatu produk.

$$OEE = Availability \times Performance Rate \times Quality Rate$$

(Martomo & Laksono, 2018)

e. Perhitungan *Equipment Failure Losses* (EFL)

Kerugian dihitung akibat dari kegagalan *tools* akibatnya dibutuhkan waktu perbaikan.

$$EFL = \frac{Total\ Breakdown\ Time}{Loading\ Time} \times 100\% \quad (\text{Alhilman \& Abdillah, 2019})$$

f. Perhitungan *Setup and Adjustment Losses*

Perhitungan dilakukan saat mesin *running*, seperti *change of produk type*, pergantian shift kerja setiap 8 jam dan penyesuaian kondisi *operational* ketika mesin *off*.

$$SAL = \frac{Total\ Setup\ and\ Adjustment\ Losses}{Loading\ Time} \times 100\% \quad (\text{Alhilman \& Abdillah, 2019})$$

g. Perhitungan *Idling and Minor Stoppages Losses*

Perhitungan penghentian kegiatan seperti *waiting for material, spare parts* yang diganti dan mesin yang *reload* atau *off* beberapa saat.

$$IMSL = \frac{No\ Productive\ Time}{Loading\ Time} \times 100\% \quad (\text{Alhilman \& Abdillah, 2019})$$

h. Perhitungan *Reduce Speed Losses*

Perhitungan dilakukan ketika berkurangnya proses *running* ketika ketidakstabilan mesin dari kecepatan standarnya.

$$RSL = \frac{Operation\ Time - Ideal\ Cycle\ Time \times Total\ Production}{Loading\ Time} \times 100\% \quad (\text{Alhilman \& Abdillah, 2019})$$

i. Perhitungan *Defect Losses*

Waktu produk dihitung ketika *output* produksi mengalami cacat sehingga ditolak.

$$DL = \frac{\text{Total Reject} \times \text{Ideal Cycle Time}}{\text{Loading Time}} \times 100\% \text{ (Alhilman \& Abdillah, 2019)}$$

j. Perhitungan *Rework Losses*

Perhitungan produk tidak standar atau proses kerja ulang yang mengakibatkan hilangnya waktu proses produksi dan membuat rugi terhadap material produksi.

$$RL = \frac{\text{Total Reject} \times \text{Ideal Cycle Time}}{\text{Loading Time}} \times 100\% \text{ (Sutoni et al., 2019)}$$

k. Menggunakan *Total Productive Maintenance*

Suatu teknik yang difungsikan di mana efektifitas dimaksimalkan terhadap fasilitas yang diimplementasikan pada *world business*. Dalam penelitian ini hanya melibatkan satu pilar yaitu pemeliharaan terencana (*planned maintenance*) khususnya *preventive* dan *corrective maintenance* yang kemudian dihubungkan dengan waktu kerusakan guna merancang jadwal *maintenance* dengan biaya *maintenance* yang efisien dan efektif.

l. *Failure Mode Effect Analysis* (FMEA)

FMEA dibuat dengan cara melengkapi matriks suatu *spare parts* pada sub mesin beserta kegagalan fungsi. FMEA diisi melalui penyebaran kepada informan yaitu pengawas yang mengkoordinasi dan bertanggung jawab terhadap seluruh operasi di *section RDS* di mana terdapat beberapa mesin *bucket elevator*. Hasil *Risk Priority Number* (RPN) juga dapat difungsikan untuk menganalisa *spare parts bucket elevator* yang sering mengalami rusak dan kritis untuk dilakukan perawatan khusus terhadap *spare parts* tersebut.

$$RPN = \text{Severity} \times \text{Occurrence} \times \text{Detection}$$

m. Penentuan Komponen Kritis

Penentuan komponen yang sering rusak dan kritis didapatkan dengan menghitung hasil RPN yang paling tinggi pada tahap FMEA.

n. Penentuan *Time to Failure* (TTF) dan *Time to Repair* (TTR)

Nilai TTF perhitungannya selisih perbaikan *spare parts* pada kerusakan untuk proses hari selanjutnya. Sedangkan untuk TTR selisih antar kerusakan *spare parts* yang dialami hingga perbaikan komponen selesai.

o. Penentuan Distribusi *Time to Failure* (TTF) dan *Time to Repair* (TTR)

Dalam mengidentifikasi, distribusi difungsikan untuk menghasilkan durasi waktu yang diperlukan dalam pembetulan hingga waktu terjadi rusak kembali yaitu dengan *least-square curve fitting*.

Teknik *least-square curve fitting* memunculkan nilai *index of fit* (r) untuk mengetahui distribusi sebuah komponen dan yang terbesar akan dipilih. Di mana dalam penelitian ini menggunakan *software Weibull-DR21*.

p. *Mean Time To Failure* (MTTF)

MTTF adalah suatu *mean interval* waktu rusak atau selang waktu di mana nilai *mean* tersebut merupakan ekspektasi waktu terjadinya kerusakan. Dalam mencari nilai MTTF juga menggunakan *software Weibull-DR21*.

q. *Mean Time To Repair* (MTTR)

MTTR adalah *mean* yang diperoleh dalam lamanya waktu yang dibutuhkan ketika perbaikan pada suatu komponen. Pencarian nilai MTTR dalam penelitian ini juga menggunakan *software Weibull-DR21*.

r. Frekuensi Pemeriksaan dan *Interval* Waktu Pemeriksaan

Dalam kontrol laju kerusakan sangat dibutuhkan pengecekan, menstabilkan perfoma mesin dan meminimalisir terjadinya *downtime* yang mengakibatkan rusaknya suatu komponen di mana terjadi secara tidak terduga menimbulkan *loss opportunity cost* yang cukup tinggi. Model dalam *interval* waktu pemeriksaan optimal dapat dirumuskan di bawah ini:

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

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

$$T_f = \frac{1}{\mu}; T_i = \frac{1}{i}$$

sehingga;

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

Ketika persamaan di atas dijadikan deferensial akan menjadi:

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

Sehingga frekuensinya:

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

Keterangan:

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

k = nilai konstan dari jumlah kerusakan persatuan waktu

T_f = waktu rata-rata untuk melakukan penggantian

T_i = waktu rata-rata untuk melakukan pemeriksaan

n = frekuensi yang dilakukan per satuan waktu

s. *Biaya-biaya Maintenance*

Biaya *maintenance* adalah biaya pemeliharaan yang dikeluarkan untuk perbaikan dan pengoperasian dengan tujuan untuk meminimalisir risiko kerusakan peralatan perusahaan. Biaya-biaya tersebut seperti kegiatan pemeliharaan, biaya untuk perawatan, penyetelan, *service*, biaya penyesuaian hingga biaya perawatan karena kerusakan. Kalkulasi biaya pemeliharaan dan biaya perawatan karena kerusakan sebagai berikut:

$$CM = (C_o + C_w) MTTR + \text{biaya material}$$

$$C_f = C_r + MTTR (C_o + C_w)$$

Keterangan :

CM = Biaya perawatan

C_f = Biaya perawatan karena kerusakan *spare parts*

C_r = Harga *spare parts*

C_o = Biaya *loss opportunity*

C_w = *Labor costs*

BAB IV

PENGUMPULAN DAN PENGOLAHAN DATA

4.1 Pengumpulan Data

4.1.1 Sejarah Singkat Perusahaan

Penyangga pangan nasional terletak di Jawa Timur, salah satunya Ngawi yang merupakan lumbung padi. Di Jawa Timur saja, produksi padi terbesar nomor dua merupakan Kabupaten Ngawi dan nomor enam di Indonesia. Potensi dalam bidang pertanian tersebut penting untuk dikelola dan dikembangkan secara baik. Wilmar Group Indonesia melihat potensi tersebut dan menginvestasikannya. Investasi tersebut membuahkan kerjasama yang saling menguntungkan. Para petani lebih sejahtera karena hasil produksi padi meningkat melalui *demonstration plot* (demplot) dan Perusahaan memperoleh laba dari pengolahan padi.

Kerjasama tersebut berwujud PT. Wilmar Padi Indonesia di Ngawi. Perusahaan ini milik swasta, bergerak di bidang agribisnis sejak Juni 2020. Lokasi perusahaan di Jalan Raya Ngawi - Caruban No.Km, RW.4, Kecamatan. Ngawi, Kabupaten Ngawi, Jawa Timur. Berdiri diatas tanah seluas 25 Ha yang merupakan milik Wilmar Group Indonesia dari pembelian PT. Padi Unggul Indonesia.

4.1.2 Visi dan Misi Perusahaan

Visi PT. WPI Ngawi adalah sebagai berikut:

- a. Meningkatkan kehidupan perekonomian masyarakat terutama petani Ngawi
- b. Membuka lapangan kerja, khususnya masyarakat Ngawi sehingga dapat mengurangi pengangguran
- c. Terdepan dalam inovasi teknologi modern dalam mencapai program swasembada beras dan ketahanan pangan nasional

Misi menjadi perusahaan pengolah beras yang terbesar di Indonesia, meningkatkan kesejahteraan masyarakat di bidang pangan dan produsen beras yang unggul, bersaing dan terpercaya bagi masyarakat maupun *stakeholder* serta membantu ketahanan pangan untuk Indonesia.

4.1.3 Proses Produksi

Bagian produksi terbagi dua line yaitu A dan B. Setiap line dibagi menjadi dua *section* yaitu *Receiving* (Penerimaan Padi), *Drying* (Pengeringan Padi), *Silo* (Penyimpanan Padi) disingkat menjadi (RDS) dan *Husking* (Pemecahan Kulit Padi), *Milling* (Pemolesan Beras), *Packing* (Pengemasan Beras) disingkat juga menjadi (HMP). Proses RDS dan HMP dilakukan dalam 24 jam dengan 3 *shift* dan *long shift*

Senin – Kamis :

Shift 1 : 07.00 – 15.00

Shift 2 : 15.00 – 23.00

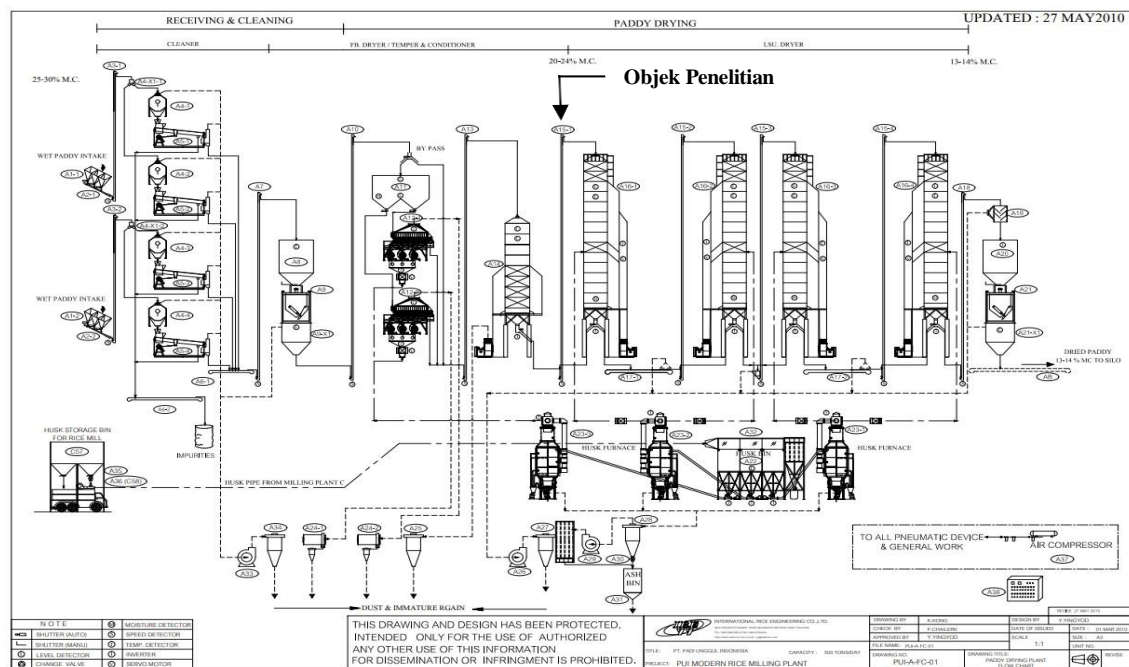
Shift 3 : 23.00 – 07.00

Jumat – Minggu :

Long Shift Pagi : 07.00 – 19.00

Long Shift Malam : 19.00 – 07.00

Proses produksi berjalan terus menerus sehingga mesin kerap mengalami masalah,terlebih mesin transportasi yaitu *bucket elevator*. *Downtime* terjadi hampir setiap minggu. Masalahnya pun beragam, mulai dari masalah ringan hingga berat, seperti *belt bucket elevator* putus yang membutuhkan waktu perbaikan atau pemasangan 1 hari bahkan lebih. Dalam menjalankan *bucket elevator* memerlukan presisi tengah dengan *drum shaft* dan kecepatan yang stabil untuk transportasi. Alur proses produksi pengeringan padi di line A *section* RDS di PT. WPI Ngawi sebagai berikut.



Gambar 4.1 Alur Proses *Receiving*, *Drying* dan *Silo*

4.1.4 Data Available Time

Available Time merupakan waktu kerja bersih yang tersedia dan digunakan untuk suatu kegiatan produksi. Di mana dalam perusahaan ini menerapkan jam kerja sebanyak 8 jam atau 480 menit dalam 1 shift serta sehari ada 3 shift, maka jam kerja manusia tersebut harus dikurangi dengan waktu istirahat dan berbagai waktu non produktif lainnya sedangkan jam kerja mesin tetap *continue* hingga terjadi *downtime*. Data *Available Time* terdapat pada tabel 4.1.4

Tabel 4.1 Available Time Pada Bulan Juli – Desember 2022

<i>Available Time</i>	
Bulan	Menit
Juli	44640
Agustus	44640
September	43200
Oktober	44640
November	43200
Desember	44640
Jumlah	264960

4.1.5 Downtime

Downtime adalah penggunaan waktu dalam proses produksi namun terjadi kerusakan maupun gangguan pada mesin. Kemudian mengakibatkan mesin *off* dan proses produksi tidak dapat dilaksanakan. Secara singkat, *Downtime* berupa kegagalan atau kerusakan (*breakdown*) pada mesin atau *equipment* selama produksi. Data waktu *breakdown* terdapat pada tabel 4.1.5

Tabel 4.2 Downtime Pada Bulan Juli – Desember 2022

<i>Downtime</i>	
Bulan	Menit
Juli	2690
Agustus	120
September	1141

Oktober	1839
November	4277
Desember	1591
Jumlah	11658

4.1.6 *Planned Downtime*

Planned Downtime adalah waktu rancangan selama *running* produksi, pemeliharaan terjadwal dan *cleaning*. Pemeliharaan terjadwal dilaksanakan supaya mesin tetap terjaga sehingga mesin tetap berfungsi secara optimal selama produksi. Pemeliharaan dilaksanakan sesuai jadwal yang telah disusun oleh departemen *engineering* dan produksi secara rutin untuk memaksimalkan kinerja mesin. Dalam pembahasan ini kegiatan pemeliharaan terjadwal di luar periode produksi atau satu hari hingga dua hari penuh. Kegiatan perawatan pada periode produksi sebagian kecil dilakukan seperti *oil grease* pada mesin yang berputar, pengencangan baut, pengecekan *vibration* dan pengaturan mesin. Data *planned downtime* dapat dilihat pada tabel 4.1.6.

Tabel 4.3 Data *Planned Downtime*

<i>Planned Downtime</i>	
Bulan	Menit
Juli	7200
Agustus	7200
September	7200
Oktober	5760
November	8640
Desember	7200
Jumlah	43200

4.1.7 *Loading Time*

Loading Time merupakan pengumpulan data waktu *running* produksi. *Loading time* didapatkan dengan mengurangi *Machine Working Time* (waktu produksi normal) dengan *Planned Downtime*. Mesin bekerja terus menerus maka *planned downtime* tidak ada pada waktu harian, *Planned downtime* dilakukan ketika *preventive maintenance*

sehari hingga 2 hari setiap minggu tergantung kondisi di lapangan dan *historical data* berdasarkan kesepakatan antara tim produksi dengan *engineering*. Berikut *Loading Time* bulan Juli – Desember 2022.

Tabel 4.4 *Loading Time* Pada Bulan Juli – Desember 2022

<i>Loading Time</i>		
Bulan	Hari	Menit
Juli	26	37440
Agustus	26	37440
September	25	36000
Oktober	27	38880
November	24	34560
Desember	26	37440
Jumlah	154	221760

4.1.8 *Operation Time*

Operation Time merupakan data dalam waktu di mana perusahaan melakukan proses produksi atau hasil dari pengurangan *loading time* dengan waktu *Set Up and Adjustment* serta *Failure and Repair*. Berikut di bawah ini *Operation Time* bulan Juli – Desember 2022.

Tabel 4.5 *Operation Time* Pada Bulan Juli – Desember 2022

Bulan	<i>Loading Time</i>	<i>Downtime</i>	<i>Operation Time</i>
	Menit	Menit	Menit
Juli	37440	2690	34750
Agustus	37440	120	37320
September	36000	1141	34859
Oktober	38880	1839	37041
November	34560	4277	30283
Desember	37440	1591	35849
Jumlah	221760	11658	210102

4.2 Pengolahan Data

4.2.1 Availability

Availability digunakan untuk menyatakan penggunaan waktu yang disediakan untuk operasional *tools*. Presentase *downtime* harian dari Juli sampai Desember 2022 terlampir. Dan penggunaan rumus untuk menghitung nilai *Availability*, yaitu:

$$Availability = \frac{Loading\ Time - Downtime}{Loading\ Time} \times 100\%$$

Tabel 4.6 *Availability Time* Bulan Juli-Desember 2022

Bulan	<i>Loading Time</i> (Menit)	<i>Failure & Repair</i> (Menit)	<i>Set Up & Adj</i> (Menit)	<i>Availability</i> Time
Juli	37440	2450	240	92,24%
Agustus	37440	95	25	99,67%
September	36000	1073	68	96,63%
Oktober	38880	1714	125	95,65%
November	34560	4030	247	86,77%
Desember	37440	1480	111	95,69%
Jumlah	221760	10842	816	94,46%

4.2.2 Performance Rate

Performance Rate adalah nilai yang menyatakan kemampuan *machine* dalam penghasilan suatu barang. *Performance Rate* dikalkulasi menggunakan formula berikut.

$$Performance\ Efficiency = \frac{Speed\ Operating\ Rate \times actual\ number\ produced}{Operating\ Time} \times 100\%$$

Tabel 4.7 *Performance Rate* Bulan Juli-Desember 2022

Bulan	<i>Operating Time</i> (Menit)	<i>Output</i> (Kg)	<i>Ideal Cycle Time</i> (Menit)	<i>Performance Rate</i>
Juli	34750	8336499	0,012	71,99%
Agustus	37320	9364004	0,012	74,45%
September	34859	8468034	0,012	72,40%

Oktober	37041	10321555	0,012	83,27%
November	30283	9017568	0,012	89,60%
Desember	35849	5995584	0,012	51,03%
Jumlah	210102	51503244	0,072	73,79%

4.2.3 *Quality Rate*

Quality Rate digunakan untuk menyatakan kemampuan *machine* ketika menghasilkan produk yang terstandarisasi. Perhitungan *Quality Rate* memerlukan data seperti: *Ouput*, *Reduce Speed Losses* dan *Rework*.

$$Quality\ Rate = \frac{Output - Reject}{Output} \times 100\%$$

Tabel 4.8 *Quality Rate* Bulan Juli-Desember 2022

Bulan	<i>Output</i> (Kg)	<i>Reject saat Setup</i> (Kg)	<i>Reject & Rework</i> (Kg)	<i>Quality Rate</i>
Juli	8336499	955	9276	99,88%
Agustus	9364004	1721	13075	99,84%
September	8468034	1587	15219	99,80%
Oktober	10321555	155	20529	99,80%
November	9017568	778	17294	99,80%
Desember	5995584	663	11316	99,80%
Jumlah	51503244	5859	86709	99,82%

4.2.4 *Overall Equipment Effectiveness*

Nilai yang didapat dari *Quality Rate*, *Perfomance Rate*, dan *Availability* digunakan untuk menentukan nilai OEE. Pengukuran nilai OEE digunakan formula sebagai berikut.

$$OEE = Availability \times Performance \times Quality$$

Tabel 4.9 Overall Equipment Effectiveness Bulan Juli-Desember 2022

Bulan	Availability (%)	Performance Rate (%)	Quality Rate (%)	OEE (%)
Juli	92,34%	71,99%	99,88%	66,39%
Agustus	99,67%	74,75%	99,84%	74,08%
September	96,63%	72,40%	99,80%	69,82%
Oktober	95,65%	83,72%	99,80%	79,49%
November	86,77%	89,60%	99,80%	77,36%
Desember	95,69%	51,01%	99,80%	48,69%
Jumlah	94,46%	73,79%	99,82%	69,31%

4.2.5 Six Big Losses

Perusahaan perlu mengidentifikasi suatu kerugian. Kerugian ada berbagai macam, seperti: kerugian persiapan dan penyesuaian, kerugian kerusakan alat, kerugian secara tiba-tiba. Berikut rinciannya.

4.2.5.1 Equipment Failure Losses

Mengkalkulasi *equipment failure losses* dibutuhkan suatu data *loading time* dan *downtime* selama produksi. Berikut cara mengkalkulasi nilai *equipment failure losses* dan hasilnya pada mesin *bucket elevator* dari Juli-Desember 2021.

$$EFL = \frac{\text{Total Breakdown Time}}{\text{Loading Time}} \times 100\%$$

Tabel 4.10 Equipment Failure Losses Bulan Juli-Desember 2022

Bulan	Loading Time (Menit)	Downtime (Menit)	Equipment Failure Losses (%)	Equipment Failure Losses (Menit)
Juli	37440	2690	7,66%	2690
Agustus	37440	120	0,33%	120
September	36000	1141	3,37%	1141
Oktober	38880	1839	4,35%	1839

November	34560	4277	13,23%	4277
Desember	37440	1591	4,31%	1591
Jumlah	221760	11658	5,54%	11658

4.2.5.2 Set Up and Adjustment Losses

Set Up and Adjustment Losses merupakan suatu kerugian yang disebabkan oleh waktu pembebanan pada mesin dimana biasanya digunakan untuk persiapan peralatan namun belum menghasilkan *output*. Berikut cara mengkalkulasi *Set Up and Adjustment Losses* dan hasilnya dari Juli-Desember 2021

$$SAL = \frac{\text{Total Setup and Adjustment Losses}}{\text{Loading Time}} \times 100\%$$

Tabel 4.11 Set Up and Adjustment Losses Bulan Juli-Desember 2022

Bulan	<i>Loading Time</i> (Menit)	<i>Set Up Time</i> (Menit)	<i>Set Up & Adjustment</i> (%)	<i>Set Up & Adjustment</i> (Menit)
Juli	37440	240	0,76%	240
Agustus	37440	25	0,07%	25
September	36000	68	0,20%	68
Oktober	38880	125	0,31%	125
November	34560	247	0,76%	247
Desember	37440	111	0,29%	111
Jumlah	221760	816	0,40%	816

4.2.5.3 Iddling and Minor Stopages Losses

Idling and Minor Stopages Losses adalah suatu kerugian yang penyebabnya terjadi secara tiba-tiba, contohnya mesin berhenti sesaat maupun *idle time* mesin. Berikut cara mengkalkulasi *Idling and Minor Stopages Losses* dan hasilnya dari Juli-Desember 2021.

$$IMSL = \frac{\text{No Productive Time}}{\text{Loading Time}} \times 100\%$$

Tabel 4.12 *Idling and Minor Stopages Losses* Bulan Juli-Desember 2022

Bulan	Target (Kg)	Output (Kg)	Ideal cycle time (Menit)	Loading Time (Menit)	Idle and Minor Stoppage Losses (%)	Idle and Minor Stoppage Losses (Menit)
Juli	10920000	8336499	0,012	37440	21,25%	7750,50
Agustus	10920000	9364004	0,012	37440	13,28%	4667,99
September	10500000	8468034	0,012	36000	17,32%	6095,90
Oktober	11340000	10321555	0,012	38880	7,80%	3055,34
November	10500000	9017568	0,012	34560	13,11%	4447,30
Desember	10920000	5995584	0,012	37440	38,71%	14773,25
Jumlah	65100000	51503244	0,072	221760	18,58%	40790,27

4.2.5.4 *Reduced Speed Losses*

Reduced Speed Losses adalah kerugian yang dibebankan ke mesin karena penurunan kecepatan *cycle time* maupun *standard time* sehingga waktu hilang. Berikut cara mengkalkulasi *Reduced Speed Losses* dan hasilnya dari Juli-Desember 2021.

$$RSL = \frac{\text{Operation Time} - \text{Ideal Cycle Time} \times \text{Total Production}}{\text{Loading Time}} \times 100\%$$

Tabel 4.13 *Reduce Speed Losses* Bulan Juli-Desember 2022

Bulan	Operating Time (Menit)	Loading Time (Menit)	Total Produksi (Kg)	Ideal Cycle Time (Menit)	Reduced Speed Losses (%)	Reduced Speed Losses (Menit)
Juli	34750	37440	8336499	0,012	26,09%	9740,50
Agustus	37320	37440	9364004	0,012	25,45%	9227,99
September	34859	36000	8468034	0,012	26,45%	9454,90
Oktober	37041	38880	10321555	0,012	15,96%	6076,34
November	30283	34560	9017568	0,012	9,25%	3230,30

Desember	35849	37440	5995584	0,012	46,90%	17862,25
Jumlah	210102	221760	51503244	0,072	25,01%	55592,27

4.2.5.5 Defect Losses

Defect Losses menandakan waktu yang tersedia dari pembebanan mesin yang hilang untuk menghasilkan produk yang defect. Berikut cara mengkalkulasi *Defect Losses* dan hasilnya dari Juli-Desember 2021

$$Defect Losses = \frac{Total Reject \times Ideal Cycle Time}{Loading Time} \times 100\%$$

Tabel 4.14 *Defect Losses* Bulan Juli-Desember 2022

Bulan	Total Reject (Kg)	Ideal Cycle Time (Menit)	Loading Time (Menit)	Defect Losses (%)	Defect Losses (Menit)
Juli	10231	0,012	37440	0,08%	30,69
Agustus	14796	0,012	37440	0,12%	44,39
September	16806	0,012	36000	0,14%	50,42
Oktober	20684	0,012	38880	0,16%	62,05
November	18072	0,012	34560	0,16%	54,22
Desember	11979	0,012	37440	0,10%	35,94
Jumlah	92568	0,072	221760	0,13%	277,70

4.2.5.6 Rework Losses

Rework Losses adalah kerugian akibat adanya produk defect atau *reproses* yang sehingga kehilangan waktu produksi. Selain itu juga bisa mengakibatkan kerugian material. Berikut cara mengkalkulasi *Rework Losses* dan hasilnya dari Juli-Desember 2021.

$$Rework Losses = \frac{Ideal Cycle Time \times Total Rework}{Loading Time} \times 100\%$$

Tabel 4.15 *Rework Losses* Bulan Juli-Desember 2022

Bulan	<i>Loading Time</i> (Menit)	<i>Ideal Cycle Time</i> (Menit)	<i>Reject & Rework</i> (Kg)	<i>Rework Losses</i> (%)	<i>Rework Losses</i> (Menit)
Juli	37440	0,012	9276	0,08%	27,83
Agustus	37440	0,012	13075	0,10%	39,23
September	36000	0,012	15219	0,12%	45,66
Oktober	38880	0,012	20529	0,16%	61,59
November	34560	0,012	17294	0,15%	51,88
Desember	37440	0,012	11316	0,09%	33,95
Jumlah	221760	0,072	86709	0,12%	260,13

4.2.5.7 Akumulasi Nilai *Six Big Losses*

Hasil kalkulasi dari *losses* di atas diurutkan dari yang tertinggi sebagai berikut.

Tabel 4.16 Akumulasi Nilai *Six Big Losses*

Jenis Losses	Menit	Persentase
<i>Reduce Speed Losses</i>	55592	50,82%
<i>Idling and Minor Stopages Losses</i>	40790	37,29%
<i>Equipment Failure Losses</i>	11658	10,66%
<i>Se Up and Adjust Losses</i>	816	0,75%
<i>Defect Losses</i>	278	0,25%
<i>Rework Losses</i>	260	0,24%
Total	109394	100,00%

4.2.6 *Failure Mode and Effect Analysis* (FMEA)

Failure Mode Effect Analysis (FMEA) adalah teknik yang dipakai menggambarkan dan mengidentifikasi kegagalan serta dampak pada konsumen jika risiko tersebut tidak dicegah. FMEA untuk mesin *bucket elevator* ini diawali dengan perincian *spare part* yang akan digunakan pada mesin tersebut. Komponen tersebut kemudian dianalisa penyebab masalah untuk mengetahui secara terperinci tentang

alasan suatu komponen mengalami kegagalan. Kemudian disarankan waktu pelaksanaan *Preventive Maintenance* atau perencanaan tindakan pengawasan untuk pencegahan *failure rate*. FMEA untuk mesin *bucket elevator* dapat dilihat sebagai berikut.

Tabel 4.17 FMEA pada Mesin *Bucket Elevator*

No	Line	Sparepart	Fungsi	Failure Mode	Effect of Failure	Cause of Failure	S	O	D	RPN	Current Action
1	Bucket Elevator	Bucket	Untuk membawa gabah atau material	Pecah atau berlubang	Proses produksi berhenti	Usia	8	7	4	224	Mengganti baru atau ditambah silicone
2		Bearing	Sebagai bantalan sprocket	Bearing pecah	Proses produksi berhenti	Kurang lubrikasi	8	6	4	192	Dilubrikasi dengan <i>grace</i>
3		Sprocket (Roda Gigi)	Untuk memutar pulley	Aus	Proses produksi berhenti, chain mudah lepas, terdapat bunyi hentakan	Sering digunakan	7	4	4	112	Mengganti baru
4		Chain atau Rantai penggerak	Untuk transmisi putar roda gigi	Putus	Proses produksi berhenti	Usia	7	3	3	63	Mengganti baru atau disambung
5		Belt strands	Sebagai tempat menempel bucket	Putus	Proses produksi berhenti	Usia	9	2	5	90	Mengganti baru atau disambung

4.2.7 Penentuan Komponen Kritis

Hasil dari FMEA diperoleh bahwa komponen paling kritis dengan nilai RPN tertinggi yaitu *bucket* sebesar 224 kemudian *bearing* 192 disusul *sprocket* 112. Nilai ini mendeskripsikan bahwa komponen *bucket* mengalami kegagalan karena *downtime* yang cukup tinggi dibandingkan komponen lain, sehingga perlu tindakan.

4.2.8 Penentuan Distribusi Data Waktu antar Kerusakan dan Perbaikan

Tahap selanjutnya adalah mencari jarak antar kerusakan dan perbaikan dari komponen *bucket*, *bearing* dan *sprocket*. Data interval kerusakan disajikan sebagai berikut.

Tabel 4.18 Perhitungan TTR dan TTF *Bucket*

No	Tanggal	<i>Downtime</i> (Menit)	TTR (Jam)	Waktu Operasi (Jam)	Waktu Kumulatif Operasi (Jam)	TTF (Jam)
1	19/07/21	105	1,75	0	0	0
2	11/08/21	90	1,50	552	552	550,25
3	11/09/21	502	8,37	744	1296	742,50
4	13/09/21	25	0,42	48	1344	39,63
5	24/10/21	255	4,25	984	2328	983,58
6	25/10/21	775	12,92	24	2352	19,75
7	26/10/21	270	4,50	24	2376	11,08
Total		2022				

Tabel 4.19 Perhitungan TTR dan TTF *Bearing*

No	Tanggal	<i>Downtime</i> (Menit)	TTR (Jam)	Waktu Operasi (Jam)	Waktu Kumulatif Operasi (Jam)	TTF (Jam)
1	02/07/21	150	2.50	0	0	0
2	24/09/21	179	2.98	2016,00	2016,00	2013,50
3	23/11/21	590	9.83	1440,00	3456,00	1437,02
Total		919				

Tabel 4.20 Perhitungan TTR dan TTF *Sprocket*

No	Tanggal	<i>Downtime</i> (Menit)	TTR (Jam)	Waktu Operasi (Jam)	Waktu Kumulatif Operasi (Jam)	TTF (Jam)
1	02/07/21	150	2,50	0	0	0
2	23/07/21	168	2,80	504	504,00	501,50
3	11/11/21	226	3,77	2184	2688,00	2181,20
Total		544				

4.2.9 Distribusi Waktu Kerusakan (TTF) dan Perbaikan (TTR)

Dilakukan kalkulasi tentang distribusi *index of fit* (r) atau korelasi untuk merepresentasikan data TTF dan TTR. Kalkulasi menggunakan distribusi *Weibull*, *Eksponensial*, *Normal* dan *Lognormal*. Korelasi memiliki interval 0 dan 1 guna menginformasikan intensitas hubungan linier variabel x dan y . Jika korelasi data mendekati 1 maka penyebaran data TTF dan TTR dari komponen pada distribusi sangat baik.

Berikut hasil analisa distribusi TTF dan TTR dari masing-masing komponen dengan menggunakan aplikasi *Weibull-dr 21*.

Tabel 4.21 Distribusi TTF *Bucket*

TTF					
Mesin Kritis	Komponen Kritis	Distribusi Kerusakan	Parameter	MTTF	Kolerasi
<i>Bucket Elevator</i>	<i>Bucket</i>	<i>Weibull</i>	$\beta = 0.564$	489.56	0.9345
			$\Theta = 299.07$		
		<i>Normal</i>	$\sigma = 425.60$	391.12	0.9323
			$\mu = 391.12$		
<i>Log Normal</i>	tmed = 123.13	4.813	0.9369		
<i>Exponential</i>	$\lambda = 2.131$	469.35	0.9712		

Tabel 4.22 Distribusi TTF *Bearing*

TTF					
Mesin Kritis	Komponen Kritis	Distribusi Kerusakan	Parameter	MTTF	Kolerasi
<i>Bucket Elevator</i>	<i>Bearing</i>	<i>Weibull</i>	$\beta = 3.775$	1721.25	1
			$\Theta = 1905$		
		<i>Normal</i>	$\sigma = 407.63$	1725.23	1
			$\mu = 1725.23$		
<i>Log Normal</i>	tmed = 1701	7.439	1		
<i>Exponential</i>	$\lambda = 5.500$	1818	0.9404		

Tabel 4.23 Distribusi TTF *Sprocket*

TTF					
Mesin Kritis	Komponen Kritis	Distribusi Kerusakan	Parameter	MTTF	Kolerasi
<i>Bucket Elevator</i>	<i>Sprocket</i>	<i>Weibull</i>	$\beta = 0.866$	1842.76	1
			$\Theta = 1714$		
		<i>Normal</i>	$\sigma = 1188$	1341.27	1
			$\mu = 1341.27$		
<i>Log Normal</i>	tmed = 1046	6.9526	1		
<i>Exponential</i>	$\lambda = 5.723$	1747	0.9989		

Tabel 4.24 Distribusi TTR *Bucket*

TTR					
Mesin Kritis	Komponen Kritis	Distribusi Kerusakan	Parameter	MTTR	Kolerasi

<i>Bucket Elevator</i>	<i>Bucket</i>	<i>Weibull</i>	$\beta = 0.937$	5.3475	0.9899
			$\Theta = 5.191$		
		<i>Normal</i>	$\sigma = 4.44$	4.82	0.9432
			$\mu = 4.82$		
		<i>Log Normal</i>	tmed = 3.0179	1.146	0.9793
<i>Exponential</i>	$\lambda = 184.609$	5.42	0.9967		

Tabel 4.25 Distribusi TTR *Bearing*

TTR					
Mesin Kritis	Komponen Kritis	Distribusi Kerusakan	Parameter	MTTR	Kolerasi
<i>Bucket Elevator</i>	<i>Bearing</i>	<i>Weibull</i>	$\beta = 1.468$	5.1759	0.8832
			$\Theta = 5.718$		
		<i>Normal</i>	$\sigma = 4.10$	5.10	0.8938
			$\mu = 5.10$		
		<i>Log Normal</i>	tmed = 4.1838	1.4312	0.9189
<i>Exponential</i>	$\lambda = 166.766$	6	0.9876		

Tabel 4.26 Distribusi TTR *Sprocket*

TTR					
Mesin Kritis	Komponen Kritis	Distribusi Kerusakan	Parameter	MTTR	Kolerasi
<i>Bucket Elevator</i>	<i>Sprocket</i>	<i>Weibull</i>	$\beta = 4.822$	3.0001	0.9441
			$\Theta = 3.274$		
		<i>Normal</i>	$\sigma = 0.66$	3.02	0.9566
			$\mu = 3.02$		
		<i>Log Normal</i>	tmed = 2.9772	1.091	0.9681
<i>Exponential</i>	$\lambda = 357.672$	2.8	0.9150		

Berikut hasil rekapitulasi distribusi waktu antar kerusakan dan waktu antar perbaikan di bawah ini:

Tabel 4.27 Rekapitulasi Distribusi Waktu Antar Kerusakan Pada Komponen Kritis

Mesin Kritis	Komponen Kritis	Distribusi Kerusakan	Parameter
<i>Bucket Elevator</i>	<i>Bucket</i>	<i>Exponential</i>	$\lambda = 2.131$
	<i>Bearing</i>	<i>Normal</i>	$\sigma = 407.63$
			$\mu = 1725.23$
	<i>Sprocket</i>	<i>Weibull</i>	$\beta = 0.866$
			$\Theta = 1714$

Tabel 4.28 Rekapitulasi Distribusi Waktu Antar Perbaikan Pada Komponen Kritis

Mesin Kritis	Komponen Kritis	Distribusi Kerusakan	Parameter
<i>Bucket Elevator</i>	<i>Bucket</i>	<i>Exponential</i>	$\lambda = 184.609$
	<i>Bearing</i>	<i>Exponential</i>	$\lambda = 166.766$
	<i>Sprocket</i>	<i>Log Normal</i>	$tmed = 2.9772$

4.2.10 Perhitungan Nilai MTTF pada Mesin *Bucket Elevator*

a. Perhitungan nilai MTTF *Bucket*

Penggunaan distribusi untuk suatu data kerusakan *bucket* yaitu distribusi *Exponential*. Pada nilai MTTF sebesar 469,35 dihasilkan dari perhitungan *software Weibull-DR21*.

b. Perhitungan nilai MTTF *Bearing*

Penggunaan distribusi untuk suatu data kerusakan *bearing* yaitu distribusi *Exponential*. Pada nilai MTTF sebesar 1818 dihasilkan dari perhitungan *software Weibull-DR21*.

c. Perhitungan nilai MTTF *Sprocket*

Penggunaan distribusi untuk suatu data kerusakan *sprocket* yaitu distribusi *Weibull*. Pada nilai MTTF sebesar 1842,76 dihasilkan dari perhitungan *software Weibull-DR21*.

4.2.11 Perhitungan Nilai MTTR pada Mesin *Bucket Elevator*

a. Perhitungan nilai MTTR *Bucket*

Penggunaan distribusi untuk suatu data kerusakan *bucket* yaitu distribusi *Exponential*. Pada nilai MTTR sebesar 5,42 dihasilkan dari perhitungan *software Weibull-DR21*.

b. Perhitungan nilai MTTR *Bearing*

Penggunaan distribusi untuk suatu data kerusakan *bearing* yaitu distribusi *Exponential*. Pada nilai MTTR sebesar 6 dihasilkan dari perhitungan *software Weibull-DR21*.

c. Perhitungan nilai MTTR *Sprocket*

Penggunaan distribusi untuk suatu data kerusakan *sprocket* yaitu distribusi *Lognormal*. Pada nilai MTTR sebesar 1,091 dihasilkan dari perhitungan *software Weibull-DR21*.

4.2.12 Perhitungan Waktu Pemeriksaan Optimal

a. Komponen *Bucket*

Di bawah ini perhitungan waktu optimal pemeriksaan *bucket*

1) Waktu yang diperlukan untuk melakukan pemeriksaan *bucket* adalah 30 menit atau 0,5 jam

2) Jumlah pemeriksaan (k)

1 bulan = 30 hari kerja, 1 hari 24 jam kerja

$t = 30 \text{ hari/bulan} \times 24 \text{ jam/hari} = 720 \text{ jam/bulan}$

Jumlah kerusakan *bucket* selama 6 bulan = 7 kali

$$k = \frac{\text{Jumlah kerusakan selama 6 bulan}}{6 \text{ bulan}}$$

$$k = \frac{7}{6}$$

$$k = 1,166666667$$

3) Waktu rata-rata yang dibutuhkan untuk perbaikan ($1/\mu$)

MTTR = 5,42

$t = 720 \text{ jam/bulan}$

$1/\mu = \text{MTTR} / t$

$1/\mu = 5,42 / 720$

$1/\mu = 0,007527777$

$\mu = 132,841342138$

4) Waktu rata-rata melakukan pemeriksaan ($1/i$)

Waktu untuk melakukan pemeriksaan (t_i) = 30 menit

$T_i = 0,5 \text{ jam}$

$t = 720 \text{ jam/bulan}$

$1/i = \frac{t_i}{t}$

$1/i = \frac{0,5}{720}$

$1/i = 0,00069$

$i = 1440$

5) Perhitungan frekuensi dan interval pemeriksaan

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

$$n = \sqrt{\frac{1,166666667 \times 1440}{132,841342138}}$$

$$n = 3,556215033 \text{ pemeriksaan/bulan}$$

$$\begin{aligned} \text{Interval waktu pemeriksaan} &= \frac{t}{n} \\ &= 720/3,556215033 \\ &= 202,462447664 \end{aligned}$$

$$\text{Interval waktu pemeriksaan} = 8 \text{ hari}$$

6) Perhitungan nilai *downtime*

$$D(n) = \frac{k}{\mu \cdot n} + \frac{1}{i}$$

$$D(n) = \frac{1,166666667}{132,841342138 \times 3,556215033} + \frac{1}{1440}$$

$$D(n) = 0,003164038$$

7) Perhitungan *availability*

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

$$A(tp) = 1 - 0,003164038$$

$$A(tp) = 0,996835962$$

b. Komponen *Bearing*

Di bawah ini perhitungan waktu optimal pemeriksaan *bearing*.

1) Waktu yang diperlukan untuk melakukan pemeriksaan *bearing* adalah 30 menit atau 0,5 jam

2) Jumlah pemeriksaan (k)

1 bulan = 30 hari kerja, 1 hari 24 jam kerja

$t = 30 \text{ hari/bulan} \times 24 \text{ jam/hari} = 720 \text{ jam/bulan}$

Jumlah kerusakan *bucket* selama 6 bulan = 3 kali

$$k = \frac{\text{Jumlah kerusakan selama 6 bulan}}{6 \text{ bulan}}$$

$$k = \frac{3}{6}$$

$$k = 0,5$$

3) Waktu rata-rata yang dibutuhkan untuk perbaikan ($1/\mu$)

$$MTTR = 6$$

$$t = 720 \text{ jam/bulan}$$

$$1/\mu = MTTR / t$$

$$1/\mu = 6 / 720$$

$$1/\mu = 0,008333333$$

$$\mu = 120,000004800$$

4) Waktu rata-rata melakukan pemeriksaan ($1/i$)

Waktu untuk melakukan pemeriksaan (t_i) = 30 menit

$$T_i = 0,5 \text{ jam}$$

$$t = 720 \text{ jam/bulan}$$

$$1/i = \frac{t_i}{t}$$

$$1/i = \frac{0,5}{720}$$

$$1/i = 0,00069$$

$$i = 1440$$

5) Perhitungan frekuensi dan interval pemeriksaan

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

$$n = \sqrt{\frac{0,5 \times 1440}{120,000004800}}$$

$$n = 2,449489693 \text{ pemeriksaan/bulan}$$

$$\begin{aligned} \text{Interval waktu pemeriksaan} &= \frac{t}{n} \\ &= 720 / 2,449489693 \\ &= 293,938782668 \end{aligned}$$

$$\text{Interval waktu pemeriksaan} = 12 \text{ hari}$$

6) Perhitungan nilai *downtime*

$$D(n) = \frac{k}{\mu \cdot n} + \frac{1}{i}$$

$$D(n) = \frac{0,5}{120,000004800 \times 2,449489693} + \frac{1}{1440}$$

$$D(n) = 0,002395479$$

7) Perhitungan *availability*

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

$$A (tp) = 1 - 0,002395479$$

$$A (tp) = 0,997604521$$

c. Komponen *Sprocket*

Di bawah ini perhitungan waktu optimal pemeriksaan *sprocket*

1) Waktu yang diperlukan untuk melakukan pemeriksaan *sprocket* adalah 30 menit atau 0,5 jam

2) Jumlah pemeriksaan (k)

1 bulan = 30 hari kerja, 1 hari 24 jam kerja

$$t = 30 \text{ hari/bulan} \times 24 \text{ jam/hari} = 720 \text{ jam/bulan}$$

Jumlah kerusakan *sprocket* selama 6 bulan = 3 kali

$$k = \frac{\text{Jumlah kerusakan selama 6 bulan}}{6 \text{ bulan}}$$

$$k = \frac{3}{6}$$

$$k = 0,5$$

3) Waktu rata-rata yang dibutuhkan untuk perbaikan ($1/\mu$)

$$MTTR = 1,091$$

$$t = 720 \text{ jam/bulan}$$

$$1/\mu = MTTR / t$$

$$1/\mu = 1,091 / 720$$

$$1/\mu = 0,001515277$$

$$\mu = 659,945343326$$

4) Waktu rata-rata melakukan pemeriksaan ($1/i$)

Waktu untuk melakukan pemeriksaan (t_i) = 30 menit

$$T_i = 0,5 \text{ jam}$$

$$t = 720 \text{ jam/bulan}$$

$$1/i = \frac{t_i}{t}$$

$$1/i = \frac{0,5}{720}$$

$$1/i = 0,00069$$

$$i = 1440$$

5) Perhitungan frekuensi dan interval pemeriksaan

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

$$n = \sqrt{\frac{0,5 \times 1440}{659,945343326}}$$

$$n = 1,044509186 \text{ pemeriksaan/bulan}$$

$$\begin{aligned} \text{Interval waktu pemeriksaan} &= \frac{t}{n} \\ &= 720/1,044509186 \\ &= 689,318973591 \end{aligned}$$

$$\text{Interval waktu pemeriksaan} = 28 \text{ hari}$$

6) Perhitungan nilai *downtime*

$$D(n) = \frac{k}{\mu \cdot n} + \frac{1}{i}$$

$$D(n) = \frac{0,5}{659,945343326 \times 1,044509186} + \frac{1}{1440}$$

$$D(n) = 0,001419798$$

7) Perhitungan *availability*

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

$$A(tp) = 1 - 0,001419798$$

$$A(tp) = 0,998580202$$

4.2.13 Perhitungan Biaya Kerusakan dan Biaya Perawatan

a. Biaya Kerusakan (*Cost of Failure*)

Biaya ini terdiri dari *spare part bucket, bearing, sprocket* dan biaya kehilangan produksi.

1. Biaya *bucket, bearing* dan *sprocket*

- Biaya 1 pcs *bucket*, dengan harga di bawah ini:

Harga/pcs : Rp. 234 dengan sekali minimal *order* 500 pcs

Total biaya komponen : Rp. 117.000

- Biaya 1 pcs *bearing*, dengan harga berikut ini :

Harga/pcs : Rp. 36.232 dengan minimal *order* 1 pcs

- Biaya 1 pcs *sprocket*, dengan harga sebagai berikut :

Harga/pcs : Rp. 196.000

2. Biaya *Loss Opportunity*

Biaya *loss opportunity* adalah biaya yang muncul akibat terganggunya proses produksi sehingga tidak menghasilkan output seperti produk cacat, *downtime*, *losses performance* dan yang lainnya. Berikut rincian biaya kerugian pada mesin *bucket elevator*:

Tabel 4.29 Rincian Biaya *Loss Opportunity*

Produksi (Ton/jam)	Harga GKP (Rp/ton)	Biaya Produksi (Rp/ton)	Harga Total Produksi (Rp/jam)	Biaya Produksi (Rp/jam)	Biaya <i>Loss Opportunity</i> (Rp/jam)	Biaya <i>Downtime</i> (20% Biaya <i>Loss Opportunity</i>)
17,5	4.595.000	91,35	80.412.500	1.599	80.410.901	16.082.180

Waktu *loss opportunity* produksi keseluruhan yang terjadi selama 6 bulan dari Juli – Desember 2022 sebesar 194 jam 18 menit atau 194.3 jam, jika dikonversikan ke tonase, maka $194,3 \times 17,5 \text{ ton} = 3.400,25 \text{ ton}$, biaya kerugian produksi sebesar $3.400,25 \times 4.595.000 = \text{Rp. } 15.624.148.750$ atau 15,6 Milyar sedangkan biaya *downtime* (20% dari biaya kerugian) maka didapat Rp. 3.124.829.750 atau 3,1 Milyar sedangkan untuk mesin *bucket elevator* seperti tabel di bawah ini:

Tabel 4.30 Rincian Biaya *Downtime* Mesin *Bucket Elevator*

Mesin	Komponen	<i>Downtime</i> (jam)	Biaya <i>Loss Opportunity</i> (Rp/Jam)	Biaya <i>Downtime</i> (20% Biaya <i>Loss Opportunity</i>)
<i>Bucket Elevator</i>	<i>Bucket</i>	33,70	2.709.901.250	541.980.250
	<i>Bearing</i>	15,32	1.231.919.500	246.383.900
	<i>Sprocket</i>	9,07	729.341.375	145.868.275

4.2.14 Perhitungan Biaya Untuk Perawatan

Biaya perawatan muncul setelah perlakuan perawatan terhadap suatu mesin. Biayanya terdiri dari biaya tenaga kerja, *downtime* (biaya *downtime* ditentukan oleh perusahaan sebesar 20% dari biaya *loss opportunity*) dan biaya material. Perhitungan biaya perawatan sebagai berikut.

$$\text{CM} = (\text{biaya tenaga kerja} + \text{biaya } \textit{downtime}) \text{ MTTR} + \text{biaya material}$$

Hasil dari perhitungan biaya untuk perawatan dapat dilihat di bawah berikut ini :

Tabel 4.31 Biaya Untuk Perawatan

No	Komponen	Harga (Rp/pcs)	MTTR (Jam)	Biaya Tenaga Kerja (Rupiah)		Downtime (Rp)	CM (Rupiah)
				Operator	Mekanik		
1	<i>Bucket</i>	234	5,42	261.401,33	196.051,00	16.082,180	87.623.103,42
2	<i>Bearing</i>	36.232	6	261.401,33	196.051,00	16.082,180	96.986.765,98
3	<i>Sprocket</i>	196.000	1,09	261.401,33	196.051,00	16.082,180	18.199.111,01

4.2.15 Perhitungan Biaya Karena Kerusakan

Biaya perawatan diakibatkan kerusakan komponen pada perbaikan merupakan biaya karena terjadinya kerusakan pada suatu komponen. Biaya tersebut terdiri dari biaya kerugian produksi, biaya material, biaya tenaga kerja. Perhitungan biaya perawatan akibat kerusakan sebagai berikut.

Tabel 4.32 Biaya Perawatan Karena Kerusakan

No	Komponen	Harga (Rp/pcs)	MTTR (Jam)	Biaya Tenaga Kerja (Rupiah)		Biaya Kerugian (Rp)	CF (Rupiah)
				Operator	Mekanik		
1	<i>Bucket</i>	234	5,42	261.401,33	196.051,00	80.410.901	436.284.771,79
2	<i>Bearing</i>	36.232	6	261.401,33	196.051,00	80.410.901	482.959.092,58
3	<i>Sprocket</i>	196.000	1,09	261.401,33	196.051,00	80.410.901	88.381.745,73

4.2.16 Penentuan *Interval* Perawatan Optimal

Biaya kegagalan merupakan biaya yang diakibatkan oleh suatu mesin rusak, contohnya biaya pergantian *spare part* dan tenaga kerja perawatan. Selang waktu perawatan baik dikalkulasi melalui parameter distribusi interval waktu kerusakan, biaya kerugian produksi dan biaya penggantian perawatan. Kalkulasi *interval* perawatan sebagai berikut.

$$C_f = C_r + MTTR (C_o + C_w)$$

Keterangan :

C_f = Biaya perbaikan karena kerusakan komponen

- Cr = Harga komponen
 Co = Biaya kerugian produksi
 Cw = Biaya tenaga kerja

Tabel 4.33 *Interval Perawatan Optimal*

No	Komponen	CM (Rupiah)	CF (Rupiah)	TM (Jam)
1	<i>Bucket</i>	87.623.103,42	436.284.771,79	202,46
2	<i>Bearing</i>	96.986.765,98	482.959.092,58	293,93
3	<i>Sprocket</i>	18.199.111,01	88.381.745,73	689,31

4.2.17 Perbandingan *Reliability* Sebelum dan Sesudah Penentuan *Interval Waktu Penggantian Pencegahan Komponen*

Realibilitas dapat ditingkatkan dengan melakukan perawatan pencegahan di samping itu juga mengetahui kondisi optimal dari suatu komponen. Kalkulasi *reliability* sebagai berikut.

- a. *Reliability* kondisi sebelum interval waktu penggantian

Reliability kondisi ini adalah kondisi awal sebelum diterapkannya penggantian pencegahan. Rumus yang digunakan yaitu:

Distribusi *Eksponential*

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

Distribusi Normal

$$R(t) = 1 - \Phi \frac{t - \mu}{\sigma}$$

Distribusi *Weibull*

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

- b. *Reliability* kondisi sesudah interval waktu penggantian

Reliability kondisi ini adalah usulan di mana telah diterapkannya penggantian pencegahan. Adapun rumus yang digunakan yaitu:

Distribusi *Eksponential*

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

Distribusi Normal

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

Distribusi *Weibull*

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

Perawatan *preventive* telah dilakukan jika memberikan suatu dampak yang baik kepada *reliability* komponen. Peningkatan nilai *reliability* mengakibatkan waktu perawatan setelah dilakukan analisis (PM1) terdapat penurunan dibandingkan waktu sebelumnya (PM0). Hasil analisis menunjukkan bahwa sebelum dilakukan tindakan perawatan *preventive* (RM0), nilai *reliability* yang dapat dicapai saat pemeliharaan korektif sebesar 34,16% dan setelah dilakukan percobaan tindakan *preventive* (RM1) terjadi suatu peningkatan sebesar 60,85% menjadi 95,01%. Dapat disimpulkan bahwa dengan melakukan tindakan *preventive* secara rutin sesuai jadwal maka, produktivitas mesin akan tetap stabil apabila dijalankan pada ketiga jenis komponen kritis. Berikut tabel hasil rekapitulasi *reliability*.

Tabel 4.34 Hasil Rekapitulasi Perhitungan *Realibility*

Jenis Komponen	Distribusi Terpilih		Waktu Pemeliharaan		<i>Reliability</i>	
	D, (MTTF)	D, (MTTR)	PM0	PM1	RM0	RM1
<i>Bucket</i>	Ekspensial (469,35 Jam)	Ekspensial (5,42 Jam)	469,35 Jam	72,87 Jam	0,3245	0,9027
<i>Bearing</i>	Normal (1725,23 Jam)	Ekspensial (6 Jam)	1725,23 Jam	254,68 Jam	0,3221	0,9810
<i>Sprocket</i>	Weibull (1842,76 Jam)	Log Normal (1,091 Jam)	1842,76 Jam	58,71 Jam	0,3790	0,9642

4.2.18 Perancangan Penjadwalan

Usulan permasalahan yang akan diberikan yaitu membuat perancangan jadwal perawatan tiap komponen mesin *bucket elevator*. Jadwal perancangan ini dibuat untuk mempertimbangkan terjadinya kegagalan komponen di masa lalu. Pembuatan jadwal ini bertujuan agar dapat menurunkan *downtime* dari suatu komponen yang sering gagal pada mesin *bucket elevator*. Pembuatan usulan ini dari mulai proses identifikasi data kegagalan masa lalu yang telah terjadi. Data kegagalan tersebut kemudian dipisahkan berdasarkan kegagalan tiap komponen yang ada. Simulasi yang dilakukan berdasarkan

historical data kerusakan atau kegagalan komponen pada 6 bulan terakhir. Estimasi tersebut dapat dijadikan acuan untuk melakukan perawatan berskala dengan hari yang didapatkan. Hasil perencanaan perawatan sebagai dasar dalam pembuatan rancangan penjadwalan untuk komponen yang sering mengalami kegagalan pada mesin *bucket elevator*.

BAB V PEMBAHASAN

Berdasarkan data yang telah dikumpulkan dan diolah di bab IV, maka di bab V alur selanjutnya mengakumulasi OEE dan *Six Big Losses* kemudian dilanjutkan dengan *interval* waktu pemeliharaan, *reliability* dan biaya perawatan serta perancangan jadwal perawatan. Faktor-faktor yang mempengaruhi analisa OEE yaitu, analisis *Availability Rate*, *Performance Rate*, dan *Quality Rate*. Perhitungan OEE didapatkan jika diketahui *Availability*, *Performance*, dan *Quality Rate* dengan rumus.

$$\text{OEE} = \text{Availability} \times \text{Performance} \times \text{Quality}.$$

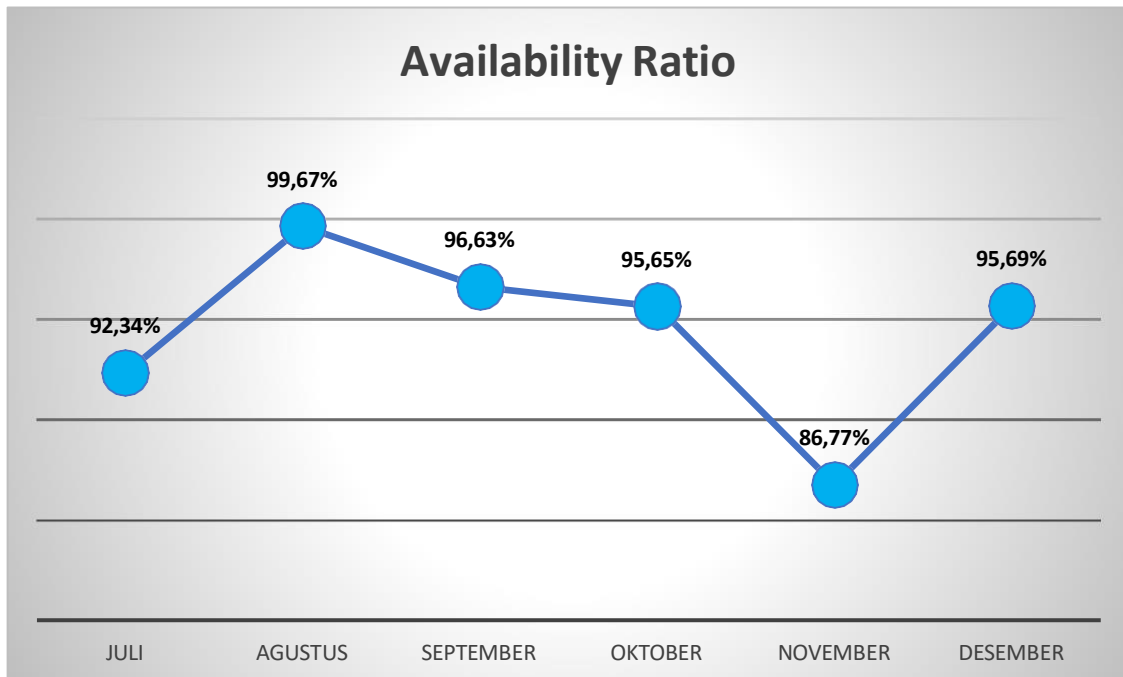
Tabel 5.1 Standar OEE

<i>Rate</i>	<i>Percentage</i>
<i>Availability Rate</i>	90 %
<i>Performance Rate</i>	95 %
<i>Quality Rate</i>	99 %
OEE	85 %

Analisa *Six Big Losses* terdiri dari: *Downtime Losses*, *Speed Losses*, dan *Defect Losses*, Kemudian dilakukan analisa pembuatan *Pareto Diagram* untuk *Six Big Losses*. Tujuannya memahami *losses* yang sering terjadi sehingga OEE kecil dan mendapatkan perhatian khusus. Hasil nilai analisis menggunakan *Diagram Pareto* didapatkan nilai yang tinggi menjadi prioritas untuk dicari penyebab terjadinya *losses* tersebut.

5.1 Analisis *Availability*

Availability adalah pembagian antara *actual machine operational time* dengan *planned machine operational time*. Di samping itu disebut juga pencerminan *loading time* selain *downtime losses*. Standar Internasional *availability* sebesar 90%, Di bawah ini merupakan grafik dari hasil perhitungan *availability* bulan Juli-Desember 2022.

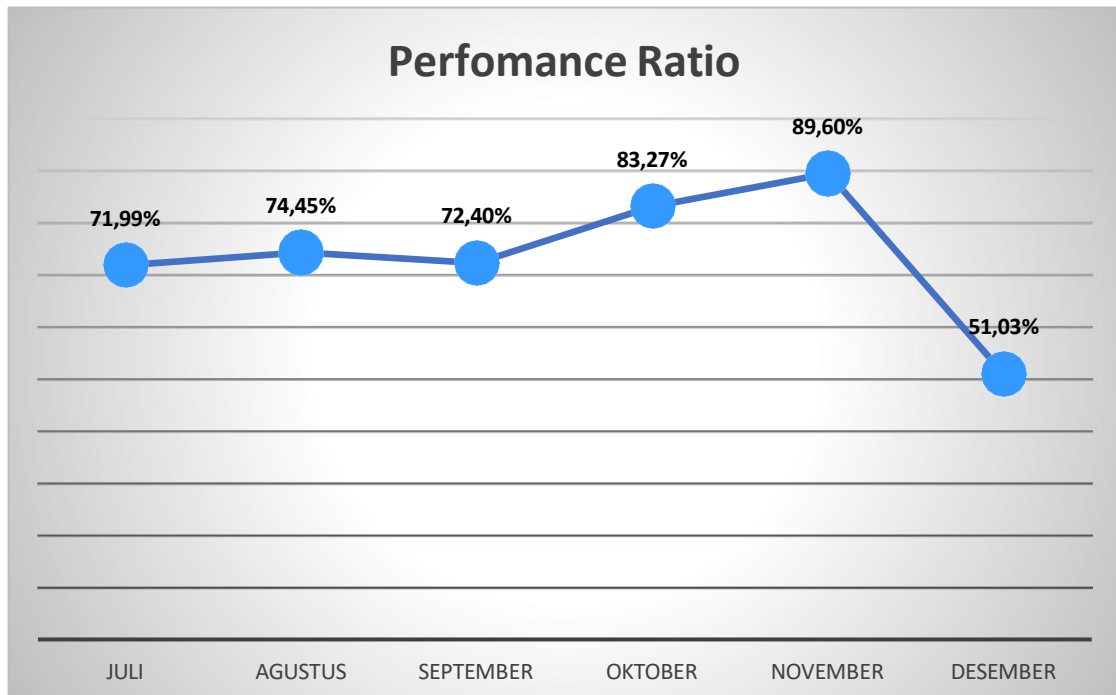


Gambar 5.1 Grafik *Availability* Juli – Desember 2022

Berdasarkan gambar grafik yang tertera di atas nilai *availability* bulan Juli 92,34%, bulan September 96,63%, bulan Oktober 95,65% dan bulan Desember 95,69%. Nilai *availability* paling tinggi terjadi di bulan Agustus nilainya melebihi nilai standar *World Class* 99,67%, sedangkan nilai terendah pada bulan November sebesar 86,77% di bawah nilai standar internasional. Tercatat pada bulan tersebut memiliki *downtime* tertinggi yaitu sebesar 4.277 menit. *Downtime* paling tinggi di mana disebabkan oleh *bucket elevator* yang putus dan memakan waktu *breakdown* yang lama.

5.2 Analisis *Performance*

Performance Ratio mendeskripsikan kemampuan mesin untuk menciptakan *output*. *Performance Ratio* mempengaruhi kurangnya kelajuan produksi dan kecepatan aktual mesin yang beroperasi. Persentase standar *Performance Ratio* adalah 95%. Di bawah ini hasil perhitungan *Performance Ratio* di Juli-Desember 2022.

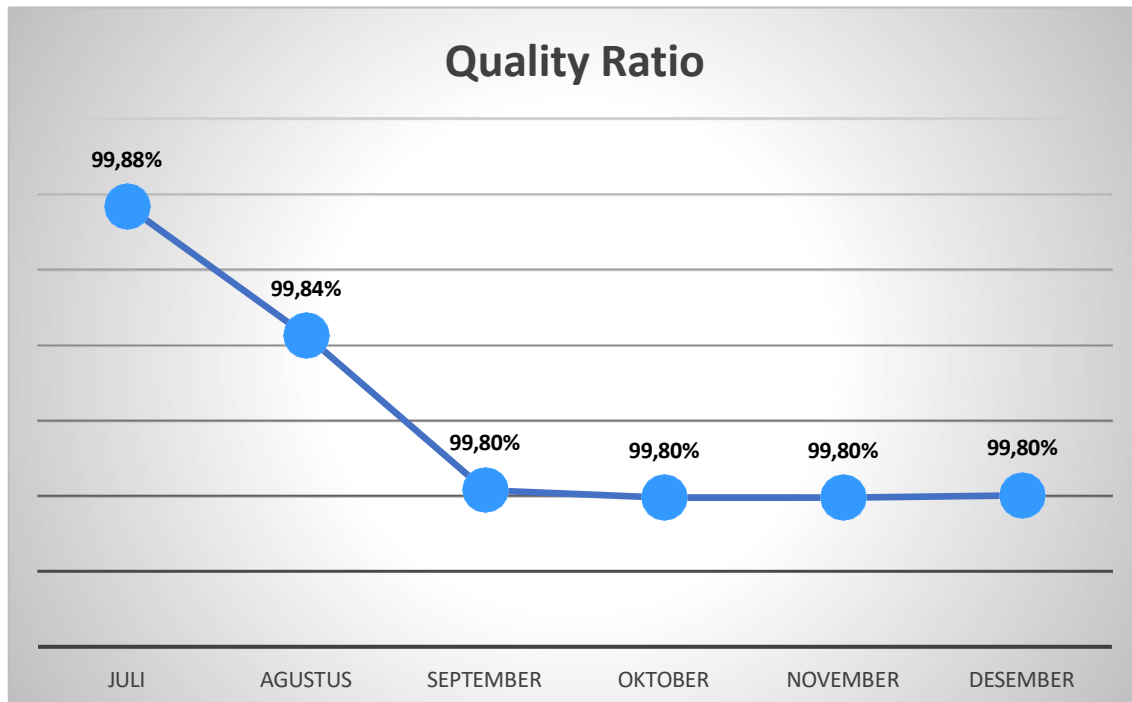


Gambar 5.2 Grafik *Performance Ratio* Juli – Desember 2022

Berdasarkan grafik di atas diketahui bahwa nilai *Performance Ratio* bulan Juli 71,99%, bulan Agustus 74,45%, bulan September 72,40%, bulan Oktober 83,27%, bulan November 89,60% dan bulan Desember 51,03%. *Performance Ratio* November paling tinggi sementara terendah di Desember akan tetapi semua *Performance Ratio* selama enam bulan di bawah Standar Internasional. Nilai di bawah standar disebabkan kemampuan *bucket elevator* tidak stabil *decreased* yang cukup signifikan serta *downtime* yang sering terjadi sehingga *output* produksi hanya menghasilkan di bawah target.

5.3 Analisis *Quality Ratio*

Quality Ratio memiliki arti hasil *inspect quality* dibagi dengan keseluruhan hasil *ouput*. Di tempat meneliti, *finish product* dikatakan *inspect* jika material mulai kadar air, warna dan tingkat kematangan setara SOP. Standar ditentukannya kualitas material sebagai syarat diterima dengan persentase 99% dan nilai tersebut memenuhi Standar Internasional. Di bawah ini grafik *Quality Ratio* Juli-Desember 2022 sebagai berikut:

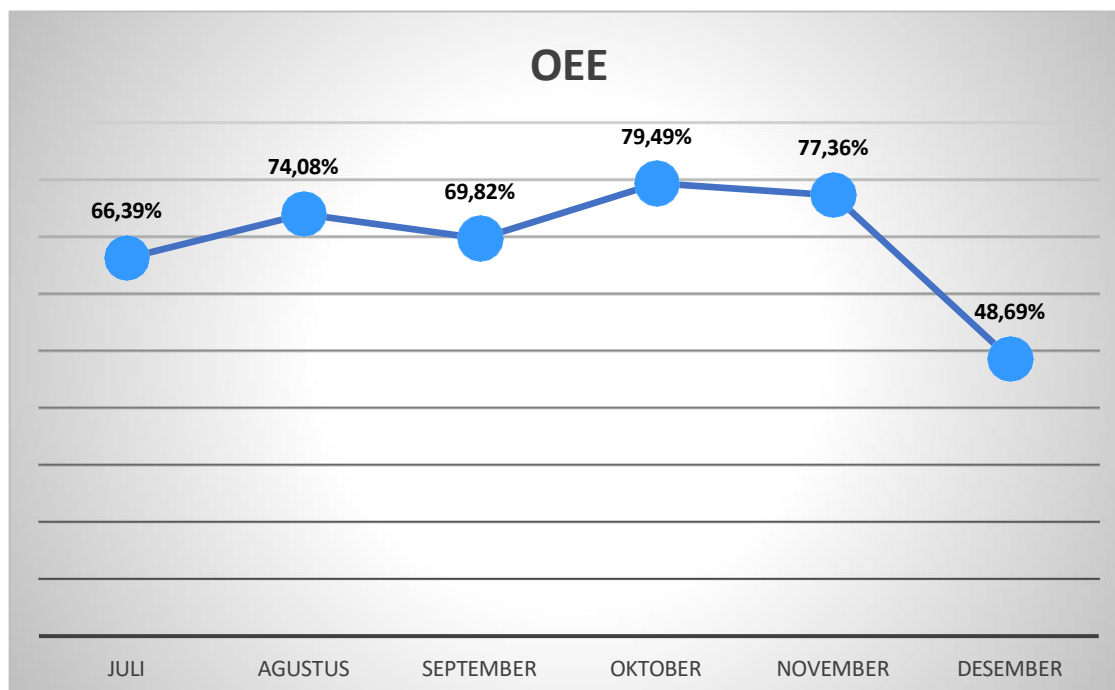


Gambar 5.3 Grafik *Quality Ratio* Juli-Desember 2022

Pada gambar di atas bahwa dapat dilihat *Quality Ratio* konsisten di angka 99%. *Quality Ratio* paling tinggi di Juli sebesar 99,88%. Kemudian pada bulan September hingga bulan Desember nilai *Quality Ratio* konstan di angka 99,80%. Dari hasil tersebut dapat disimpulkan nilai *Quality Ratio* yang diperoleh dari mesin *bucket elevator* telah memenuhi Standar Internasional.

5.4 Analisis Overall Equipment Effectiveness (OEE)

Hasil *Overall Equipment Effectiveness* tujuannya memahami efektifitas mesin. Dalam perhitungan ini mempunyai tujuan memahami hasil *bucket elevator LSU 1* yang merupakan *line* yang cukup tinggi risikonya daripada yang lain. *Overall Equipment Effectiveness* memperhitungkan waktu, performa mesin dan kualitas barang dari *line* suatu produksi. Di bawah ini grafik OEE Juli-Desember 2022 sebagai berikut:



Gambar 5.4 Grafik *Overall Equipment Effectiveness* Juli-Desember 2022

Grafik gambar 5.4 di atas, nilai OEE tertinggi di Oktober sebesar 79,49% sementara OEE paling rendah di Desember persentase 48,69% yang disebabkan oleh nilai *Performance Ratio* yang rendah. Disimpulkan dari hasil di atas OEE tersebut semuanya di bawah Standar Internasional. Berdasarkan *benchmark* dari JIPM yang telah ditetapkan bahwa jika persentase kurang dari 60% diperlukan *progress* secepat mungkin.

5.5 Analisis *Six Big Losses*

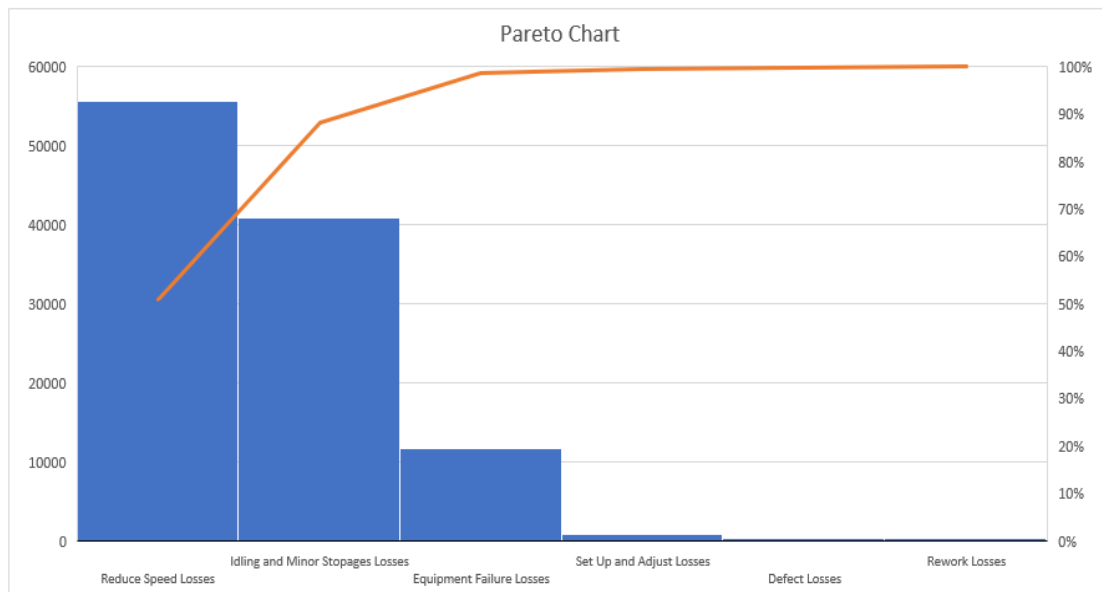
Hasil OEE dan *losses* terkumpul, selanjutnya perhitungan total *losses* yang sangat berpengaruh. Di bawah ini tabel analisis *Six Big Losses*.

Tabel 5.2 Total Nilai *Six Big Losses*

<i>Losses</i>	<i>Minutes</i>	<i>Percentage</i>
<i>Reduce Speed Losses</i>	55592	50,82%
<i>Idling and Minor Stopages Losses</i>	40790	37,29%
<i>Equipment Failure Losses</i>	11658	10,66%
<i>Set Up and Adjust Losses</i>	816	0,75%

<i>Rework Losses</i>	260	0,24%
<i>Defect Losses</i>	278	0,25%
Total	109117	100,00%

Dari tabel 5.6 kemudian dapat digambarkan dalam bentuk *Pareto Diagram* tercantum di bawah ini :



Gambar 5.5 *Six Big Losses Pareto Diagram*

Berdasarkan diagram *Pareto* di atas, *losses* tertinggi yaitu *Reduce Speed Losses* hasilnya sebesar 50,82% nilai tersebut setengah dari keseluruhan *Six Big Losses*, kerugian terbesar kedua yaitu *Idling and Minor Stopages Losses* persentase 37,29%. Tingginya *Reduce Speed Losses* disebabkan *maintenance scheduling* yang tidak terencana baik sehingga terjadinya penurunan fungsi yang mengakibatkan kinerja atau prosesnya tidak maksimal. Tingginya *Idling and Minor Stopages Losses* disebabkan oleh *off* sementara di mana terjadi gangguan salah satunya pencarian setingan mesin yang tepat.

5.6 Analisis *Failure Mode and Effect Analysis* (FMEA)

Analisa *Failure Mode and Effect Analysis* (FMEA) untuk *bucket elevator machine* didapat RPN (*Risk Priority Number*) pada masing-masing komponen yang mengalami kekritisan tinggi. RPN pada masing-masing komponen tersebut tercantum pada tabel 5.3.

Tabel 5.3 RPN pada *Failure Bucket Elevator*

No	Line	Sparepart	Fungsi	Failure Mode	Effect of Failure	Cause of Failure	S	O	D	RPN	Current Action
1	Bucket Elevator	Bucket	Untuk membawa gabah atau material	Pecah atau berlubang	Proses produksi berhenti	Usia	8	7	4	224	Mengganti baru atau ditambah silicone
2		Bearing	Sebagai bantalan sprocket	Bearing pecah	Proses produksi berhenti	Kurang lubrikasi	8	6	4	192	Dilubrikasi dengan grace
3		Sprocket (Roda Gigi)	Untuk memutar pulley	Aus	Proses produksi berhenti, chain mudah lepas, terdapat bunyi hentakan	Sering digunakan	7	4	4	112	Mengganti baru

Dari tabel di atas menghasilkan data dengan diambilnya tiga prioritas tertinggi pada *bucket elevator machine* berupa, *bucket*, *bearing* dan *sprocket*.

5.7 Analisis Pola Distribusi Kerusakan

Pengujian pola distribusi kerusakan pada *exponential*, *lognormal*, *normal* dan *Weibull*. Dilakukannya pengujian pada *Time to failure* (TTF) dan *Time to repair* (TTR) terhadap *bucket*, *bearing* dan *sprocket*. Metode *Least Square Curve Fitting* digunakan untuk menentukan pilihan distribusi *index of fit* (r) paling tinggi. *Index of fit* (r) pada TTF *bucket*, *bearing* dan *sprocket* menggunakan aplikasi *Weibull-DR21* terdapat di tabel bawah ini:

Tabel 5.4 Hasil Uji *Distribution of Time Data* Antar Kerusakan *Bucket*

No	Distribution	MTTF	Index of Fit
1	<i>Weibull</i>	489.56	0.9345
2	<i>Normal</i>	391.12	0.9323
3	<i>Log Normal</i>	4.813	0.9369
4	<i>Exponential</i>	469.35	0.9712

Tabel 5.5 Hasil Uji *Distribution of Time Data* Antar Kerusakan *Bearing*

No	Distribution	MTTF	Index of Fit
----	--------------	------	--------------

1	<i>Weibull</i>	1721,25	1
2	<i>Normal</i>	1725,23	1
3	<i>Log Normal</i>	7.439	1
4	<i>Exponential</i>	1818	0.9404

Tabel 5.6 Hasil Uji *Distribution of Time Data* Antar Kerusakan *Sprocket*

No	<i>Distribution</i>	MTTF	<i>Index of Fit</i>
1	<i>Weibull</i>	1842.76	1
2	<i>Normal</i>	1341.27	1
3	<i>Log Normal</i>	6.9526	1
4	<i>Exponential</i>	1747	0.9989

Berdasarkan tabel di atas data waktu antar rusaknya terpilih melalui *index of fit* (r) paling tinggi. Pola distribusi di atas dapat dilihat bahwa komponen *bucket*, *bearing* dan *sprocket* berdistribusi *exponential*, *normal* dan *weibull*. Sementara itu *index of fit* (r) data waktu antar perbaikan *bucket*, *bearing* dan *sprocket* menggunakan aplikasi *Weibull-DR21* tertera di bawah ini :

Tabel 5.7 Hasil Uji *Distribution of Time Data* Antar Perbaikan *Bucket*

No	<i>Distribution</i>	MTTR	<i>Index of Fit</i>
1	<i>Weibull</i>	5.3475	0.9899
2	<i>Normal</i>	4.82	0.9432
3	<i>Log Normal</i>	1.146	0.9793
4	<i>Exponential</i>	5.42	0.9967

Tabel 5.8 Hasil Uji *Distribution of Time Data* Antar Perbaikan *Bearing*

No	<i>Distribution</i>	MTTR	<i>Index of Fit</i>
1	<i>Weibull</i>	5.1759	0.8832
2	<i>Normal</i>	5.1	0.8938
3	<i>Log Normal</i>	1.4312	0.9189
4	<i>Exponential</i>	6	0.9876

Tabel 5.9 Hasil Uji *Distribution of Time Data* Antar Perbaikan *Sprocket*

No	<i>Distribution</i>	MTTR	<i>Index of Fit</i>
1	<i>Weibull</i>	3.0001	0.9441
2	<i>Normal</i>	3.02	0.9566
3	<i>Log Normal</i>	1.091	0.9681
4	<i>Exponential</i>	2.8	0.915

Distribusi terpilih diambil berdasarkan *index of fit* (r) paling tinggi terdapat pada tabel 5.7 hingga 5.9. Tabel tersebut menjelaskan bahwa komponen *bucket*, dan *bearing* berdistribusi *Exponential* sedangkan komponen *sprocket* berdistribusi *Log Normal*.

5.8 Analisis *Distribution Parameter* TTF dan MTTF

Sesudah data distribusi antar pemulihan didapatkan tahap berikutnya adalah menghitung estimasi parameter dengan tujuan mendapatkan *Mean Time To Failure* (MTTF). Data waktu antar pemulihan *bucket*, *bearing* dan *sprocket* sesuai masing-masing distribusi, berikut distribusi parameter masing-masing MTTF di bawah ini:

Tabel 5.10 *Distribution Parameter* TTF dan MTTF *Bucket*

Komponen	λ	TTF	MTTF
<i>Bucket</i>	2.131	2682.70	1842.76

Tabel 5.11 *Distribution Parameter* TTF dan MTTF *Bearing*

Komponen	σ	μ	TTF	MTTF
<i>Bearing</i>	407.63	1725.23	3450.52	1725.23

Tabel 5.12 *Distribution Parameter* TTF dan MTTF *Sprocket*

Komponen	β	Θ	TTF	MTTF
<i>Sprocket</i>	0.866	1714	2346.80	469.35

5.9 Analisis *Distribution Parameter* TTR dan MTTR

Setelah data distribusi antar pemulihan didapatkan tahap berikutnya adalah menghitung estimasi parameter dengan tujuan mendapatkan *Mean Time To Repair* (MTTR). Data waktu antar pemulihan *bucket*, *bearing* dan *sprocket* sesuai masing-masing distribusi, berikut distribusi parameter masing-masing MTTR di bawah ini:

Tabel 5.13 *Distribution Parameter* TTR dan MTTR *Bucket*

Komponen	λ	TTR	MTTR
<i>Bucket</i>	184.069	33.70	5.42

Tabel 5.14 *Distribution Parameter* TTR dan MTTR *Bearing*

Komponen	λ	TTR	MTTR
<i>Beraring</i>	166.766	15.32	6

Tabel 5.15 *Distribution Parameter TTR dan MTTR Sprocket*

Komponen	tmed	TTR	MTTR
<i>Sprocket</i>	2.9772	9.07	1.091

5.10 Analisis Perhitungan *Labor Cost* Dan *Loss Opportunity Cost*

Cost tenaga kerja meliputi operator mesin di *section RDS* dan mekanik. *Cost* operator sebesar Rp. 261.401,33 sedangkan untuk mekanik sebesar Rp.196.051,00. Operator RDS sebanyak 12 orang sedangkan untuk mekanik sebanyak 9 orang. *Loss opportunity cost* produksi muncul dari hilangnya keuntungan disebabkan rusaknya atau pemeliharaan mesin yang membuat mesin produksi *off. Bucket elevator machien* dapat mentransfer material gabah atau padi sebanyak 17,5 ton/h. Material gabah harganya Rp. 4.595,00/kg, jika dijadikan tonase sebesar Rp. 4.595.000,00. Jadi biaya *loss opportunity cost* produksi sebesar Rp. 80.410.901,00 perjam.

Tabel 5.16 Biaya Tenaga Kerja UMK Ngawi

UMK Ngawi (Rp/bulan)	UMK Ngawi (Rp/shift)	Jumlah Operator	Jumlah Mekanik
1,960,510.00	21,783.44	12	9

Tabel 5.17 Biaya *Loss Opportunity* perjam

Kapasitas Produksi (Ton/Jam)	Harga GKP (Rp/Ton)	Biaya Produksi (Rp/Jam)	<i>Loss Opportunity</i> Produksi (Rp/Jam)
17,5	4.595.000	1.599	80.410.901

Berdasarkan tabel 5.17 mengenai biaya *loss opportunity* perjam, maka dapat dihitung *loss opportunity* selama *downtime*. Akumulasi *downtime* yang terjadi selama 6 bulan Juli – Desember 2022 sebanyak 194 jam 18 menit sehingga total *loss opportunity* dapat dihitung sebagai rumus berikut : (kapasitas produksi x *downtime* x harga GKP) – biaya produksi sedangkan untuk biaya *downtime*, perusahaan hanya menanggung 20% dari biaya *loss opportunity* seperti tabel berikut.

Tabel 5.18 Biaya *Loss Opportunity* selama *downtime*

Kapasitas Produksi (Ton/Jam)	<i>Downtime</i> 6 bulan (Jam)	Harga GKP (Rp/Ton)	Biaya Produksi (Rp/Jam)	<i>Loss Opportunity</i> Produksi (Rp/Jam)
17,5	194,3	4,595,000	1.599	15.623.838.137

Tabel 5.19 Biaya *Downtime*

<i>Downtime</i> (Jam)	Biaya produksi (Rp/Jam)	<i>Loss Opportunity</i> (Rp/Jam)	Biaya <i>Downtime</i> (20% Biaya <i>Loss Opportunity</i>)
1	1.599	80.410.901	16.082.180
194,3	310.613	15.623.838.137	3.124.767.627

5.11 Analisis Perhitungan Biaya Perawatan dan Perawatan Karena Kerusakan

Cost perawatan merupakan *cost* yang timbul karena adanya pemeliharaan. *Cost* perawatan mencakup *downtime cost* (penetapan perusahaan 20% dari *cost loss opportunity*), *labor cost* baik operator maupun mekanik dan *cost* material komponen. Hasil analisa *cost* perawatan komponen *bucket* sebesar Rp. 87.623.103,42 untuk komponen *bearing* senilai Rp. 96.986.765,98 sedangkan untuk *sprocket* seharga Rp. 18.199.111,01. Di samping itu, ada *cost* perbaikan akibat rusaknya komponen setiap masing-masing siklus dalam perawatan. *Cost* ini terdiri dari *loss opportunity* produksi, *labor cost* dan *material component cost*. Hasil analisa untuk *cost* perawatan karena rusak untuk komponen *bucket* sebesar Rp. 436.284.771,79 untuk komponen *bearing* senilai Rp. 482.959.092,58 sedangkan komponen material *sprocket* yaitu Rp. 88.381.745,73.

Tabel 5.20 *Cost* Perawatan

<i>Component</i>	<i>Cost</i> (Rp/pcs)	<i>Labor Cost</i> (Rp)		<i>Downtime</i> (Rp)	CM (Rp)
		<i>Operator</i>	<i>Mechanic</i>		
<i>Bucket</i>	234	261.401,33	196.051,00	16.082.180,28	87.623.103,42
<i>Bearing</i>	36.232	261.401,33	196.051,00	16.082.180,28	96.986.765,98
<i>Sprocket</i>	196.000	261.401,33	196.051,00	16.082.180,28	18.199.111,01

Tabel 5.21 *Cost* Perawatan Karena Kerusakan

<i>Component</i>	<i>Cost</i> (Rp/pcs)	<i>Labor Cost</i> (Rp)		<i>Loss Opportunity</i> (Rp)	CF (Rp)
		<i>Operator</i>	<i>Mechanic</i>		

<i>Bucket</i>	234	261.401,33	196.051,00	80.410.901,38	436.284.771,79
<i>Bearing</i>	36.232	261.401,33	196.051,00	80.410.901,38	482.959.092,58
<i>Sprocket</i>	196.000	261.401,33	196.051,00	80.410.901,38	88.381.745,73

Dari hasil perhitungan di bab IV *reliability* dapat dinaikkan dan total *cost* pemeliharaan dapat diminimalisir. Semua *spare parts* kritis mesin *bucket elevator* terhitung *interval* waktu pemeliharaan optimal (TM), *interval* pemeliharaan sistem lama perusahaan (TO) juga terhitung *reliability* dari waktu pemeliharaan optimal R(TM) serta *reliability interval* pemeliharaan sistem lama perusahaan R(TO). Peningkatan *reliability* terbesar pada komponen *bearing* yang pertamanya 0,32215 naik menjadi 0,98106 persentasenya bertambah sebesar 67,163% dan paling kecil pada *sprocket* yang awalnya 0,37905 berubah menjadi 0,96427 persentasenya naik sebesar 60,690%. Selanjutnya pengurangan pada total *cost* pemeliharaan terbesar pada *bucket* yang mula-mula Rp. 80.868.587,71 menjadi Rp. 16.539.866,61 dengan persentase penurunan sebesar 79,547% dan paling kecil pada komponen *sprocket* yang sebelumnya Rp. 81.064.353,71 menjadi Rp. 16.735.632,61 dengan persentase penurunan sebesar 79,355% maka TM tersebut dapat dibuat menjadi indikator atau *benchmarks* kebijakan pemeliharaan optimal dikarenakan sukses meningkatkan *reliability* (R) dan mengurangi *cost* (TC).

Tabel 5.22 Perbandingan Peningkatan *Reliability* dan Penurunan Total Biaya

<i>Component</i>	R(TO)	R(TM)	TcTO (Rp/H)	TcTM (Rp/H)	<i>Increased Reliability</i>	<i>Reducing Total Costs</i>
<i>Bucket</i>	0,32459	0,90276	80.868.587,71	16.539.866,61	64,044%	79,547%
<i>Bearing</i>	0,32215	0,98106	80.904.585,71	16.575.864,61	67,427%	79,512%
<i>Sprocket</i>	0,37905	0,96427	81.064.353,71	16.735.632,61	60,690%	79,355%

5.12 Analisis *Interval* Perawatan Optimal dan Perancangan Jadwal *Maintenance*

Hasil analisis *Interval* perawatan yang optimal pada komponen *bucket* sebesar 202,46 jam, untuk material komponen *bearing* senilai 293,93 jam sedangkan untuk material komponen *sprocket* 689,31 jam. Dari hasil *Interval* perawatan dapat dibuat usulan perancangan jadwal *maintenance* untuk pertimbangan terjadinya kegagalan masing-masing material komponen. Rancangan penjadwalan tersebut diharapkan dapat

berguna untuk ke depannya dan juga untuk perusahaan. Rancangan ini dibuat untuk bulan Juli 2023 hingga bulan Desember 2023.

Tabel 5.23 Rancangan Penjadwalan *Maintenance*

Hari/Bulan	Juli-23					Agustus-23					September-23					Oktober-23					November-23					Desember-23				
Senin	26	3	10	17	24	31	7	14	21	28	4	11	18	25	2	9	16	23	30	6	13	20	27	4	11	18	25			
Selasa	27	4	11	18	25	1	8	15	22	29	5	12	19	26	3	10	17	24	31	7	14	21	28	5	12	19	26			
Rabu	28	5	12	19	26	2	9	16	23	30	6	13	20	27	4	11	18	25	1	8	15	22	29	6	13	20	27			
Kamis	29	6	13	20	27	3	10	17	24	31	7	14	21	28	5	12	19	26	2	9	16	23	30	7	14	21	28			
Jumat	30	7	14	21	28	4	11	18	25	1	8	15	22	29	6	13	20	27	3	10	17	24	1	8	15	22	29			
Sabtu	1	8	15	22	29	5	12	19	26	2	9	16	23	30	7	14	21	28	4	11	18	25	2	9	16	23	30			
Minggu	2	9	16	23	30	6	13	20	27	3	10	17	24	1	8	15	22	29	5	12	19	26	3	10	17	24	31			

	Pengecekan / perawatan pada <i>bucket</i>
	Pengecekan / perawatan pada <i>bearing</i>
	Pengecekan / perawatan pada <i>sprocket</i>
	Pengecekan / perawatan pada <i>bucket</i> dan <i>bearing</i>
	Pengecekan / perawatan pada <i>bucket</i> dan <i>sprocket</i>

BAB VI KESIMPULAN DAN SARAN

6.1 Kesimpulan

Dari semua analisa pembahasan sebelumnya, maka dapat ditarik kesimpulannya di bawah ini:

1. Kinerja mesin *bucket elevator* tidak memenuhi persyaratan *Overall Equipment Effectiveness*. Hasil analisa didapatkan persentase OEE dengan rata-rata 69,31%. Hal ini dipengaruhi oleh salah satu bagian OEE yang di bawah minimal pada performa mesin *bucket elevator* durasi enam bulan dengan nilai *mean Availability* 94,46%, *Perfomance Ratio* 73,79% dan *Quality Ratio* 99,82%. Meskipun satu nilai (*Perfomance Ratio*) tidak mencapai target sedangkan *Availability* dan *Quality Ratio* memenuhi target maka harus tetap mendapatkan perbaikan, *improvement* dan *replacement*.
2. Hasil dari masing-masing nilai Enam Kerugian Besar yaitu *Equiment Failure Losses* sebesar 10,66%, *Set Up and Adjust Losses* dengan nilai 10,66%, *Defect Losses* 0,25%, *Rework Losses* 0,24% sedangkan sisanya *Reduce Speed Losses* 50,95% dan *Idling and Minor Stopages Losses* 37,38% dengan akar permasalahan kurangnya pengawasan, perawatan serta usia mesin yang sudah tua.
3. Biaya *loss opportunity* produksi yang terjadi dalam 6 bulan sebesar 242 juta dan setelah diterapkan perancangan penjadwalan *Preventive Maintenance* dengan *Interval* waktu untuk perawatan dan perawatan karena kerusakan ada penurunan biaya dengan rata-rata 79,47%.

6.2 Saran

Usulan atau saran yang memerlukan pertimbangan perusahaan untuk meningkatkan suatu kinerja mesin adalah

1. Melakukan sosialisai dan pelatihan kepada semua operator agar menambah keahlian, kemampuan dan kepedulian sehingga perusahaan dapat menerapkan *autonomous maintenance* dengan baik.
2. Sebaiknya mesin-mesin kritis dilakukan perawatan rutin sesuai dengan *schedule* yang telah dibuat sesuai dengan standar agar dapat mencegah terjadinya kerusakan dan resiko bahaya serta biaya kerugian yang timbul.

3. Memperhatikan penjadwalan *maintenance* yang aktif dan diterapkan secara disiplin serta diketahui oleh pihak produksi, *engineering* dan manajemen.

DAFTAR PUSTAKA

- Airlangga, Gergorius., Rachmat Agatha., Lapihu, Dodisutarma. (2019). *Comparison of exponential smoothing and neural network method to forecast rice production in Indonesia. Telkomnika (Telecommunication Computing Electronics and Control) (2019)*
- Alhilman, Judi., Abdillah, AF. (2019). *Analysis of Double Indian Ballbreaker Net Sorter Machine Based on Overall Equipment Effectiveness Method Cases in Tea Plantation Plants. IOP Conference Series: Materials Science and Engineering 528 (1), 012046*
- Ali, A.Y. (2019). *Application of Total Productive Maintenance in Service Organization. International Journal of Research in Industrial Engineering, 8(2), 176-186.*
- Amorim, G., Hatakeyama, K., & Rojas-Lema, X. (2018). *Implantation of Total Productive Maintenance: A Case Study in the Manufacturing Industry. New Global Perspectives on Industrial Engineering and Management, 259-267. https://doi.org/10.1007/978-3-319-93488-4_29*
- Anthony, M.B, 2019, Analisis Penerapan Total Productive Maintenance (TPM) Menggunakan Overall Equipment Efectiveness (OEE) Dan Six Big Losses Pada Mesin Cold Leveller PT. KPS, JATI UNIK, 2019, Vol.2, No.2, Hal. 94-103. Banten, Universitas Serang Raya
- Ariani, F., Nasution, D. M., & Sibarani, H. (2020, May). Corrective Maintenance of Worm Gear a Screw Press Machine with a capacity of 30 tons per hour using Wear Analysis and its response to Conus Pressure. In *IOP Conference Series: Materials Science and Engineering* (Vol. 851, No. 1, p. 012006). IOP Publishing.
- Arsha Rs, Prasad Rasane, Jyoti Singh. (2021). *Rice: Bioactive compounds and their health benefits. The Pharma Innovation Journal (2021)*
- Bataineh, O., Al-Hawari, T., Alshraideh, H., & Dalalah, D. (2019). *A sequential TPM-based scheme for improving production effectiveness presented with a case study. Journal of Quality in Maintenance Engineering, 25(1), 144-161. <https://doi.org/10.1108/JQME-07-2017-0045>*
- Bundumala, Nirmala. (2018). *Rice Production in Asia: Key to Global Food Security. Proceedings of the National Academy of Sciences India Section B - Biological Sciences (2018)*
- Eden, C., & Ackermann, F. (2018). *Theory into practice, practice to theory: Action research in method development. European Journal of Operational Research, 271(3), 1145-1155. <https://doi.org/10.1016/j.ejor.2018.05.061>*
- Farahani, A., Tohidi, H., Shoja, A. (2020). *Optimization of overall equipment effectiveness with integrated modeling of maintenance and quality. Engineering Letters, vol. 28, no. 2, 400–405*

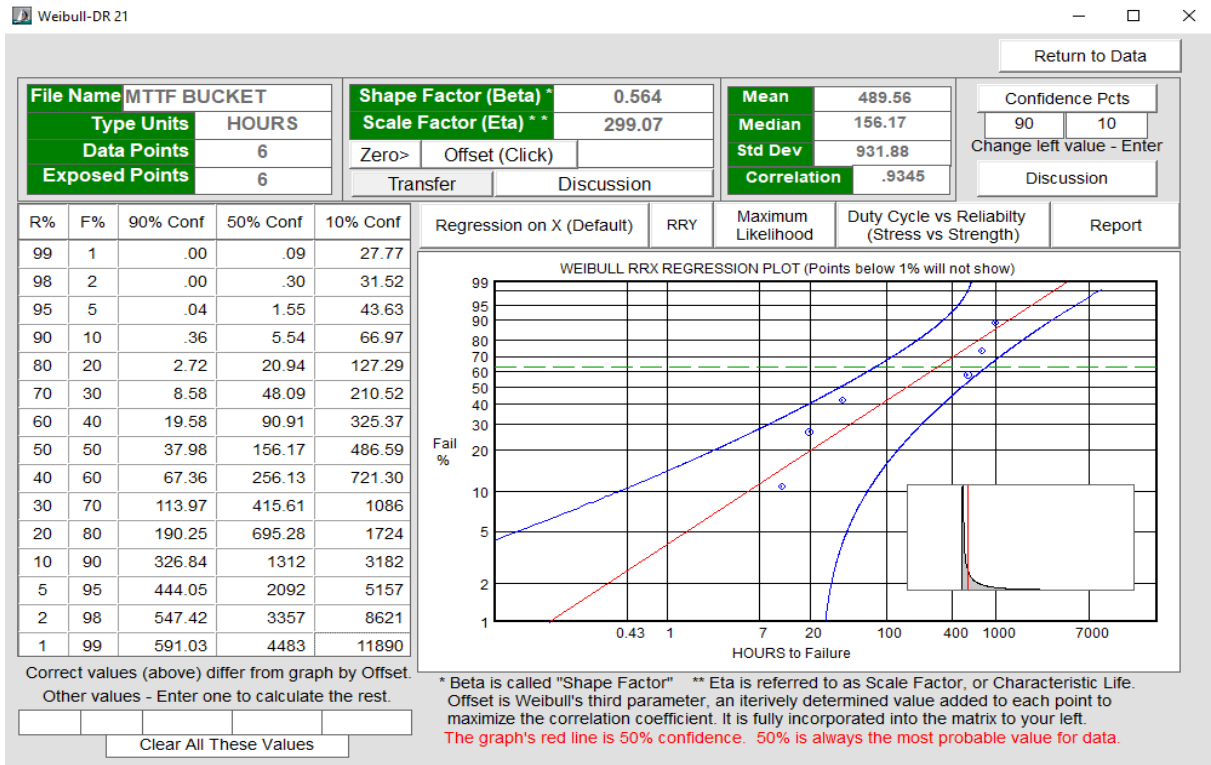
- Ferdoushi Ahmed, Md Shahin Mia, Sutonya Thongrak, Sirirat Kiatpathomchai. (2020). *Production, Postharvest Natasyanology and Trade of Rice: A Study on Current Scenario in ASEAN. papers.ssrn.com (2020)*
- Joshi, K.M., & Bhatt, D.V. (2018). *A modified TPM framework for Indian SMEs. International Journal of Advanced Research in Engineering and Technology, 9(6), 1-14.*
- Madanhire, I., Mugwindiri, K., Ndlovu, S., & Mbohwa, C. (2018). *Adjudging the Efficacy of Total Productive Maintenance: Case Study. Proceedings of International Conference on Industrial Engineering and Operations Management.Pretoria, South Africa.*
- Manahan P. Tampubolon., (2018)., *Manajemen Operasi dan Rantai Pemasok*, Penerbit Mitra Wacana Media, Jakarta
- Manihalla, P.P., Gopal, R.C., Rao, S.T., & Javaraiah, R.M. (2019). *A survey on factors affecting total productive maintenance (TPM) in service industries. AIP Conference Proceedings (1-9). <https://doi.org/10.1063/1.5092940>*
- Martomo, Zenithia Intan., Laksono, Pringgo Widy. (2018). *Analysis of Total Productive Maintenance (TPM) Implementation Using Overall Equipment Effectiveness (OEE) and Six Big Losses: A Case Study. AIP Conference Proceedings, Volume 1931, Issue 1. Id.030026*
- Mardianto, M. Fariz Fadillah., Tjahjono, Eko., Rifada, Marisa. (2019). *Statistical modelling for prediction of rice production in Indonesia using semiparametric regression based on three forms of fourier series estimator. ARPN Journal of Engineering and Applied Sciences (2019)*
- Minanda SA, Withjahjo S, Safaruddin (2022) perbaikan dan pemeliharaan belt bucket elevator pada area packing plant baturaja II di PT. Semen Baturaja Tbk – ogan komering ulu sumatera selatan. *Jurnal Lintas Ilmu-JLI Vol.1(1) Halaman 58-66*
- Mukhedkar, D.K. (2020). *Impact of TPM Implementation on Organizations' Competitiveness. International Journal of Research and Analytical Reviews, 7(1), 791-796.*
- Nurprihatin, Filscha., Angely, Meilily., Tannady, Hendy. (2019). *Total Productive Maintenance Policy to Increase Effectiveness and Maintenance Perfomance Using Overall Equipment Effectiveness. Journal of Applied Research on Industrial Engineering 6 (3), 184-199*
- Nofriani, Fajrah., Noviardi. (2018). *Analisis Performansi Mesin Pre-Turning dengan Metode Overall Equipment Effectiveness pada PT APCB”, Jurnal Optimasi Sistem Industri, Vol. 17, No. 2, PP. 126–134, Oct. 2018*
- Octavianti Surya, Natasha., Chaerunisa, Anis Yohana. (2022). *Analisis Pengaruh Line Stop terhadap Nilai Overall Equipment Effectiveness (OEE) sebagai Upaya untuk Menentukan Efektivitas Mesin X sebagai Mesin Pengemasan Sekunder Doos Obat di Suatu Industri Farmasi. Majalah Farmasetika, 7 (5) 2022, 459-468*

- Patil, L., & Raut, N. (2019). *Study of total productive maintenance and improving the production*. *International Journal of Research and Analytical Reviews*, 6(1), 519-522.
- Pacaiova, H., & Izarlkova, G. (2019). Base Principles and Practices for Implementation of Total Productive Maintenance in Automotive Industry. *Quality Innovation Prosperity*, 23(1), 45-59. <https://doi.org/10.12776/qip.v23i1.1203>
- Poor, P., Zenisek, D., & Basl, J. (2019). *Historical Overview of Maintenance Management Strategies: Development from Breakdown Maintenance to Predictive Maintenance in Accordance with Four Industrial Revolutions*. *Proceedings of the International Conference on Industrial Engineering and Operations Management*. Pilsen, Czech Republic.
- Prabowo, A.H., Suprpto, Y.B., & Farida. (2018). *The Evaluation of Eight Pillars Total Productive Maintenance (TPM) Implementation and Their Impact On Overall Equipment Effectiveness (OEE) and Waste*. *Jurnal PASTI*. Vol IX (3): 286 – 299
- Prabowo, Rommy., Hariyono, Hendrik., Rimawan, Erry. (2020). *Total Productive Maintenance (TPM) pada Perawatan Mesin Grinding Menggunakan Metode Overall Equipment Effectiveness (OEE)*. *Journal Industrial Servicess* Vol. 4 No. 2 Maret 2020
- Prashanth Pai, M., Ramachandra, C.G., Srinivas, T.R., & Raghavendra, M.J. (2018). A Study on Usage of Total Productive Maintenance (TPM) in Selected SMEs. *IOP Conference Series: Materials Science and Engineering*, 376, 1-8. <https://doi.org/10.1088/1757-899X/376/1/012117>
- Reyes, John., Alvarez, Kevin., Martinez, Amanda., Guaman, Juan. (2018). Total Productive Maintenance for The Sewing Process in Footwear. *Journal of Industrial Engineering and Management*. *JIEM*, 2018 – 11(4): 814-822 – Online ISSN: 2013-0953 – Print ISSN: 2013-8423
- Shinde, D.D., Ahirrao, S., & Prasad, R. (2018). *Fishbone Diagram: Application to Identify the Root Causes of Student–Staff Problems in Technical Education*. *Wireless Personal Communications*, 100(2), 653-664. <https://doi.org/10.1007/s11277-018-5344-y>
- Singh, R.K., Clements, E.J., & Sonwaney, V. (2018). *Measurement of overall equipment effectiveness to improve operational efficiency*. *International Journal of Process Management and Benchmarking*, 8(2), 246-261. <https://doi.org/10.1504/IJPMB.2018.090798>
- Sujana, I Made Ivan Wiyarta Cakra, (2019). *Aplikasi Overall Equipment Effectiveness (OEE) Dalam Upaya Mengatasi Tingginya Downtime Pada Stasiun Ketel Di PG X Jawa Timur*. *Multitek Indonesia: Jurnal Ilmiah* Vol: 13 No. 2, Desember 2019, Hal. 95-103
- Sukanta, S., Maulana, R., & Sari, D.A. (2018). *Implementations of Autonomous Maintenance to Relieve Stoppages on PT NIKF - Sachet Packaging Chain*. *The*

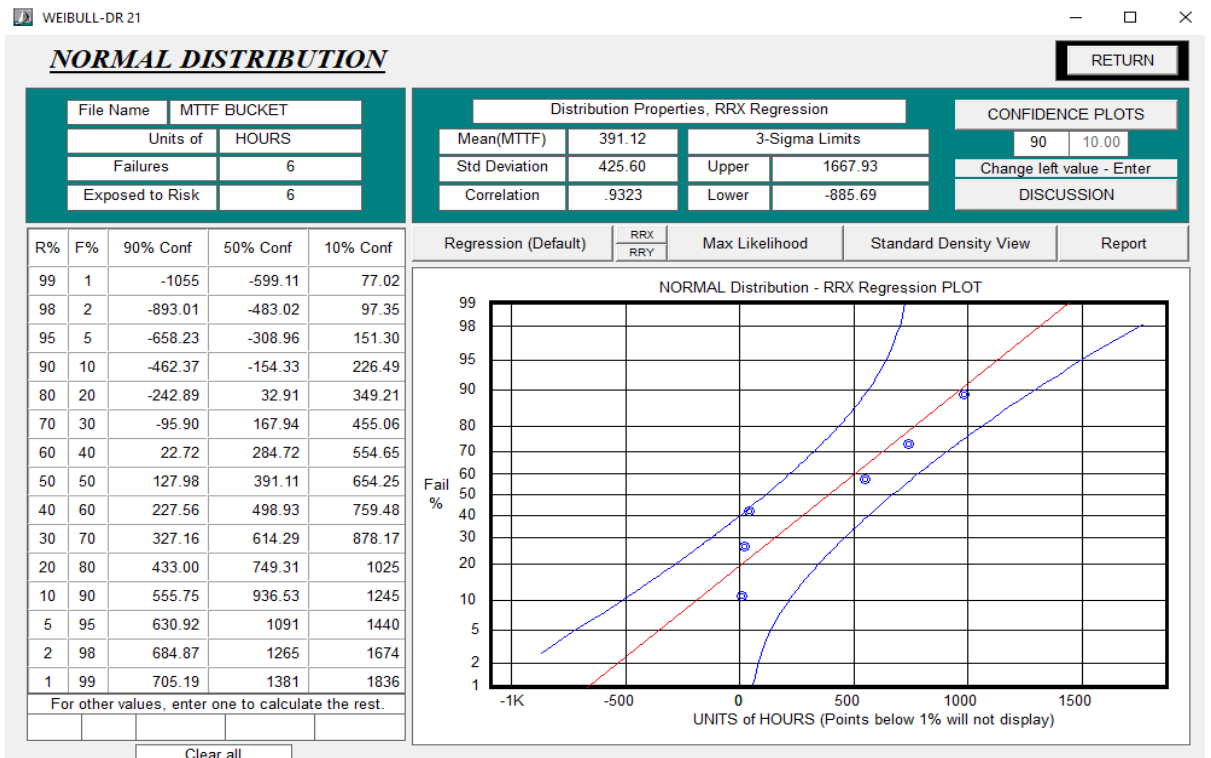
Journal for Technology and Science, 29(3), 65-71.
<https://doi.org/10.12962/j20882033.v29i2.3569>

- Sutoni, A., Setyawan, W., & Munandar, T. (2019). *Total Productive Maintenance (TPM) Analysis on Lathe Machines using the Overall Equipment Effectiveness Method and Six Big Losses*. *Journal of Physics: Conference Series*, 1179, 1-6.
<https://doi.org/10.1088/1742-6596/1179/1/012089>
- Sonmez, V., Caner, M., Ozlem, T. and Testik, M. (2018), “Overall equipment effectiveness when production speeds and stoppage durations are uncertain”, *The International Journal of Advanced Manufacturing Technology*, Vol. 95 Nos 1-4, pp. 121-130
- Tian Xiang, Z., & Jeng Feng, C. (2021). *Implementing total productive maintenance in a manufacturing small or medium-sized enterprise*. *Journal of Industrial Engineering and Management*, 14(2), 152-175. <https://doi.org/10.3926/jiem.3286>
- Tsarouhas, P. (2019). Improving operation of the croissant production line through overall equipment effectiveness (OEE). *International Journal of Productivity and Performance Management*, 68(1), 88-108. <https://doi.org/10.1108/IJPPM-02-2018-0060>
- Tsarouhas, P. (2019). *Overall Equipment Effectiveness for An Automated Ice Cream Production Line: A Case Study*. *International Journal of Productivity and Performance Management*, Vol. 69 No.5, Pp 1009-1032.
- Wakiru, J.M., Pintelon, L., Muchiri, P., Chemweno, P. (2020). *Integrated maintenance policies for performance improvement of a multi-unit repairable, one product manufacturing system*. *Production Planning & Control*, 1-21, DOI: 10.1080/09537287.2020.1736684
- Yang, L., Ye, Z., Lee, C.G., Yang, S., & Peng, R. (2019). *A two-phase preventive maintenance policy considering imperfect repair and postponed replacement*. *European Journal of Operational Research*, 274(3), 966-977.
<https://doi.org/10.1016/j.ejor.2018.10.049>

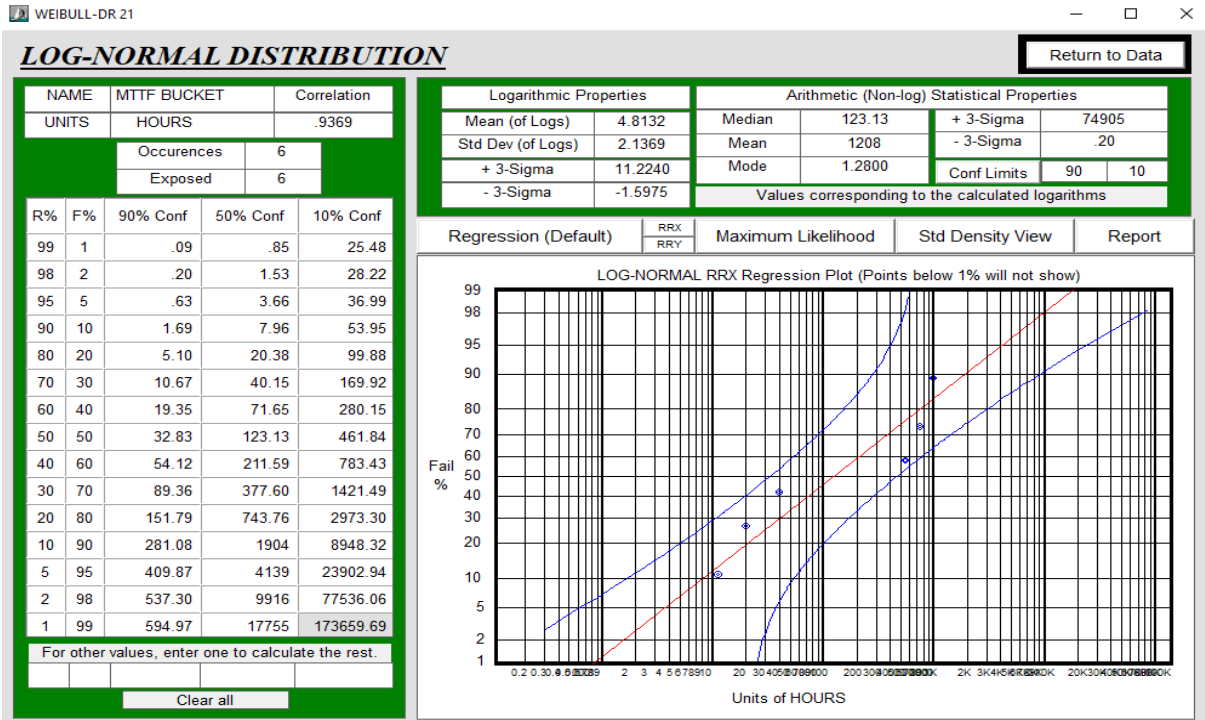
LAMPIRAN



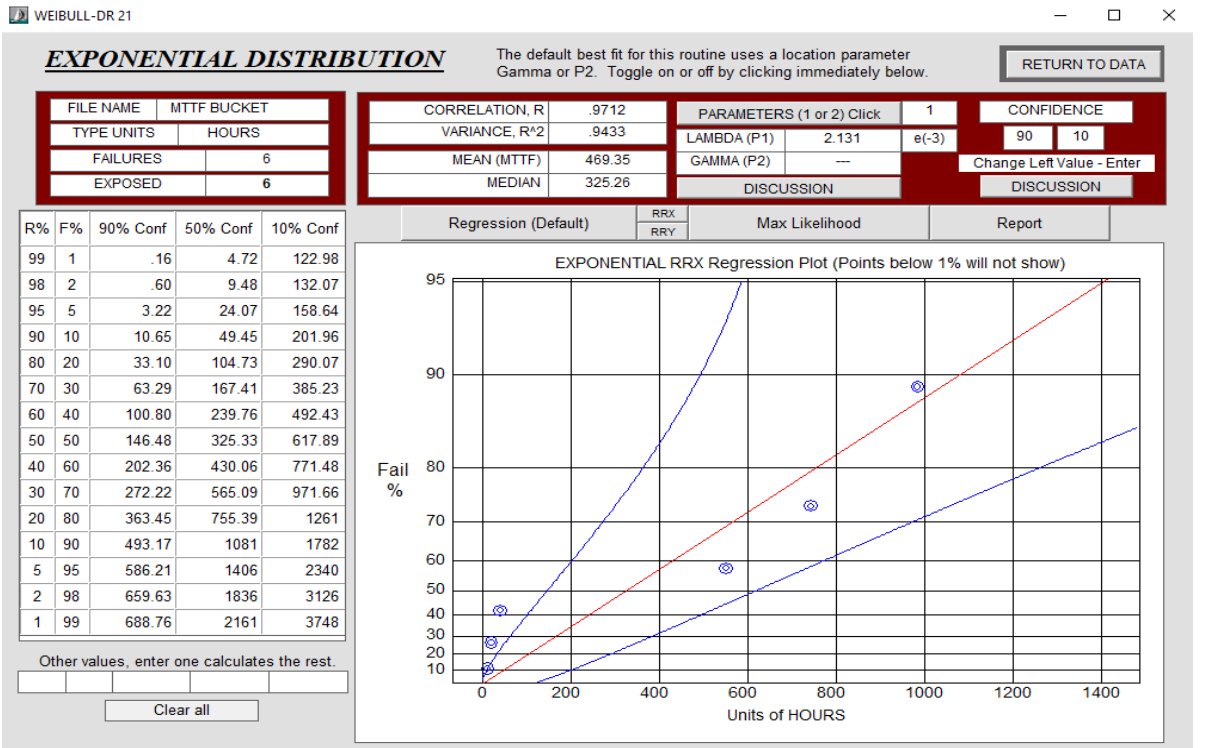
Weibull Distribution MTTF Bucket



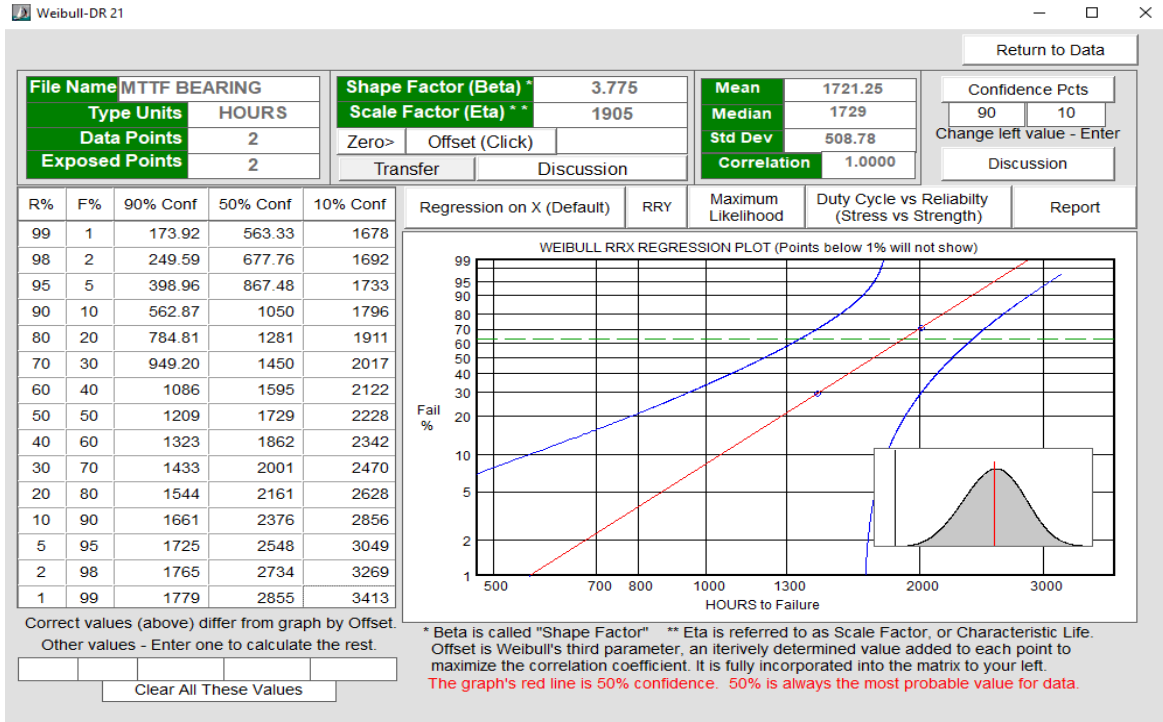
Normal Distribution MTTF Bucket



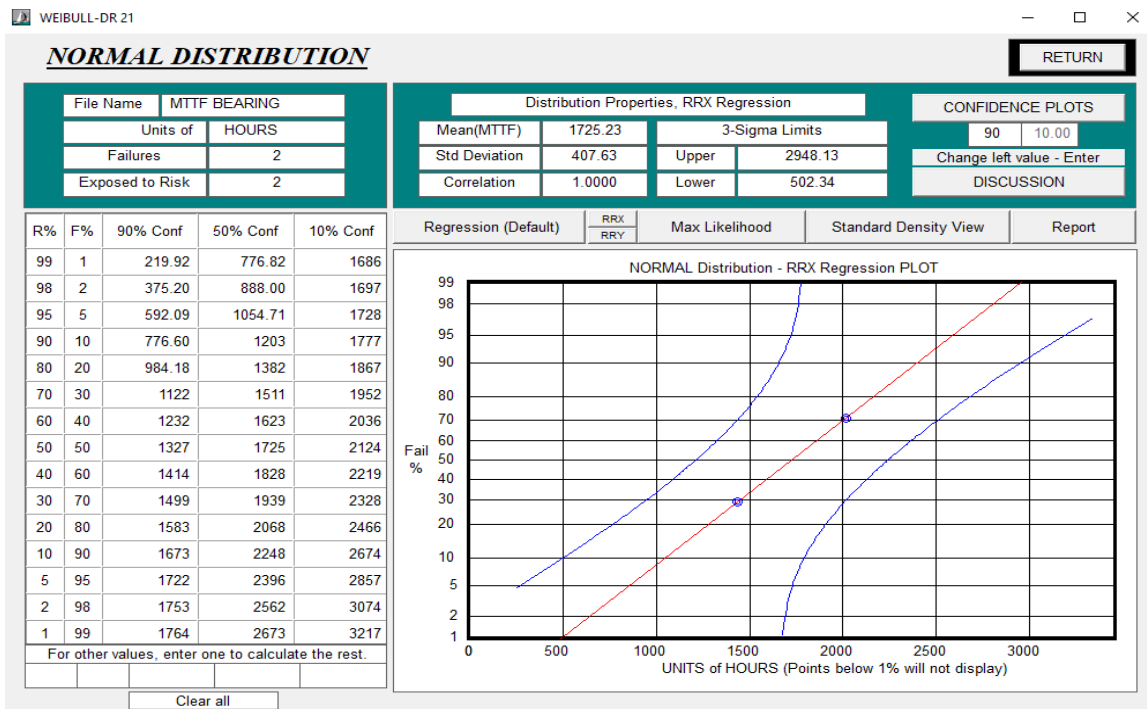
Lognormal Distribution MTTF Bucket



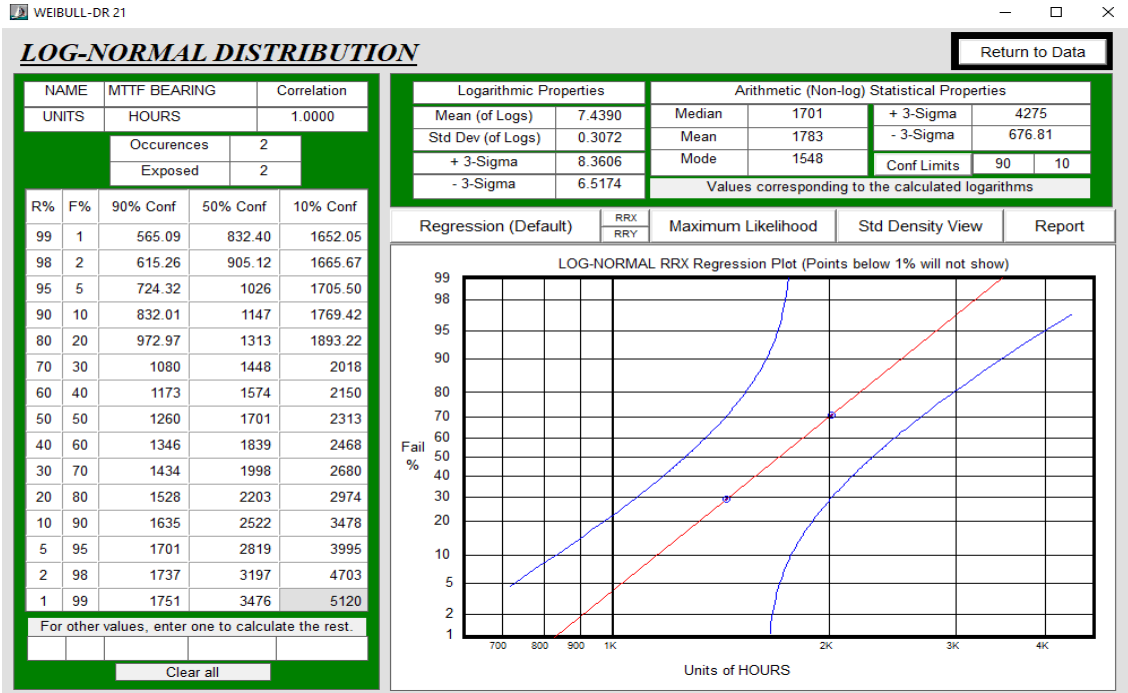
Exponential Distribution MTRR Bucket



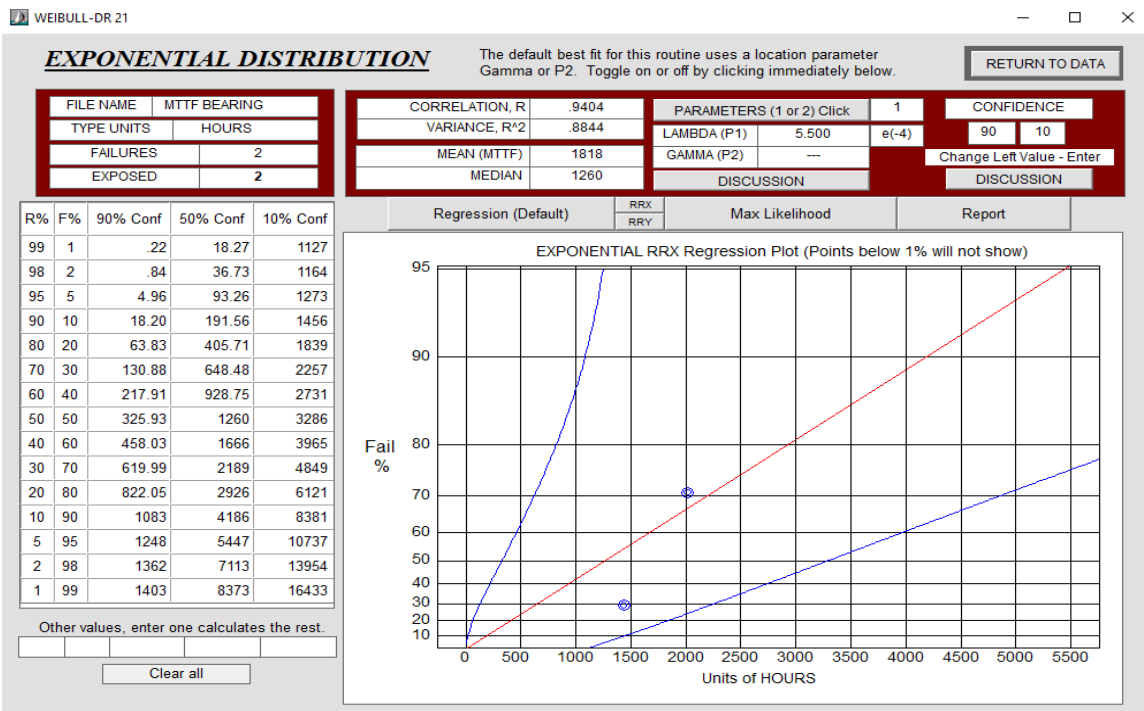
Weibull Distribution MTF Bearing



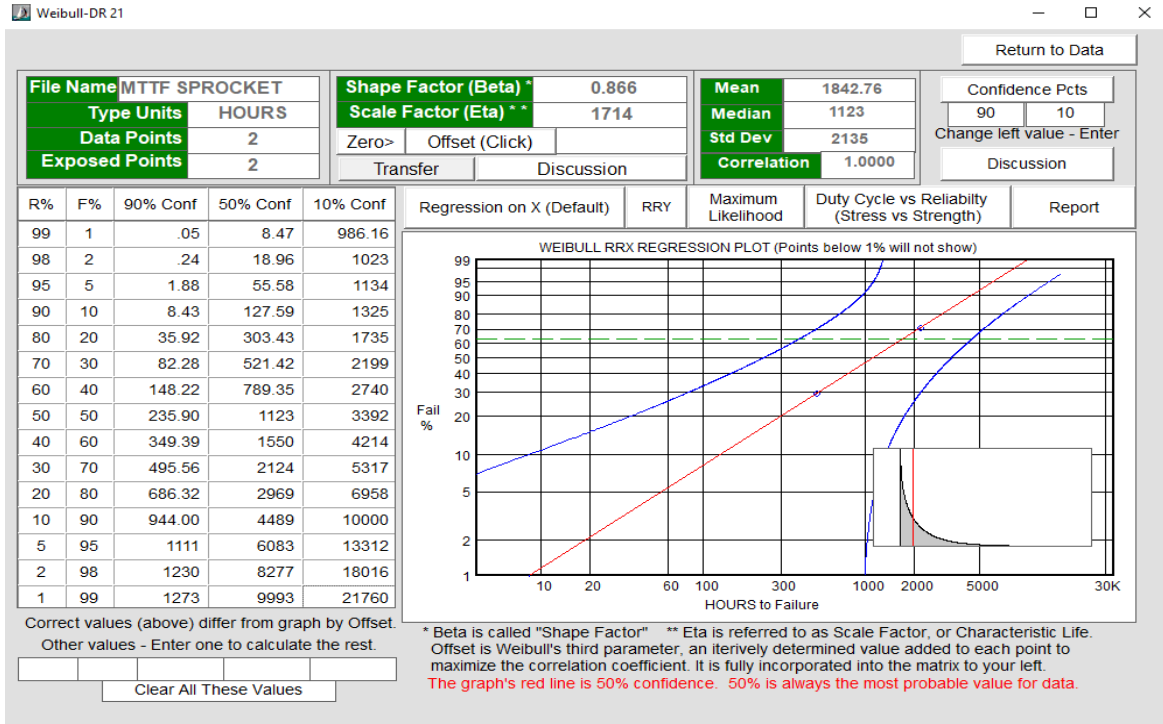
Normal Distribution MTF Bearing



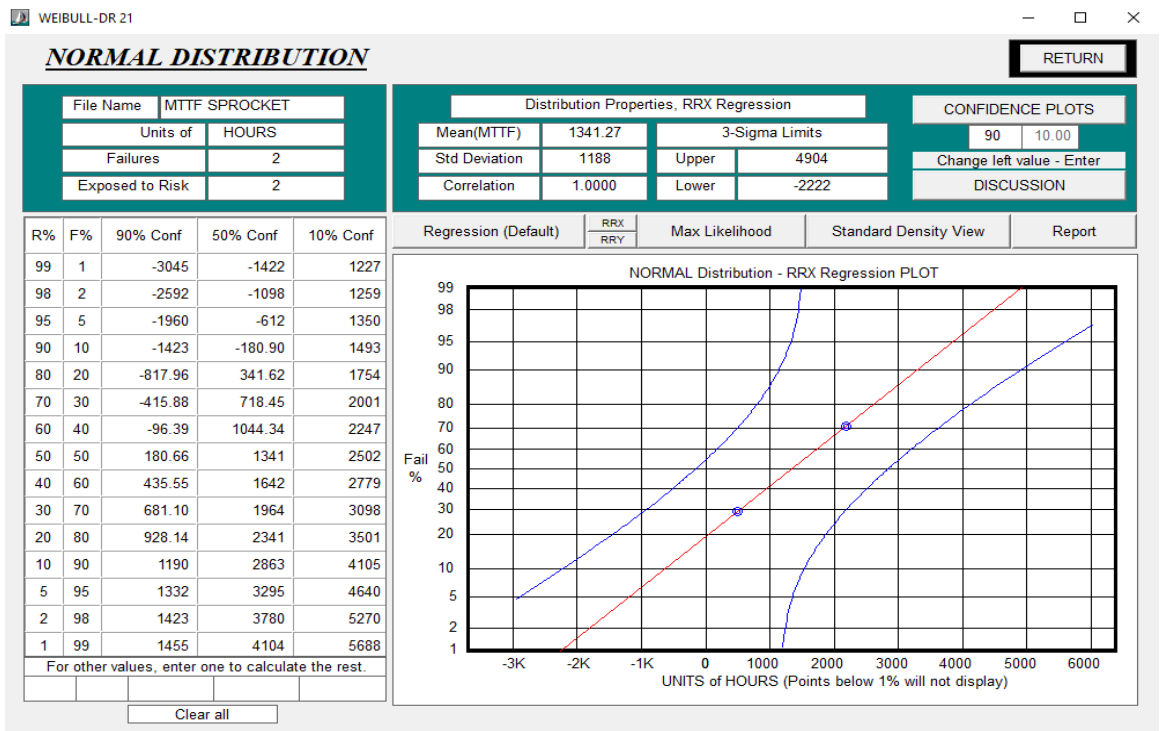
Lognormal Distribution MTTF Bearing



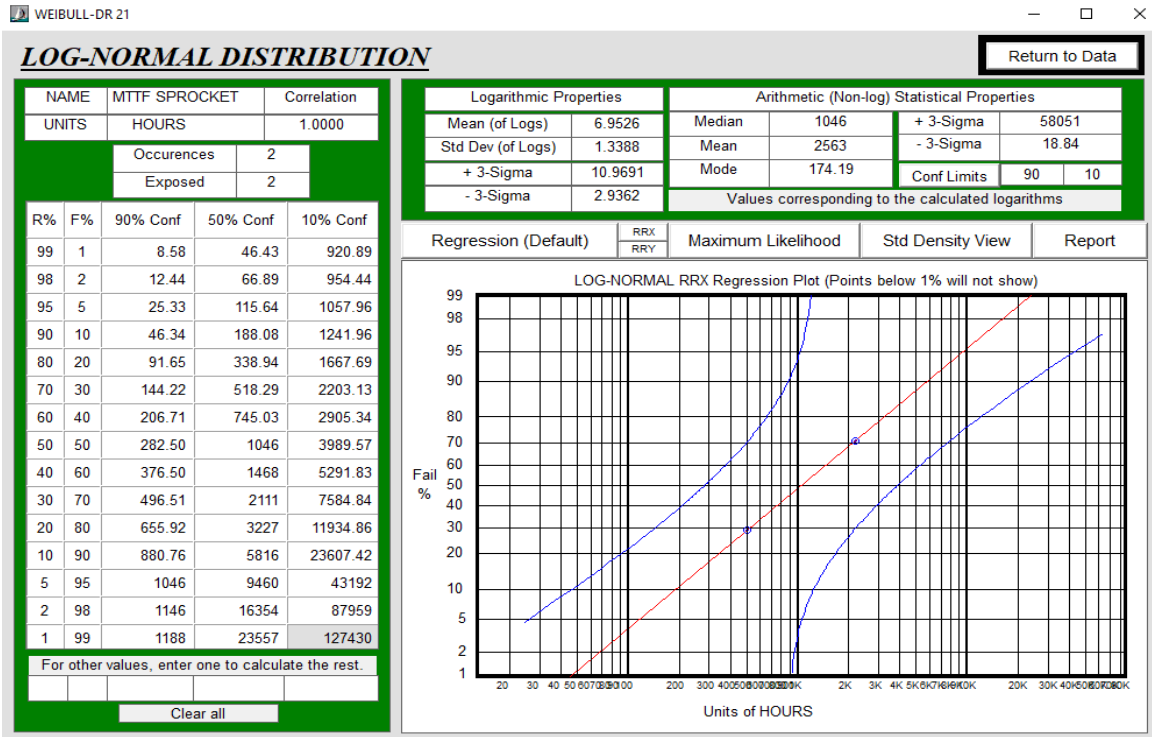
Exponential Distribution MTTR Bearing



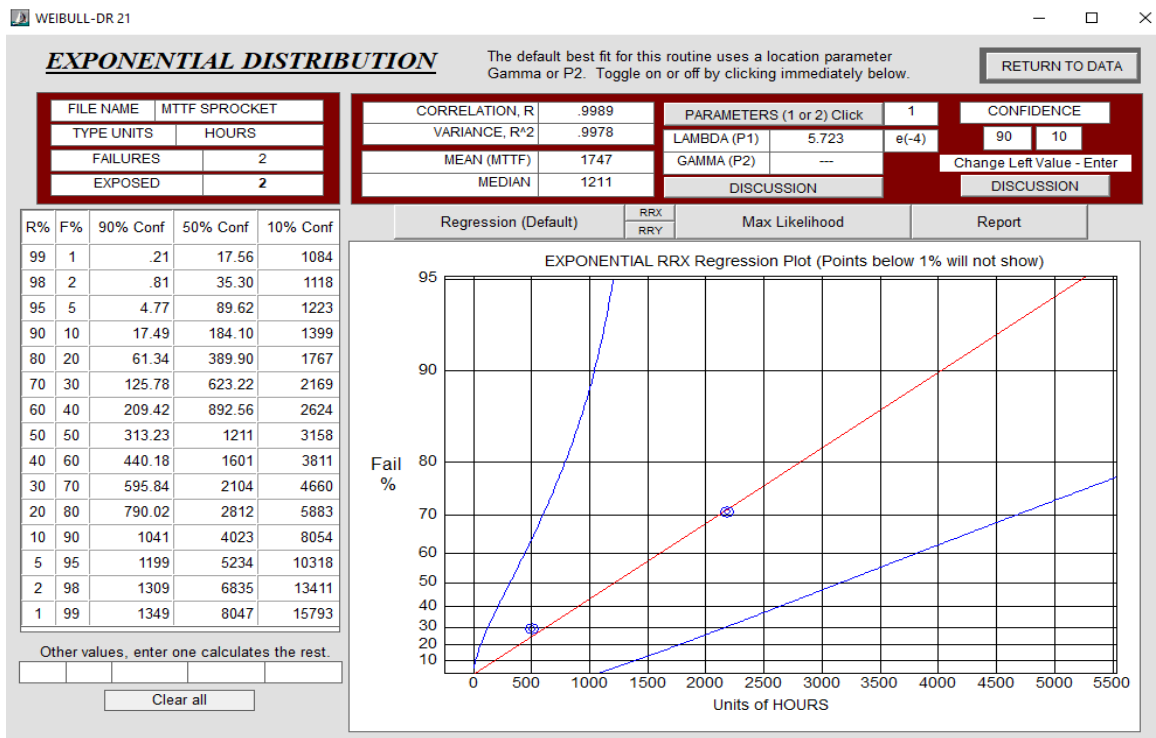
Weibull Distribution MTF Sprocket



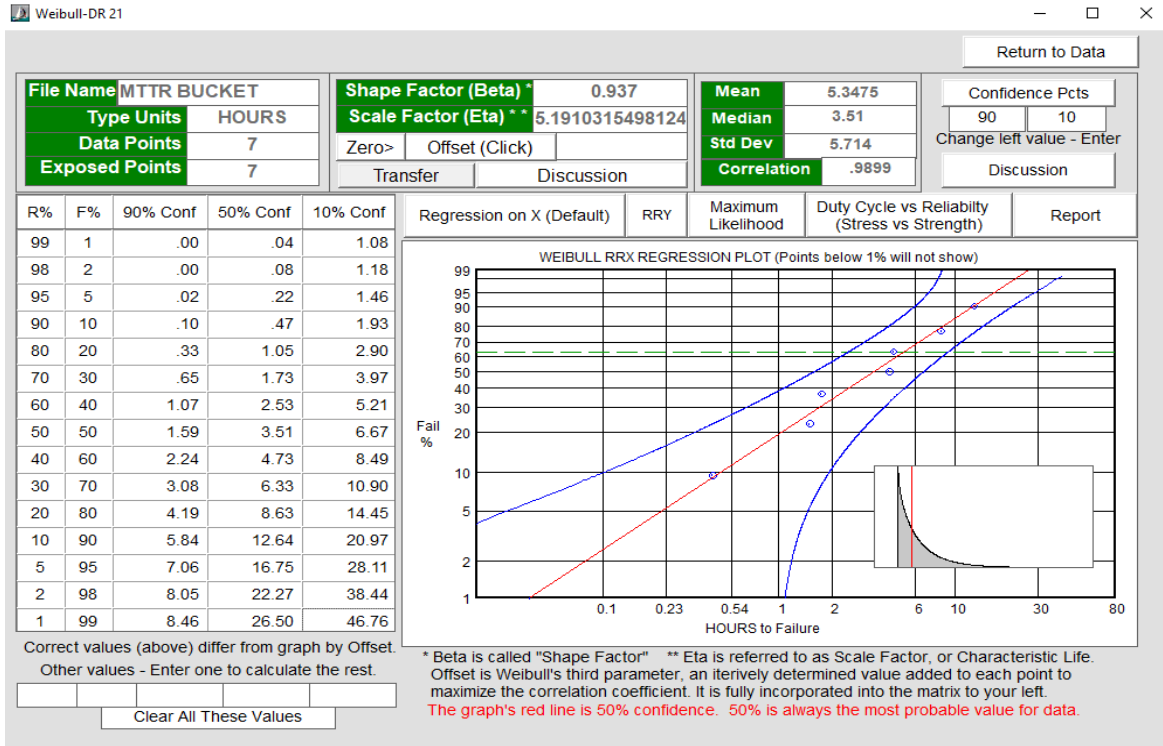
Normal Distribution MTF Sprocket



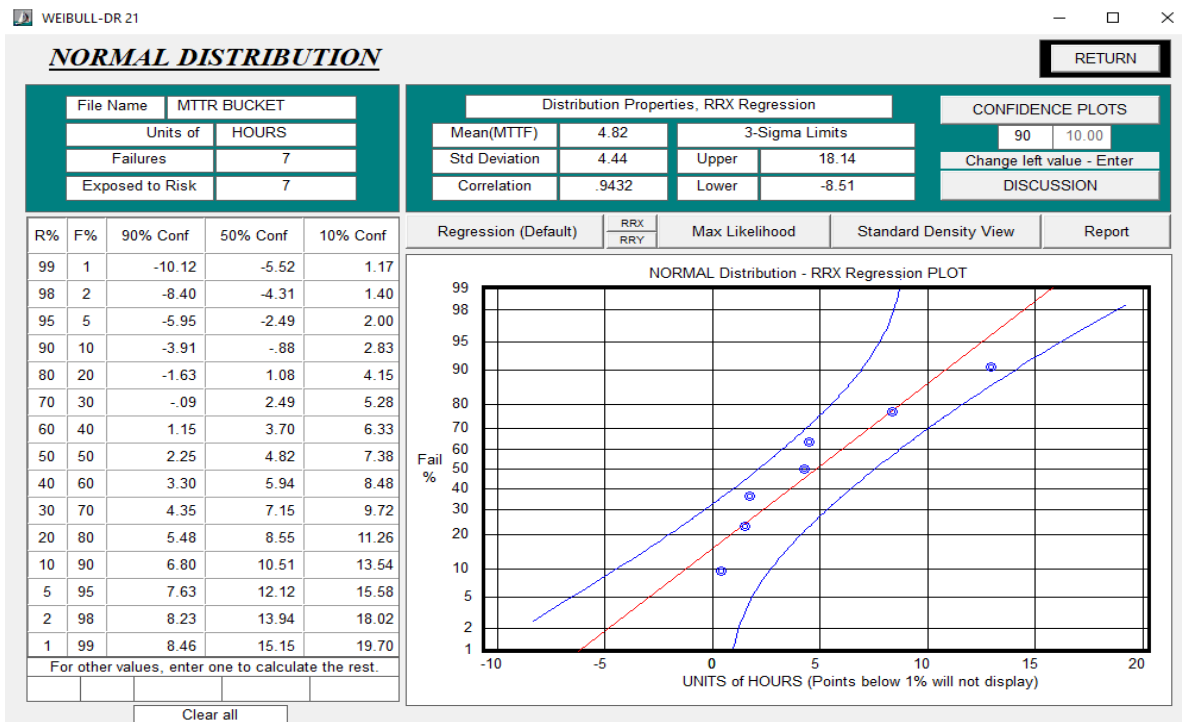
Lognormal Distribution MTF Sprocket



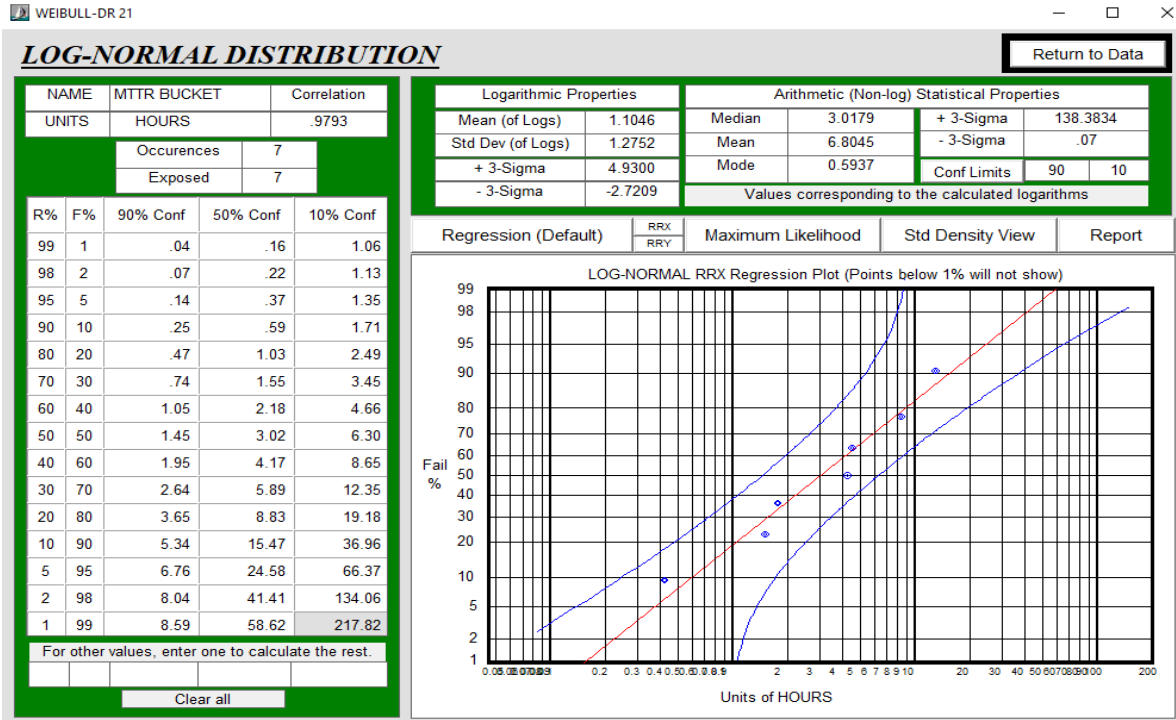
Exponential Distribution MTF Sprocket



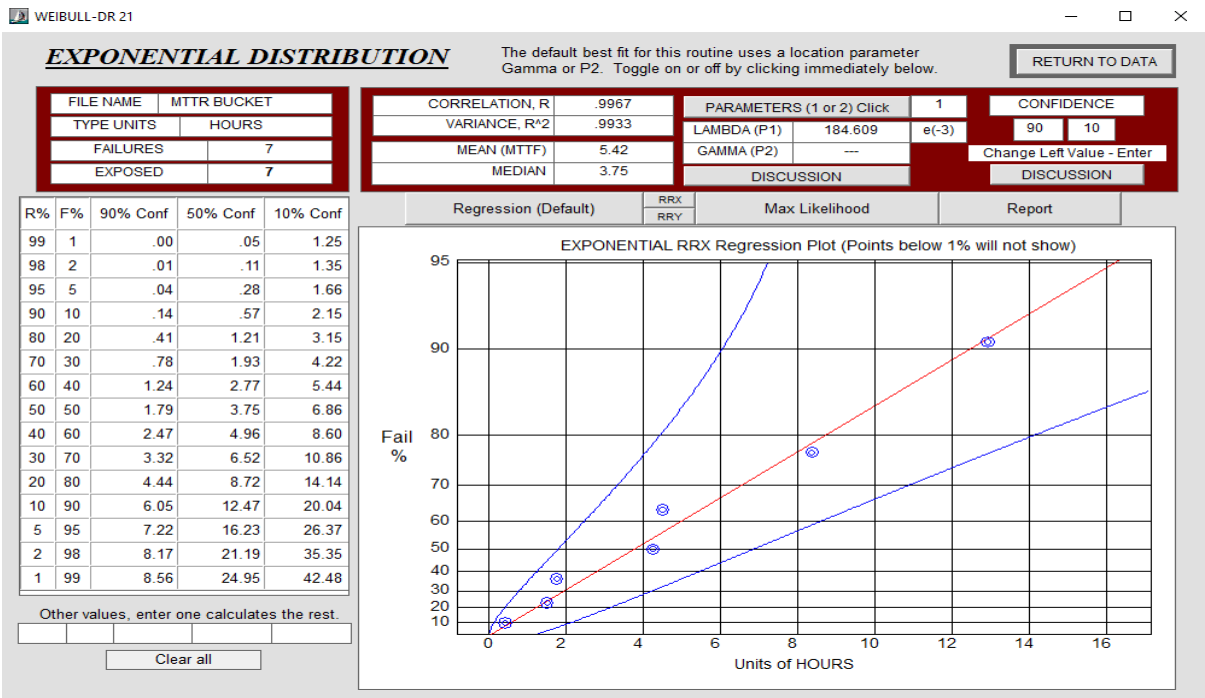
Weibull Distribution MTTR Bucket



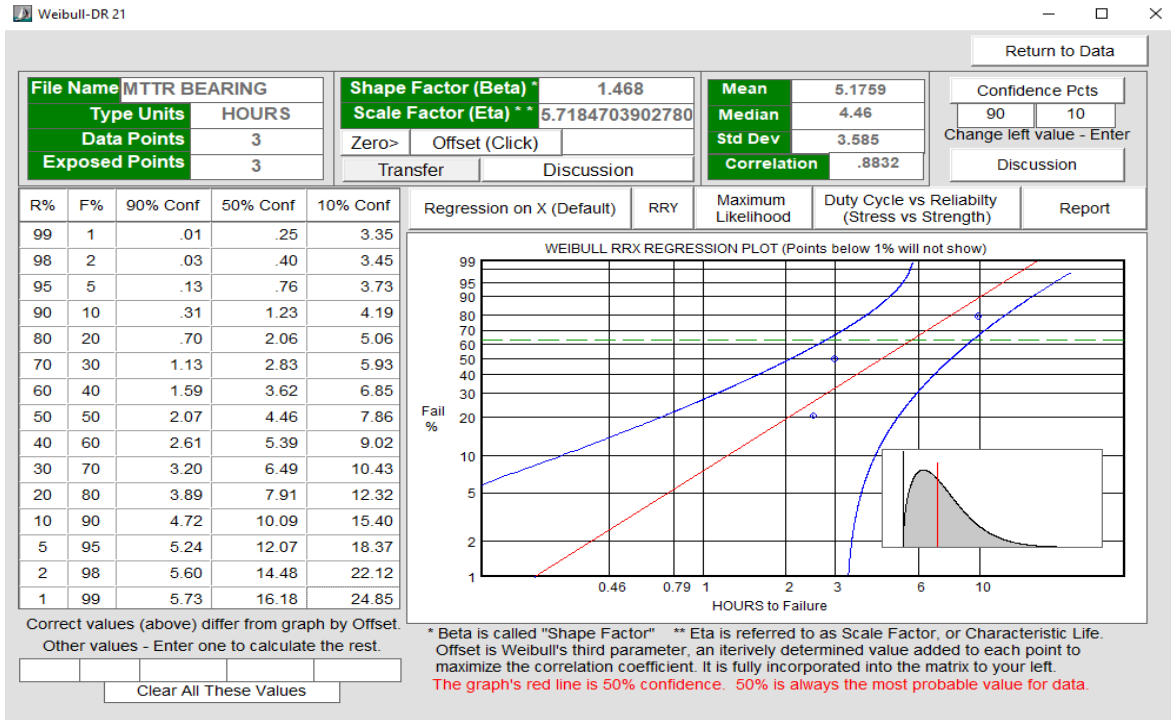
Normal Distribution MTTR Bucket



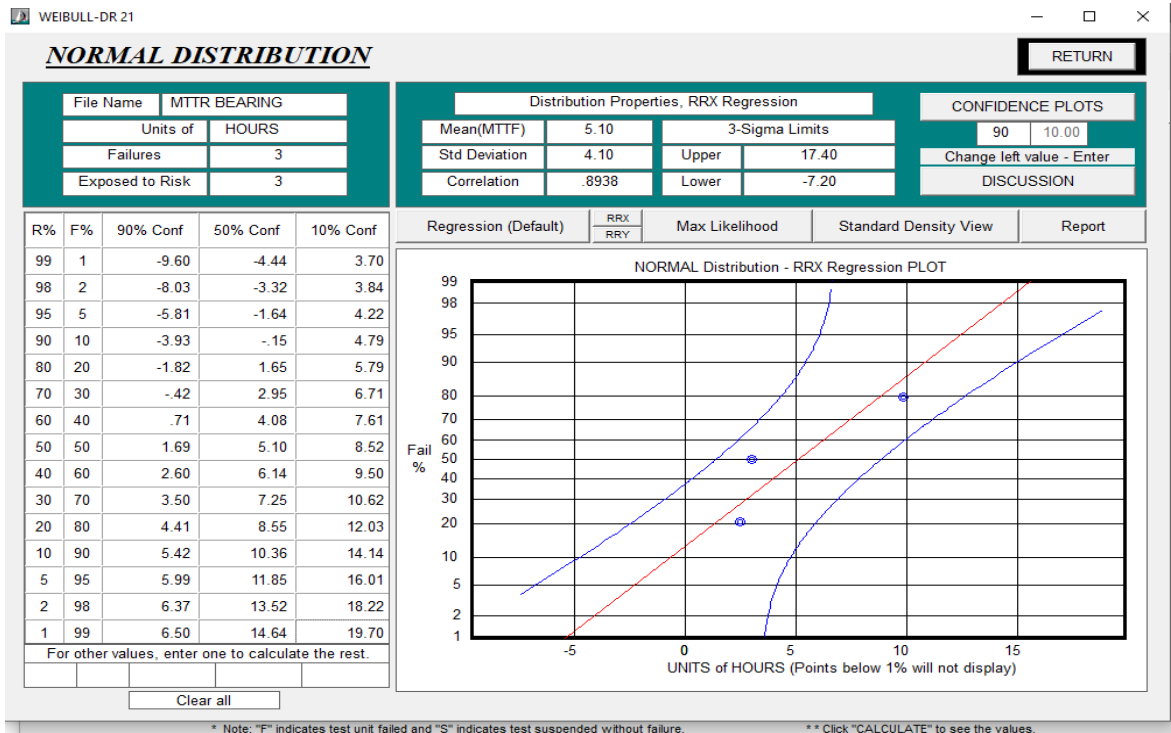
Lognormal Distribution MTTR Bucket



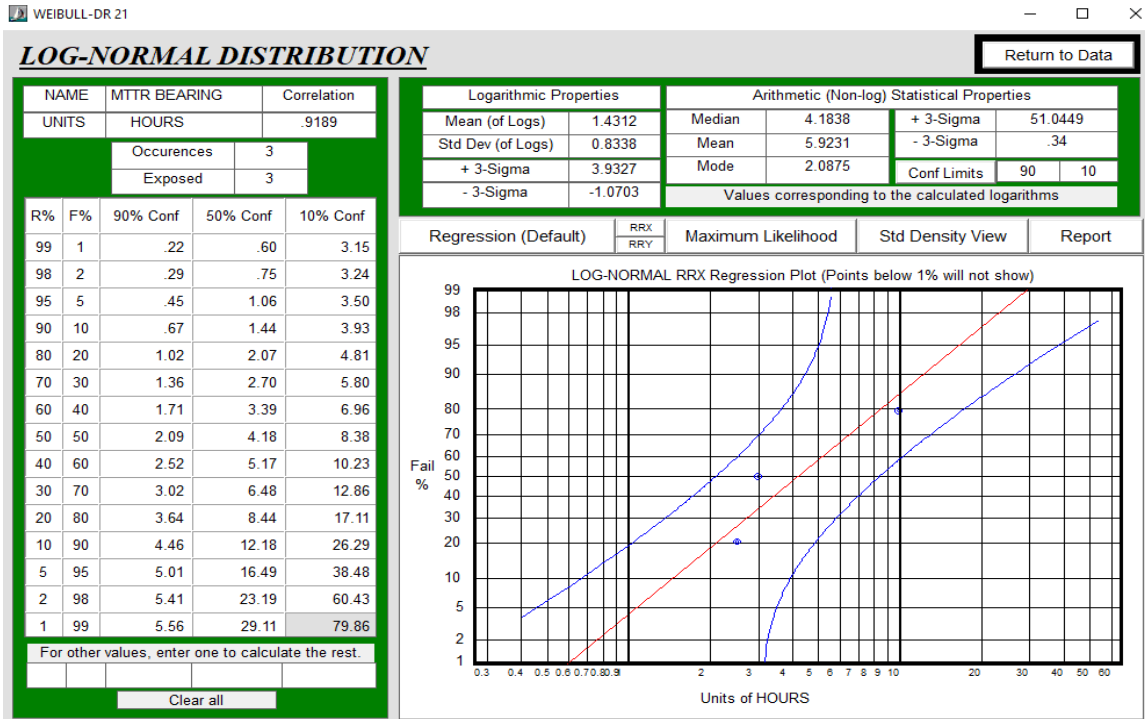
Exponential Distribution MTTR Bucket



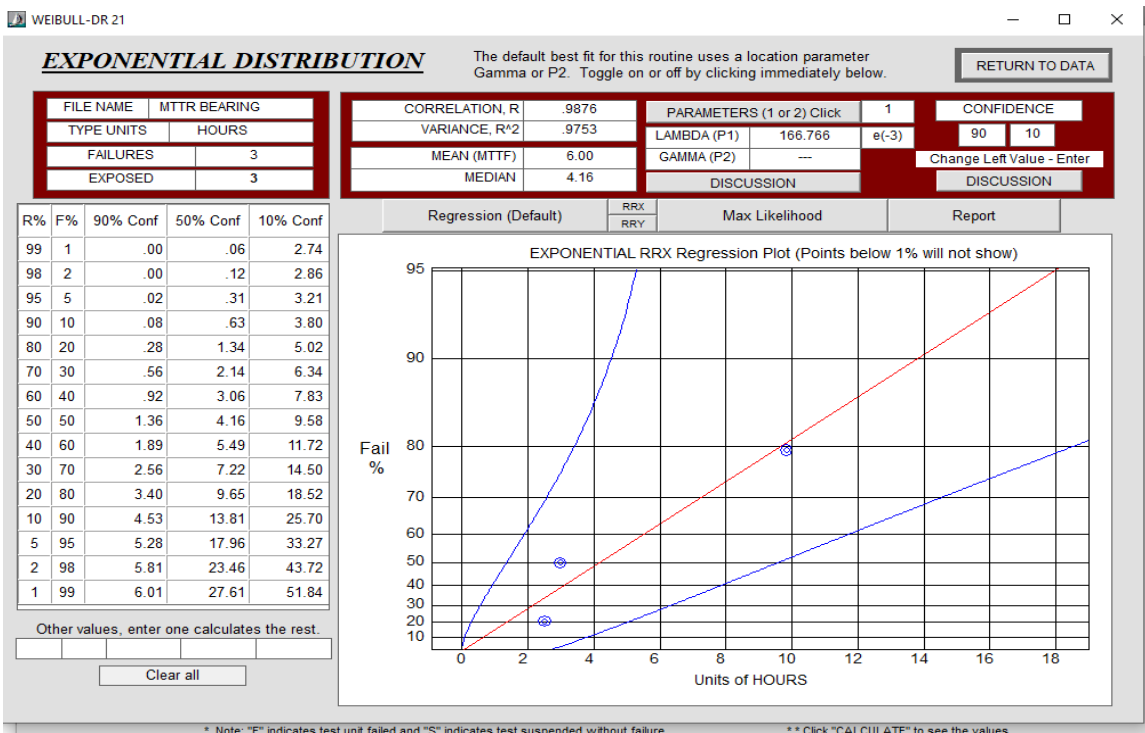
Weibull Distribution MTTR Bearing



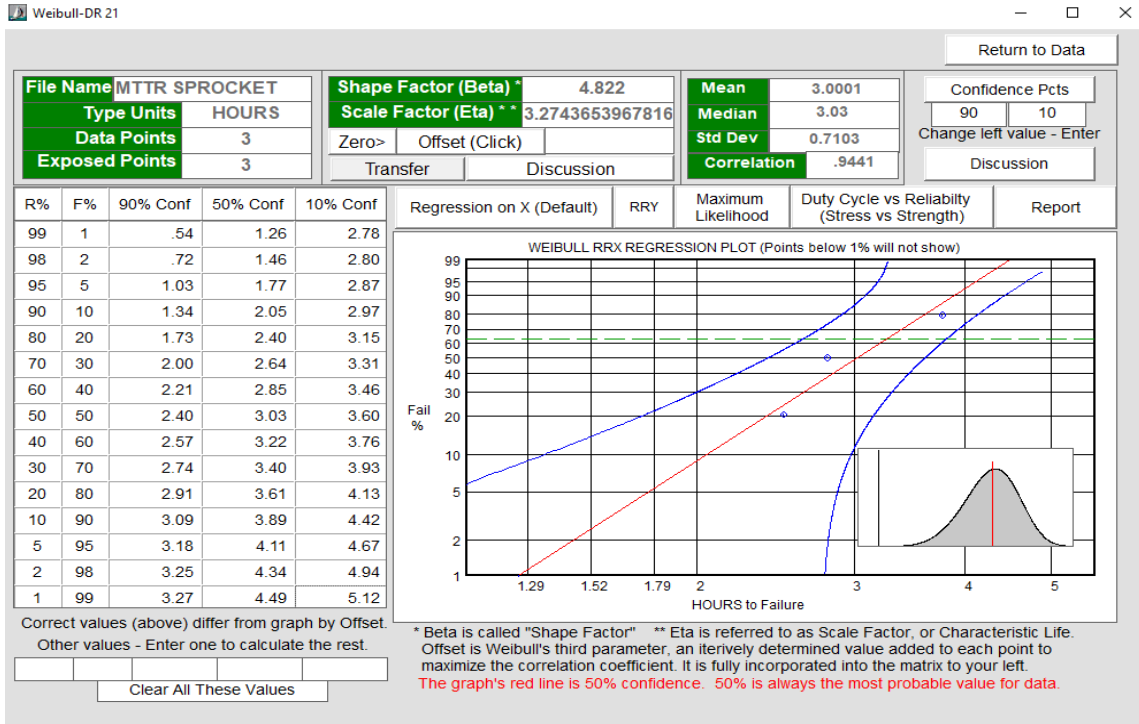
Normal Distribution MTTR Bearing



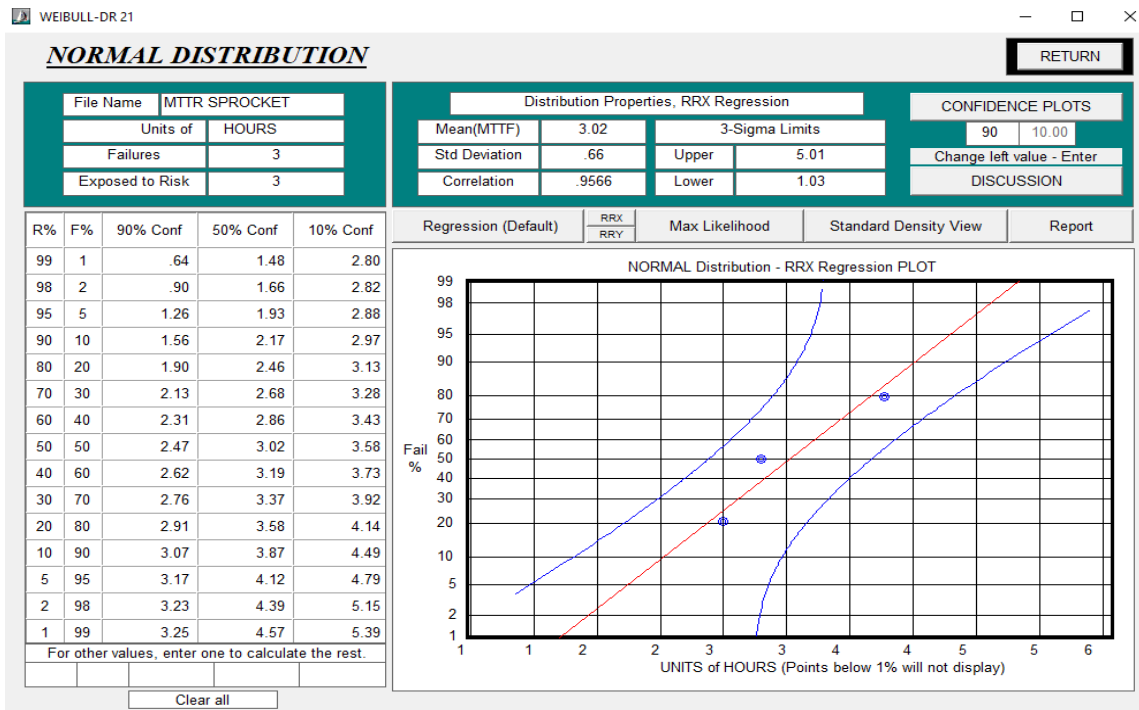
Lognormal Distribution MTRR Bearing



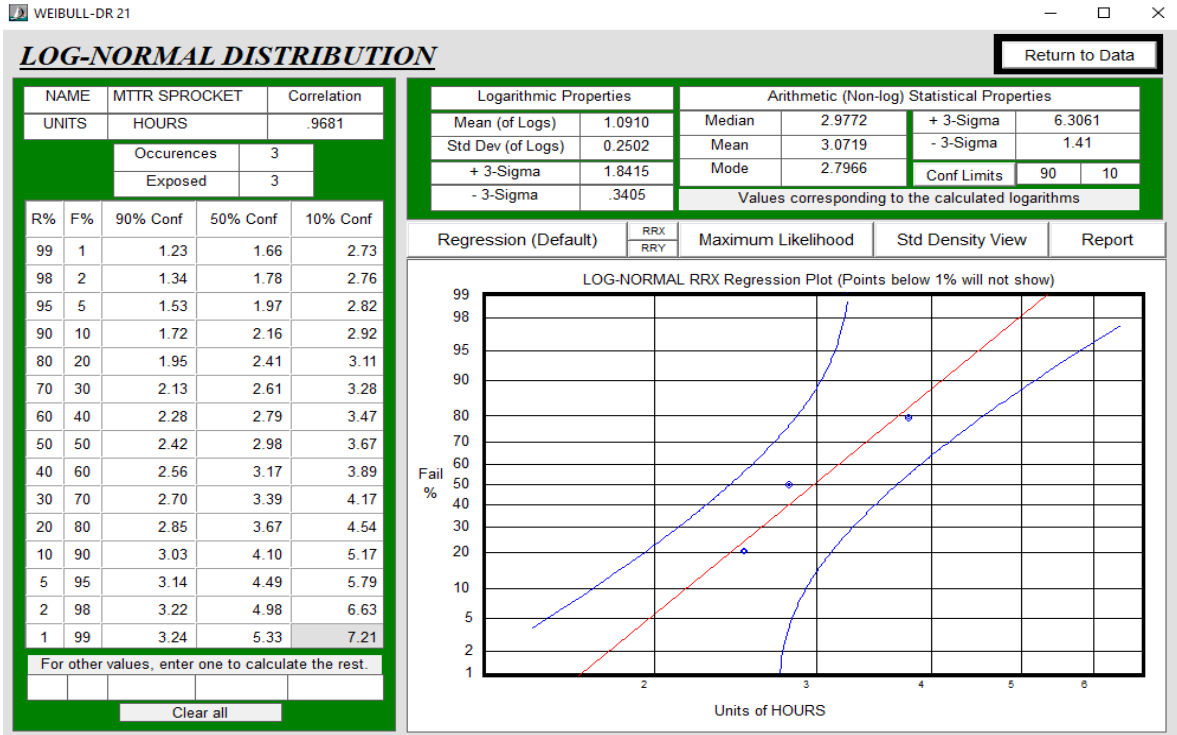
Exponential Distribution MTRR Bearing



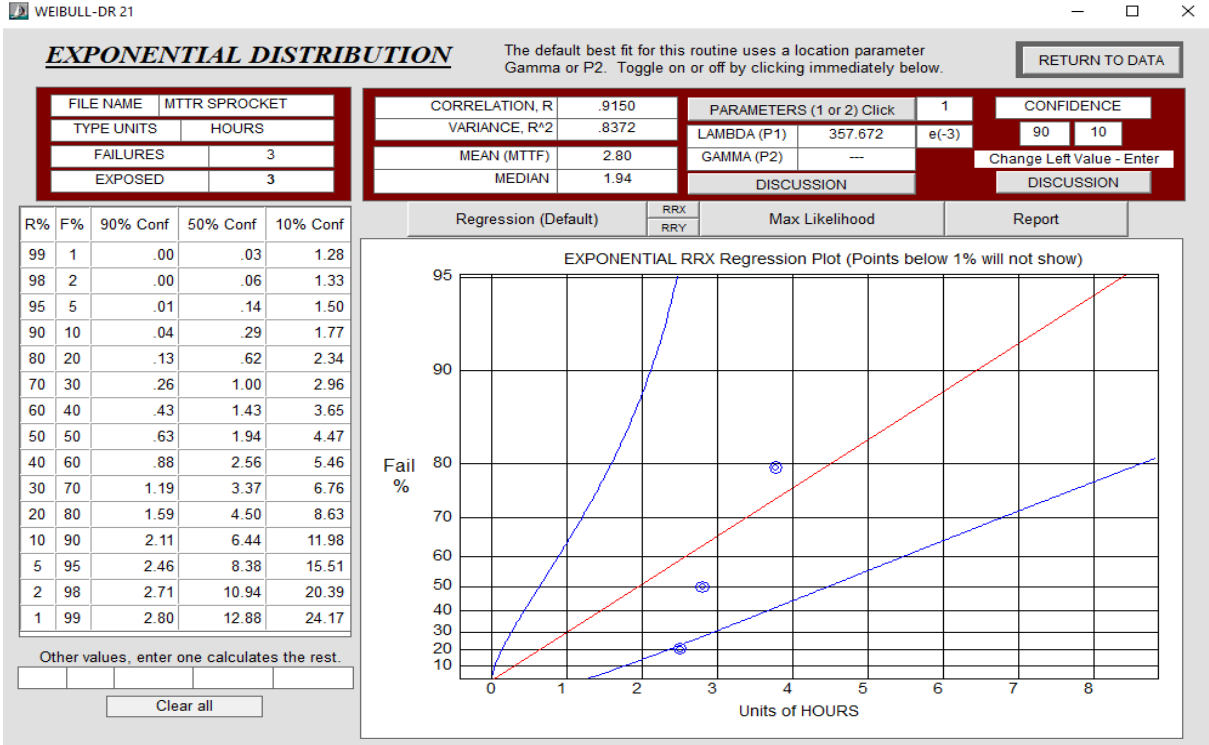
Weibull Distribution MTRR Sprocket



Normal Distribution MTRR Sprocket



Lognormal Distribution MTTR Sprocket



Exponential Distribution MTTR Sprocket