

**ANALISIS PERENCANAAN PERAWATAN MESIN PEMECAH
BATU (*JAW CRUSHER*) DENGAN MENGGUNAKAN METODE
REABILITY CENTERED MAINTENANCE DAN *AGE
REPLACEMENT* (STUDI KASUS : PT XYZ)**

TUGAS AKHIR

**Diajukan Sebagai Salah Satu Syarat Untuk Memperoleh Gelar Sarjana Strata-1
Pada Jurusan Teknik Industri Fakultas Teknologi Industri
Universitas Islam Indonesia**



Nama : Dhany Ramadhio Erlangga

Nim: 19522171

**PROGRAM STUDI TEKNIK INDUSTRI
FAKULTAS TEKNOLOGI INDUSTRI
UNIVERSITAS ISLAM INDONESIA
YOGYAKARTA
2023**

PERNYATAAN KEASLIAN

Saya mengakui bahwa tugas akhir ini adalah hasil karya saya sendiri kecuali kutipan dan ringkasan yang seluruhnya sudah saya jelaskan sumbernya. Jika dikemudian hari ternyata terbukti pengakuan saya ini tidak benar dan melanggar peraturan yang sah maka saya bersedia ijazah yang telah saya terima ditarik kembali oleh Universitas Islam Indonesia.

Yogyakarta, 18 June 2023



Dhany Ramadhio Erlangga
(19522171)

SURAT BUKTI PENELITIAN



SURAT KETERANGAN

Nomor : 093/SINARSEMESTA/VII/2023

Yang bertanda tangan dibawah ini:

Nama : Muhammad Fadli Sofyan
NIK : 070040381
Alamat : Jl. Raya Solo – Yogya KM.26 Klepu Ceper Klaten
Jabatan : SDM

Menerangkan dengan sesungguhnya bahwa:

Nama : Dhany Ramadhio Erlangga
NIM : 19522171
Program Studi : Teknik Industri – S1
Perguruan Tinggi : Universitas Islam Indonesia

Bahwa yang bersangkutan Telah Selesai melaksanakan penelitian dan pengambilan data dalam rangka Tugas Akhir

Dengan Judul **"ANALISIS PERENCANAAN PERAWATAN MESIN PISAU PEMECAH BATU (JAW CRUSHER) DENGAN MENGGUNAKAN METODE REABILITY CENTERED MAINTENANCE DAN AGE REPLACEMENT DI PT.SINAR SEMESTA"** dengan jangka waktu mulai tanggal 12 Maret s/d 15 April 2023 dengan Baik.

Demikian Surat Keterangan Tugas Akhir ini di buat untuk dipergunakan sebagaimana semestinya.

Klaten, 18 Juli 2023
PT. SINAR SEMESTA



MUHAMMAD FADLI SOFYAN
SDM

LEMBAR PENGESAHAN PEMBIMBING



Yogyakarta, Selasa 18 Juli 2023

Dosen Pembimbing

(Dian Janari S.T., M.T.)

LEMBAR PENGESAHAN DOSEN PENGUJI

**ANALISIS PERENCANAAN PERAWATAN MESIN PEMECAH BATU
(JAWCRUSHER) DENGAN MENGGUNAKAN *METODE REABILITY CENTERED
MAINTENANCE* DAN *AGE REPLACEMENT*
(Studi Kasus : PT XYZ)**

TUGAS AKHIR

Disusun Oleh :

Nama : Dhany Ramadhio Erlangga
No. Mahasiswa : 19 522 171

Telah dipertahankan di depan sidang penguji sebagai salah satu syarat untuk
memperoleh gelar Sarjana Strata-1 Teknik Industri Fakultas Teknologi Industri
Universitas Islam Indonesia

Yogyakarta, 25 Agustus 2023

Tim Penguji

Dian Janari, S.T., M.T.

Ketua

Wahyudhi Sutrisno, S.T., M.M., M.T

Anggota I

Danang Setiawan, S.T., M.T

Anggota II



Mengetahui,

Ketua Program Studi Teknik Industri Program Sarjana

Fakultas Teknologi Industri

Universitas Islam Indonesia



Ir. Muhammad Rizki Nur Anomono, S.T., M.Sc., Ph.D., IPM.

NIK: 015220101

HALAMAN PERSEMBAHAN

Alhamdulillahirabbilamin, saya berikan pujian setinggi-tingginya bagi Tuhan kita semua Allah SWT, dimana kita selalu mengingatnya, memujinya, menyayanginya, serta mengimaninya. Karena sejatinya Dunia ini hanya kesenangan yang fanna dimana semua akan Kembali kepadaNya. Tidak lupa shalawat serta salam kita junjungkan setinggi-tingginya kepada Nabi Muhammad SAW, keluarganya serta para sahabatnya , semoga kita semua mendapat syafaatnya di hari akhir, Aamiin.

Persembahan Tugas Akhir ini dan rasa terima kasih saya ucapkan untuk :

1. Keluarga saya tercinta dimana ayah dan ibu saya yang selalu memberikan dukungan dan motivasi secara terus menerus, serta kakak dan adik saya.
2. Sahabat-sahabat saya yang selalu menjadi pendukung dengan Ikhlas.
3. Teman-teman fakultas Teknik industri.
4. Kampus kebanggaan Universitas Islam Indonesia.

MOTTO

“Dan Allah menguasai kerajaan langit dan bumi dan apa yang ada di antara keduanya. Dan kepada Allah kembali segala urusan.”

(QS. Al-Ma'idah: 120)

KATA PENGANTAR

Bismillahirrahmanirrahim

Assalamualaikum Warahmatullahi Wabarakatuh.

Segala puji dihaturkan kepada Allah SWT yang telah menjadikan Tugas Akhir ini dapat diselesaikan dengan waktu yang tepat, sehingga penulis dapat menyelesaikan Tugas Akhir dengan judul “Analisis Perencanaan Perawatan Mesin Pisau Pemecah Batu (Jawcrusher) Dengan Menggunakan Metode *Reability Centered Maintenance* Dan *Age Replacement* (Studi Kasus : PT XYZ)” Tanpa pertolongan-Nya tentu penulis tidak dapat menyelesaikan Tugas Akhir dengan baik. Tidak lupa shalawat serta salam kita junjungkan setinggi-tingginya kepada Nabi Muhammad SAW, keluarganya serta para sahabatnya , semoga kita semua mendapat syafaatnya di hari akhir. Tugas Akhir ini selalu saya harapkan dapat menjadikan saya, menjadi pribadi yang terus berkembang dan Tugas Akhir ini menjadi satu dari sekian karya yang saya dedikasikan sebagai bentuk tanggungjawab saya berada di dunia ini, dalam penyusunan ini penulis selalu mendapat dukungan secara baik dan tulus melalui berbagai pihak, sehingga penulis ingin memberikan rasa terimakasih sebesar-besarnya kepada:

1. Bapak Rektor Prof. Fathul Wahid, S.T., M.Sc., Ph.D. yang telah mengabdikan dirinya untuk kesuksesan dan keberlangsungan Universitas Islam Indonesia.
2. Bapak Prof. Dr. Ir. Hari Purnomo, M.T., M.Sc., Ph.D., IPM., Selaku Ketua Prodi Teknik Industri Fakultas Teknologi Industri Universitas Islam Indonesia.
3. Bapak Ir. Muhammad Ridwan Andi Purnomo, S.T., M.Sc., Ph.D., IPM. selaku Ketua Program Studi Teknik Industri Program Sarjana, Universitas Islam Indonesia.
4. Bapak Dian Janari , S.T.,M.T. Dosen Pembimbing Tugas Akhir selalu memberikan motivasi, arahan dalam penyelesaian laporan Tugas Akhir.
5. Ibu saya Rika Erlangga Wati yang selalu menjadi hati saya saya sejak hari pertama saya berada di dunia, yang kedua Ayah Seno Pujo Prasetyo saya yang

selalu saya cintai dan menjadi tulang punggung Bersama dengan ibu saya yang telah membesarkan saya dengan penuh dedikasi dan ambisi yang selalu menjadi contoh yang saya teladani. Serta kakak saya yang selalu menjadi panutan saya dalam menjalani diri sebagai seorang manusia, dan juga adik saya yang selalu saya harapkan menjadi anak yang berguna bagi agama dan keluarga.

6. Bapak Fadli selaku pembimbing lapangan yang telah banyak membantu saya dalam memberikan informasi terkait Perusahaan.
7. Azhar Galih Nugraha, Ibnu Hammam Maruf, Farras Haidar, Dan Atiqah Khairunisa dan Salsabila Benita Fawwaz serta Sahabat-sahabat saya yang selalu menjadi tempat saya bertukar pikiran, mencari motivasi dalam mengerjakan skripsi serta menjadikan saya sebagai seorang pribadi yang kuat
8. Sahabat-sahabat saya Semester 1, edho maulana, arkhan, dan teman-teman kelas C seperjuangan yang selalu saya cintai.
9. Teman-teman KKN 386 yang akan selalu saya ingat jasa dan perjuangannya
10. Teman-teman himpunan mahasiswa Teknik Industri Angkatan 2019 yang selalu saya banggakan.

Semoga Hasil penelitian ini dapat bermanfaat, khususnya bagi pembaca pada umumnya dan Perusahaan. Dengan segala kerendahan hati, penulis menyadari masih terdapat banyak kekurangan. Oleh karena itu, kritik dan saran akan sangat berarti bagi penelitian saya kedepannya.

Wassalamualaikum Warrahmatullahi Wabarakatuh.

Yogyakarta, 18 Juli 2023

Penulis,



Dhany Ramadhio Erlangga

NIM. 19522171

ABSTRAK

Dalam Bidang industri manufaktur sedang dalam tahap untuk memperketat persaingan dan ketidakstabilan berbagai sektor yang salah satunya sektor ekonomi, Dengan demikian setiap bisnis perlu untuk membuat proses produksinya agar lebih efektif agar perusahaan berjalan dengan lancar dan dapat memenuhi target yang telah ditentukan. Sistem pemeliharaan mesin juga penting mengingat setiap perusahaan perlu melakukan *maintenance* terhadap setiap mesinnya. Pasar pengecoran logam global bernilai \$129,5 miliar pada tahun 2021, dan diproyeksikan mencapai \$226,8 miliar pada tahun 2031, tumbuh pada CAGR sebesar 5,8% dari tahun 2022 hingga 2031. Penggunaan Mesin juga harus disertai dengan perawatan terutama pada mesin utama pada setiap Perusahaan adalah sebuah kewajiban pada setiap Perusahaan dimana salah satu hal yang harus disoroti adalah masalah *downtime*. Mesin yang sering mengalami kerusakan juga harus dirawat dengan benar, sehingga butuh metode yang tepat untuk mengatasi hal tersebut. *Reability Centered Maintenance* (RCM) adalah metode yang tepat untuk mengatasi hal tersebut dimana akan diteliti spesifik pada komponen kritis dan juga metode *Age Replacement* yang berguna untuk mengetahui interval penjadwalan penggantian komponen dimana pada penggantian komponen Pisau Pemecah batu diketahui harus diganti setiap 2,5 bulan dan interval waktu pemeriksaan 20 hari sekali.

DAFTAR ISI

PERNYATAAN KEASLIAN	ii
DAFTAR ISI.....	vi
DAFTAR TABEL	x
DAFTAR GAMBAR.....	xii
BAB I PENDAHULUAN	1
1.1 Latar belakang Permasalahan	1
1.2 Rumusan Permasalahan.....	3
1.3 Batasan Permasalahan	4
1.4 Tujuan Penelitian.....	4
1.5 Manfaat Penelitian.....	4
1.6 Sistematika Penulisan.....	5
BAB II KAJIAN LITERATUR	8
2.1 Penelitian Terdahulu	8
2.2 Kajian Induktif	31
2.2.1 Manajemen Perawatan	31
2.2.2 Reability Centered Maintenance (RCM)	33
2.2.3 <i>Failure mode and effect Analysis</i> (FMEA)	35
2.2.4 Logic Tree Analysis (LTA).....	41
2.2.5 <i>Task Selection</i> (TS).....	43
2.2.6 Keandalan (Reablity)	45
2.2.7 Fungsi Keandalan.....	45

2.2.8	Laju kegagalan (Failure Rate).....	45
2.2.9	Identifikasi Distribusi kegagalan.....	45
2.2.10	Mean Time to Failure (MTTF).....	48
2.2.11	Mean Time To Repair (MTTR).....	48
2.2.12	Model perawatan penggantian pencegahan (Age Replacement)	48
2.2.13	Avaibility.....	49
BAB III METODOLOGI PENELITIAN		51
3.1	Objek penelitian	51
3.2	Metode pengumpulan data	51
3.2.1	Data Primer	51
3.2.2	Data Sekunder	52
3.2.3	Dokumentasi	52
3.2.4	Validitas data	52
3.2.5	Prosedur Penelitian.....	52
BAB IV PENGUMPULAN DAN PENGOLAHAN DATA		56
4.1	Pengumpulan Data	56
4.1.1	Data waktu kerusakan komponen Mesin Pemecah Batu	56
4.2	Pengolahan Data.....	59
4.2.1	Functional Block Diagram (FBD).....	59
4.2.2	<i>Failure Mode and Effect Analysis</i> (FMEA)	60
4.2.3	<i>Logic Tree Analysis</i> (LTA)	61
4.2.4	<i>Task Selection Road Map</i> (pemilihan Tindakan).....	62

4.2.5	Penentuan komponen kritis	63
4.2.6	Penentuan Distribusi Data Antar Waktu Kerusakan (<i>Time To Failure</i>)	63
4.2.7	Penentuan Distribusi Data Antar Waktu Perbaikan (<i>Time To Repair</i>)	72
4.2.8	Uji <i>Goodness of fit</i> pada Distribusi Data Waktu Kerusakan (<i>Time To Failure</i>)	79
4.2.9	<i>Uji Goodness of fit</i> pada Distribusi Data Waktu Perbaikan (<i>Time To Repair</i>).....	81
4.2.10	Perhitungan Parameter dari Distribusi Data Waktu Kerusakan (<i>Time To Failure</i>).....	83
4.2.11	Perhitungan Parameter Dari Distribusi Data Waktu Perbaikan (<i>Time To Repair</i>).....	83
4.2.12	Penentuan Nilai Tengah dari Distribusi Data Waktu Kerusakan (<i>Mean Time To Failure</i>)	84
4.2.13	Penentuan Nilai Tengah dari Distribusi Data Waktu Perbaikan (<i>Mean Time To Repair</i>)	84
4.2.14	Perhitungan Interval Waktu Penggantian Pencegahan dengan <i>Minimasi Downtime</i>	85
4.2.15	Perhitungan Interval Waktu Pemeriksaan	89
4.2.16	Perbandingan <i>Reliability</i> Sesudah dan Sebelum Penentuan Interval Waktu Penggantian Pencegahan Komponen.....	90
4.2.17	Perhitungan <i>Avaibility</i>	92

BAB V PEMBAHASAN.....	93
5.1 Proses Reability Centered Maintenance (RCM)	93
5.1.1 Failure Mode and Effect Analysis (FMEA)	93
5.1.2 Logic Tree Analysis (LTA).....	93
5.1.3 <i>Task Selection</i> (pemilihan tindakan)	95
5.1.4 Penentuan Komponen kritis	95
5.2 Proses Age Replacement	96
5.2.1 Analisis distribusi.....	96
5.2.2 Analisis Uji Goodness Of Fit	97
5.2.3 Analisis <i>Time To Failure</i> dan MTTF.....	97
5.2.4 Analisis <i>Time To Repair</i> dan MTTR	97
5.2.5 Analisis Interval Penggantian pencegahan dan pemeriksaan dalam komponen Pisau Pemecah Batu	98
5.2.6 Analisis perbandingan Reability setelah dan sebelum penentuan interval penggantian pencegahan komponen	98
BAB VI KESIMPULAN DAN SARAN.....	100
6.1 Kesimpulan.....	100
6.2 Saran.....	101

DAFTAR TABEL

Tabel 2.1 Perbandingan Penelitian Sebelumnya.....	11
Tabel 2.2 FMEA	36
Tabel 2.3 Keterangan <i>Severity</i>	37
Tabel 2.4 Keterangan <i>Occurancy</i>	39
Tabel 2.5 Keterangan <i>Detection</i>	40
Tabel 2.6 <i>Logic Tree Analysis</i>	42
Tabel 2.7 Format <i>Task Selection Road Map</i>	44
Tabel 4.1 Data Waktu Antar Kerusakan Komponen Mesin Pemecah Batu.....	56
Tabel 4.2 <i>Failure Mode Effect And Analysis</i> (FMEA)	60
Tabel 4.3 <i>Logic Tree Analysis</i> (LTA)	61
Tabel 4.4 <i>Task Selection Road Map</i>	62
Tabel 4.5 Penentuan Komponen Kritis.....	63
Tabel 4.6 <i>Time To Failure</i>	64
Tabel 4.7 Time To Failure Distribusi Eksponensial.....	65
Tabel 4.8 <i>Time To Failure</i> Distribusi Normal.....	66
Tabel 4.9 Time To Failure Distribusi Lognormal	69
Tabel 4.10 Time To Failure Distribusi Weibull	71
Tabel 4.11 Index of fit time to failure	71
Tabel 4.12 Time To Repair Komponen Pemecah Batu.....	72
Tabel 4.13 Time To Repair Distribusi Eksponensial	73
Tabel 4.14 Time To Repair Distribusi Normal	75

Tabel 4.15 Time To Repair Distribusi Log Normal.....	77
Tabel 4.16 Time To Repair Distribusi Weibull	78
Tabel 4.17 Index Of Fit Time To Repair.....	79
Tabel 4.18 perhitungan kolmogrov-smirnov mesin pemecah batu.....	80
Tabel 4.19 Perhitungan t untuk komponen pisau pemecah batu	82
Tabel 4.20 Perhitungan Interval Waktu Penggantian Pencegahan Dengan Minimasi Downtime	86
Tabel 4.21 Perbandingan <i>Reliability</i> Sesudah Dan Sebelum.....	90
Tabel 5.1 Diagram Pareto Penentuan Komponen Kritis.....	96

DAFTAR GAMBAR

Gambar 2.1 Alur <i>Logic Tree Analysis</i>	43
Gambar 2.2 Alur <i>Task Selection</i>	44
Gambar 3.1 Alur Penelitian	53
Gambar 4.1 <i>Functional Block Diagram</i>	59
Gambar 5.1 Grafik perbandingan reability.....	99

BAB I

PENDAHULUAN

1.1 Latar belakang Permasalahan

Saat ini Dalam Bidang industri manufaktur sedang dalam tahap untuk memperketat persaingan dan ketidakstabilan berbagai sektor yang salah satunya sektor ekonomi, Dengan demikian setiap bisnis perlu untu membuat proses produksinya agar lebih efektif agar perusahaan berjalan dengan lancer dan dapat memenuhi target yang telah ditentukan. Sistem pemeliharaan mesin juga penting mengingat setiap perusahaan perlu melakukan *maintenance* terhadap setiap mesinnya Pasar pengecoran logam global bernilai \$129,5 miliar pada tahun 2021, dan diproyeksikan mencapai \$226,8 miliar pada tahun 2031, tumbuh pada CAGR sebesar 5,8% dari tahun 2022 hingga 2031 Pasar pengecoran logam dibagi menjadi industri penggunaan akhir, proses, dan wilayah. Berdasarkan proses, pasar dibagi menjadi pengecoran pasir, pengecoran investasi, pengecoran mati, pengecoran gravitasi, dan lainnya. Berdasarkan industri penggunaan akhir, pasar dibagi menjadi mobil, mesin dan peralatan berat, pertahanan, listrik dan elektronik, bangunan dan konstruksi, dan lainnya. Pasar dipelajari di Amerika Utara, Eropa, Asia-Pasifik, dan LAMEA berdasarkan wilayah..

Setiap umur mesin akan bergantung terhadap bagaimana cara *maintenance* yang baik dan benar. *Maintenance* adalah serangkaian kegiatan yang dilakukan untuk menjaga, memperbaiki, dan memelihara peralatan, mesin, atau sistem agar tetap berfungsi dengan baik. Ini mencakup pemeriksaan rutin, perawatan preventif, perbaikan, dan penggantian komponen Ketika sudah mendekati umur menurut Doc Palmer (2018). Dengan menerapkan manajemen perawatan yang mencakup Tindakan perawatan yang terjadwal dan dilakukan secara preventif terhadap kegiatan perawatan mesin, hal itu akan berdampak langsung terhadap penekanan biaya yang digunakan untuk perawatan kerusakan mesin produksi dan tercapainya kegiatan perawatan yang lebih efisien (Taufik & Septyani, 2016).

Selain itu, efisiensi produksi yang rendah juga menjadi latar belakang permasalahan yang signifikan. Dalam manajemen perawatan mesin terdapat 2 kategori yang berbeda yaitu perawatan preventif dan korektif. 2 kategori itu adalah kategori yang paling sering digunakan. Komponen utama mesin adalah komponen yang sangat penting untuk operasi dan fungsi mesin. Komponen-komponen ini termasuk mesin penggerak, sistem transmisi daya, sistem pembakaran (pada mesin pembakaran dalam), sistem pengontrolan, dan sistem pelumasan. Komponen-komponen ini sangat penting untuk menjaga mesin tetap beroperasi dengan baik dan tetap berfungsi dengan baik menurut John Bird (2015). Dengan demikian, jika ada komponen yang rusak maka akan menjadi masalah serta mengakibatkan kerugian bagi sebuah perusahaan. Dengan merencanakan kegiatan perawatan mesin yang matang maka perusahaan akan dapat menghasilkan lebih banyak keuntungan dalam segi produksi.

PT. Sinar Semesta Ceper adalah perusahaan yang berada di Ceper, Klaten, Jawa tengah. Perusahaan tersebut bergerak di bidang industri pengecoran logam berdiri pada tahun 2002 dan memiliki karyawan kurang lebih 80 orang. Salah satu Proses awal Produksi mereka adalah dengan memecahkan batu menjadi pasir dengan mesin yang disebut dengan Mesin Giling Pasir dengan . Pemilihan Mesin berdasarkan data perusahaan PT. Sinar Semesta pada bulan Januari 2021 sampai Januari 2023. Masalah yang sering di alami adalah kinerja mesin yang tidak stagnan atau sering mengalami *trouble* yaitu pada mesin Giling Pasir dengan sub komponen PPB (Pisau Pemecah Batu).

Dikarenakan mesin tersebut adalah mesin yang sering digunakan karna mesin tersebut adalah salah satu mesin utama yang digunakan untuk menghaluskan batu hingga menjadi pasir agar dapat digunakan sebagai bahan dasar pengecoran. Sehingga penelitian jadwal *downtime* pada mesin Giling Pasir akan sangat berdampak, terutama pada komponen kritis yaitu PBB (Pisau Pemecah Batu). Berdasarkan data yang saya peroleh mesin Giling Pasir telah mengalami 29 kerusakan, dan total *Downtime* yang dihasilkan yaitu 126,0667 Jam selama 4.893 Jam kerja pada tahun 2021 sampai 2023. Dengan adanya *Downtime* akibat kerusakan mesin Giling pasir maka akan mempengaruhi proses produksi pada bagian penggilingan dan proses produksi menjadi menurun.

Selain itu, perusahaan menerapkan pemeliharaan korektif yang dilakukan pada mesin yang sudah tidak dapat beroperasi akibat mengalami kerusakan. Pemeliharaan korektif yakni pemeliharaan yang memerlukan perbaikan, inspeksi, dan penggantian komponen yang diperlukan apabila sudah terdapat kerusakan (Wibowo et al.,2021). Walaupun perusahaan telah menetapkan sistem perawatan mesin tetapi masih terdapat kendala beberapa masalah kerusakan mesin sehingga menghambat proses produksi.

Dengan demikian maka pertimbangan yang paling tepat adalah menggunakan metode *Reability Centered Maintenance* yang dikaitkan dengan *Age Replacement* pada mesin giling pasir sub komponen PBB (Pisau Pemecah Batu). Dengan demikian hasil yang didapat akan menjadi acuan untuk perusahaan agar dapat mempertimbangkan sistem perawatan mesin.

Reliability Centered Maintenance (RCM) adalah metode pendekatan yang digunakan dalam manajemen perawatan untuk mengoptimalkan keandalan sistem atau peralatan. RCM membantu organisasi untuk mengidentifikasi dan mengelola risiko kegagalan, serta mengembangkan strategi perawatan yang efektif dan efisien. (Moubray, 1997). Maksud dan tujuan utama dari penggunaan *Reliability Centered Maintenance* (RCM) adalah guna mempertahankan fungsi sistem dengan *Failure mode* dan memprioritaskan mode failure tadi untuk memilih Tindakan perawatan dan pencegahan kerusakan yang efektif.

1.2 Rumusan Permasalahan

Isian dari latar belakang dapat dilihat sebagai berikut :

1. Komponen manasaja dalam mesin Giling Pasir yang tergolong dalam kategori kritis?
2. Bagaimana menentukan Tindakan perawatan yang benar pada komponen Mesin Pemcecah Batu?
3. Seberapa banyak interval waktu penggantian, pencegahan dan interval waktu pemeriksaan dalam komponen kritis yang akan di teliti

1.3 Batasan Permasalahan

Batasan permasalahan yang akan disusun guna membuat Tugas Akhir ini berjalan sesuai dengan tujuan penelitian. Sebagai berikut:

1. Penelitian dilakukan di PT. Sinar Semesta Ceper, Klaten, Jawa tengah.
2. Penelitian dilakukan pada bulan April 2023
3. Data yang digunakan adalah data kerusakan mesin pada bulan Januari 2019 sampai Januari 2023.
4. Mesin yang diteliti yaitu Mesin Giling Pasir (*Jaw Crusher*) sub komponen Pisau Pemecah Batu
5. Penelitian difokuskan pada komponen kritis Pisau Pemecah Batu.
6. Penelitian menggunakan metode *Reability Centered Maintenance* (RCM) sebagai identifikasi terhadap komponen kritis dan juga *Age Replacement* guna mengidentifikasi pendekatan *downtime*.

1.4 Tujuan Penelitian

Tujuan yang ingin dicapai dalam pengerjaan Tugas Akhir ini adalah:

1. Mengetahui Tindakan perawatan yang benar menggunakan metode *Reability Centered Maintenance* (RCM).
2. Menentukan Komponen mana yang tergolong kritis pada mesin Giling Pasir
3. Menentukan waktu interval penggantian dan juga pencegahan komponen kritis.

1.5 Manfaat Penelitian

Adapun manfaat penelitian yang diharapkan dilakukan sebagai berikut:

1. Manfaat Bagi peneliti

Peneliti dapat mengaplikasikan teori yang digunakan yaitu manajemen perawatan mesin untuk praktik di lapangan.

- a. Peneliti dapat memberikan tanggungjawab berupa ilmu yang telah dipelajari dan dapat dipraktekkan langsung terhadap perusahaan yang diteliti.

2. Manfaat Bagi Perusahaan
 - a. Perusahaan dapat mengerti dan menerapkan interval waktu antara pemeliharaan komponen setelah waktu yang ditentukan, agar dapat menghemat biaya produksi.
3. Manfaat Bagi Universitas
 - a. Dapat menambah wawasan terkait materi yang telah disampaikan kepada mahasiswa sehingga dapat mengukur kesesuaian dengan apa yang ada di lapangan.

1.6 Sistematika Penulisan

Laporan Tugas Akhir ini terdiri dari 6 bab dengan sistematika penulisan yang sesuai dengan ketentuan prodi. Secara garis besar berikut penulisannya:

BAB I

PENDAHULUAN

pendahuluan dalam sebuah skripsi, umumnya berisi informasi dan uraian tentang latar belakang penelitian, permasalahan yang diteliti, tujuan penelitian, manfaat penelitian, rumusan masalah, batasan penelitian, metodologi penelitian, serta sistematika penulisan skripsi.

BAB II

KAJIAN LITERATUR

Bagian ini berfungsi untuk menguraikan literatur yang relevan yang telah ada sebelumnya tentang topik penelitian yang sedang diteliti. Kajian literatur bertujuan untuk memberikan pemahaman yang komprehensif tentang perkembangan penelitian sebelumnya, teori-teori yang relevan, pendekatan atau metode yang telah digunakan, temuan-temuan penting, dan celah pengetahuan yang masih ada.

BAB III**METODOLOGI PENELITIAN**

Penelitian menjelaskan pendekatan, desain, populasi, sampel, teknik pengumpulan data, dan instrumen penelitian yang digunakan dalam penelitian.

BAB IV**PENGUMPULAN DAN PENGOLAHAN DATA**

peneliti menjelaskan secara detail metode yang digunakan dalam mengumpulkan data, seperti survei, wawancara, observasi, atau studi dokumentasi. Selain itu, peneliti juga menjelaskan bagaimana data yang terkumpul dianalisis, baik secara kualitatif maupun kuantitatif, dengan menggunakan teknik atau alat analisis yang sesuai.

BAB V**PEMBAHASAN**

Pembahasan biasanya melibatkan perbandingan hasil penelitian dengan teori yang relevan, menganalisis pola-pola atau temuan utama, menginterpretasikan hasil secara mendalam, dan menjelaskan hubungan antara hasil penelitian dengan tujuan penelitian yang telah ditetapkan sebelumnya.

BAB VI**PENUTUP**

Bab penutup mengandung kesimpulan dan rekomendasi untuk memperbaiki penelitian.

DAFTAR PUSTAKA

Daftar ini mencakup semua literatur, buku, jurnal, artikel, dll. yang digunakan dalam penelitian ini. Bab penutup mengandung kesimpulan dan rekomendasi untuk memperbaiki penelitian.

LAMPIRAN

Dalam lampiran berisikan dokumentasi – dokumentasi yang terkait laporan Tugas Akhir.

BAB II

KAJIAN LITERATUR

2.1 Penelitian Terdahulu

Adapun penelitian terlebih yang berkaitan mengenai pemeliharaan mesin yang mengalami kerusakan mesin dan dapat menghemat biaya pemeliharaan dengan metode RCM dan *Age Replacement* dan dapat mendukung penelitian tugas akhir ini dapat dilihat sebagai berikut:

Menurut Puadi Haming, Arminas, Nofias Fajri, Dodi Efendi (2023) Hasil identifikasi kritis komponen di PT XYZ adalah *Prebreaker* Mesin dengan *downtime* 1875 menit. Itu komponen paling penting dalam *Prebreaker* Mesin adalah komponen bantalan yang RPN-nya nilai 210. Nilai MTTR diperoleh 2,19. Itu Waktu rata-rata untuk gagal adalah 136 jam. Itu Nilai reliabilitasnya adalah 32,70%, sehingga hasil ini masih sangat rendah. Probabilitas kegagalan bantalan komponennya adalah 67,30%. Berdasarkan analisis menghasilkan waktu untuk pemeliharaan yang optimal *Prebreaker Machine* adalah setelah mesin beroperasi selama 51 jam yang membuat kegagalan probabilitas menurun sebesar 18,95% dan nilai reliabilitas meningkat sebesar 81,05%.

Menurut Zulaikha Sajaradj, Listiani Nurul Huda , Sukaria Sinulingga (2019) pengertian RCM adalah proses penentuan pendekatan pemeliharaan yang paling efektif. Berdasarkan Pemeliharaan Teknik oleh Dhillon, RCM memiliki banyak cara positif, termasuk perbaikan dalam sistem keselamatan dan lingkungan, kualitas produk yang dikembangkan, peningkatan masa manfaat pendanaan, peningkatan kerja tim dan penghematan biaya, motivasi terbaik bagi individu, dan ketersediaan dan keandalan pabrik yang lebih tinggi. *Reliability Centered Maintenance* tidak hanya mengembangkan tanggung jawab sistem tetapi juga mengurangi perawatan yang dibutuhkan di dunia yang kompetitif saat ini, dan juga mengurangi kekhawatiran biaya, disimpan. Ini juga memfokuskan sistem keselamatan dengan menetapkan titik kritis ke berbagai sub sistem dan kegiatan pemeliharaan yang dipilih lebih lanjut berdasarkan risiko kegagalan. Oleh

karena itu, Keandalan Pemeliharaan Terpusat memperkenalkan rencana pemeliharaan yang dirancang untuk keselamatan maksimum di cara yang ekonomis dan membuat sistem lebih handal.

Menurut Tri Joko Wibowo, Tb. Syarif Hidayatullah, Ahmad Nalhadi (2021) tentang Sebuah tindakan yang disebut *Condition Directed* (CD) adalah tindakan yang diambil dengan tujuan untuk menemukan kerusakan melalui inspeksi visual, pemeriksaan alat, dan pengawasan sejumlah data yang ada. Jika kerusakan diidentifikasi, perbaikan atau penggantian komponen dilakukan. Kipas pendingin, motor housing, bearing, main *shaft*, dan *drive pulley* adalah komponen yang termasuk dalam tindakan perawatan ini. *Time Directed* (TD) bertujuan untuk mencegah sumber kerusakan yang bergantung pada waktu atau umur komponen. Brush adalah bagian dari prosedur perawatan ini. Tujuan untuk menemukan kerusakan tersembunyi melalui pemeriksaan rutin dikenal sebagai *Finding Failure* (FF). Stator dan rotor adalah komponen yang terlibat dalam prosedur perawatan ini.

Menurut Trio Yonathan Teja Kusuma, Muhammad Khaedzar Assagaf, Fidia Deny Tisna Amijaya (2021) tentang Berdasarkan hasil analisis RCM II diskusi, lembar kerja keputusan yang akan diberikan hak kebijakan pemeliharaan adalah untuk komponen kawat niklin, kabel anaconda dan motherboard dengan jenis kerusakannya kabel niklin putus, busbar (tembaga kuning) putus, dan catu daya mati adalah untuk memberikan perawatan kegiatan dalam bentuk tugas buang terjadwal, lalu untuk Komponen SCR dan kapasitor dengan jenis kerusakannya apakah permukaan SCR hangus atau terbakar dan kabel arus dari trafo dibakar adalah untuk menyediakan kegiatan pemeliharaan dalam bentuk terjadwal kombinasi tugas (dijadwalkan pada tugas bersyarat dan tugas pembuangan terjadwal). Sedangkan untuk menjepit komponen dengan jenis cincin penjepit berkarat atau kotor kerusakan, hal ini untuk memberikan kegiatan pemeliharaan di bentuk tugas restorasi terjadwal.

Menurut Muhammad Naufal Al Farisi, Ahmad Syuhri, Nasrul Ilminnafik (2021) Untuk komponen *gearbox*, disarankan untuk melakukan tugas penjadwalan kondisi atau melakukan tugas penjadwalan untuk melihat kondisi *gearbox* dengan melihat getarannya. Untuk *mixer bucket*, disarankan untuk melakukan tugas restorasi atau melakukan tugas

penjadwalan di mana kondisi komponen tidak dapat dilihat saat perbaikan. Untuk blok gulung, disarankan untuk melakukan tugas penjadwalan penghapusan atau melakukan tugas penjadwalan langsung penggantian komponen.

Menurut Dio Aldri, Asep Endih Nurhidayat (2021) tentang Dalam penelitian ini, strategi perawatan yang paling sesuai dengan pendekatan Perbaikan Berpusat Reliabilitas adalah jadwal tugas pembuangan. Menurut metode penggantian berbasis usia dan spares yang berpusat pada ketahanan pada HEX-004, bahan bakar elemen adalah 463 jam dan 20 unit, seal gp-duo cone adalah 882 jam dan 12 unit, dan valve gp-sol adalah 1025 jam dan 11 unit. Element bahan bakar HEX-012 bertahan 472 jam dan 21 unit, valve gp-sol bertahan 896 jam dan 12 unit, dan sensor as-level bertahan 1136 jam dan 10 unit. Secara keseluruhan, strategi yang direkomendasikan dapat menghemat \$ 290,47 atau Rp 4.088.024,21 per jam. Perbaikan pada seal gp-duo cone disarankan untuk melakukan pengecekan oli terakhir menggunakan sampel oli yang direncanakan, bahan bakar elemen dengan menjaga kebersihan bahan bakar, kemudian diisi kembali ke dalam tangki bahan bakar sesuai standar ISO4406:2021. Selain itu, valve gp-sol dan sensor as-level harus melakukan pengecekan peristiwa aktif pada modul pengendalian elektronik.

Menurut Ahmad Badriez Zamani, Moch. Nuruddin, Said Salim Dahda (2022) tentang Hasil kajian, data historis kerusakan dan *downtime* kegagalan dalam mesin penyaring batubara yang digunakan dalam penelitian ini dari April 2021 hingga Juli 2022 menunjukkan kegagalan beberapa bagian mesin akibat tingginya frekuensi jadwal pemeliharaan yang tidak terencana. Empat kesimpulan dapat ditarik dari hasil penelitian ini. Yang pertama adalah studi ini berfokus pada analisis dua jenis komponen kritis, yaitu komponen roda gigi dan konveyor V-belt, karena memiliki tingkat kegagalan tertinggi. . Poin kedua adalah hasil uji distribusi komponen kritis mesin carbon screening, yang menunjukkan bahwa nilai Anderson terendah untuk kedua jenis distribusi sesuai dengan distribusi Weibull.

Menurut Arif Budi Sulisty, Siti Havika Mutiawati (2021) tentang Hasil perhitungan: Interval penggantian preventif komponen ban truk A 8681 X dilakukan saat komponen ban mencapai 45.000 km, kemudian truk A 8690 X pada 39.000 km, dan truk A 8690 X Kembali dilakukan pada saat komponen ban menyentuh 99.000 km.

pemeriksaan administratif 8690 masih wajib dilakukan untuk tetap dapat memenuhi interval penggantian dan menghindari kerusakan mendadak. Sebagai kajian lebih lanjut, diusulkan untuk menghitung metode kompensasi umur untuk komponen kritis lainnya yang juga sering mengalami kerusakan pada kendaraan atau mungkin juga berdampak pada pengaruh kondisi jalan pada ban.

Menurut Ragil Pardiyono, Rifki Fadillah (2020) tentang Total *downtime* selama setahun sebelum pemeliharaan preventif adalah 152,26 jam. Setelah melakukan kompensasi usia pemeliharaan preventif, *downtime* berkurang menjadi 79,8 jam. Waktu penggantian tiap komponen adalah 28 hari untuk packing, 38 hari untuk bearing dan 41 hari untuk belt. Dengan metode group replacement interval penggantian adalah setiap 34 hari, dengan total *turnover* 10 kali dalam setahun dan total *downtime* 76,8 jam per tahun.

Menurut Satria Aji Pamungkas, Mohammad Effendy (2020) selama interval kontinu dengan nilai referensi 50% atau 0,5. Dengan asumsi perangkat berfungsi dengan baik dan terus melakukan operasi dengan andal. Dari tabel di atas terlihat bahwa suction scrubber V-103B memiliki skor keandalan tertinggi dan kompresor gas C-101A dan C-102 memiliki skor keandalan terendah. Ada perbedaan yang signifikan dalam keandalan kompresor gas. Dengan kompresor gas C-101A, keandalan turun drastis sejak awal karena interval kerusakan yang pendek yang mengakibatkan penghentian dan coba lagi. Seperti yang terlihat dari catatan sejarah C-101A, hal yang sama juga terjadi pada kompresor gas C-102. Hal ini dapat dilihat dan diambil dari buku pemeliharaan.

Tabel 2.1 Perbandingan Penelitian Sebelumnya

Penulisan	Tahun	judul	Metode	Hasil dan Kesimpulan
Puadi Haming, Arminas, Nofias Fajri, Dodi Efendi.	2023	<i>The maintenance interval of prebreaker critical</i>	Penelitian ini dikembangkan di PT XYZ yang menghasilkan karet remah. Data primer sangat penting	Hasil identifikasi kritis komponen di PT XYZ adalah Prebreaker Mesin dengan

Penulisan	Tahun	judul	Metode	Hasil dan Kesimpulan
		<i>Components using reliability-centered maintenance In pt xyz</i>	untuk mesin dan komponen. Data sekunder adalah tingkat kegagalan komponen kritis yang ada dihitung menjadi MTTF.	<i>downtime</i> 1875 menit. Itu komponen paling penting dalam Prebreaker Mesin adalah komponen bantalan yang RPN-nya nilai 210. Nilai MTTR diperoleh 2,19. Itu Waktu rata-rata untuk gagal adalah 136 jam. Itu Nilai reliabilitasnya adalah 32,70%, sehingga hasil ini masih sangat rendah. Probabilitas kegagalan bantalan komponennya adalah 67,30%. Berdasarkan

Penulisan	Tahun	judul	Metode	Hasil dan Kesimpulan
				<p>analisis menghasilkan waktu untuk pemeliharaan yang optimal Prebreaker Machine adalah setelah mesin beroperasi selama 51 jam yang membuat kegagalan probabilitas menurun sebesar 18,95% dan nilai reliabilitas meningkat sebesar 81,05%.</p>
Zulaikha Sajaradj, Listiani Nurul Huda , Sukaria Sinulingga	2019	<i>The Application of Reliability Centered Maintenance (RCM) Methods to Design</i>	Reliability Centered Maintenance adalah kerangka kerja yang terstruktur dan proses yang logis mengoptimalkan sumber daya	RCM adalah proses penentuan pendekatan pemeliharaan yang paling efektif. Berdasarkan

Penulisan	Tahun	judul	Metode	Hasil dan Kesimpulan
		<i>Maintenance System in Manufacturing (Journal Review)</i>	<p>pemeliharaan untuk aset fisik dalam konteks operasinya. Keandalan Pemeliharaan Terpusat berfokus pada melestarikan fungsi sistem, bukan melestarikan aset fisik. Reliability Centered Maintenance menganalisis fungsi, potensi kegagalan suku cadang dan ini adalah langkah tujuh tinjauan yang meminta untuk mengevaluasi "keandalan", dengan manajemen risiko. Reliability Centered</p>	<p>Pemeliharaan Teknik oleh Dhillon, RCM memiliki banyak cara positif, termasuk perbaikan dalam sistem keselamatan dan lingkungan, kualitas produk yang dikembangkan, peningkatan masa manfaat pendanaan, peningkatan kerja tim dan penghematan biaya, motivasi terbaik bagi individu, dan ketersediaan dan keandalan pabrik yang lebih tinggi.</p>

Penulisan	Tahun	judul	Metode	Hasil dan Kesimpulan
			Maintenance dimungkinkan dengan pemilihan perawatan yang efektif strategi yang akan menawarkan "keandalan" suku cadang	Reliability Centered Maintenance tidak hanya mengembangkan tanggung jawab sistem tetapi juga mengurangi perawatan yang dibutuhkan di dunia yang kompetitif saat ini, dan juga mengurangi kekhawatiran biaya, disimpan. Ini juga memfokuskan sistem keselamatan dengan menetapkan titik kritis ke berbagai sub sistem

Penulisan	Tahun	judul	Metode	Hasil dan Kesimpulan
				dan kegiatan pemeliharaan yang dipilih lebih lanjut berdasarkan risiko kegagalan. Oleh karena itu, Keandalan Pemeliharaan Terpusat memperkenalkan rencana pemeliharaan yang dirancang untuk keselamatan maksimum di cara yang ekonomis dan membuat sistem lebih handal.
Tri Joko Wibowo, Tb.Syarif Hidayatullah, Ahmad Nalhadi	2019	Analisa Perawatan pada Mesin Bubut dengan Pendekatan	Situs PT. TDE di Serang, Banten, adalah tempat penelitian ini dilakukan. Fokus penelitian ini	Bagian dengan Risk Priority Number (RPN) tertinggi adalah Bearing 360,

Penulisan	Tahun	judul	Metode	Hasil dan Kesimpulan
		Reliability Centered Maintenance (RCM)	adalah mesin bubut CZ6232A di PT. TDE, yang mengalami downtime 3,93% pada tahun 2020. Proses implementasi metode RCM terdiri dari tujuh langkah sistematis.	Stator 288 dan Rotor 288 oleh karena itu membutuhkan cara agar dapat disesuaikan daripada perawatan sebelumnya. Hasil pemilihan Tindakan perawatan RCM meliputi 5 komponen dengan perawatan CD yaitu cooling fan, motor housing, bearing, poros utama dan puli penggerak, memiliki 2 komponen pengolah FF, stator dan rotor,

Penulisan	Tahun	judul	Metode	Hasil dan Kesimpulan
				serta memiliki 1 komponen dengan tindakan perawatan TD yaitu <i>brush</i> .
Muhammad Naufal Al Farisi, Ahmad Syuhri, Nasrul Ilminnafik	2021	Analisis Perawatan Mesin <i>Batching Plant</i> Menggunakan Metode <i>Reliability Centered Maintenance (RCM)</i>	Perhitungan parameter MTTR dan MTTF Diambil untuk mencari nilai MTTF dan MTTR, menggunakan waktu kerja mesin pabrik beton sebagai masukan bekerja tanpa kegagalan. Sedangkan untuk parameter MTTR memakai waktu input <i>breakdown</i> mesin pabrik. Tindakan perawatan ditentukan	Hasil dari penelitian ini, nilai ketersediaan komponen transmisi sebesar 99,33%, untuk komponen Mencampur ember 99,88%, komponen penyegelan 99,78% komponen <i>pillow block</i> dengan presentase ketersediaan adalah 99,88%, maka nilai rata-rata ketersediaan akan diperoleh

Penulisan	Tahun	judul	Metode	Hasil dan Kesimpulan
			sebelumnya pada tahap analisis kesalahan dengan FMEA, yang meningkatkan waktu menguji setiap komponen secara optimal dan membuat rekomendasi tentang cara menguji setiap komponen Analyses.	setelah melakukan metode tersebut MCR adalah 99,71%.
Trio Yonathan Teja Kusuma, Muhammad Khaedzar Assagaf, Fidia Deny Tisna Amijaya	2021	<i>Planning Activities and Maintenance Time Intervals of Induction Machines using The Reliability Centered Maintenance (RCM) II and</i>	Dalam penelitian ini, metode analisis data yang digunakan terdiri dari beberapa tahap. Tahap penelitian dimulai dari meninjau studi literatur dan	Hasil penelitian menunjukkan bahwa jenis aktivitas perawatan dan interval waktu penggantian berurutan untuk komponen SCR. adalah kombinasi tugas terjadwal

Penulisan	Tahun	judul	Metode	Hasil dan Kesimpulan
		<i>Age Replacement Method</i>	mengamati studi lapangan, mengidentifikasi masalah, mengumpulkan data, mengolah data I, mengidentifikasi distribusi, mengolah data II, menentukan hasil analisis dan pembahasan, pembuatan kesimpulan dan saran.	(scheduled on conditional tugas dan tugas pembuangan terjadwal) dengan interval waktu 294 jam, untuk komponen kawat niklin dan kabel anaconda. jenis kegiatan yang dilaksanakan adalah tugas terjadwal dengan interval waktu 451 jam dan 397 jam, untuk komponen clamping jenis kegiatan yang diterapkan adalah tugas restorasi terjadwal dengan interval waktu 617 jam. setiap

Penulisan	Tahun	judul	Metode	Hasil dan Kesimpulan
				komponen mesin induksi sebesar 22%, 28%, 25% dan 24%.
Dio Aldri, Asep Endih Nurhidayat	2021	Usulan Strategi Perawatan Excavator Menggunakan Metode RCM, <i>Age Replacement</i> dan RCS	Kajian dilakukan dengan menggunakan studi literatur dan wawancara. Studi literatur dilakukan dengan cara menelaah Referensi digital sistem ekskavator 320GC diperoleh dari perusahaan. Wawancara dilakukan untuk mendapatkan lebih banyak informasi terkait produktivitas unit, harga referensi pasar batubara. Koleksi penulis	Data yang telah diolah dan dianalisis menggunakan metode RCM, penggantian usia, dan RCS menghasilkan kesimpulan bahwa strategi perawatan yang paling efektif adalah tugas penyingkiran jadwal. Per tahun, komponen dan perawatan yang diperlukan untuk HEX-004 adalah sebagai berikut: bahan bakar elemen

Penulisan	Tahun	judul	Metode	Hasil dan Kesimpulan
			data primer berupa data tentang komponen terpasang, harga suku cadang di pasaran dan sistem kerjanya, data waktu dan kerusakan total komponen, daftar suku cadang masalah unit rumah, populasi unit di wilayah studi, dan data profil perusahaan. Data sekunder berupa Referensi tambahan seperti tabel dan artikel fungsi gamma dari penelitian sebelumnya. Metode yang digunakan di	membutuhkan 463 jam dan 20 unit, seal gp-duo cone membutuhkan 882 jam dan 12 unit, dan valve gp sol membutuhkan 1025 jam dan 11 unit. Komponen bahan bakar HEX-012 mencapai 472 jam dan 21 unit, valve gp-sol mencapai 896 jam dan 12 unit, dan sensor as-level mencapai 1136 jam dan 10 unit. Strategi yang disarankan dapat menghemat total \$ 290,47 atau Rp 4.088.024,21 per

Penulisan	Tahun	judul	Metode	Hasil dan Kesimpulan
			<p>Penelitian ini antara lain menggunakan metode reliabilitas Pemeliharaan terpusat (RCM), metode penggantian berbasis usia, dan metode <i>Reliability Centered Spares</i> (RCS).</p>	<p>jam. Perbaikan disarankan untuk seal gp-duo cone dengan menggunakan sampel oli rencana untuk mengevaluasi oli akhir operasi; bahan bakar elemen dengan menjaga kebersihan bahan bakar yang akan diisikan ke tangki bahan bakar sesuai standar ISO4406:2021; dan valve gp-sol dan sensor as-level mengevaluasi peristiwa aktif pada modul kontrol</p>

Penulisan	Tahun	judul	Metode	Hasil dan Kesimpulan
				elektronik memori.
Ahmad Badriez Zamani, Moch. Nuruddin, Said Salim Dahda	2022	Penentuan Interval Penggantian Komponen Mesin Pengayakan Batu Bara Menggunakan Metode <i>Age Replacement</i>	<p>Penelitian ini mencakup semua kegiatan yang telah peneliti lakukan untuk memecahkan masalah yang ada di PT. X. Sumber data yang digunakan dalam penelitian ini adalah data primer dan data sekunder. Data primer diperoleh dari wawancara dan observasi dengan teknisi mesin pengayakan batu bara. Sedangkan data sekunder yang diterima dari departemen engineering</p>	<p>Hasil penelitian diperoleh interval waktu alternatif untuk unit gearbox adalah 14 hari dan unit konveyor V-belt adalah 16 hari. biaya penggantian part gearbox akibat kerusakan adalah Rp 3.286.955 dan hitung total biayanya pengolahan (TC*) Rp. 56 549 187. Seputar penggantian part V-belt conveyor karena kerusakan sebesar Rp</p>

Penulisan	Tahun	judul	Metode	Hasil dan Kesimpulan
			meliputi data kerusakan dan downtime mesin pengayakan batu bara untuk periode April 2021 hingga Juli 2022.	3.101.104 dan total perhitungan biaya pemeliharaan (TC*) sebesar Rp 58.260.118.
Arif Budi Sulistyono, Siti Havika Mutiawati	2021	Usulan jadwal preventive maintenance komponen ban Pada truk tronton 20.000 kl menggunakan metode age Replacement	Dalam Penelitian kali ini ini metode yang digunakan adalah <i>Age Replacement</i> , Yang mana Metode ini adalah perencanaan perawatan pencegahan berdasarkan interval kerusakan komponen. Perencanaan modifikasi komponen alternatif ini berdasarkan tahun	Setelah melakukan perhitungan Dengan menggunakan metode substitusi umur, yang didapat, disimpulkan umur tersebut komponen ban truk A 8681 X tronton untuk 45.000 KM, A 8683 X untuk 39.000 KM dan A 8690 X dari 99.000 KM. Sistem

Penulisan	Tahun	judul	Metode	Hasil dan Kesimpulan
			Dan Periode kerusakan komponen. Pengumpulan data primer dan data sekunder termasuk data pemeliharaan, data ganti ban dan data pemulihan kendaraan tronton 20.000 KL, serta data biaya penggantian komponen ban .	Manajemen Ban (TMS) lakukan dengan melakukan pelatihan, membuat dasbor standar, membuat indikator kinerja utama (KPI), dan alur kerja Sistem Manajemen Ban (TMS) termasuk manajemen suplai, perawatan ban dan analisis data.
Ragil Pardiyono, Rifki Fadillah	2020	Minimasi downtime menggunakan <i>reliability centered Maintenance</i> (rcm) pada pt. Agronesia inkaba	Pemilihan sistem yang memiliki kontribusi terbesar dan sistem yang memiliki biaya corrective maintenance yang tinggi dan	Berdasarkan hasil perhitungan fit index di atas, diperoleh bahwa nilai indeks yang disesuaikan (r) dengan

Penulisan	Tahun	judul	Metode	Hasil dan Kesimpulan
			berpengaruh sehingga membuat kerugian yaitu pada mesin Kneader KD 75. Mesin ini dalam kurun waktu 1 tahun memiliki frekuensi kerusakan sebesar 29 kali dengan total downtime 152,6 jam	Distribusi Weibull, Eksponensial, Normal, dan Log Biasanya, nilai tertinggi ada di distribusi weibull, khususnya komponen Seal Packing 0,9413, Bearing dari 0,9858 Dan <i>fanbelt</i> dari v0.9780. Pemeriksaan kebugaran distributif dilakukan untuk membuktikan hipotesis memang benar, perlu untuk mengambil tes yang

Penulisan	Tahun	judul	Metode	Hasil dan Kesimpulan
				Mann'test untuk distribusi Weibull. Berjalan Kemudian muncul perhitungan nilai parameter distribusi di mana parameter termasuk α dan β . Nilai ini menentukan waktu penggantian komposisi dan tingkat kegagalan rata-rata. tabel 7 adalah nilai parameter α dan β dan hasilnya Hitung Mann'test pada setiap komponen.

Penulisan	Tahun	judul	Metode	Hasil dan Kesimpulan
Satria Aji Pamungkas, Mohammad Effendy	2020	Implementasi <i>reliability centered maintenance</i> (rcm) pada gas <i>Compressor –</i> pertamina hulu energi west madura offshore gresik	Penelitian yang diajukan dalam hal ini adalah Penelitian kuantitatif dengan jenis penelitian berupa Ulasan studi berguna untuk menjelaskan tentang keefektifan suatu metode. Penelitian ini dilakukan pada bulan Februari sampai Mei Maret 2020 di PT. Pertamina Hulu Energi Madura Barat lepas pantai Gresik, selama pemrosesan dan penanganan data dikumpulkan di Universitas	Hasil analisa dikuantifikasi dengan metode RCM II, nilai keandalan kompresor angin tertinggi adalah 6 bulan merupakan kompresor angin C-102 yang memiliki nilai 0,23 dan memiliki 4 komponen dengan keandalan yang kurang baik 0,5 dalam setahun. Dan perlu memantau status udara terkompresi C-101A setiap saat 500 jam dan kompresor udara C-102 setiap

Penulisan	Tahun	judul	Metode	Hasil dan Kesimpulan
			<p>Negeri Surabaya. Data digunakan dalam penelitian ini berasal dari Sastra adalah salah satu bentuk pembelajaran yang berusaha untuk referensi dari berbagai sumber seperti buku, jurnal, Internet, serta data tambahan berupa P&ID, PFD, dan data kuantitatif berupa rekaman pemeliharaan energi WMO Gresik instalasi gas utama diperoleh dari PT. Pertamina Hulu</p>	<p>1200 jam karena memiliki nilai reliabilitas yang paling rendah.</p>

2.2 Kajian Induktif

2.2.1 Manajemen Perawatan

Menurut Kurniawan (2013), Perawatan diartikan sebagai proses pemeliharaan mesin/peralatan pabrik agar selalu dalam kondisi baik dan dilakukan perbaikan untuk memastikan bahwa mesin dapat beroperasi sesuai dengan rencana sehingga dapat diharapkan menghasilkan output produksi sesuai dengan target produksi. Kegiatan perawatan tersebut memiliki tujuan untuk memastikan bahwa sistem fungsional pada pemeliharaan yang dilakukan untuk peralatan, mesin, dan fasilitas lainnya sesuai dengan kebutuhan (Prasetyo, 2017).

Pelaksanaan pemeliharaan dalam sebuah industry diperlukan jalur komunikasi yang jelas antara perancang dan orang yang bertugas untuk menjaga pemeliharaan. Menurut Kurniawan (2013), terdapat istilah pemeliharaan umum yang harus dipahami sepenuhnya seperti berikut:

1. *Inspection* (Inspeksi)

Inspection adalah proses memastikan fasilitas produksi tersebut berada dalam kondisi baik.

2. *Repair* (Perbaikan)

Repair adalah proses kegiatan agar kondisi mesin dapat normal Kembali ketika ada gangguan. Apabila terjadi kerusakan ringan dalam mesin produksi, maka dilakukan perbaikan untuk mengembalikan kondisi mesin sehingga bisa beroperasi Kembali.

3. *Overhaul* (Perbaikan Menyeluruh)

Overhaul adalah jenis kegiatan perbaikan dengan mengacu pada perbaikan besar atau menyeluruh, hal tersebut dapat menghambat proses produksi dan memakan biaya.

4. *Replacement* (Penggantian)

Replacement adalah proses perbaikan atau penggantian suku cadang mesin yang rusak atau dikenal sebagai penggantian. Jika kondisi alat sudah tidak dapat dioperasikan Kembali atau telah mencapai umur yang sudah tidak efektif untuk digunakan, maka komponen harus diganti. Penggantian komponen sendiri

memerlukan investasi yang signifikan dari perusahaan. hal tersebut adalah opsional terakhir yang tersedia setelah *Repair* dan *Overhaul*.

Secara umum ada dua jenis pemeliharaan mesin yaitu pemeliharaan terencana dan pemeliharaan tidak terencana. Kegiatan pemeliharaan terencana memungkinkan mesin dapat digunakan sebelum kerusakan terjadi dan dilakukan pemeliharaan sesuai dengan apa yang telah dijadwalkan. Sehingga dihasilkan waktu tunggu dan dapat meminimalisir kerugian perusahaan sebagai akibat dari proses produksi yang dihentikan. Jenis pemeliharaan yang dilakukan setelah kegagalan terjadi dikenal sebagai pemeliharaan tidak terencana. Selain itu kerusakan biasanya terjadi secara tidak terduga dalam jalannya sebuah proses sehingga pemeliharaan ini dilakukan sesuai dengan kebutuhan (Jaka Purnama, 2015).

Menurut Dhamayanti et al., (2016), ada dua macam Tindakan yang dapat dilakukan dalam pemeliharaan mesin, yaitu sebagai berikut :

1. *Preventive Maintenance* (Pemeliharaan Pencegahan)

Pemeliharaan pencegahan merupakan pemeliharaan yang dilakukan untuk mengetahui kondisi dari mesin dan dilakukan secara berkala agar selalu dalam kondisi baik sebelum digunakan untuk melakukan proses produksi.

2. *Corrective Maintenance* (Pemeliharaan Perbaikan)

Pemeliharaan Perbaikan adalah sebuah perawatan dan pemeliharaan yang bertujuan untuk memperbaiki aset saat komponen berjalan kurang optimal atau terjadi kerusakan. Perawatan *corrective* ini dilakukan setelah terjadinya kerusakan pada aset perusahaan., *Corrective Maintenance* yaitu sebuah kegiatan perawatan yang dilakukan setelah mesin atau fasilitas mengalami kerusakan dan gangguan sehingga peralatan tidak bisa digunakan dengan semestinya. Dalam definisi *Corrective Maintenance* memiliki pengertian yang serupa dengan kegiatan reparasi atau perbaikan. Jenis perawatan ini memiliki tujuan sebagai mengidentifikasi penyebab dan memperbaiki kerusakan pada peralatan industri.

Sehingga, kerusakan tidak akan terulang kembali di masa mendatang dan mendapat perbaikan yang cepat dan efisien.

Secara umum, Pemeliharaan bertujuan untuk mencegah kerusakan mesin yang tidak sengaja terjadi pada akhirnya dapat mengganggu proses produksi. Ketika mesin atau peralatan mengalami kerusakan, Pemeliharaan mencakup tindakan perbaikan dan pencegahan. Sepanjang siklus hidup mesin atau peralatan, Pemeliharaan mencakup semua aspek teknis dan administrasi dan manajerial (Hidayat *et al.*, 2016)

2.2.2 Reability Centered Maintenance (RCM)

Menurut Prasetyo (2017), *Reliability Centered Maintenance* (RCM) merupakan sebuah pendekatan sistematis dalam manajemen perawatan yang bertujuan untuk memastikan keandalan dan ketersediaan aset dengan cara yang efisien. Metode RCM melibatkan identifikasi dan analisis terhadap fungsi kritis dari suatu sistem, potensi kegagalan yang dapat terjadi, serta penentuan strategi perawatan yang paling tepat.

Pendekatan ini mendorong perusahaan untuk memfokuskan sumber daya perawatan pada aset yang paling penting dan merumuskan rencana perawatan yang didasarkan pada pemantauan kondisi, perawatan preventif, perbaikan berbasis kondisi, atau penggantian komponen. Tujuan dari RCM sendiri yaitu mengembangkan prioritas hubungan desain yang dapat mempersiapkan *preventive maintenance* untuk sub-assembly dan mendapatkan informasi yang berguna dalam pengembangan desain dari item terutama yang berhubungan dengan konsumen, berdasarkan reliability. Tujuan diatas dapat tercapai ketika jumlah biaya (*total cost*) yang dikeluarkan untuk melakukan perawatan adalah minimal. Dalam menggunakan RCM terdapat 7 tahapan, yaitu :

1. Pemilihan Sistem dan Pengumpulan informasi :

Dalam pemilihan sistem yang akan dipilih adalah sistem yang memiliki frekuensi Permasalahan Perawatan yang tinggi, dengan pengeluaran biaya yang mahal dan dapat mengganggu efektifitas jalannya perusahaan.

2. Deskripsi sistem dan *functional block diagram* (FBD)

Setelah memilih sistem maka lakukan pendeskripsian sistem. Memiliki tujuan untuk mengidentifikasi detail penting dari sistem.

3. Penentuan fungsi dan kegagalan *Functional*

Menentukan Fungsi yang dapat diartikan sebagai apa yang dapat dilakukan oleh suatu alat yang meliputi kecepatan, output, kapasitas, dan kualitas produk.

4. *Failure Mode and Effect Analysis* (FMEA)

Failure Mode atau mode kegagalan adalah kondisi yang dapat menyebabkan suatu fungsi gagal. Jika mode kegagalan dapat diidentifikasi, dimungkinkan untuk mengetahui efek dari kesalahan yang menggambarkan apa yang akan terjadi ketika mode kegagalan terjadi, yang kemudian digunakan untuk menentukan konsekuensi dan memutuskan apa yang harus dilakukan untuk memprediksi, mencegah, mendeteksi atau memperbaikinya. .

Berikut adalah tahap-tahap *Failure Mode Effect Analysis* (FMEA) menurut Ebeling (1997,p167):

- a. Menentukan dan mengidentifikasikan sistem yang akan dianalisis.
- b. Menentukan mode kegagalan sistem yang diamati berdasarkan komponen atau fungsionalitas.
- c. Menentukan dan identifikasi terkait akibat (*potential cause*)

5. *Logic Tree Analysis* (LTA)

Logic tree analysis (LTA) adalah suatu metode pengukuran kualitatif untuk mengklasifikasikan mode kegagalan. *Logic tree analysis* memiliki 4 kategori yaitu:

a. *Safety problem* (Kategori A)

Mode kegagalan yang mempunyai konsekuensi dapat melukai atau mengancam jiwa seseorang.

b. *Outage Problem* (Kategori B)

Mode kegagalan yang dapat memastikan sistem

c. *Minor to Investigation Economic Problem* (Kategori C)

Mode kegagalan yang tidak berdampak pada keamanan maupun mematikan sistem. Dampaknya tergolong kecil dan dapat diabaikan.

d. *Hidden Failure* (Kategori D)

Mode Kegagalan yang terjadi tidak dapat diketahui oleh operator.

6. *Task Selection* (Pemilihan kebijakan perawatan)

Berfungsi untuk menentukan kebijakan-kebijakan yang mungkin untuk diterapkan dan memilih task yang paling efisien untuk setiap *failure mode*. Efektif yang dimaksud disini adalah kebijakan perawatan yang dilakukan dapat mencegah, mendeteksi kegagalan, atau menemukan *hidden failure*. Sedangkan efisien yang dimaksud adalah kebijakan perawatan yang dilakukan ekonomis bila dilihat dari total biaya perawatan.

2.2.3 *Failure mode and effect Analysis (FMEA)*

Failure mode and effect analysis Menurut Syahabuddin (2019), adalah metode yang digunakan untuk mengidentifikasi potensi berdasarkan kerusakan yang dapat menyebabkan kerusakan dan efek kegagalan yang dihubungkan dengan masing-masing jenis kegagalan. Sedangkan menurut Smith&Glen (2004) *Failure mode and effect analysis* adalah sebuah metode yang digunakan untuk mengidentifikasi desain sistem dengan identifikasi mode kegagalan dari setiap komponen sistem kemudian dianalisis pengaruhnya terhadap *Reability* sistem tersebut. Berikut adalah tahapan dari *Failure mode and effect analysis* yang terdapat pada Ebling (1997,p167):

1. Menentukan dan mengidentifikasi sistem yang akan dianalisis .
2. Menentukan mode kegagalan sistem yang diamati berdasarkan komponen atau fungsi.
3. Mengidentifikasi penyebab dari *Failure mode* yang terjadi pada berjalannya proses
4. Mengidentifikasi akibat yang ditimbulkan potensi dari *failure mode*
5. Menetapkan nilai-nilai *severity, occurance dan detection* . dengan penilaian yang berdasarkan kriteria penelitian .
6. Membuat lembar kerja *Failure mode and effect analysis (FMEA)*. Lembar kerja ini dibuat untuk mempermudah pelaksanaan analisis kegagalan dan juga dapat

Pada tabel di atas, isian perangkat dapat berisi komponen-komponen suatu sistem, sedangkan kolom *Function* berisi fungsi suatu komponen selama operasi kegagalan fungsional dengan kegagalan yang dapat muncul dari suatu fungsi, *Failure mode* berisi kemungkinan penyebab kegagalan fungsional, Sedangkan efek kegagalan diisi oleh akibat atau akibat dari kegagalan tersebut. Dan SO D berarti *Severity* (S), *Occurance* (O) dan *Detection* (D). dan Risk Priority Number (RPN) dapat dihitung dengan menggunakan rumus berikut :

$$RPN = S * O * D \quad (2.1)$$

Sehingga pengertian *Risk Priority Number* (RPN) berfungsi untuk menunjukkan tingkat kepentingan dari sebuah sistem komponen yang memiliki tingkat resiko tinggi sehingga memerlukan perlakuan khusus dengan melakukan perbaikan. komponen penyusunan *Risk Priority Number* (RPN) dapat dilihat sebagai berikut:

a. *Severity*

Tabel 2.3 Keterangan *Severity*

Efek	Kriteria	peringkat
Bahaya tanpa ada tanda-tanda	Kegagalan sangat tinggi dapat membayakan lingkungan tapi tidak ada tanda tanda kerusakan	10
Bahaya dengan tanda-tanda	Kegagalan sangat tinggi dapat membahayakan lingkungan dan adanya tanda-tanda kerusakan sebelumnya	9
Sangat tinggi	Mesin tidak dapat beroperasi karna ada gangguan besar yang	8

Efek	Kriteria	peringkat
	menyebabkan hilangnya fungsi utama pada mesin	
Tinggi	Mesin tidak dapat beroperasi karna adanya gangguan besar	7
Sedang	Mesin tidak dapat di oprasikan, karna ada bagian yang tidak berfungsi atau komponen lain mengalami kegagalan fungsi yang sama	6
Rendah	Mesin dapat beroperasi, namun terdapat gangguan pada komponen lain dan terjadi penurunan performa	5
Sangat rendah	Mesin dapat beroperasi, namun settingan sistem mengalami perubahan sehingga produksi tidak maksimal	4
ecil	Mesin dapat beroperasi dengan normal namun memiliki gangguan kecil	3

Efek	Kriteria	peringkat
Sangat kecil	Mesin dapat beroperasi dengan normal namun efek dari gangguan tidak mengganggu oprasi	2
Tidak ada	Tidak ada efek dan gangguan sama sekali-	1

b. *Occurency*

Tabel 2.4 Keterangan *Occurance*

Peluang Kegagalan	Kriteria <i>Occurance</i> kejadian gagal	Peringkat
Sangat tinggi	1 per 7 hari	10
	1 per 14 hari	9
Tinggi	1 per 1-2 bulan	8
	1 per 3-4 bulan	7
Sedang	1 per 5-6 bulan	6
	1 per 7-10 bulan	5
Rendah	1 per < 1 tahun	4
	1 per <1,5 tahun	3
Terkontrol	1 per <2 tahun	2
	Tidak pernah sama sekali (>2 tahun)	1

c. *Detection*Tabel 2.5 Keterangan *Detection*

Deteksi	Kriteria detection	Peringkat
Tidak terdeteksi	Tidak bisa terdeteksi dan menimbulkan kerusakan yang parah	10
Sedikit	Pendeteksian sedikit, karna sulit mendeteksi adanya gangguan	9
Sangat Kecil	Pendeteksian sangat rendah, mesin gagal digunakan	8
Kecil	Pendeteksian kecil, mesin mengalami kegagalan fungsi	7
Rendah	Pendeteksian sangat rendah, karena adanya komponen yang tidak berfungsi atau rusak, sehingga dilakukan tidak pergantian	6
Sedang	Pendeteksian sedang karna ada komponen yang mengalami gangguan, sehingga dilakukan tindak pengecekan dan perbaikan	5
Cukup tinggi	Pendeteksian cukup tinggi, komponen dapat mengalami perubahan	4

	pengaturan sehingga memerlukan pengecekan ulang dan reset pengaturan	
Tinggi	Pendeteksian yang tinggi karna terdapat bunyi alarm dari peringatan mesin	3
Sangat tinggi	Pendeteksian sangat tinggi dikarenakan terlihat secara langsung dan adanya perawatan secara berkala	2
Pasti	Pasti terdeteksi	1

2.2.4 Logic Tree Analysis (LTA)

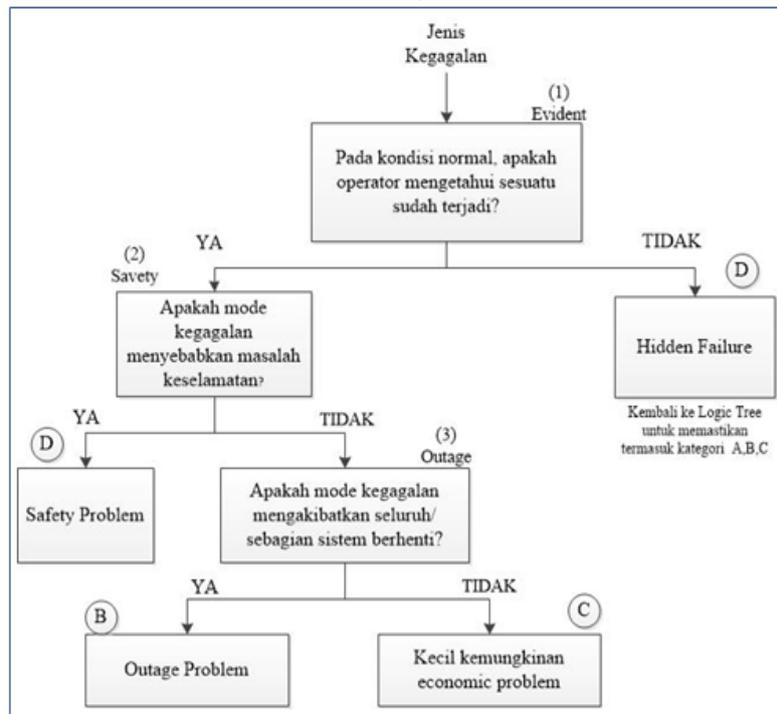
Logic Tree analysis (LTA) memiliki fungsi untuk menunjukkan jenis kegiatan Perawatan (*Maintenance Task*) yang mana harus memiliki kelayakan dan optimal yang digunakan untuk mengatasi *Failure mode*. Tahap ini memiliki tujuan untuk memberikan prioritas terkait setiap mode kerusakan. Analisis kritis dari *Failure mode* dapat ditempatkan dalam satu dari empat kategori (Smith&Glenn, 2004) yaitu:

1. *Evidents*, yang memiliki pengertian apakah operator dalam kondisi yang normal dapat mengetahui bahwa telah terjadi adanya kerusakan?
2. *Safety*, yang memiliki pengetahuan apakah adanya kegagalan tersebut dapat membahayakan keselamatan?
3. *Outage*, yang memiliki pengertian apakah kegagalan ini dapat memicu terjadinya perhentian seluruh sistem yang sedang berjalan?
4. *Category*, yang memiliki pengertian yaitu mengklasifikasikan jawaban dari pertanyaan yang diajukan dan diklasifikasikan menjadi 4 kategori yaitu:

- a. Kategori A (*Safety Problem*)

Jika mode kegagalan memiliki konsekuensi yang membahayakan keselamatan bahkan menyebabkan kematian seseorang. Kegagalan ini juga memiliki

Gambar 2.1 Alur Logic Tree Analysis



2.2.5 Task Selection (TS)

Task Selection memiliki Pemilihan tindakan adalah langkah terakhir dari analisis pemeliharaan yang berfokus pada kemampuan (RCM). Dari setiap mode kerusakan, daftar kemungkinan tindakan dibuat dan kemudian tindakan yang paling efektif dipilih. Analisis ini akan menentukan tindakan *Preventive Maintenance* (PM) yang sesuai untuk jenis kegagalan tertentu. Tindakan pemrosesan pada rute pemilihan tindakan dapat dibagi menjadi 3, yaitu:

1. *Time Direct* (TD) atau *Preventive Maintenance* (PM)

Tindakan perawatan yang dilakukan secara langsung terhadap sumber kerusakan dengan didasari umur ataupun waktu dari komponen.

2. *Condition Direct* (CD) atau *Predictive Maintenance* (PDM)

Tindakan perawatan yang dilakukan dengan memeriksa dan inspeksi. Apabila didalam inspeksi terdapat gejala – gejala kerusakan, maka dilanjutkan dengan perbaikan atau penggantian komponen.

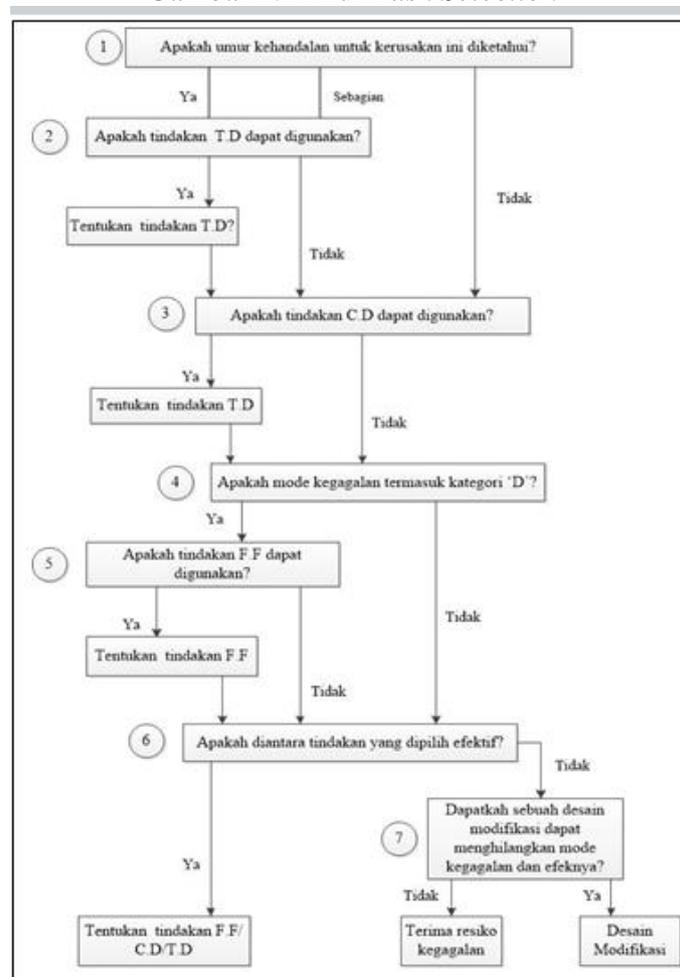
3. *Finding Failure* (FF) atau *Condition Based* (CB)

Tindakan perawatan yang dilakukan dengan tujuan untuk menemukan kerusakan yang tersembunyi dengan pemeriksa berkala.

Tabel 2.7 Format *Task Selection Road Map*

No	Equipment	Fuction	Failure Mode	Critically Analysis							Selection Task
				1	2	3	4	5	6	7	

Gambar 2.2 Alur *Task Selection*



2.2.6 Keandalan (Reability)

Keandalan memiliki definisi sebagai probabilitas sistem yang akan memiliki kinerja sesuai dengan fungsi yang dibutuhkan dalam periode yang sudah ditentukan juga. (Ebeling, 1997).

2.2.7 Fungsi Keandalan

Rekayasa keandalan berfungsi untuk mencegah kegagalan produk. Implementasi Rekayasa Keandalan bertujuan untuk memaksimalkan keandalan dan meminimalkan kegagalan produk. Tiga langkah dapat diambil untuk melakukan rekayasa keandalan: memaksimalkan stres produk, meminimalkan variasi dalam proses pembuatan untuk memastikan keandalan produk yang konsisten, dan menggunakan berbagai teknik keandalan. (Yang G., 2007).

2.2.8 Laju kegagalan (Failure Rate)

Laju kegagalan (λ) adalah banyaknya kegagalan per satuan waktu. Laju kegagalan dapat dinyatakan sebagai perbandingan antara jumlah kegagalan yang terjadi dalam periode waktu tertentu dengan total waktu aktif suatu komponen, subsistem, atau sistem. .

Laju kegagalan dinyatakan dengan persamaan :

$$\lambda(r) = \frac{f(t)}{R(t)} \quad (2.2)$$

Dimana :

F(t) = fungsi padat peluang kegagalan selama waktu proses (pdf)

R(t) = total waktu operasi

Laju kegagalan suatu komponen dapat digambarkan dengan sebuah kurva bak mandi (*bath tube curve*) dengan variabel waktu sebagai laju kegagalan dari komponen (sistem).

2.2.9 Identifikasi Distribusi kegagalan

Tujuan dari identifikasi distribusi menurut Taufik & Septiyani (2016), adalah dapat meningkatkan nilai keandalan dengan memerlukan adanya perhitungan distribusi.

Distribusi kerusakan bervariasi antar mesin atau komponen seperti waktu, jarak, dan suhu adalah contoh variabel acak kontinu yang digunakan seperti normal, lognormal, Weibull, dan eksponensial. Penjelasan mengenai 4 distribusi di atas adalah sebagai berikut:

a. Distribusi normal

distribusi normal atau yang grafiknya disebut kurva normal berbentuk lonceng. Yang menggambarkan dengan cukup baik banyak gejala yang muncul di alam, industri dan penelitian. Pengukuran fisik di bidang seperti percobaan meteorologi, penelitian curah hujan, dan pengukuran suku cadang yang diproduksi sering dengan baik dapat diterangkan dengan menggunakan distribusi normal Walpole (1995).

Persamaan matematika distribusi peluang peubah normal kontinu bergantung pada dua parameter yaitu μ (nilai tengah) dan σ (standard deviasi). Pada distribusi normal menggunakan μ sebagai rata-rata dan σ sebagai standar deviasi (Dhillon, 2006). Distribusi ini menggunakan persamaan sebagai berikut:

$$\text{PDF} \rightarrow f(t) = \frac{1}{\sigma\sqrt{2\pi}} \int_{-\infty}^1 \exp\left[-\frac{(x-\mu)^2}{2\sigma^2}\right] dx \quad (2.3)$$

$$\text{Fungsi Keandalan } R(t) = 1 - \left(\Phi\left(\frac{t-\mu}{\sigma}\right)\right) \quad (2.4)$$

$$F(t) \rightarrow \Phi\left(\frac{t-\mu}{\sigma}\right) \quad (2.5)$$

$$\text{Laju Kerusakan} \rightarrow \lambda(t) = \frac{f(t)}{1-\Phi\left(\frac{t-\mu}{\sigma}\right)} \quad (2.6)$$

$$\text{MTTF} = \mu \quad (2.7)$$

b. Distribusi lognormal

Distribusi lognormal digunakan untuk beberapa penerapan. Distribusi tersebut berlaku dalam kasus seperti transformasi log alam dan akan menghasilkan sebuah distribusi normal. Peubah acak kontinu X mempunyai sebaran lognormal bila peubah acak $Y = \ln(X)$ mempunyai suatu sebaran normal dengan nilai tengah μ dan simpangan baku σ . Menurut Lewis, berikut persamaan yang digunakan untuk distribusi ini :

$$\text{PDF} \rightarrow f(t) = 1/(t \cdot \sigma \sqrt{2\pi}) \exp\left\{-\frac{1}{2\sigma^2} [\ln t - \mu]^2\right\} \quad (2.8)$$

$$\text{Fungsi Keandalan} \rightarrow R(t) = 1 - \Phi [1/s \ln (t/t_{med})] \quad (2.9)$$

$$F(t) \rightarrow \Phi [1/s \ln (t/t_0)] \quad (2.10)$$

$$\text{Laju Kerusakan } \lambda(t) = (f(t))/(R(t)) \quad (2.11)$$

$$\text{MTTF} \rightarrow \exp (t_0) + \llbracket 0,5 s \rrbracket ^2 \quad (2.12)$$

c. Distribusi Weibull

Distribusi weibull merupakan salah satu distribusi teoritis variabel acak kontinu yang sering digunakan untuk menganalisis sesuatu keandalan suatu barang. Sama seperti distribusi gamma dan eksponensial yang menangani masalah reliabilitas, distribusi Weibull paling sering digunakan. Distribusi Weibull terkenal dengan distribusinya yang fleksibel. Distribusi Weibull memberikan analisis kesalahan yang akurat dan prediksi risiko dengan sampel yang sangat kecil menggunakan histogram grafis yang sederhana dan berguna. Distribusi weibull juga banyak digunakan dalam teknik perhitungan keadalan. Maka pada distribusi ini, terdapat dua parameter kemiringan (β) dan parameter skala (θ). Menurut Ebeling (1997), Distribusi ini dapat menggunakan persamaan sebagai berikut:

$$\text{PDF} \rightarrow f(t) = \beta/\theta (t/\theta)^{\beta-1} \cdot e^{-(t/\theta)^\beta} \quad (2.13)$$

$$\text{Fungsi Keandalan} \rightarrow R(t) = e^{-(t/\theta)^\beta} \quad (2.14)$$

$$F(t) \rightarrow = 1 - e^{-(t/\theta)^\beta} \quad (2.15)$$

$$\text{Laju Kerusakan} \rightarrow h(t) = \beta/\theta (t/\theta)^{\beta-1} \quad (2.16)$$

$$\text{MTTF} \rightarrow \theta T (1 + 1/(\beta)) \quad (2.17)$$

d. Distribusi eksponensial

Distribusi eksponensial bertujuan untuk menghitung kehandalan dari distribusi kerusakan dengan laju kerusakan konstan. Parameter distribusi eksponensial adalah λ (laju kerusakan) menunjukkan tingkat kerusakan yang mencerminkan waktu rata-rata terjadinya kerusakan. Distribusi eksponensial banyak digunakan untuk erusakan peralatan yang disebabkan kerusakan komponen penyusun alat tersebut. Menurut Lewis, pada distribusi ini rumus perhitungan yang digunakan adalah sebagai berikut:

$$\text{PDF} \rightarrow f(t) = [\lambda e]^{-\lambda t} \quad (2.18)$$

$$\text{Fungsi Keandalan} \rightarrow R(t) = e^{-\lambda t} \quad (2.19)$$

$$F(t) \rightarrow 1 - e^{-\lambda t} \quad (2.20)$$

$$\text{Laju Kerusakan} \rightarrow h(t) = \lambda \quad (2.21)$$

$$\text{MTTF} = 1/\lambda \quad (2.22)$$

2.2.10 Mean Time to Failure (MTTF)

Mean time to failure (MTTF) adalah nilai rata-rata interval waktu antar kerusakan dari sebuah komponen (Firmansyah et al., 2022). MTTF adalah periode waktu sejak komponen digunakan untuk pertamakalinya hingga komponen tersebut perlu diperbaiki atau dilakukan pemeriksaan ulang. Dengan mengukur rata-rata kelebihan waktu yang digunakan dalam penjadwalan produksi tanpa terjadi gangguan:

$$\text{MTTF} = \frac{\text{waktu total} - \text{downtime} - \text{waktu yang tidak dimanfaatkan}}{\text{jumlah kerusakan}} \quad (2.23)$$

2.2.11 Mean Time To Repair (MTTR)

Mean time to repair (MTTR) adalah nilai rata-rata interval waktu yang digunakan dalam pengecekan atau perbaikan peralatan agar alat dapat beroperasi Kembali. Perhitungan MTTR dilakukan dari mulai rusaknya mesin hingga Mesin dapat berguna Kembali (Firmansyah et al., 2022).

$$\text{MTTR} = \frac{\text{total waktu terhentinya alat akibat kerusakan (tidak terjadwal)}}{\text{jumlah kerusakan}} \quad (2.24)$$

2.2.12 Model perawatan penggantian pencegahan (Age Replacement)

Menurut Ardhi (2019), metode *Age Replacement* merupakan strategi pemeliharaan preventif dengan berdasarkan kerangka waktu perbaikan yang memerlukan Tindakan penggantian atau perbaikan dengan kriteria minimalisasi. Ini berarti bahwa metode ini dapat digunakan jika suatu komponen rusak dalam sekelompok mesin dan hanya ada satu komponen yang rusak dan harus diganti.

Age replacement adalah model atau metode dimana Tindakan untuk mencegah penggantian diambil berdasarkan masa pakai komponen. Sehingga apabila terjadi

kerusakan, model ini akan mengevaluasi Kembali jadwal perawatannya dengan menyusul penggantian komponen rusak atau tidak efektif

Model *Age Replacement* memiliki 2 siklus operasi, Yaitu:

Siklus 1: Siklus pencegahan yang diakhiri dengan kegiatan penggantian pencegahan. Ditentukan Kembali melalui komponen yang telah mencapai umur, sesuai dengan apa yang telah direncanakan.

Siklus 2: Siklus pencegahan yang di akhiri dengan kegiatan penggantian kerusakan. Ditentukan melalui komponen yang telah mengalami kerusakan sebelum waktu penggantian yuang telah direncanakan sebelumnya.

$$D(tp) = \frac{Tp.R(tp)+Tf.(1-R(tp))}{(tp+Tp).R(t)+(M(tp)+Tf).(1-R(tp))} \quad (2.25)$$

Keterangan Rumus:

tp = Interval waktu penggantian pencegahan

Tf = Waktu untuk melakukan penggantian kerusakan komponen

Tp = Waktu untuk melakukan penggantian *preventive*

$R(tp)$ = Probabilitas terjadinya penggantian pencegahan pada saat tp

$M(tp)$ = Waktu rata-rata terjadinya kerusakan jika penggantian perbaikan pada masa tp yang dapat dicari dengan rumus $M(tp)$:

$$M(tp) = \frac{MTTF}{1-R(tp)} \quad (2.26)$$

2.2.13 Availability

Availability dapat didefinisikan sebagai kemampuan suatu komponen atau perangkat untuk menjalankan fungsinya sesuai kebutuhan pada waktu tertentu atau untuk jangka waktu tertentu ketika dioperasikan dan dipelihara dengan cara tertentu sebelumnya. (Ebeling, 1997). Berikut adalah persamaan *availability* untuk sistem seri dan parallel:

a. *Availability* untuk sistem seri :

$$As(t) = \prod_i^n = 1 A_{(t)}(t) \quad (2.27)$$

b. *Availability* untuk sistem parallel :

$$As(t) = 1 - \prod_i^n = 1 (1 - A_i(t)) \quad (2.28)$$

Availability (ketersediaan) juga didefinisikan sebagai peluang dalam komponen atau dalam sistem sehingga dapat bekerja sesuai dengan fungsi yang dibutuhkan dalam waktu tertentu yang berada pada kondisi normal (Ebeling, 1997).

Availability dapat dihitung dengan rumus:

$$Avaibility = \frac{MTTF}{MTTF+MTTR} \quad (2.29)$$

Keterangan :

MTTF = waktu rata-rata antar kerusakan mesin

MTTR = waktu rata-rata perbaikan

BAB III

METODOLOGI PENELITIAN

3.1 Objek Penelitian

Penelitian ini dilaksanakan di PT.Sinar Semesta yaitu Perusahaan pengecoran logam. Objek yang di ambil adalah Pisau Pemecah batu yang merupakan bagian dari mesin Giling Pasir yang merupakan mesin produksi Primer dalam perusahaan. PT Sinar Semesta berlokasi Cepher,Klaten Jawa tengah. Penelitian ini dilakukan pada Maret-April 2023.

3.2 Subjek Penelitian

Subjek Penelitian ini ditangani oleh Kepala Bagian *Maintenance* alat dan Kepala Bagian *Quality Control* beserta staff operatornya.

3.3 Metode pengumpulan data

3.2.1 Data Primer

Adalah data yang didapat dari penelitian secara langsung dengan cara menanyakan kepada Sumber terkait yang memiliki informasi yang dibutuhkan. Pengumpulan data primer berupa:

A. Wawancara

Langkah pengumpulan data yang dilakukan dengan cara bertukar informasi dengan kepala bidang terkait yaitu pada bidang *Maintenance*. Dan kepada operator terkait yang menggunakan Mesin Giling Pasir

B. Observasi

Langkah observasi adalah Langkah yang dilakukan guna untuk mengetahui objek yang akan diteliti dengan mencari data atau informasi yang berkaitan dengan penelitian sehingga memiliki akurasi kebenaran yang tinggi. Observasi pada penelitian ini adalah observasi secara langsung pada bagian mesin Giling Pasir.

3.2.2 Data Sekunder

Data sekunder adalah data yang tidak secara langsung diperoleh melalui sumber utama dan juga telah tersusun dalam bentuk dokumen yang tertulis. Data yang didapatkan yaitu data Perawatan mesin dan data downtime. dan juga data yang dibutuhkan adalah :

- A. Data komponen dari mesin Giling Pasir
- B. Data *downtime* dari mesin Giling Pasir
- C. Data lama perbaikan dari mesin Giling Pasir

3.2.3 Dokumentasi

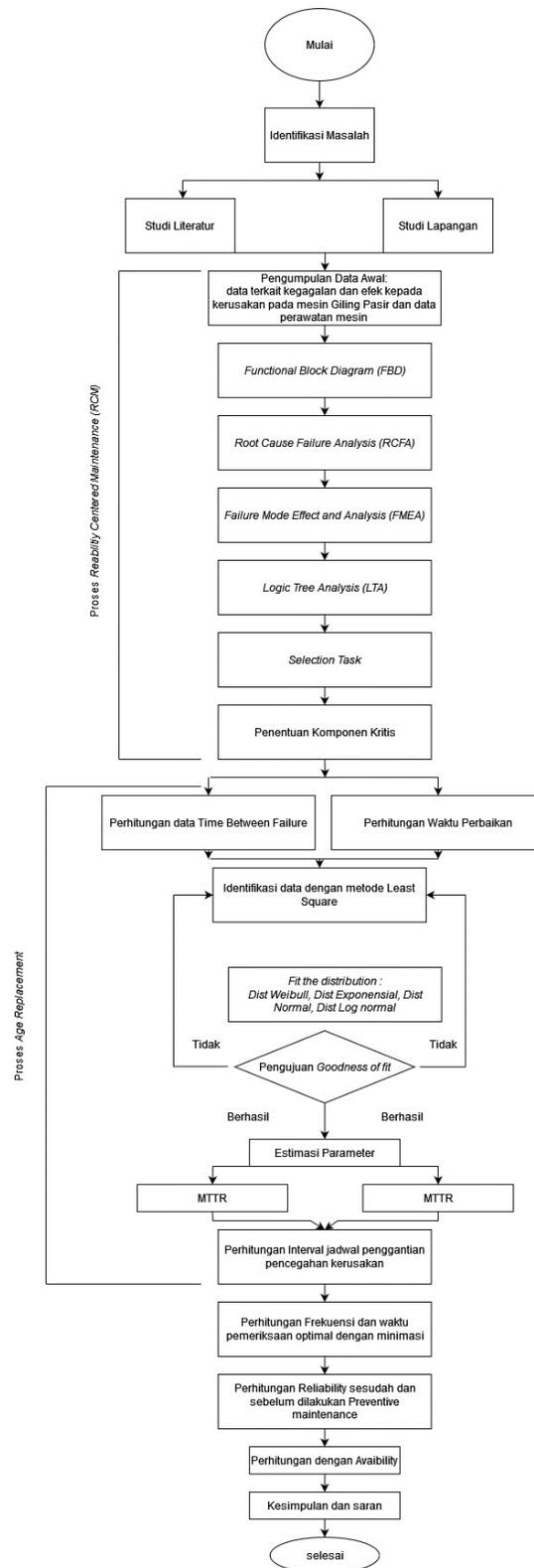
Dokumentasi digunakan dalam memperoleh data melalui pengamatan langsung atau pemotretan keadaan sebenarnya di lapangan berupa data-data perusahaan atau arsip-arsip yang mendukung pendataan. Semua data yang berkaitan dengan produksi dari alat Giling Pasir.

3.2.4 Validitas data

Validitas yang diterapkan dalam penelitian berupa ketersediaan narasumber untuk diwawancarai yaitu kepala bagian maintenance dan manajer sdm. Selain itu, pertanyaan wawancara yang disusun berdasarkan literature dan persetujuan dari dosen pembimbing. Dengan data perusahaan dan hasil wawancara yang telah disetujui oleh pengawas dan ditandatangani oleh pembicara atau pihak yang terlibat seperti manajer SDM dan kepala bagian maintenance dalam proses pengumpulan data. Sehingga menentukan validitas data dari data perusahaan dan hasil wawancara. Serta data terkait dengan laporan yang didapat dari catatan perusahaan maka data tersebut merupakan data yang valid.

3.2.5 Prosedur Penelitian

Berikut ini adalah Prosedur penelitian yang dilakukan



Gambar 3.1 Alur Penelitian

Berdasarkan gambar di atas, terdapat tahapan penelitian, berikut adalah penjelasannya masing- masing:

1. Identifikasi masalah

Mengkaji beberapa penelitian sebelumnya seperti membaca jurnal, skripsi serta buku yang telah ditulis oleh para cendekiawan terdahulu dengan metode dan masalah yang berkaitan.

2. Studi literatur

Data yang diperoleh secara tidak langsung melalui sumber pertama dan juga disusun secara sistematis berbentuk dokumen-dokumen tertulis dengan data yang telah didapatkan dan juga mempelajari terkait dokumen-dokumen perusahaan, studi literatur yang berkaitan dengan metode terkait.

3. Studi lapangan

Merupakan Data yang diperoleh melalui penelitian secara langsung dengan cara menanyakan melalui sumber terkait guna mendapatkan informasi yang dicari. Berguna untuk mendapatkan masalah dalam penelitian terkait dengan cara observasi langsung dan wawancara.

4. Pengumpulan Data

Data yang telah didapatkan melalui observasi dan wawancara dikumpulkan dan dimasukkan kedalam excel guna menghitung penentuan komponen kritis dan membuat diagram pareto agar perbandingannya lebih mudah di mengerti.

5. Penentuan komponen kritis

Setelah didapatkan melalui perhitungan excel maka didapati penentuan komponen kritis yaitu Pisau Pemecah Batu dengan perhitungan *Risk Priority Number* (RPN) tertinggi terhadap *Failure Mode Effect and Analysis* (FMEA).

6. Perhitungan *Data Time Between Failure*

Untuk menghitung data *Time Between Failure* , waktu terjadinya kegagalan dan waktu yang diperlukan untuk menyelesaikan perbaikan harus ditentukan. Perhitungan waktu antar kegagalan dilakukan dengan menghitung waktu antar kegagalan dari satu kegagalan yang diperbaiki hingga terjadi kegagalan berikutnya.

7. Perhitungan Waktu Perbaikan

Untuk perhitungan waktu perbaikan didapatkan dari selisih antara komponen mengalami kerusakan sampai komponen selesai diperbaiki.

8. Identifikasi data dengan metode *Least Square*

Mengidentifikasi distribusi komponen dengan menggunakan nilai index yang terbesar.

9. Uji *Goodness of Fit*

Uji ini adalah uji kecocokan yang berguna untuk memastikan jika distribusi data yang telah diperoleh dan dipilih benar-benar data yang akan digunakan.

10. Estimasi Parameter

Menggunakan metode Maximum Likelihood Estimator (MLE) agar dapat mengestimasi parameter Weibull, eksponensial normal, dan lognormal.

11. Menghitung Frekuensi dan waktu pemeriksaan optimal

Perhitungan ini digunakan untuk penggantian pencegahan dengan minimasi dan perhitungan interval jadwal penggantian pencegahan kerusakan.

12. Perhitungan *Reability* sebelum dan sesudah melakukan *preventive maintenance*

Dimana adanya model keandalan yang mengasumsi sistem ini dapat Kembali ke kondisi awal atau baru setelah menjalani perawatan pencegahan.

13. Perhitungan *Avaibility*

Menghitung menggunakan Frekuensi pemeriksaan, interval dan pencegahan pada *avaibility*.

14. Kesimpulan dan saran

Menarik kesimpulan dan saran dari hasil yang telah di teliti dan melakukan perbandingan hasil tersebut terhadap jadwal perawatan mesin yang telah dilakukan dan memberikan saran terkait yang berguna bagi penelitian selanjutnya.

BAB IV

PENGUMPULAN DAN PENGOLAHAN DATA

4.1 Pengumpulan Data

4.1.1 Data waktu kerusakan komponen Mesin Pemecah Batu

Tabel 4.1 Data Waktu Antar Kerusakan Komponen Mesin Pemecah Batu

No	Komponen	Waktu Mulai	Waktu Selesai
1.	Pisau Pemecah Batu	Oct 18, 2019 6:00 AM	Oct 18, 2019 11:10 AM
		Nov 15, 2019 7:00 AM	Nov 15, 2019 12:00 PM
		Dec 14, 2019 9:00 AM	Dec 14, 2019 2:00 PM
		Jan 20, 2020 10:00 AM	Jan 20, 2020 2:52 PM
		Feb 12, 2020 7:15 AM	Feb 12, 2020 12:15 PM
		Jun 9, 2020 2:30 PM	Jun 9, 2020 7:30 PM
		Oct 14, 2020 6:00 AM	Oct 14, 2020 11:00 AM
		Jan 13, 2021 6:00 AM	Jan 13, 2021 11:10 AM
		Feb 12, 2021 3:00 PM	Feb 12, 2021 7:00 PM
		Mar 22, 2021 8:00 AM	Mar 22, 2021 1:30 PM
		Mar 26, 2021 10:00 AM	Mar 26, 2021 3:00 PM
		Jul 1, 2021 7:15 AM	Jul 1, 2021 1:00 PM
		Oct 21, 2021 2:30 PM	Oct 21, 2021 7:00 PM
		Jan 25, 2022 6:00 AM	Jan 25, 2022 11:10 AM
		Apr 27, 2022 3:13 PM	Apr 27, 2022 8:00 PM
		Aug 11, 2022 7:15 AM	Aug 11, 2022 1:00 PM
		Oct 22, 2022 2:30 PM	Oct 22, 2022 7:00 PM
Jan 7, 2023 9:00 AM	Jan 7, 2023 3:30 PM		
Apr 8, 2023 10:30 AM	Apr 8, 2023 3:30 PM		

No	Komponen	Waktu Mulai	Waktu Selesai
2.	Laker Pilo Block	Apr 15, 2019 5:00 AM	Apr 15, 2019 7:00 AM
		Aug 5, 2019 7:00 AM	Aug 5, 2019 9:13 AM
		Dec 6, 2019 9:00 AM	Dec 6, 2019 11:00 AM
		Jan 12, 2020 10:00 AM	Jan 12, 2020 12:00 PM
		Apr 12, 2020 7:15 AM	Apr 12, 2020 9:15 AM
		Jun 7, 2020 2:30 PM	Jun 7, 2020 4:30 PM
		Oct 18, 2020 6:00 AM	Oct 18, 2020 8:00 AM
		Jan 2, 2021 6:00 AM	Jan 2, 2021 8:30 AM
		Apr 8, 2021 3:00 PM	Apr 8, 2021 6:00 PM
		Jun 20, 2021 8:00 AM	Jun 20, 2021 10:00 AM
		Jul 12, 2021 2:30 PM	Jul 12, 2021 4:30 PM
		Nov 6, 2021 10:00 AM	Nov 6, 2021 1:00 PM
		Feb 5, 2022 5:00 PM	Feb 5, 2022 7:00 PM
		May 22, 2022 12:30 PM	May 22, 2022 2:30 PM
		Aug 22, 2022 2:30 PM	Aug 22, 2022 4:30 PM
		Nov 7, 2022 10:00 AM	Nov 7, 2022 1:00 PM
3.	Dudukan As	Aug 16, 2019 1:00 PM	Aug 16, 2019 7:00 PM
		Nov 2, 2019 1:00 PM	Nov 2, 2019 7:00 PM
		Feb 12, 2020 1:30 PM	Feb 12, 2020 7:30 PM
		May 11, 2020 1:15 PM	May 11, 2020 7:15 PM
		Dec 7, 2020 1:30 PM	Dec 7, 2020 7:30 PM
		Apr 27, 2021 1:10 PM	Apr 27, 2021 7:00 PM
		Sep 17, 2021 1:30 PM	Sep 17, 2021 7:30 PM
		Apr 18, 2022 1:00 PM	Apr 18, 2022 7:00 PM
		Jun 14, 2022 1:30 PM	Jun 14, 2022 7:30 PM
		Sep 7, 2022 1:30 PM	Sep 7, 2022 7:30 PM

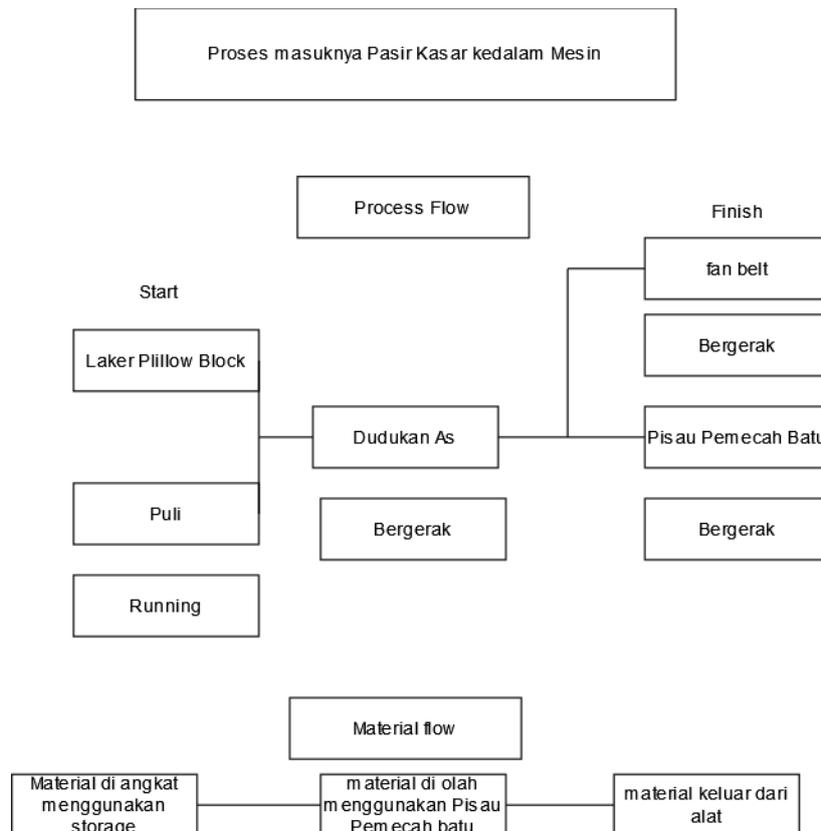
No	Komponen	Waktu Mulai	Waktu Selesai
4.	Fan Belt	Jul 23, 2019 9:00 AM	Jul 23, 2019 11:10 AM
		Sep 2, 2019 6:00 AM	Sep 2, 2019 8:30 AM
		Nov 26, 2019 8:30 AM	Nov 26, 2019 11:30 AM
		Jul 10, 2020 9:15 AM	Jul 10, 2020 12:15 PM
		Oct 23, 2020 10:30 AM	Oct 23, 2020 1:30 PM
		Jan 27, 2021 11:10 AM	Jan 27, 2021 2:10 PM
		Mar 17, 2021 7:30 AM	Mar 17, 2021 9:30 AM
		May 18, 2021 10:23 AM	May 18, 2021 12:23 PM
		Jun 14, 2021 11:30 AM	Jun 14, 2021 1:30 PM
		Sep 7, 2021 7:30 AM	Sep 7, 2021 10:30 AM
		Dec 23, 2021 10:00 AM	Dec 23, 2021 12:30 PM
		Dec 6, 2022 9:00 AM	Dec 6, 2022 2:00 PM
		Feb 24, 2022 8:00 AM	Feb 24, 2022 11:30 AM
		May 23, 2022 8:00 AM	May 23, 2022 11:30 AM
		Aug 25, 2022 10:00 AM	Aug 25, 2022 12:30 PM
		Dec 7, 2022 9:00 AM	Dec 7, 2022 2:00 PM
5.	Puli	Jul 25, 2019 1:00 AM	Jul 25, 2019 6:00 AM
		Aug 2, 2019 10:30 AM	Aug 2, 2019 3:30 PM
		Oct 28, 2019 8:30 AM	Oct 28, 2019 11:30 AM
		Jan 10, 2019 9:20 AM	Jan 10, 2019 2:20 PM
		May 7, 2020 10:30 AM	May 7, 2020 3:30 PM
		Aug 22, 2020 11:10 AM	Aug 22, 2020 4:10 PM
		Sep 6, 2020 7:30 AM	Sep 6, 2020 12:30 PM
		Dec 18, 2020 10:23 AM	Dec 18, 2020 2:23 PM
		May 14, 2021 11:30 AM	May 14, 2021 4:30 PM
		Sep 7, 2021 7:30 AM	Sep 7, 2021 12:30 PM
		Dec 28, 2021 2:00 PM	Dec 28, 2021 7:30 PM
		Mar 26, 2022 10:00 AM	Mar 26, 2022 3:00 PM

No	Komponen	Waktu Mulai	Waktu Selesai
		Jul 14, 2022 10:00 AM	Jul 14, 2022 2:30 PM
		Oct 7, 2022 2:00 PM	Oct 7, 2022 7:30 PM
		Mar 7, 2023 8:09 AM	Mar 7, 2023 11:46 AM
		Jul 25, 2019 1:00 AM	Jul 25, 2019 6:00 AM

4.2 Pengolahan Data

4.2.1 Functional Block Diagram (FBD)

Informasi dan juga analisis yang akan dimasukkan kedalam *Functional Block Diagram* (FBD) bahwa fungsinya digunakan untuk menggambarkan *Flow process* dari fungsi Mesin Giling Pasir Batu dengan menggunakan diagram. Berikut merupakan Functional Block Diagram (FBD) dari mesin Giling Pasir (*Jaw Crusher*).



Gambar 4.1 *Functional Block Diagram*

4.2.2 Failure Mode and Effect Analysis (FMEA)

Tabel 4.2 Failure Mode Effect And Analysis (FMEA)

Mesin Pemecah batu (*Jaw Crusher*)

No	Equipment	Function	Failure Mode	Failure Causes	Effect of Failure	S	O	D	RPN
1	Pisau Pemecah Batu	Untuk memecah batu dan pasir di dalam mesin	Pisau sering tumpul dan hasil batu tidak hancur maksimal	Hasil Material tidak maksimal	Mesin Pemecah Batu tidak dapat beroperasi	8	8	3	192
2	Laker Pilow Block	Untuk menampung bantalan rendah	Isi dalam laker aus	Over pressure	Mesin Pemecah Batu tidak dapat beroperasi	8	7	3	168
3	Fanbelt	Untuk mengikat roda penggerak dengan dinamo mesin	Belt kendor	kecepatan yang sudah di tentukan tidak tercapai	Mesin Pemecah Batu tidak dapat beroperasi	8	7	3	168
4	Dudukan AS	Dudukan mesin untuk menyangga sasis mesin	Sangga longgar	Dudukan mesin tidak maksimal	Mesin Pemecah Batu tidak dapat beroperasi	8	2	4	64
5	Pulley	Penghubung putaran motor listrik	Sangga kendor	Putaran listrik tidak maksimal	Mesin Pemecah Batu tidak	8	2	4	64

Mesin Pemecah batu (<i>Jaw Crusher</i>)						
No	Equipment	Function	Failure Mode	Failure Causes	Effect of Failure	S O D RPN
					dapat beroperasi	

4.2.3 Logic Tree Analysis (LTA)

Penyusunan ini *Logic Tree Analysis* (LTA) berguna untuk menentukan jenis kegiatan perawatan (*maintenance task*) dimana yang layak dan optimal dalam mengantisipasi masing-masing dalam *failure mode*. Tujuan untuk memberikan prioritas pada setiap mode, ini adalah data penyusunan *Logic Tree Analysis* (LTA) :

Tabel 4.3 *Logic Tree Analysis* (LTA)

No	Equipment	Function	Failure Mode	Critically Analysis			
				Evidents	Safety	Outage	Category
1	Pisau Pemecah Batu	Untuk memecah batu dan pasir di dalam mesin	Hasil Material tidak maksimal	Y	N	Y	D
2	Laker PiloBlock	Untuk memecah batu dan pasir di dalam mesin	Over pressure	Y	N	Y	D
3	Fanbelt	Untuk memecah batu dan pasir di dalam mesin	kecepatan yang sudah di tentukan tidak tercapai	Y	N	Y	D
4	Dudukan AS	Untuk memecah batu	Dudukan mesin tidak maksimal	Y	N	N	D

No	Equipment	Function	Failure Mode	Critically Analysis							Selection Task
				1	2	3	4	5	6	7	
4	Dudukan AS	Untuk memecah batu dan pasir di dalam mesin	Dudukan mesin tidak maksimal	Y	Y	Y	Y	Y	Y	-	FF
5	Pulley	Untuk memecah batu dan pasir di dalam mesin	Putaran listrik tidak maksimal	Y	Y	Y	Y	N	Y	-	CD

4.2.5 Penentuan komponen kritis

Tabel 4.5 Penentuan Komponen Kritis

No	Mesin	Frekuensi Kerusakan	Downtime (menit)	% Downtime	Downtime Kumulatif
1	MESIN GILING PASIR	21	10299	52,7100%	52,7100%
2	MESIN SLOTBLAZT	14	2170	11,1060%	63,8160%
3	MESIN HIDROLIK 3	14	1750	8,9564%	72,7724%
4	COOLING TOWER	12	1690	8,6494%	81,4218%
5	TUNGKU INDUKSI 150KW	11	1660	8,4958%	89,9176%
6	MESIN HIDROLIKINDUKSI 150KG	14	1970	10,0824%	100,0000%
	Total	86	19539		

4.2.6 Penentuan Distribusi Data Antar Waktu Kerusakan (Time To Failure)

Kemudian pada saat komponen kritis sudah diketahui, dilanjutkan dengan menentukan jarak antara kerusakan pada komponen :

Tabel 4.6 *Time To Failure*

No Urut	Waktu Kerusakan		TI
	Mulai	Selesai	
1	Jan 18, 2018 6:00 AM	Jan 18, 2018 11:10 AM	0
2	Aug 15, 2019 7:00 AM	Aug 15, 2019 12:00 PM	826310
3	Sep 14, 2019 9:00 AM	Sep 14, 2019 2:00 PM	43020
4	Dec 20, 2019 10:00 AM	Dec 20, 2019 12:52 PM	139440
5	Feb 12, 2020 7:15 AM	Feb 12, 2020 12:15 PM	77423
6	Jun 9, 2020 2:30 PM	Jun 9, 2020 7:30 PM	170055
7	Oct 14, 2020 6:00 AM	Oct 14, 2020 11:00 AM	182070
8	Jan 13, 2021 6:00 AM	Jan 13, 2021 11:10 AM	130740
9	Feb 12, 2021 3:00 PM	Feb 12, 2021 7:00 PM	43430
10	Mar 26, 2021 10:00 AM	Mar 26, 2021 11:30 AM	59940
11	Jul 1, 2021 7:15 AM	Jul 1, 2021 1:00 PM	139425
12	Oct 21, 2021 2:30 PM	Oct 21, 2021 7:00 PM	161370
13	Jan 25, 2022 6:00 AM	Jan 25, 2022 6:10 PM	137460
14	Apr 27, 2022 3:13 PM	Apr 29, 2022 8:00 PM	132303
15	Aug 11, 2022 7:15 AM	Aug 11, 2022 1:00 PM	148995
16	Oct 22, 2022 2:30 PM	Oct 22, 2022 7:00 PM	103770
17	Jan 7, 2023 9:00 AM	Jan 7, 2023 3:30 PM	110280
18	Apr 9, 2023 10:30 AM	Apr 9, 2023 3:30 PM	132180

Pada pengujian berikut menggunakan metode *Least Square Curve Fitting* dimana adanya pemilihan nilai *Index Of Fit* terbesar. Ada 4 distribusi untuk menghitung waktu kerusakan yaitu distribusi *Eksponensial*, Normal, Log Normal dan *Weibull*.

1. Distribusi *Eksponensial*

Berikut adalah contoh perhitungan distribusi Eksponensial

$$\begin{aligned}
 X_i &= t_i \\
 &= 43020 \\
 X_i^2 &= 43020^2 \\
 &= 1850720400 \\
 F(t_i) &= \frac{(i-0,3)}{(n+0,4)} \\
 &= \frac{(i-0,3)}{(16+0,4)} = 0,03804348 \\
 Y_i &= \text{Ln} \left[\frac{1}{\{1-F(t_i)\}} \right] \\
 &= \text{Ln} \left[\frac{1}{\{1-0,03804348\}} \right] = 0,038786 \\
 Y_i^2 &= 0,038786^2 \\
 &= 0,00150436 \\
 X_i Y_i &= 90 * 0,038786 \\
 &= 3,490742253
 \end{aligned}$$

Tabel dibawah ini adanya perhitungan nilai r pada distribusi *Eksponensial*.

$$r_{\text{eksponensial}} = \frac{[n \sum_{i=1}^n X_i Y_i - (\sum_{i=1}^n X_i) (\sum_{i=1}^n Y_i)]}{\sqrt{[n \sum_{i=1}^n x_i^2 - (\sum_{i=1}^n x_i)^2] - [\sum_{i=1}^n y_i^2 - (\sum_{i=1}^n y_i)^2]}}$$

r (index of fit)

$$\begin{aligned}
 &= \frac{(13 * (1094,515355)) - (20400 * (0,053652713))}{\sqrt{((13 * 416160000) - 20400^2) * ((13 * 0,002878614) - (0,053652713)^2)}} \\
 &= 0,7630132
 \end{aligned}$$

Tabel 4.7 Time To Failure Distribusi Eksponensial

No	ti	Xi = ti	Xi2	F(ti)	Yi	Yi2	XiYi
1	43020	43020	1850720400	0,040229885	0,041061487	0,001686046	1766,465162
2	43430	43430	1886164900	0,097701149	0,102809494	0,010569792	4465,016319
3	59940	59940	3592803600	0,155172414	0,168622712	0,028433619	10107,24538
4	77423	77423	5994320929	0,212643678	0,239074373	0,057156556	18509,85521
5	103770	103770	10768212900	0,270114943	0,314868213	0,099141991	32673,87444

No	ti	Xi = ti	Xi2	F(ti)	Yi	Yi2	XiYi
6	110280	110280	12161678400	0,327586207	0,396881364	0,157514817	43768,07687
7	130740	130740	17092947600	0,385057471	0,486226465	0,236416175	63569,248
8	132180	132180	17471552400	0,442528736	0,584344321	0,341458285	77238,63231
9	132303	132303	17504083809	0,5	0,693147181	0,480453014	91705,45143
10	137460	137460	18895251600	0,557471264	0,815249877	0,664632363	112064,2481
11	139425	139425	19439330625	0,614942529	0,95436268	0,910808125	133062,0166
12	139440	139440	19443513600	0,672413793	1,116004031	1,245464998	155615,6021
13	148995	148995	22199510025	0,729885057	1,308907698	1,713239361	195020,7024
14	161370	161370	26040276900	0,787356322	1,548137387	2,396729368	249822,9301
15	170055	170055	28918703025	0,844827586	1,863218433	3,47158293	316849,6107
16	182070	182070	33149484900	0,902298851	2,325841955	5,4095408	423466,0448
17	826310	826310	6,82788E+11	0,959770115	3,21314515	10,32430176	2655053,969
TOTAL	2738211	2738211	9,39197E+11	8,5	16,17190282	27,54913	4584758,989

2. Distribusi Normal

Berikut ini adalah contoh perhitungan distribusi Normal.

$$X_i = t_i$$

$$= 43020$$

$$X_i^2 = 43020^2$$

$$= 1850720400$$

$$F(t_i) = \frac{(i-0,3)}{(n+0,4)}$$

$$= \frac{(i-0,3)}{(16+0,4)} = 0,0402299$$

$$Y_i = z_i = \Phi^{-1} [F(t_i)]$$

$$= z_i = \Phi^{-1} [0,0402299] = -1,748025$$

$$Y_i^2 = = -1,748025^2$$

Tabel 4.8 Time To Failure Distribusi Normal

No	ti	Xi = ti	Xi2	F(ti)	Yi	Yi2	XiYi
1	43020	43020	1850720400	0,040229885	1,748024587	3,055589955	75200,01771
2	43430	43430	1886164900	0,097701149	1,294762132	1,676408979	56231,51941
3	59940	59940	3592803600	0,155172414	1,014498746	1,029207705	60809,05482
4	77423	77423	5994320929	0,212643678	0,797281854	0,635658355	61727,95302
5	103770	103770	10768212900	0,270114943	0,612465397	0,375113863	63555,53428
6	110280	110280	12161678400	0,327586207	0,446588205	0,199441024	49249,74719
7	130740	130740	17092947600	0,385057471	-0,29222455	0,085395187	38205,43762
8	132180	132180	17471552400	0,442528736	0,144561025	0,02089789	19108,07632
9	132303	132303	17504083809	0,5	0	0	0
10	137460	137460	18895251600	0,557471264	0,144561025	0,02089789	19871,35853
11	139425	139425	19439330625	0,614942529	0,29222455	0,085395187	40743,40783
12	139440	139440	19443513600	0,672413793	0,446588205	0,199441024	62272,25924
13	148995	148995	22199510025	0,729885057	0,612465397	0,375113863	91254,28188
14	161370	161370	26040276900	0,787356322	0,797281854	0,635658355	128657,3729
15	170055	170055	28918703025	0,844827586	1,014498746	1,029207705	172520,5842
16	182070	182070	33149484900	0,902298851	1,294762132	1,676408979	235737,3414
17	826310	826310	6,82788E+11	0,959770115	1,748024587	3,055589955	1444410,196
TOTAL	2738211	2738211	9,39197E+11	8,5	-3,33067E-15	14,15542592	1771379,462

= 3,05559

$$\begin{aligned} X_i Y_i &= 43020 * -1,748025 \\ &= -75200,01771 \end{aligned}$$

Tabel dibawah ini adanya perhitungan nilai r pada distribusi Normal.

$$\begin{aligned} r_{normal} &= \frac{[n \sum_{i=1}^n X_i Y_i - (\sum_{i=1}^n X_i) (\sum_{i=1}^n Y_i)]}{\sqrt{[n \sum_{i=1}^n x_i^2 - (\sum_{i=1}^n x_i)^2] - [\sum_{i=1}^n y_i^2 - (\sum_{i=1}^n y_i)^2]}} \\ &\quad r \text{ (index of fit)} \\ &= \frac{(13 * (-33119,87291)) - (20400 * (-1,623523182))}{\sqrt{((13 * 416160000) - 20400^2) * ((13 * 2,635827521) - (-1,623523182)^2)}} \\ &= 0,667061 \end{aligned}$$

3. Distribusi Log Normal

Berikut ini adalah contoh perhitungan distribusi Log Normal.

$$\begin{aligned} X_i &= \ln t_i \\ &= \ln (43020) = 10,66942 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} X_i^2 &= 10,66942^2 \\ &= 113,8365317^2 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} F(t_i) &= \frac{(i-0,3)}{(n+0,4)} \\ &= \frac{(i-0,3)}{(17+0,4)} = 0,04023 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} Y_i &= z_i = \Phi^{-1} [F(t_i)] \\ &= z_i = \Phi^{-1} [0,04023] = -1,748024587 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} Y_i^2 &= -1,748024587^2 \\ &= 3,05559 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} X_i Y_i &= 43020 * -1,748024587 \\ &= -18,65041 \end{aligned}$$

Tabel dibawah ini adanya perhitungan nilai r pada distribusi Log Normal.

$$r_{Log\ normal} = \frac{[n \sum_{i=1}^n X_i Y_i - (\sum_{i=1}^n X_i) (\sum_{i=1}^n Y_i)]}{\sqrt{[n \sum_{i=1}^n x_i^2 - (\sum_{i=1}^n x_i)^2] - [\sum_{i=1}^n y_i^2 - (\sum_{i=1}^n y_i)^2]}}$$

$$r \text{ (index of fit)}$$

$$= \frac{(13 * (-16,11069165)) - (9,92329018 * (-1,623523182))}{\sqrt{((13 * 98,47168799) - 9,92329018^2) * ((13 * 2,635827521) - (-1,623523182)^2)}}$$

$$= 0,9048181$$

Tabel 4.9 Time To Failure Distribusi Lognormal

No	ti	Xi = ti	Xi2	F(ti)	Yi	Yi2	XiYi
1	43020	10,6694204	113,8365317	0,040229885	1,748024587	3,055589955	18,65040919
2	43430	10,67890573	114,0390275	0,097701149	1,294762132	1,676408979	13,82664275
3	59940	11,00109934	121,0241867	0,155172414	1,014498746	1,029207705	11,16060148
4	77423	11,25703917	126,7209309	0,212643678	0,797281854	0,635658355	8,975033068
5	103770	11,54993219	133,4009336	0,270114943	0,612465397	0,375113863	7,073933808
6	110280	11,61077787	134,8101626	0,327586207	0,446588205	0,199441024	-5,18523644
7	130740	11,7809659	138,7911575	0,385057471	-0,29222455	0,085395187	3,442687454
8	132180	11,79191991	139,0493751	0,442528736	0,144561025	0,02089789	1,704652032
9	132303	11,79285003	139,0713117	0,5	0	0	0
10	137460	11,83108824	139,9746491	0,557471264	0,144561025	0,02089789	1,710314246
11	139425	11,8452821	140,3107081	0,614942529	0,29222455	0,085395187	3,461482227
12	139440	11,84538968	140,3132567	0,672413793	0,446588205	0,199441024	5,290011309
13	148995	11,91166803	141,8878352	0,729885057	0,612465397	0,375113863	7,295484491
14	161370	11,99145514	143,7949965	0,787356322	0,797281854	0,635658355	9,560569595
15	170055	12,04387719	145,0549778	0,844827586	1,014498746	1,029207705	12,21849831

No	ti	Xi = ti	Xi2	F(ti)	Yi	Yi2	XiYi
16	182070	12,11214651	146,704093	0,902298851	1,294762132	1,676408979	15,68234864
17	826310	13,62472528	185,6331391	0,959770115	1,748024587	3,055589955	23,81635478
TOTAL	2738211	199,3385427	2344,417273	8,5	15	14,15542592	9,015867377

4. Distribusi Weibull

Berikut ini adalah contoh perhitungan distribusi *Weibull*

$$\begin{aligned} X_i &= \ln t_i \\ &= \ln (43020) = 10,66942 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} X_i^2 &= 10,66942^2 \\ &= 113,8365 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} F(t_i) &= \frac{(i-0,3)}{(n+0,4)} \\ &= \frac{(17-0,3)}{(17+0,4)} = 0,04023 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} Y_i &= \ln \left| \ln \left| \frac{1}{\{1-F(t_i)\}} \right. \right| \\ &= \ln \left| \ln \left| \frac{1}{\{1-0,04023\}} \right. \right| = -3,19268 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} Y_i^2 &= -3,19268^2 \\ &= 10,19324 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} X_i Y_i &= 10,66942 * -3,19268 \\ &= -34,0641 \end{aligned}$$

Tabel dibawah ini adanya perhitungan nilai r pada distribusi *Weibull*

$$\begin{aligned} r_{weibull} &= \frac{[n \sum_{i=1}^n X_i Y_i - (\sum_{i=1}^n X_i) (\sum_{i=1}^n Y_i)]}{\sqrt{[n \sum_{i=1}^n X_i^2 - (\sum_{i=1}^n X_i)^2] - [\sum_{i=1}^n Y_i^2 - (\sum_{i=1}^n Y_i)^2]}} \\ &\quad r \text{ (index of fit)} \\ &= \frac{(13 * (-29,02783899)) - (9,92329018 * (-2,925223234))}{\sqrt{((13 * 98,47168799) - 9,92329018^2) * ((13 * 8,556930966) - (-2,925223234)^2)}} \\ &= 0,8801377 \end{aligned}$$

Tabel 4.10 Time To Failure Distribusi Weibull

No	ti	Xi = ti	Xi2	F(ti)	Yi	Yi2	XiYi
1	43020	10,6694204	113,8365317	0,040229885	-3,1926847	10,1932353	-34,064095
2	43430	10,67890573	114,0390275	0,097701149	-2,2748776	5,17506799	-24,293203
3	59940	11,00109934	121,0241867	0,155172414	-1,7800915	3,16872586	-19,582964
4	77423	11,25703917	126,7209309	0,212643678	-1,4309806	2,04770545	-16,108605
5	103770	11,54993219	133,4009336	0,270114943	-1,1556011	1,3354139	-13,347114
6	110280	11,61077787	134,8101626	0,327586207	-0,9241179	0,85399384	-10,729727
7	130740	11,7809659	138,7911575	0,385057471	-0,7210808	0,5199575	-8,4950282
8	132180	11,79191991	139,0493751	0,442528736	-0,5372649	0,28865355	-6,3353844
9	132303	11,79285003	139,0713117	0,5	-0,3665129	0,13433172	-4,3222319
10	137460	11,83108824	139,9746491	0,557471264	-0,2042606	0,0417224	-2,4166254
11	139425	11,8452821	140,3107081	0,614942529	-0,0467115	0,00218197	-0,553311
12	139440	11,84538968	140,3132567	0,672413793	0,10975448	0,01204605	1,30008454
13	148995	11,91166803	141,8878352	0,729885057	0,26919297	0,07246486	3,2065373
14	161370	11,99145514	143,7949965	0,787356322	0,43705252	0,19101491	5,24089572
15	170055	12,04387719	145,0549778	0,844827586	0,62230533	0,38726393	7,49496901
16	182070	12,11214651	146,704093	0,902298851	0,8440821	0,7124746	10,2236461
17	826310	13,62472528	185,6331391	0,959770115	1,16725026	1,36247316	15,9034641
Total	2738211	199,3385427	2344,417273	8,5	-9,1845464	26,498727	-96,878692

Tabel 4.11 Index of fit time to failure

No	Distribusi	Index Of Fit
1	Eksponensial	0,804292842
2	Normal	0,667068109
3	Log Normal	0,904818125
4	Weibull	0,880137743

No	Distribusi	Index Of Fit
1	Eksponensial	80,43%
2	Normal	66,71%
3	Log Normal	90,48%
4	Weibull	88,01%

4.2.7 Penentuan Distribusi Data Antar Waktu Perbaikan (*Time To Repair*)

Selanjutnya saat komponen kritis sudah diketahui maka menentukan jarak antar kerusakan pada komponen Pemecah Batu Sebagai berikut:

Tabel 4.12 *Time To Repair* Komponen Pemecah Batu

No	Mulai Downtime	Selesai Downtime	Dti
1	Jan 18, 2018 6:00 AM	Jan 18, 2018 11:10 AM	310
2	Aug 15, 2019 7:00 AM	Aug 15, 2019 12:00 PM	300
3	Sep 14, 2019 9:00 AM	Sep 14, 2019 2:00 PM	300
4	Dec 20, 2019 10:00 AM	Dec 20, 2019 12:52 PM	172
5	Feb 12, 2020 7:15 AM	Feb 12, 2020 12:15 PM	300
6	Jun 9, 2020 2:30 PM	Jun 9, 2020 7:30 PM	300
7	Oct 14, 2020 6:00 AM	Oct 14, 2020 11:00 AM	300
8	Jan 13, 2021 6:00 AM	Jan 13, 2021 11:10 AM	310
9	Feb 12, 2021 3:00 PM	Feb 12, 2021 7:00 PM	240
10	Mar 26, 2021 10:00 AM	Mar 26, 2021 11:30 AM	90
11	Jul 1, 2021 7:15 AM	Jul 1, 2021 1:00 PM	345
12	Oct 21, 2021 2:30 PM	Oct 21, 2021 7:00 PM	270
13	Jan 25, 2022 6:00 AM	Jan 25, 2022 6:10 PM	730
14	Apr 27, 2022 3:13 PM	Apr 29, 2022 8:00 PM	3167
15	Aug 11, 2022 7:15 AM	Aug 11, 2022 1:00 PM	345
16	Oct 22, 2022 2:30 PM	Oct 22, 2022 7:00 PM	270
17	Jan 7, 2023 9:00 AM	Jan 7, 2023 3:30 PM	390
18	Apr 9, 2023 10:30 AM	Apr 9, 2023 3:30 PM	300

Selanjutnya penentuan distribusi data antar waktu perbaikan, pada pengujian berikut menggunakan metode *Least Square Curve Fitting* dimana adanya pemilihan nilai Index Of Fit terbesar. Ada 4 distribusi untuk menghitung waktu kerusakan yaitu distribusi Eksponensial, Normal, Log Normal dan Weibull.

1. Distribusi Eksponensial

Berikut ini adalah contoh perhitungan distribusi Eksponensial.

$$\begin{aligned} X_i &= dt_i \\ &= 90 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} X_i^2 &= 90^2 \\ &= 8100 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} F(dt_i) &= \frac{(i-0,3)}{(n+0,4)} \\ &= \frac{(i-0,3)}{(18+0,4)} = 0,038043478 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} Y_i &= \text{Ln} \left[\frac{1}{\{1-F(t_i)\}} \right] \\ &= \text{Ln} \left[\frac{1}{\{1-0,038043478\}} \right] = 0,038786025 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} Y_i^2 &= 0,038786025^2 \\ &= 0,001504356 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} X_i Y_i &= 90 * 0,038786025 \\ &= 3,490742253 \end{aligned}$$

Tabel dibawah ini adanya perhitungan nilai r pada distribusi *Eksponensial*.

$$\begin{aligned} r_{\text{eksponensial}} &= \frac{[n \sum_{i=1}^n X_i Y_i - (\sum_{i=1}^n X_i) (\sum_{i=1}^n Y_i)]}{\sqrt{[n \sum_{i=1}^n X_i^2 - (\sum_{i=1}^n X_i)^2] - [\sum_{i=1}^n Y_i^2 - (\sum_{i=1}^n Y_i)^2]}} \\ &\quad r \text{ (index of fit)} \\ &= \frac{(14 * (2,989942425)) - (60 * (0,049832374))}{\sqrt{((14 * 3600) - 60^2) * ((14 * 0,002483265) - (0,049832374)^2)}} \\ &= 0,7630132 \end{aligned}$$

Tabel 4.13 *Time To Repair* Distribusi Eksponensial

No	dti	Xi = dti	Xi2	F(dti)	Yi	Yi2	XiYi
1	90	90	8100	0,038043478	0,038786025	0,001504356	3,490742253
2	172	172	29584	0,092391304	0,096941945	0,009397741	16,67401457
3	240	240	57600	0,14673913	0,158689952	0,025182501	38,08558854
4	270	270	72900	0,201086957	0,224503171	0,050401674	60,61585612
5	270	270	72900	0,255434783	0,294954832	0,086998353	79,63780458
6	300	300	90000	0,309782609	0,370748671	0,137454577	111,2246013
7	300	300	90000	0,364130435	0,452761823	0,204993268	135,8285468
8	300	300	90000	0,418478261	0,542106923	0,293879916	162,6320769
9	300	300	90000	0,472826087	0,640224779	0,409887768	192,0674337
10	300	300	90000	0,527173913	0,749027639	0,561042404	224,7082917
11	300	300	90000	0,581521739	0,871130336	0,758868062	261,3391007
12	310	310	96100	0,635869565	1,010243138	1,020591198	313,1753729
13	310	310	96100	0,690217391	1,17188449	1,373313257	363,2841918
14	345	345	119025	0,744565217	1,364788156	1,86264671	470,8519138
15	345	345	119025	0,798913043	1,604017845	2,572873247	553,3861565
16	390	390	152100	0,85326087	1,919098892	3,682940556	748,4485677
17	730	730	532900	0,907608696	2,381722414	5,672601655	1738,657362
18	3167	3167	10029889	0,961956522	3,269025609	10,68652843	10353,0041
total	8439	8439	11926223	9	17,160657	29,411106	15827,111724

2. Distribusi Normal

Berikut ini adalah contoh perhitungan distribusi Normal.

$$\begin{aligned} X_i &= dt_i \\ &= 90 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} X_i^2 &= 90^2 \\ &= 8100 \end{aligned}$$

$$F(dt_i) = \frac{(i-0,3)}{(n+0,4)}$$

$$= \frac{(i-0,3)}{(18+0,4)} = 0,038043478$$

$$\begin{aligned} Y_i &= z_i = \Phi^{-1} [F(t_i)] \\ &= z_i = \Phi^{-1} [0,038043478] = -1,773856096 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} Y_i^2 &= -1,773856096^2 \\ &= 3,146565448 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} X_i Y_i &= 90 * -1,773856096 \\ &= -159,6470486 \end{aligned}$$

Tabel dibawah ini adanya perhitungan nilai r pada distribusi Normal.

$$\begin{aligned} r_{normal} &= \frac{[n \sum_{i=1}^n X_i Y_i - (\sum_{i=1}^n X_i) (\sum_{i=1}^n Y_i)]}{\sqrt{[n \sum_{i=1}^n x_i^2 - (\sum_{i=1}^n x_i)^2] - [\sum_{i=1}^n y_i^2 - (\sum_{i=1}^n y_i)^2]}} \\ & \quad r \text{ (index of fit)} \\ &= \frac{(14 * (-99,50832366)) - (60 * (-1,658472061))}{\sqrt{((14 * 3600) - 60^2) * ((14 * 2,750529577) - (-1,658472061)^2)}} \\ &= 0,5900803 \end{aligned}$$

Tabel 4.14 *Time To Repair* Distribusi Normal

No	dti	Xi = dti	Xi ²	F(dti)	Yi	Yi ²	XiYi
1	90	90	8100	0,038043478	-1,773856096	3,146565448	-159,6470486
2	172	172	29584	0,092391304	-1,326172371	1,758733158	-228,1016478
3	240	240	57600	0,14673913	-1,050521827	1,10359611	-252,1252386
4	270	270	72900	0,201086957	-0,837745038	0,701816748	-226,1911602
5	270	270	72900	0,255434783	-0,657484296	0,4322856	-177,52076
6	300	300	90000	0,309782609	-0,496466641	0,246479126	-148,9399924
7	300	300	90000	0,364130435	-0,34743989	0,120714477	-104,2319671
8	300	300	90000	0,418478261	-0,205787992	0,042348697	-61,73639749
9	300	300	90000	0,472826087	-0,068167656	0,004646829	-20,45029677
10	300	300	90000	0,527173913	0,068167656	0,004646829	20,45029677
11	300	300	90000	0,581521739	0,205787992	0,042348697	61,73639749
12	310	310	96100	0,635869565	0,34743989	0,120714477	107,706366

No	dti	Xi = dti	Xi2	F(dti)	Yi	Yi2	XiYi
13	310	310	96100	0,690217391	0,496466641	0,246479126	153,9046588
14	345	345	119025	0,744565217	0,657484296	0,4322856	226,8320822
15	345	345	119025	0,798913043	0,837745038	0,701816748	289,022038
16	390	390	152100	0,85326087	1,050521827	1,10359611	409,7035127
17	730	730	532900	0,907608696	1,326172371	1,758733158	968,1058309
18	3167	3167	10029889	0,961956522	1,773856096	3,146565448	5617,802255
total	8439	8439	11926223	9	0	15	6476

3. Distribusi Log Normal

Berikut ini adalah contoh perhitungan distribusi Log Normal.

$$\begin{aligned} X_i &= \ln dti \\ &= \ln (90) = 4,49980967 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} X_i^2 &= 4,49980967^2 \\ &= 20,24828707 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} F(dti) &= \frac{(i-0,3)}{(n+0,4)} \\ &= \frac{(i-0,3)}{(18+0,4)} = 0,038043478 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} Y_i &= z_i = \Phi^{-1} [F(ti)] \\ &= z_i = \Phi^{-1} [0,038043478] = -1,773856096 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} Y_i^2 &= -1,773856096^2 \\ &= 3,146565448 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} X_i Y_i &= 4,49980967 * -1,773856096 \\ &= -7,982014813 \end{aligned}$$

Tabel dibawah ini adanya perhitungan nilai r pada distribusi Log Normal.

$$\begin{aligned} r \text{ Log normal} &= \frac{[n \sum_{i=1}^n X_i Y_i - (\sum_{i=1}^n X_i) (\sum_{i=1}^n Y_i)]}{\sqrt{[n \sum_{i=1}^n x_i^2 - (\sum_{i=1}^n x_i)^2] - [\sum_{i=1}^n y_i^2 - (\sum_{i=1}^n y_i)^2]}} \\ & \quad r \text{ (index of fit)} \\ &= \frac{(14 * (-6,790356065)) - (4,094344562 * (-1,658472061))}{\sqrt{((14 * 16,76365739) - 4,094344562^2) * ((14 * 2,750529577) - (-1,658472061)^2)}} \end{aligned}$$

$$= 0,8241419$$

Tabel 4.15 *Time To Repair* Distribusi Log Normal

No	dti	Xi = dti	Xi2	F(dti)	Yi	Yi2	XiYi
1	90	4,49980967	20,24828707	0,038043478	-1,773856096	3,146565448	-7,982014813
2	172	5,147494477	26,49669939	0,092391304	-1,326172371	1,758733158	-6,826464955
3	240	5,480638923	30,03740301	0,14673913	-1,050521827	1,10359611	-5,757530817
4	270	5,598421959	31,34232843	0,201086957	-0,837745038	0,701816748	-4,690050215
5	270	5,598421959	31,34232843	0,255434783	-0,657484296	0,4322856	-3,680874521
6	300	5,703782475	32,53313452	0,309782609	-0,496466641	0,246479126	-2,831737728
7	300	5,703782475	32,53313452	0,364130435	-0,34743989	0,120714477	-1,981721557
8	300	5,703782475	32,53313452	0,418478261	-0,205787992	0,042348697	-1,17376994
9	300	5,703782475	32,53313452	0,472826087	-0,068167656	0,004646829	-0,388813481
10	300	5,703782475	32,53313452	0,527173913	0,068167656	0,004646829	0,388813481
11	300	5,703782475	32,53313452	0,581521739	0,205787992	0,042348697	1,17376994
12	310	5,736572297	32,90826172	0,635869565	0,34743989	0,120714477	1,993114049
13	310	5,736572297	32,90826172	0,690217391	0,496466641	0,246479126	2,848016781
14	345	5,843544417	34,14701135	0,744565217	0,657484296	0,4322856	3,842038688
15	345	5,843544417	34,14701135	0,798913043	0,837745038	0,701816748	4,895400338
16	390	5,966146739	35,59490691	0,85326087	1,050521827	1,10359611	6,267567375
17	730	6,593044534	43,46823623	0,907608696	1,326172371	1,758733158	8,743513502
18	3167	8,060540047	64,97230584	0,961956522	1,773856096	3,146565448	14,2982381
total	8439	104	613	9	0	15	9

4. Distribusi Weibull

Berikut ini adalah contoh perhitungan distribusi *Weibull*.

$$\begin{aligned} X_i &= \ln dti \\ &= \ln (90) = 4,49980967 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} X_i^2 &= 4,49980967^2 \\ &= 20,24828707 \end{aligned}$$

$$F(dti) = \frac{(i-0,3)}{(n+0,4)}$$

$$= \frac{(i-0,3)}{(18+0,4)} = 0,038043478$$

$$Y_i = \ln \left| \ln \left[\frac{1}{\{1-F(t_i)\}} \right] \right|$$

$$= \ln \left| \ln \left[\frac{1}{\{1-0,038043478\}} \right] \right| = -3,2496953$$

$$Y_i^2 = -3,2496953^2$$

$$= 10,5605194$$

$$X_i Y_i = 4,49980967 * -3,2496953$$

$$= -14,62301$$

Tabel dibawah ini adanya perhitungan nilai r pada distribusi *Weibull*.

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

$$r \text{ (index of fit) =}$$

$$\frac{(14 * (-12,2793096)) - (4,094344562 * (-2,999090431))}{\sqrt{((14 * 16,76365739) - 4,094344562^2) * ((14 * 8,994543413) - (-2,999090431)^2)}}$$

$$= 0,7782828$$

Tabel 4.16 *Time To Repair* Distribusi Weibull

No	dti	Xi = dti	Xi2	F(dti)	Yi	Yi2	XiYi
1	90	4,49980967	20,24828707	0,038043478	-3,2496953	10,5605194	-14,62301
2	172	5,147494477	26,49669939	0,092391304	-2,333643	5,44588957	-12,012414
3	240	5,480638923	30,03740301	0,14673913	-1,840803	3,38855556	-10,088776
4	270	5,598421959	31,34232843	0,201086957	-1,4938654	2,23163398	-8,3632891
5	270	5,598421959	31,34232843	0,255434783	-1,220933	1,49067751	-6,8352984
6	300	5,703782475	32,53313452	0,309782609	-0,9922309	0,98452212	-5,6594691
7	300	5,703782475	32,53313452	0,364130435	-0,7923891	0,62788044	-4,5196149
8	300	5,703782475	32,53313452	0,418478261	-0,612292	0,37490152	-3,4923805
9	300	5,703782475	32,53313452	0,472826087	-0,4459359	0,19885887	-2,5435216
10	300	5,703782475	32,53313452	0,527173913	-0,2889794	0,08350909	-1,6482756
11	300	5,703782475	32,53313452	0,581521739	-0,1379637	0,01903398	-0,7869148

No	dti	Xi = dti	Xi2	F(dti)	Yi	Yi2	XiYi
12	310	5,736572297	32,90826172	0,635869565	0,01019103	0,00010386	0,0584616
13	310	5,736572297	32,90826172	0,690217391	0,15861313	0,02515812	0,90989568
14	345	5,843544417	34,14701135	0,744565217	0,31099922	0,09672051	1,81733775
15	345	5,843544417	34,14701135	0,798913043	0,47251163	0,22326724	2,76114272
16	390	5,966146739	35,59490691	0,85326087	0,65185575	0,42491592	3,88906705
17	730	6,593044534	43,46823623	0,907608696	0,86782393	0,75311837	5,72160181
18	3167	8,060540047	64,97230584	0,961956522	1,18449196	1,40302121	9,54764489
total	8439	104	613	9	-10	28	-46

Tabel 4.17 *Index Of Fit Time To Repair*

No	Distribusi	Index Of Fit
1	Eksponensial	0,763013228
2	Normal	0,590080323
3	Log Normal	0,824141868
4	weibull	0,778282829
No	Distribusi	Index Of Fit
1	Eksponensial	76,30%
2	Normal	59,01%
3	Log Normal	82,41%
4	weibull	77,83%

Dari tabel diatas maka didapat nilai terbesar dari hasil *Index Of Fit* yaitu distribusi Log Normal dengan nilai *Index Of Fit* sebesar 91,85% . Maka dari itu distribusi yang dipilih yaitu distribusi Log Normal.

4.2.8 Uji *Goodness of fit* pada Distribusi Data Waktu Kerusakan (Time To Failure)

Uji Goodness Of Fit atau uji kecocokan yang dipergunakan untuk menguji hipotesis yang diberikan pada distribusi yang terpilih dimana distribusi yang diuji yaitu distribusi Log Normal dimana sesuai dengan data yang dipilih sesuai dengan proses pemilihan distribusi

awal untuk data kerusakan. Berikut ini merupakan *Uji Goodness Of Fit* pada distribusi data waktu kerusakan menggunakan *Kolmogrov-Smirnov Test*.

Tabel 4.18 perhitungan kolmogrov-smirnov mesin pemecah batu

No	ln(ti)	$\frac{[\ln(ti) - \bar{x}]^2}{\ln(ti)^2}$	Zti	Fti	D1	D2
1	10,6694204	1,115930734	-1,64459258	0,050026929	0,050026929	0,008796601
2	10,67890573	1,095980566	-1,6298256	0,051569181	-0,007254349	0,066077878
3	11,00109934	0,525186161	-1,12822663	0,129612111	0,011965052	0,046858477
4	11,25703917	0,219733554	-0,72977318	0,232764421	0,056293833	0,002529697
5	11,54993219	0,030928301	-0,2737901	0,392122966	0,156828848	-0,098005319
6	11,61077787	0,013229316	-0,17906405	0,428943704	0,134826057	-0,076002527
7	11,7809659	0,003043648	0,085888877	0,534222623	0,181281447	-0,122457917
8	11,79191991	0,004372288	0,102942353	0,540995638	0,129230932	-0,070407403
9	11,79285003	0,004496158	0,104390381	0,541570222	0,070981987	-0,012158457
10	11,83108824	0,011086324	0,163920584	0,565103169	0,035691404	0,023132125
11	11,8452821	0,014276778	0,186017931	0,57378465	-0,014450644	0,073274174
12	11,84538968	0,014302498	0,186185412	0,573850318	-0,073208505	0,132032035
13	11,91166803	0,034548176	0,289369179	0,613850561	-0,092031792	0,150855322
14	11,99145514	0,070574446	0,413583731	0,660410505	-0,104295377	0,163118907
15	12,04387719	0,101175245	0,495195671	0,689768997	-0,133760415	0,192583944
16	12,11214651	0,149266228	0,601479025	0,726239511	-0,15611343	0,21493696
17	13,62472528	3,605930035	2,956298999	0,998443225	0,057266754	0,001556775
TOTAL	199,3385427	7,014060455		Dn Max	0,181281447	0,150855322

Dari tabel diatas dapat disimpulkan bahwa :

Dhitung dapat diperoleh dari nilai terbesar antara D1 dan D2, maka Dhitung = 0,1515448

Hipotesa untuk melakukan Uji *Kolmogorov-Smirnov Test* adalah:

H0	= Data <i>Time Failure</i> berdistribusi Log Normal
H1	= Data <i>Time Failure</i> tidak berdistribusi Log Normal
α	= 0,05
Dtabel	= Dapat dilihat dari tabel D <i>Kolmogorov-Smirnov</i> , dengan nilai Dcrit 17;0,05 =0.31796

Wilayah kritis : $D_n < D_{crit}$ maka H0 diterima.

Sehingga keputusannya $D_n < D_{crit}$, $D_n = 0,150855322 < D_{crit} = 0.31796$, yaitu H0 diterima.

4.2.9 Uji Goodness of fit pada Distribusi Data Waktu Perbaikan (*Time To Repair*)

Uji Goodness Of Fit atau uji kecocokan yang dipergunakan untuk menguji hipotesis yang diberikan pada distribusi yang terpilih dimana distribusi yang diuji yaitu distribusi Log Normal dimana sesuai dengan data yang dipilih sesuai dengan proses pemilihan distribusi awal untuk data perbaikan Berikut ini merupakan *Uji Goodness Of Fit* pada distribusi data waktu kerusakan menggunakan *Kolmogrov-Smirnov Test*.

Tabel 4.19 Perhitungan t untuk komponen pisau pemecah batu

No	ln(ti)	[ln (ti) - xbar ln (ti)] ²	Zti	Fti	D1	D2
1	4,49980967	1,680029668	-1,92825582	0,026911657	0,026911657	0,028643898
2	5,147494477	0,420519538	-0,96471552	0,167343661	0,111788105	-0,05623255
3	5,480638923	0,099433218	-0,46910701	0,319496575	0,208385464	-0,152829908
4	5,598421959	0,039024934	-0,29388489	0,384422931	0,217756264	-0,162200709
5	5,598421959	0,039024934	-0,29388489	0,384422931	0,162200709	-0,106645153
6	5,703782475	0,008498402	-0,13714337	0,445458736	0,167680958	-0,112125402
7	5,703782475	0,008498402	-0,13714337	0,445458736	0,112125402	-0,056569847
8	5,703782475	0,008498402	-0,13714337	0,445458736	0,056569847	-0,001014291
9	5,703782475	0,008498402	-0,13714337	0,445458736	0,001014291	0,054541264
10	5,703782475	0,008498402	-0,13714337	0,445458736	-0,054541264	0,11009682
11	5,703782475	0,008498402	-0,13714337	0,445458736	-0,11009682	0,165652375
12	5,736572297	0,003527999	-0,08836298	0,46479409	-0,146317021	0,201872576
13	5,736572297	0,003527999	-0,08836298	0,46479409	-0,201872576	0,257428132
14	5,843544417	0,002263396	0,070776071	0,528212012	-0,19401021	0,249565766
15	5,843544417	0,002263396	0,070776071	0,528212012	-0,249565766	0,305121321
16	5,966146739	0,028960376	0,253167687	0,599930682	-0,233402651	0,288958207
17	6,593044534	0,635329001	1,185783804	0,882146155	-0,006742733	0,062298289
18	8,060540047	5,128280871	3,368930686	0,999622698	0,055178254	0,000377302
TOTAL	104,3274466	8,133175744		Dn Max	0,217756264	0,305121321

Dari tabel diatas dapat disimpulkan bahwa :

Dhitung dapat diperoleh dari nilai terbesar antara D1 dan D2, maka Dhitung = 0,27705521

Hipotesa untuk melakukan Uji *Kolmogorov-Smirnov Test* adalah:

H0 = Data *Time Failure* berdistribusi Log Normal

H1 = Data *Time Failure* tidak berdistribusi Log Normal

α = 0,05

Dtabel = Dapat dilihat dari tabel D *Kolmogorov-Smirnov*, dengan nilai Dcrit
18;0,05 = 0.30936

Wilayah kritis : $D_n < D_{crit}$ maka H_0 diterima

Sehingga keputusannya $D_n < D_{crit}$, $D_n = 0,305121321 < D_{crit} = 0.30936$, yaitu H_0 diterima.

4.2.10 Perhitungan Parameter dari Distribusi Data Waktu Kerusakan (*Time To Failure*)

Parameter yang digunakan untuk perhitungan dari distribusi data waktu kerusakan yaitu Tmed (parameter lokasi) dan s (parameter bentuk) dengan perhitungan sebagai berikut :

a. Tmed (parameter lokasi)

$$N = 17$$

$$\text{Rumus} : \mu = \frac{\sum_{i=1}^n \ln (ti)}{n}$$

$$\mu = \frac{199,3385427}{17}$$

$$\mu = 11,72579663$$

$$\begin{aligned} \text{Tmed} &= e^{\mu} \\ &= e^{\mu 11,72579663} \\ &= 123722,5243 \end{aligned}$$

b. S (parameter bentuk)

$$S = \sqrt{\frac{\sum_{i=1}^n \ln (ti)}{n}}$$

$$S = \sqrt{\frac{199,3385427}{17}}$$

$$S = 0,642333085$$

4.2.11 Perhitungan Parameter Dari Distribusi Data Waktu Perbaikan (*Time To Repair*)

Parameter yang digunakan untuk perhitungan dari distribusi data waktu perbaikan yaitu Tmed (parameter lokasi) dan s (parameter bentuk) dengan perhitungan sebagai berikut :

a. Tmed (parameter lokasi)

$$\begin{aligned}
 N &= 17 \\
 \text{Rumus} &: \mu = \frac{\sum_{i=1}^n \ln (t_i)}{n} \\
 \mu &= \frac{104,3274466}{17} \\
 \mu &= 5,38485714 \\
 \text{Tmed} &= e^{\mu} \\
 &= e^{5,38485714} \\
 &= 328,9708861
 \end{aligned}$$

b. S (parameter bentuk)

$$\begin{aligned}
 S &= \sqrt{\frac{\sum_{i=1}^n \ln (t_i)}{n}} \\
 S &= \sqrt{\frac{104,3274466}{17}} \\
 S &= 0,672192753
 \end{aligned}$$

4.2.12 Penentuan Nilai Tengah dari Distribusi Data Waktu Kerusakan (*Mean Time To Failure*)

Berikut ini adalah penentuan nilai tengah dari distribusi data waktu kerusakan *Mean Time To Failure* (MTTF) untuk distribusi eksponensial sebagai berikut :

$$\begin{aligned}
 \text{MTTF} &= t_{\text{med}} \cdot e^{\frac{s^2}{2}} \\
 &= 123722,5243 * e^{\frac{1,0748}{2}} = 152069,4382
 \end{aligned}$$

4.2.13 Penentuan Nilai Tengah dari Distribusi Data Waktu Perbaikan (*Mean Time To Repair*)

Berikut ini adalah penentuan nilai tengah dari distribusi data waktu perbaikan *Mean Time To Repair* (MTTR) untuk distribusi Log Normal sebagai berikut :

$$\begin{aligned}
 \text{MTTR} &= \theta \cdot \tau \left(1 + \frac{1}{\beta}\right) \\
 &= 22213863,1 \cdot \tau(2,47) \frac{1}{0,679167711} \\
 &= 412,357546 \text{ menit}
 \end{aligned}$$

(nilai $\theta \cdot \tau (2,47) = 1,30188$, dapat dilihat pada tabel dari fungsi Gamma

4.2.14 Perhitungan Interval Waktu Penggantian Pencegahan dengan Minimasi *Downtime*

Perhitungan interval waktu penggantian pencegahan dengan minimasi *downtime* menggunakan metode *Age Replacement* yang dimana nilai interval waktu antar kerusakan (t_p) dimana yang terpilih yaitu yang memiliki nilai *downtime* terkecil. Dibawah ini merupakan data – data yang dibutuhkan untuk mencari interval waktu penggantian pencegahan dengan minimasi *downtime* sebagai berikut :

1. Data waktu kerusakan berdistribusi Log Normal

MTTF	= 152069,4382
Tmed	= 123722,5243
S	= 0,642333085
2. Waktu untuk melakukan penggantian kerusakan komponen

Tf	= 412,357546 menit
----	--------------------
3. Waktu untuk melakukan penggantian *preventive*

Tp	= 412,357546 menit
----	--------------------

Dibawah ini merupakan data – data untuk perhitungan interval waktu penggantian pencegahan dengan minimasi *downtime* sebagai berikut :

Tabel 4.20 Perhitungan Interval Waktu Penggantian Pencegahan Dengan Minimasi Downtime

TP	R(tp)	F(tp)	tp + Tp	MTTF/F(tp) + Tf	D(tp)
1	1	9,43888E-75	413,357546	1,6111E+79	0,002704289
1000	1	3,17037E-14	1412,357546	4,79658E+18	0,002686687
2000	1	0	2412,357546	2,25743E+15	0,002669295
20000	0,997723132	0,002276868	20412,35755	66789273	0,002391362
30000	0,986300214	0,013699786	30412,35755	11100545,11	0,00226482
40000	0,960618342	0,039381658	40412,35755	3861840,408	0,002159997
50000	0,920805681	0,079194319	50412,35755	1920618,765	0,002077137
60000	0,870058778	0,129941222	60412,35755	1170706,402	0,002014593
70000	0,812375322	0,187624678	70412,35755	810910,4203	0,001969722
71000	0,806370937	0,193629063	71412,35755	785777,0964	0,001966097
72000	0,800337208	0,199662792	72412,35755	762043,6903	0,001962616
73000	0,794277255	0,205722745	73412,35755	739608,3981	0,001959278
74000	0,788194113	0,211805887	74412,35755	718378,419	0,00195608
75000	0,782090729	0,217909271	75412,35755	698269,0275	0,001953018
76000	0,775969962	0,224030038	76412,35755	679202,7536	0,001950091
77000	0,769834585	0,230165415	77412,35755	661108,6581	0,001947296
78000	0,763687284	0,236312716	78412,35755	643921,6892	0,00194463
79000	0,757530657	0,242469343	79412,35755	627582,1117	0,00194209
80000	0,751367219	0,248632781	80412,35755	612034,9989	0,001939674
81000	0,745199399	0,254800601	81412,35755	597229,78	0,001937379
82000	0,73902954	0,26097046	82412,35755	583119,8352	0,001935204
83000	0,732859907	0,267140093	83412,35755	569662,1343	0,001933145
84000	0,726692679	0,273307321	84412,35755	556816,9129	0,0019312

Tp	R(tp)	F(tp)	tp + Tp	MTTF/F(tp) + Tf	D(tp)
85000	0,720529958	0,279470042	85412,35755	544547,3815	0,001929367
86000	0,714373764	0,285626236	86412,35755	532819,4645	0,001927644
87000	0,708226041	0,291773959	87412,35755	521601,565	0,001926027
88000	0,702088659	0,297911341	88412,35755	510864,3529	0,001924516
89000	0,695963412	0,304036588	89412,35755	500580,5741	0,001923107
90000	0,689852019	0,310147981	90412,35755	490724,8774	0,001921799
100000	0,629829982	0,370170018	100412,3575	411222,069	0,001913805
110000	0,57260956	0,42739044	110412,3575	356221,529	0,001913769
120000	0,518966698	0,481033302	120412,3575	316543,1481	0,001920105
130000	0,469291058	0,530708942	130412,3575	286952,542	0,001931511
140000	0,423704578	0,576295422	140412,3575	264286,4616	0,001946915
150000	0,382151507	0,617848493	150412,3575	246539,7495	0,001965437
160000	0,34446404	0,65553596	160412,3575	232389,6213	0,001986346
170000	0,310408749	0,689591251	170412,3575	220933,4821	0,002009038
180000	0,279718585	0,720281415	180412,3575	211537,3916	0,002033009
190000	0,25211439	0,74788561	190412,3575	203744,8407	0,002057842
200000	0,22731889	0,77268111	200412,3575	197219,8584	0,002083186
210000	0,205065453	0,794934547	210412,3575	191710,4194	0,002108755
220000	0,185103204	0,814896796	220412,3575	187024,2562	0,002134306
230000	0,16719969	0,83280031	230412,3575	183012,4796	0,002159644
240000	0,151141896	0,848858104	240412,3575	179558,2448	0,002184608
250000	0,136736208	0,863263792	250412,3575	176568,7533	0,002209068
260000	0,123807712	0,876192288	260412,3575	173969,5097	0,002232921
270000	0,112199105	0,887800895	270412,3575	171700,1306	0,002256087
280000	0,101769399	0,898230601	280412,3575	169711,2414	0,002278505
290000	0,092392546	0,907607454	290412,3575	167962,1475	0,002300132
300000	0,083956065	0,916043935	300412,3575	166419,0658	0,002320936

Tp	R(tp)	F(tp)	tp + Tp	MTTF/F(tp) + Tf	D(tp)
310000	0,076359708	0,923640292	310412,3575	165053,7656	0,002340902
320000	0,069514209	0,930485791	320412,3575	163842,5137	0,002360019
330000	0,063340122	0,936659878	330412,3575	162765,2477	0,00237829
				Min D(tp)	0,001913769

Beikut ini adalah contoh perhitungan interval waktu penggantian pencegahan pada mesin *Submerged Scraper Chain Conveyor* di komponen *chain* dengan distribusi Log Normal untuk $tp = 412,357546$ menit sebagai berikut :

$$\begin{aligned} \text{a. } F(tp) &= \phi\left(\frac{1}{s} \ln \frac{t}{t_{med}}\right) \\ &= 0,42739044 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \text{b. } R(tp) &= 1 - F(tp) \\ &= 1 - 0,42739044 \\ &= 0,57260956 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \text{c. } (tp+Tp) \times R(tp) &= 110412,3575 \times 0,42739044 \\ &= 47.189,1860 \text{ menit} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \text{d. Ekspektasi panjang siklus kerusakan :} \\ &= (M(tp) + tf) \times (1 - R(tp)) \\ &= \left(\frac{MTTF}{1-R(tp)} + Tf\right) \times (1 - R(tp)) \\ &= (356221,3575) \times (1 - 0,57260956) \\ &= 152.245,6027 \text{ menit} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \text{e. } D(tp) &= \frac{Tp.R(tp)+Tf.(1-R(tp))}{(tp+tp).R(t)+(M(tp)+Tf).(1-R(tp))} \\ &= 0,001913769 \end{aligned}$$

Berdasarkan perhitungan diatas didapat nilai $D(tp)$ yang paling minimum adalah pada $tp = 74.000$ menit. Sehingga waktu interval penggantian komponen *chain* dengan kriteria minimasi *downtime* pada menit ke 74.000

4.2.15 Perhitungan Interval Waktu Pemeriksaan

Berikut ini adalah perhitungan interval waktu pemeriksaan pada komponen chain :

1. Waktu yang dibutuhkan perusahaan untuk pemeriksaan Pemecah Batu adalah 1 jam

2. Jumlah pemeriksaan (k)

a. 1 Bulan = 30 hari kerja; 1 hari 24 jam kerja

b. $T = 30 \text{ hari/bulan} \times 24 \text{ jam/hari} = 720 \text{ jam/bulan}$

c. Jumlah kerusakan komponen Pemecah Batu selama 5 tahun = 18 kali

$$\begin{aligned} \text{d. } K &= \frac{18}{60 \text{ bulan}} \\ &= 0,3 \end{aligned}$$

3. Waktu rata-rata yang dibutuhkan untuk perbaikan

a. $MTTR = 412,3575467 \text{ menit} = 6,87 \text{ jam}$

b. $T = 720 \text{ jam/bulan}$

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

$$1/\mu = 6,87 / 720$$

$$1/\mu = 0,00954166$$

$$\mu = 104,803566$$

4. Waktu rata-rata melakukan pemeriksaan

a. Waktu untuk melakukan pemeriksaan (t_i) = 1 jam (60 menit)

b. $T = 720 \text{ jam/bulan}$

$$\text{c. } \frac{1}{i} = \frac{t_i}{t}$$

$$= \frac{1}{720} = 0,00138889 = 719,99994$$

5. Perhitungan frekuensi pemeriksaan

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

$$= \sqrt{\frac{0,3}{104,803566}}$$

$$= 1,435 \text{ kali pemeriksaan per bulan}$$

6. Interval waktu pemeriksaan = t/n

$$= 720/1,435$$

$$=501,74216 \text{ jam} = 20 \text{ hari}$$

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

Perawatan pencegahan dapat dilakukan untuk meningkatkan keandalan dimana untuk mengetahui umur yang optimal dari komponen. Dibawah ini merupakan rumus *Reliability* berdasarkan distribusi Log Normal sesuai dengan *Failure Time* sebagai berikut:

- a. *Reliability* kondisi sebelum interval waktu penggantian

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

- b. *Reliability* kondisi sesudah interval waktu penggantian

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

N = Jumlah perawatan pencegahan yang telah dilakukan sampai saat ini

T = Interval waktu perawatan pencegahan

R(t-Nt) = Probabilitas keandalan untuk waktu t-nT dari perawatan *preventive* terakhir

Berikut adalah perhitungan *Reliability* sebelum dan sesudah dilakukannya tindakan sebagai berikut : x

$$s = 0,642333085$$

$$T_{med} = 123722,5243$$

$$T(\text{age replacement}) = 78.000 \text{ menit}$$

Tabel 4.21 Perbandingan *Reliability* Sesudah Dan Sebelum

N	Tp (hari)	R(tp)	R(t- nT)
0	1	0,999464406	0,999464406
0	1000	0,955725405	0,955725405
0	2000	0,931757595	0,931757595
0	20000	0,733298321	0,733298321

0	30000	0,668653222	0,668653222
0	40000	0,616202127	0,616202127
0	50000	0,571895536	0,571895536
0	60000	0,533537151	0,533537151
1	70000	0,499766173	1
1	88000	0,447783419	0,748335515
1	89000	0,445170338	0,740707965
1	90000	0,442582895	0,733298321
1	100000	0,418030019	0,668653222
1	110000	0,395633347	0,616202127
1	120000	0,375097887	0,571895536
1	130000	0,356186151	0,533537151
2	140000	0,338703639	1

Contoh perhitungan :

$$T = 78.000$$

$$N = 1$$

$$\begin{aligned} R(tp) &= 1 - \emptyset \left(\frac{1}{s} \ln \frac{t}{t_{med}} \right) \\ &= 1 - \emptyset \left(\frac{1}{0,642333085} \ln \frac{78.000}{123722,5243} \right) \\ &= 0,475426656 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} R(t-nT) &= 1 - \emptyset \left(\frac{1}{s} \ln \frac{t-nT}{t_{med}} \right) \\ &= 1 - \emptyset \left(\frac{1}{0,642333085} \ln \frac{78.000 - (1 * 136.089)}{123722,5243} \right) \\ &= 0,841810008 \end{aligned}$$

Pada tingkat keandalan ke 78.000 menit sebelum dilakukan penggantian pencegahan sebesar 0,197928 dan setelah penggantian pencegahan sebesar 0,8713868.

4.2.17 Perhitungan *Avaibility*

Perhitungan *avaibility* ini dilakukan untuk mengetahui tingkat keandalan setelah dilakukan perawatan yang bersifat *preventive*. Dibawah ini yaitu langkah – langkah dalam perhitungan *avaibility* dua kejadian dengan adanya kejadian *avaibility* berdasarkan frekuensi pemeriksaan dan *avaibility* berdasarkan interval penggantian pencegahan sebagai berikut :

- a. *Avaibility* berdasarkan frekuensi pemeriksaan :

$$\begin{aligned} D(n) &= \frac{k}{\mu.n} + \frac{1}{i} \\ &= \frac{0,3}{104,803566 \cdot 1} + \frac{1}{720} \\ &= 0,00425139 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} A(n) &= 1 - D(n) \\ &= 1 - 0,00425139 \\ &= 0,99574861 \end{aligned}$$

- b. *Avaibility* berdasarkan interval penggantian pencegahan :

$$\begin{aligned} A(tp) &= 1 - [\min D(tp)] \\ &= 1 - 0,001913769 \\ &= 0,998086231 \end{aligned}$$

- c. *Avaibility* total :

$$\begin{aligned} \text{Avaibility} &= A(n) * A(tp) \\ &= 0,99574861 * 0,998086231 \\ &= 0,9938429771 \end{aligned}$$

BAB V

PEMBAHASAN

5.1 Peroses *Reability Centered Maintenance* (RCM)

5.1.1 *Failure Mode and Effect Analysis* (FMEA)

Hasil dari Perhitungan FMEA menyatakan bahwa RPN tertinggi adalah Pisau Pemecah Batu dengan RPN 192 yang didapatkan dari nilai 8 pada *severity* yaitu memiliki pengertian efek yang sangat tinggi dan kegagalan ini dapat menyebabkan mesin tidak dapat beroperasi karena ada gangguan yang besar sehingga mesin utama kehilangan fungsi, Lalu nilai 8 pada *Occurency* dengan peluang kegagalan Tinggi dan kejadian gagal 1 per 1 sampai 2 bulan, dan nilai 3 pada *Detection* dengan pengertian tinggi dan kriteria pendeteksian yang tinggi karena memiliki pendeteksian yang tinggi karna dapat bunyi *warning* pada peringatan mesin.

5.1.2 *Logic Tree Analysis* (LTA)

Penyusunan *Logic Tree Analysis* (LTA) merupakan proses yang kualitatif digunakan untuk mengetahui konsekuensi yang ditimbulkan oleh masing-masing *failure mode* pada Mesin Pemecah Batu. Tujuan *Logic Tree Analysis* (LTA) adalah mengklasifikasikan *failure mode* ke dalam beberapa kategori yang dapat di prioritaskan kedalam penanganan yang sudah ditentukan.

1. Kategori A (*Safety Problem*)

Mode kegagalan memiliki resiko untuk membahayakan keselamatan pekerja, sehingga pada kategori A tidak memiliki *Safety Problem* dikarenakan dalam PT.XYZ sudah memenuhi standar keselamatan.

2. Kategori B (*Outage Problem*)

Mode kegagalan dalam menyebabkan sistem kerja komponen yang terhenti sebagian dan berpengaruh terhadap *operational plant*. Dan dalam hal ini tidak ada komponen pada PT.XYZ yang dapat menyebabkan oprational plant terhenti.

3. Kategori C (*Economic Problem*)

Mode kegagalan tidak memiliki konsekuensi *safety* ataupun *Operational plant* dan mempengaruhi ekonomi yang relatif kecil dalam perhial biaya. Dalam Kategori C tidak terdapat *Economic Problem* karena mode kegagalan mempunyai konsekuensi terhadap *safety* maupun terhadap *operational plant*.

4. Kategori D (*Hidden Failure*)

Mode kegagalan memiliki implikasi langsung, tetapi jika PT.XYZ tidak mengatasi risiko ini, maka dapat menjadi parah dan bahkan dapat memicu kegagalan lain. Pada Kategori D, terdapat 6 komponen yang termasuk dalam *Hidden Failure* karena mode kegagalan memiliki efek langsung. Namun, jika perusahaan tidak mengatasi risiko ini, risiko tersebut menjadi parah dan bahkan dapat memicu kegagalan lainnya.

- a. Komponen Pisau Pemecah Batu
- b. Laker *Pillow Block*
- c. *Fan Belt*
- d. Dudukan AS
- e. *Pulley*

Dalam komponen mesin Pemecah Batu yang termasuk dalam *Logic Tree Analysis*. Berikut ini adalah penjelasan salah satu komponen dengan tabel *Logic Tree Analysis* (LTA) :

1. Komponen yang mengalami kerusakan adalah Pisau Pemecah Batu dalam Mesin Pemecah Batu.
2. Fungsi Pisau Pemecah Batu dalam Mesin Pemecah Batu untuk memecah batu atau pasir-pasir kasar untuk membuatnya menjadi halus.
3. Mode kegagalan pada Pisau Pemecah batu yaitu Pisau menjadi tumpul.
4. Analisis Kekritisian (mode kegagalan):
 - a. *Evident* (apakah operator dalam kondisi normal dapat mengetahui bahwa telah terjadi adanya kegagalan?) **Yes**

- b. *Safety* (apakah adanya kegagalan tersebut dapat membahayakan keselamatan?) **No**
- c. *Outage* (apakah mode kegagalan ini dapat mengakibatkan seluruh atau sebagian sistem terhenti?) **Yes**
- d. *Hidden Failure* (dimana kegagalan memiliki dampak secara langung, namun apabila perusahaan tidak menanggulangnya resiko ini akan menjadi serius bahkan dapat memicu kegagalan lainnya) **yes**

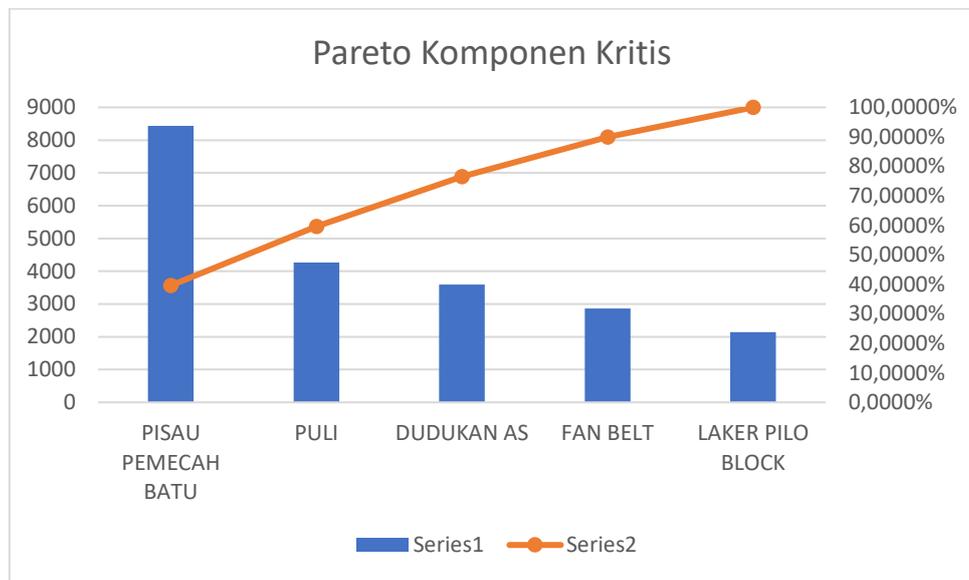
5.1.3 *Task Selection* (pemilihan tindakan)

Berikut ini adalah *Task Selection* (Pemilihan Tindakan) dalam mesin Pisau Pemecah Batu:

1. *Finding Failure* (FF) atau *Condition Based* (CB)
Finding Failure (FF) atau *Condition Based* (CB) terdapat 2 komponen yang diindikasikan mengalami tindakan perawatan yang dilakukan dengan tujuan guna mengetahui kerusakan tersembunyi dengan pemeriksaan berkala.
 - a. Komponen Laker *Pillow Block*
 - b. Komponen Dudukan As
2. *Condition Direct* (CD) atau *Predictive Maintenance* (PDM)
 Dalam *Condition Direct* (CD) terdapat 3 komponen yang mendapatkan tindakan perawatan yang dilakukan dengan cara inspeksi. Apabila dalam inspeksi terdapat gejala-gejala kerusakan maka dilanjutkan dengan penggantian komponen.
 - a. Komponen *Pisau Pemecah Batu*
 - b. Komponen *Pulley*
 - c. Komponen *Fan Belt*
3. Mode kegagalan yaitu Komponen Pisau Pemecah Batu

5.1.4 Penentuan Komponen kritis

Dalam menentukan komponen kritis yang telah diperoleh melalui perhitungan diagram Pareto dengan hasil seperti berikut dimana Pisau Pemecah Batu menjadi komponen paling tinggi.



Tabel 5.1 Diagram Pareto Penentuan Komponen Kritis

5.2 Proses *Age Replacement*

5.2.1 Analisis distribusi

Model distribusi kerusakan dipilih dengan empat distribusi yaitu weibull, eksponensial, normal dan lognormal. Dengan menggunakan pola pengujian distribusi maka dilakukan terhadap data waktu antar kerusakan (*time to failure*) dan waktu perbaikan (*time to repair*) komponen kritis yaitu Pisau pemecah batu pada Mesin pemecah batu.

Analisis yang didapat dalam *age replacement* telah melalui empat perhitungan distribusi yaitu Log Normal, Eksponensial, *Weibull* dan Normal. Penghitungan komponen kritis ini melalui *Index Of Fit*. Dan telah ditentukan juga komponen yang di hitung yaitu Pisau Pemecah Batu dan telah menggunakan analisis *Least Square Curve Fitting* (LSCF) untuk menentukan distribusi guna mempertimbangkan *index of fit*. Dalam tabel dibawah ini terdapat hasil *index of fit* distribusi data waktu antar kerusakan

5.2.2 Analisis Uji Goodness Of Fit

Distribusi hasil dari *Index of fit* (r) diuji untuk memastikan apakah distribusi dari hasil itu benar-benar dapat menjadi perhitungan untuk menggambarkan data waktu kerusakan dan perbaikan

Sehingga Hasil dari *Index of fit* untuk data kerusakan yang diperoleh melalui uji distribusi Lognormal, kemudian dilakukan uji *Kolmogrov-smirnov Test* dengan pengertian H_0 diterima dalam daya antar kerusakan dengan distribusi Lognormal. Dan untuk data perbaikan yang juga melalui hasil perhitungan *index of fit* berdistribusi Lognormal dengan uji yang sama yaitu *Kolmogrov-smirnov* dengan H_0 diterima.

5.2.3 Analisis Time To Failure dan MTTF

Pada Analisis Perhitungan dengan estimasi parameter dari distribusi untuk mendapatkan nilai MTTF (*Mean Time To Failure*) ini. Data dengan hasil distribusi Lognormal Komponen Pisau Pemecah Batu yang telah di uji mendapat MTTF sebesar 152069,4382 menit atau 2.534,49 jam. sehingga komponen Pisau Pemecah Batu mengalami kerusakan setelah beroperasi selama 105 hari dimana data yang telah didapatkan berbeda dengan hasil wawancara dengan kepala bagian maintenance dimana komponen mengalami kerusakan selama 65 hari. Sehingga keefisienan komponen seharusnya dapat dilanjutkan penggunaannya selama 105 hari untuk dapat berkerja secara maksimal.

5.2.4 Analisis Time To Repair dan MTTR

Kemudian data yang telah diperoleh pada perhitungan di atas atau MTTF diolah kembali kedalam perhitungan *Mean Time To Repair* (MTTR) dengan menghitung melalui estimasi dari data distribusi. Data waktu antar kerusakan mengikuti distribusi Log Normal, sehingga hasil parameter distribusi MTTR pada komponen Pisau Pemecah Batu terdapat hasil MTTR yaitu 412,357546 menit atau 6,8 jam. Sehingga komponen Pisau Pemecah Batu akan mengalami perbaikan selama 6,8 jam. Dimana pada rata-rata perbaikan komponen pada mesin pemecah batu selama 3 jam sehingga pada hasil studi perbaikan pada komponen normalnya dapat dilakukan selama 6,8 jam per satu kali perbaikan.

5.2.5 Analisis Interval Penggantian pencegahan dan pemeriksaan dalam komponen Pisau Pemecah Batu

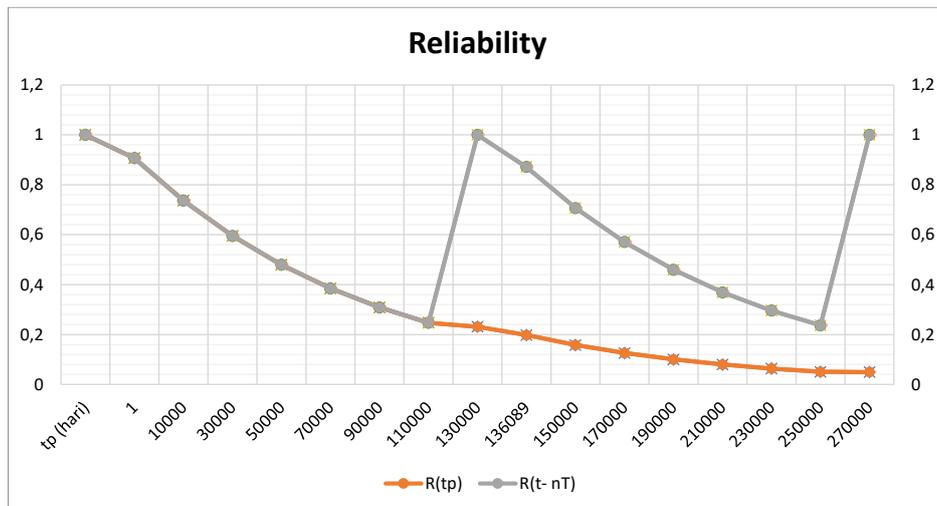
Setelah menentukan MTTF dan MTTR. Kemudian perhitungan interval penggantian preventif dengan parameter distribusi yang lolos uji kesesuaian distribusi. Menghitung interval pencegahan penggantian dengan kriteria minimalisasi kegagalan, hasil perhitungan dengan kriteria minimalisasi kegagalan terpilih adalah yang memberikan nilai kegagalan terkecil dan model menjadi umur penggantian dengan menggunakan distribusi log-normal.

Dari pengolahan data diatas dengan komponen Pisau Pemecah Batu maka interval penggantian yang ditemukan yaitu selama 1833 jam atau 2,5 bulan. Dalam hal ini, komponen kritis yaitu Pisau Pemecah Batu harus diganti setelah 2,5 bulan pemakaian dalam interval pencegahan penggantian komponen kritis.

Perusahaan dapat merencanakan penggantian preventif komponen rantai sesuai jadwal. Sedangkan interval pemeriksaan komponen kritis diperoleh selama 20 hari sekali.

5.2.6 Analisis perbandingan *Reability* setelah dan sebelum penentuan interval penggantian pencegahan komponen

Dalam analisis perbandingan dan dilaksanakan tindakan perawatan pencegahan (*preventive maintenance*), Diharapkan keandalan komponen penahan beban kritis akan meningkat. Komponen (keandalan) adalah peluang, sehingga nilai maksimumnya adalah 1. Di bawah ini adalah grafik tingkat kepercayaan kondisi sebelum dan sesudah proposisi Pemeliharaan komponen Pisau Pemecah Batu



Gambar 5.1 Grafik Perbandingan Reability sebelum dan sesudah dilakukan Tindakan perawatan

Grafik di atas adalah grafik yang menunjukkan komponen sebelum dan sesudah dilakukan perawatan *periventif*. Keandalan 1 menyatakan bahwa optimal karena kondisi komponen yang telah diganti. Dan adanya penurunan pada menit 10.000 sampai menit ke 90.000, kemudian terdapat kenaikan pada menit ke 110.000 dengan grafik berwarna abu-abu karena telah dilakukannya pergantian komponen kritis. Dimana apabila komponen tidak diganti seperti pada menit 110.000 maka grafik menyentuh pada nilai 0,2 dan menuju ke poin 0 dimana hal itu berarti mesin tidak dapat bekerja. Sehingga pergantian yang telah dilakukan dapat diartikan dengan tepat dimana kehandalan kembali ke angka 1 dimana mesin dapat bekerja dengan kondisi 100%.

BAB VI

KESIMPULAN DAN SARAN

6.1 Kesimpulan

Dengan Kesimpulan berikut dapat ditentukan bahwa

1. Komponen yang tergolong paling kritis dalam mesin Pemecah Batu adalah pisau pemecah batu dengan menggunakan perhitungan *Failure Mode Effect and Analysis* (FMEA) dan juga melalui perhitungan *Risk Priority Number* (RPN) tertinggi dengan $8 \times 8 \times 3 = 192$ dan juga apabila komponen Pisau Pemecah Batu ini rusak maka dapat menjadikan seluruh mesin berhenti total.
2. Tindakan perawatan dengan metode *Task Selection* untuk mesin Pemecah Batu sebagai berikut:
 - A. *Condition Direct* (CD)

Terdapat 3 komponen yang Tindakan perawatannya dilakukan dengan memeriksa dan inspeksi. Apabila didalam inspeksi terdapat gejala – gejala kerusakan, maka dilanjutkan dengan perbaikan atau penggantian komponen.

 - a. Komponen Pisau Pemecah Batu
 - b. Komponen *Pulley*
 - c. Komponen *Fan belt*
 - B. *Finding failure* (FF)

Terdapat 2 komponen yang Tindakan perawatannya dilakukan dengan tujuan untuk menemukan kerusakan yang tersembunyi dengan pemeriksa berkala.

 - a. Komponen Dudukan As
 - b. Komponen Laker *Pillow Block*
3. Dalam interval kerusakan dan juga perbaikan diketahui *bahwa Mean Time To Failure* (MTTF) sebesar 2.534,49 jam atau 105 Hari. Sedangkan *Mean Time to Repair* (MTTR) 412,357546 atau 6,8 jam. Sedangkan waktu interval penggantian komponen kritis dari perhitungan yang telah dilakukan yaitu komponen Pisau Pemecah Batu dengan interval penggantian 2,5 bulan.

6.2 Saran

Adapun saran yang dapat menjadi masukan kepada perusahaan ataupun penelitian selanjutnya :

1. Berdasarkan hasil penelitian diatas, peneliti mengusulkan agar *Reliability Centered Maintenance* (RCM) lebih dapat diterapkan sebagai pendekatan pada sistem perawatan mesin di PT. XYZ Berkat implementasi konsep *Reliability Centered Maintenance* (RCM), perusahaan dapat menentukan perawatan yang optimal untuk meningkatkan kehandalan mesinnya.
2. Hasil dari penelitian peneliti akan menyarankan kepada perusahaan dimana agar terjadinya efisiensi dan kemajuan kepada perusahaan maka disarankan untuk perusahaan mengganti komponen selama 20 hari sekali.

DAFTAR PUSTAKA

Ahmad B., Moch N., Said S., 2022. Penentuan Interval Penggantian Komponen Mesin Pengayakan Batu Bara Menggunakan *Metode Age Replacement*

Arif B., Siti H., Mutiawati., 2021. Usulan jadwal *preventive maintenance* komponen ban Pada truk tronton 20.000 kl menggunakan metode *age Replacement*.

Arif, 2009, Penilaian Pabrik, Mesin dan peralatan, Gramedia, Jakarta

Asep D., Nurhidayat E., 2021. Usulan Strategi Perawatan *Excavator* Menggunakan Metode RCM, *Age Replacement* dan RCS.

Ben-Daya, M., Kumar, K., & Murthy, D. N. P. (2016). *Introduction to Maintenance Engineering : Modelling, Optimization, and Management*. John Wiley & Sons. United Kingdom.

Ebeling, C.E. 1997. *An Introduction to Reliability and Maintainability Engineering. The Mc-Graw Hills Companies Inc., Singapore.*

Gaspersz, V. 1992. Analisis Sistem Terapan: Berdasarkan Pendekatan Teknik Industri. Penerbit "Tarsito", Bandung. Ilmuan, ITB-Press, Bandung.

Jaka P., Suhartini., 2015. Metode material requirement planning untuk Mengoptimalkan output produksi. Seminar Nasional Multi Disiplin Ilmu Unisbank.

John Bird, Carl Ross. 2015. "*Mechanical Engineering principles*". Routledge

Kurniawan, Fajar. (2013). Manajemen Perawatan Industri : Teknik dan Aplikasi Implementasi *Total Productive Maintenance (TPM)*, *Preventive Maintenance* dan

Reability Centered Maintenance (RCM). Yogyakarta : Graha Ilmu.Replacement Method.
DOI:10.2991/aer.k.211222.030

Moubray, J. 1997. *Reliability Centered Maintenance II*. New York: Industrial Press Inc.

Moubray, John. 1991. *Reliability Centered Maintenance II*. Oxford: Butterworth-Heinemann, Ltd.

Naufal M., Farisi., Ahmad S., 2021. Analisis Perawatan Mesin *Batching Plant* Menggunakan Metode *Reliability Centered Maintenance (RCM)*.

Palmer,Richard (Doc). 2018. *Maintenance Planning and scheduling Handbook*.

Puadi H., Arminas, Nofias F., Dodi Efendi. 2023 “*Industrial Engineering and Management*” Vol. 8 (1)

Ragil P., Rifki., 2020. *Minimasi downtime menggunakan reliability centered Maintenance (rcm)* pada pt. Agronesia inkaba.

Sajaradj, Z., Huda, L. N., & Sinulingga, S. (2019). *The Application of Reliability Centered Maintenance (RCM) Methods to Design Maintenance System in Manufacturing (Journal Review)*. *IOP Conference Series: Materials Science and Engineering*, 505(1)

Satria A., Effendy M., 2020. *Implementasi reliability centered maintenance (rcm)* pada *gas Compressor* – pertamina hulu energi west madura offshore Gresik.

Smith, A. M. & Glenn, H. R. (2004). *RCM – Gateway to World Class Maintenance*. London : Elsevier Inc.

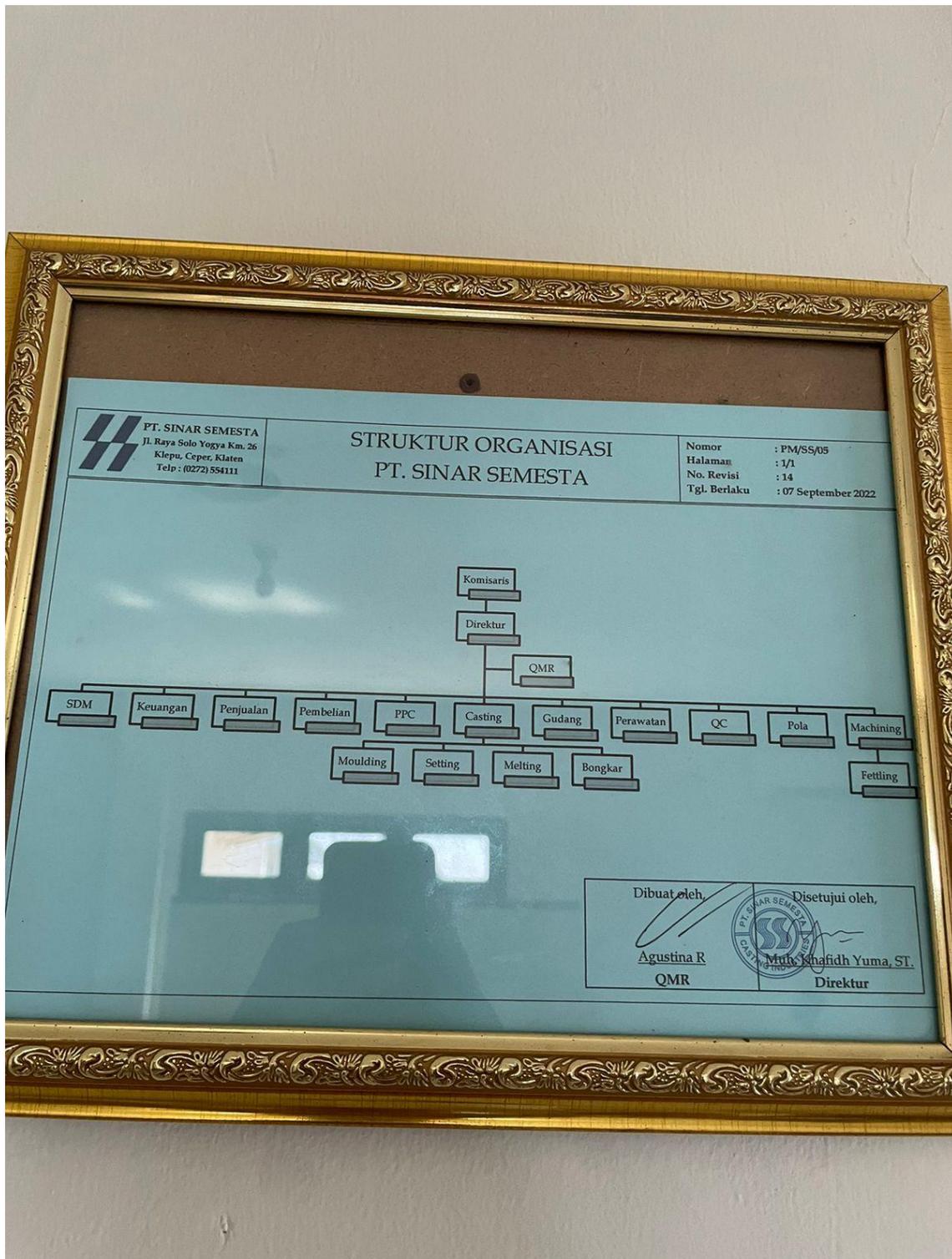
Trio Y., Khaedzar A., Fidia D., 2021. *Planning Activities and Maintenance Time Intervals of Induction Machines using The Reliability Centered Maintenance (RCM) II and Age Replacement*.

Walpole R, E., Myers Raymond H., 1986, Ilmu Peluang dan Statistika untuk Insinyur

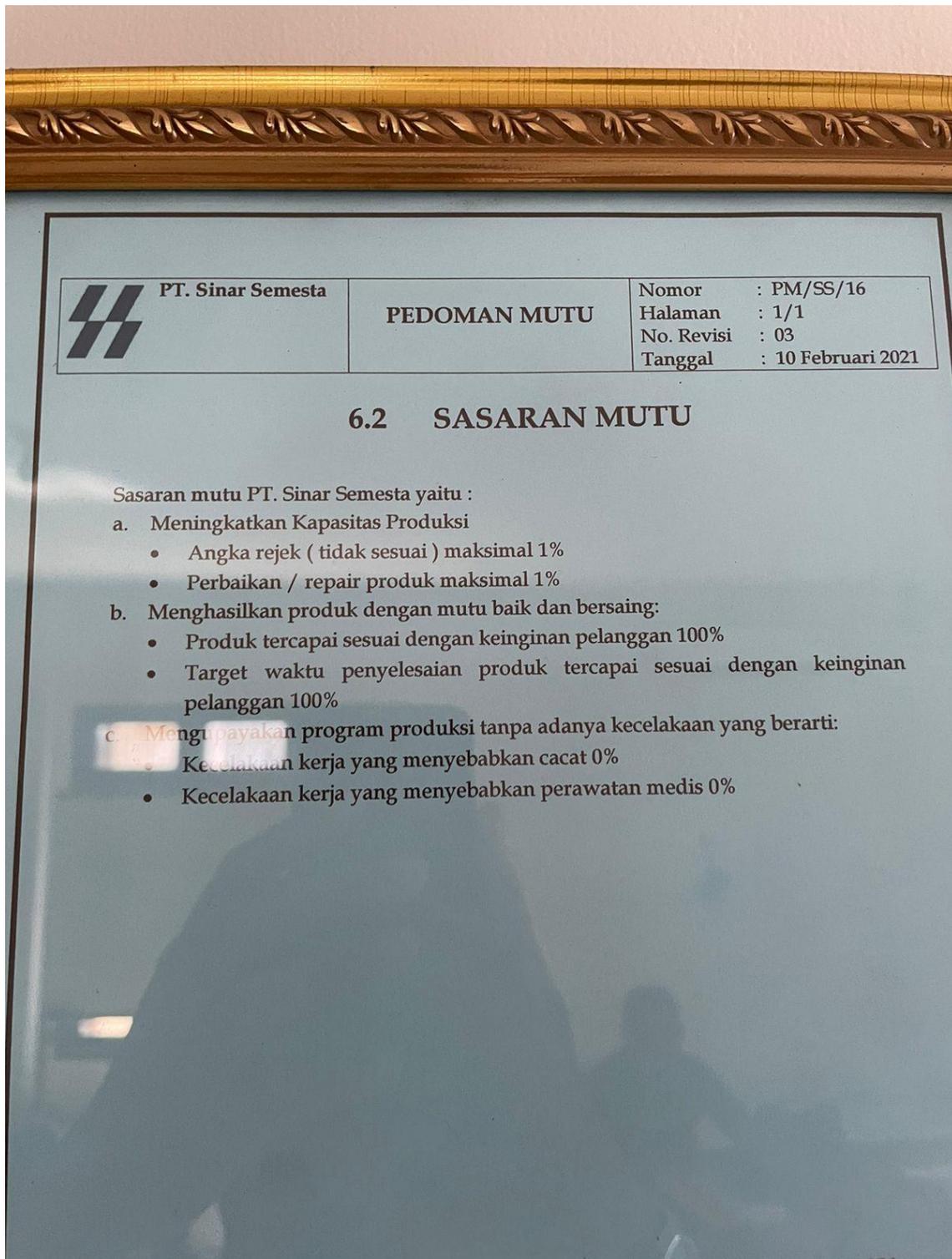
Wibowo J., Syarif H., Ahmad N., 2021. Analisa Perawatan pada Mesin Bubut dengan Pendekatan *Reliability Centered Maintenance* (RCM). Vol. 3 (2)

LAMPIRAN

Sumber : Dokumen Pribadi



Sumber : Dokumen Pribadi



Sumber : Dokumen Pribadi

1. Tabel *Kolmogorov-Smirnov*

$n \backslash \alpha$	0.001	0.01	0.02	0.05	0.1	0.15	0.2
1		0.99500	0.99000	0.97500	0.95000	0.92500	0.90000
2	0.97764	0.92930	0.90000	0.84189	0.77639	0.72614	0.68377
3	0.92063	0.82900	0.78456	0.70760	0.63604	0.59582	0.56481
4	0.85046	0.73421	0.68887	0.62394	0.56522	0.52476	0.49265
5	0.78137	0.66855	0.62718	0.56327	0.50945	0.47439	0.44697
6	0.72479	0.61660	0.57741	0.51926	0.46799	0.43526	0.41035
7	0.67930	0.57580	0.53844	0.48343	0.43607	0.40497	0.38145
8	0.64098	0.54180	0.50654	0.45427	0.40962	0.38062	0.35828
9	0.60846	0.51330	0.47960	0.43001	0.38746	0.36006	0.33907
10	0.58042	0.48895	0.45662	0.40925	0.36866	0.34250	0.32257
11	0.55588	0.46770	0.43670	0.39122	0.35242	0.32734	0.30826
12	0.53422	0.44905	0.41918	0.37543	0.33815	0.31408	0.29573
13	0.51490	0.43246	0.40362	0.36143	0.32548	0.30233	0.28466
14	0.49753	0.41760	0.38970	0.34890	0.31417	0.29181	0.27477
15	0.48182	0.40420	0.37713	0.33760	0.30397	0.28233	0.26585
16	0.46750	0.39200	0.36571	0.32733	0.29471	0.27372	0.25774
17	0.45440	0.38085	0.35528	0.31796	0.28627	0.26587	0.25035
18	0.44234	0.37063	0.34569	0.30936	0.27851	0.25867	0.24356
19	0.43119	0.36116	0.33685	0.30142	0.27135	0.25202	0.23731
20	0.42085	0.35240	0.32866	0.29407	0.26473	0.24587	0.23152
25	0.37843	0.31656	0.30349	0.26404	0.23767	0.22074	0.20786
30	0.34672	0.28988	0.27704	0.24170	0.21756	0.20207	0.19029
35	0.32187	0.26898	0.25649	0.22424	0.20184	0.18748	0.17655
40	0.30169	0.25188	0.23993	0.21017	0.18939	0.17610	0.16601
45	0.28482	0.23780	0.22621	0.19842	0.17881	0.16626	0.15673
50	0.27051	0.22585	0.21460	0.18845	0.16982	0.15790	0.14866
OVER 50	1.94947	1.62762	1.51743	1.35810	1.22385	1.13795	1.07275
	\sqrt{n}	\sqrt{n}	\sqrt{n}	\sqrt{n}	\sqrt{n}	\sqrt{n}	\sqrt{n}

Sumber : Internet.

2. Tabel Fungsi Gamma

x	$\Gamma(x)$	x	$\Gamma(x)$	x	$\Gamma(x)$	x	$\Gamma(x)$
1.01	0.99433	1.51	0.88659	2.01	1.00427	2.51	1.33875
1.02	0.98884	1.52	0.88704	2.02	1.00862	2.52	1.34830
1.03	0.98355	1.53	0.88757	2.03	1.01306	2.53	1.35798
1.04	0.97844	1.54	0.88818	2.04	1.01758	2.54	1.36779
1.05	0.97350	1.55	0.88887	2.05	1.02218	2.55	1.37775
1.06	0.96874	1.56	0.88964	2.06	1.02687	2.56	1.38784
1.07	0.96415	1.57	0.89049	2.07	1.03164	2.57	1.39807
1.08	0.95973	1.58	0.89142	2.08	1.03650	2.58	1.40844
1.09	0.95546	1.59	0.89243	2.09	1.04145	2.59	1.41896
1.10	0.95133	1.60	0.89352	2.10	1.04649	2.60	1.42962
1.11	0.94740	1.61	0.89468	2.11	1.05161	2.61	1.44044
1.12	0.94359	1.62	0.89592	2.12	1.05682	2.62	1.45140
1.13	0.93993	1.63	0.89724	2.13	1.06212	2.63	1.46251
1.14	0.93642	1.64	0.89864	2.14	1.06751	2.64	1.47377
1.15	0.93304	1.65	0.90012	2.15	1.07300	2.65	1.48519
1.16	0.92980	1.66	0.90167	2.16	1.07857	2.66	1.49677
1.17	0.92670	1.67	0.90330	2.17	1.08424	2.67	1.50851
1.18	0.92373	1.68	0.90500	2.18	1.09000	2.68	1.52040
1.19	0.92089	1.69	0.90678	2.19	1.09585	2.69	1.53246
1.20	0.91817	1.70	0.90864	2.20	1.10180	2.70	1.54469
1.21	0.91558	1.71	0.91057	2.21	1.10785	2.71	1.55708
1.22	0.91311	1.72	0.91258	2.22	1.11399	2.72	1.56964
1.23	0.91075	1.73	0.91467	2.23	1.12023	2.73	1.58237
1.24	0.90852	1.74	0.91683	2.24	1.12657	2.74	1.59528
1.25	0.90640	1.75	0.91906	2.25	1.13300	2.75	1.60836
1.26	0.90440	1.76	0.92137	2.26	1.13954	2.76	1.62162
1.27	0.90250	1.77	0.92376	2.27	1.14618	2.77	1.63506
1.28	0.90072	1.78	0.92623	2.28	1.15292	2.78	1.64868
1.29	0.89904	1.79	0.92877	2.29	1.15976	2.79	1.66249
1.30	0.89747	1.80	0.93138	2.30	1.16671	2.80	1.67649
1.31	0.89600	1.81	0.93408	2.31	1.17377	2.81	1.69068
1.32	0.89464	1.82	0.93685	2.32	1.18093	2.82	1.70506
1.33	0.89338	1.83	0.93969	2.33	1.18819	2.83	1.71963
1.34	0.89222	1.84	0.94261	2.34	1.19557	2.84	1.73441
1.35	0.89115	1.85	0.94561	2.35	1.20305	2.85	1.74938
1.36	0.89018	1.86	0.94869	2.36	1.21065	2.86	1.76456
1.37	0.88931	1.87	0.95184	2.37	1.21836	2.87	1.77994
1.38	0.88854	1.88	0.95507	2.38	1.22618	2.88	1.79553
1.39	0.88785	1.89	0.95838	2.39	1.23412	2.89	1.81134
1.40	0.88726	1.90	0.96177	2.40	1.24217	2.90	1.82736
1.41	0.88676	1.91	0.96523	2.41	1.25034	2.91	1.84359
1.42	0.88636	1.92	0.96877	2.42	1.25863	2.92	1.86005
1.43	0.88604	1.93	0.97240	2.43	1.26703	2.93	1.87673
1.44	0.88581	1.94	0.97610	2.44	1.27556	2.94	1.89363
1.45	0.88566	1.95	0.97988	2.45	1.28421	2.95	1.91077
1.46	0.88560	1.96	0.98374	2.46	1.29298	2.96	1.92814
1.47	0.88563	1.97	0.98769	2.47	1.30188	2.97	1.94574
1.48	0.88575	1.98	0.99171	2.48	1.31091	2.98	1.96358
1.49	0.88595	1.99	0.99581	2.49	1.32006	2.99	1.98167
1.50	0.88623	2.00	1.00000	2.50	1.32934	3.00	2.00000

Sumber : *Ebeling, C.E. An Introduction to Reliability and Maintainability Engineering, Mc Graw-Hill, New York, 1997*

Sumber : Internet