

**ANALISIS PERENCANAAN PERAWATAN MESIN DENGAN METODE
RELIABILITY CENTERED MAINTENANCE (RCM) DAN AGE REPLACEMENT
(Studi kasus : PT. Hi-Test Laboratory Of Mechanical Testing)**

TUGAS AKHIR

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



Nama : Alvin Soni Rolando

No. Mahasiswa : 19522099

**PROGRAM STUDI TEKNIK INDUSTRI PROGRAM SARJANA
FAKULTAS TEKNOLOGI INDUSTRI
UNIVERSITAS ISLAM INDONESIA
YOGYAKARTA
2024**

PERNYATAAN KEASLIAN**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, 01-12-2023



METEKAI
TEMPEL
82AKX829145220
(Alvin Soni Rolando)
19522099

SURAT BUKTI PENELITIAN



PT. Hi-Test **Laboratory of Mechanical Testing**

Century Park Block F No. 6 - 7
Batam Centre 29400 - Batam - Indonesia
Tel : +62 778 748 3070 (hunting) Fax : +62 778 748 3068
Email : hi-test@hittestlab.com

Nomor : PT.HT/HR/0422/001
Lamp : -
Perihal : **Penerimaan Penelitian Mahasiswa**

Kepada Yth :

Fakultas Teknologi Industri Jurusan Teknik Industri Universitas Islam Indonesia
Yogyakarta
di tempat

Dengan hormat,

Menindaklanjuti permohonan pelaksanaan Penelitian mahasiswa Fakultas Teknologi Industri Jurusan Teknik Industri Universitas Islam Indonesia Yogyakarta atas nama :

No.	Nama	NIM	Program Studi
1	Alvin Soni Rolando	19522099	Teknik Industri

PT. Hi-Test Laboratory of Mechanical Testing Batam menerima permohonan tersebut dan siap membantu serta memfasilitasi yang dibutuhkan oleh mahasiswa selama pelaksanaan penelitian, yaitu selama 3 bulan mulai dari **09 Mei 2022 s/d 30 Juni 2022**.

Demikianlah surat ini akan kami sampaikan, atas perhatian dan kerja sama yang diberikan kami ucapkan terika kasih.

Batam, 11 April 2022
PT Hi-Test

(Syifa Layali Effendy)

LEMBAR PENGESAHAN PEMBIMBING

**ANALISIS PERENCANAAN PERAWATAN MESIN DENGAN METODE
*RELIABILITY CENTERED MAINTENANCE (RCM) DAN AGE REPLACEMENT***

(Studi kasus : PT. Hi-Test Laboratory Of Mechanical Testing)



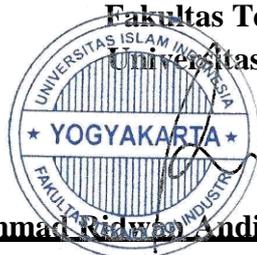
Yogyakarta, 01-12-2023

Dosen Pembimbing

(Elanjati Worldailmi, S.T., M.Sc.)

LEMBAR PENGESAHAN DOSEN PENGUJI**ANALISIS PERENCANAAN PERAWATAN MESIN DENGAN METODE
RELIABILITY CENTERED MAINTENANCE (RCM) DAN AGE REPLACEMENT****(Studi kasus : PT. Hi-Test Laboratory Of Mechanical Testing)****TUGAS AKHIR****Disusun Oleh :****Nama : Alvin Soni Rolando****No. Mahasiswa : 19 522 099**

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

Yogyakarta, 16 - Januari - 2024**Tim Penguji****Elanjati Worldailmi S.T., M.Sc****Ketua****Dian Janari S.T., M.T.****Anggota I****Ir. Muhammad Ridwan Andi Purnomo,
S.T., M.Sc., Ph.D., IPM****Anggota II****Mengetahui,****Ketua Program Studi Teknik Industri Program Sarjana****Fakultas Teknologi Industri****Universitas Islam Indonesia****Ir. Muhammad Ridwan Andi Purnomo, S.T., M.Sc., Ph.D., IPM****NIP. 015220101**

HALAMAN PERSEMBAHAN

Alhamdulillahirabbilalamin, 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 ibu dan ayah 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

"Cukuplah Allah menjadi penolong kami dan Allah adalah sebaik-baik nya pelindung"
(Q.S Ali Imran : 173)

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 Dengan Metode *Reliability Centered Maintenance* (RCM) dan *Age Replacement* (Studi Kasus : PT. Hi-Test Laboratory of Mechanical Testing)” 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 adalah syarat yang harus dilakukan oleh mahasiswa program studi Teknik Industri Program Sarjana, Fakultas Teknologi Industri, Universitas Islam Indonesia untuk mendapatkan gelar strata satu atau biasa disebut dengan sarjana. 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. Ibu Elanjati Worldailmi, S.T., M.Sc. Dosen Pembimbing Tugas Akhir selalu memberikan motivasi, arahan dalam penyelesaian laporan Tugas Akhir.
5. Ibu saya Lusiana Werdiningsih yang selalu menjadi hati saya sejak hari pertama saya berada di dunia, yang kedua Ayah saya Wardison 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.

6. Bapak Yudirman selaku pembimbing lapangan yang telah banyak membantu saya dalam memberikan informasi terkait Perusahaan.
7. Danni Fadlilah Ramadhan, Juan Denio Muhammad Dasril, Hanif Al-Masar, Alif Trianto dan Rangers Group 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, Imam Darmawan Ginting, Affan, Rojab dan teman-teman kelas B seperjuangan yang selalu saya cintai.
9. Teman-teman KKN 370 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,



Alvin Soni Rolando

NIM. 19522099

ABSTRAK

PT. Hi-Test Laboratory of Mechanical Testing merupakan perusahaan yang bergerak di bidang jasa uji ketahanan material. PT. Hi-Test Laboratory of Mechanical Testing memiliki berbagai jenis mesin untuk melakukan uji ketahanan suatu material dengan menggunakan mesin *Bending Test*, *Tensile Test*, *Hardness Test* dan berbagai jenis mesin lain nya. Sistem pemeliharaan mesin juga penting mengingat setiap perusahaan perlu melakukan *maintenance* terhadap setiap mesinnya. 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 harus dirawat dengan benar sehingga diperlukan nya perawatan mesin dengan menggunakan metode yang tepat yaitu *Reliability Centered Maintenance (RCM)* dan *Age Replacement* yang berguna untuk mengetahui interval penjadwalan penggantian komponen dimana pada penggantian komponen Kontakor Hidrolik diketahui harus diganti setiap 2 bulan dan interval waktu pemeriksaan 27 hari sekali.

DAFTAR ISI

PERNYATAAN KEASLIAN	ii
SURAT BUKTI PENELITIAN.....	iii
LEMBAR PENGESAHAN PEMBIMBING	iii
LEMBAR PENGESAHAN DOSEN PENGUJI	v
HALAMAN PERSEMBAHAN.....	vi
MOTTO	vii
KATA PENGANTAR	viii
ABSTRAK	x
DAFTAR ISI.....	xi
DAFTAR TABEL.....	xiii
DAFTAR GAMBAR	xiv
BAB I PENDAHULUAN.....	1
1.1 Latar Belakang	1
1.2 Rumusan Masalah	4
1.3 Tujuan Penelitian.....	4
1.4 Manfaat Penelitian.....	4
1.5 Batasan Penelitian	5
1.6 Sistematika Penulisan	5
BAB II TINJAUAN PUSTAKA.....	7
2.1 Kajian Literatur	7
2.2 Landasan Teori.....	18
2.2.1 Manajemen Perawatan	18
2.2.2 <i>Reliability Centered Maintenance</i>	19
2.2.3 <i>Failure Mode And Effect Analysis (FMEA)</i>	21
2.2.4 <i>Logic Tree Analysis</i>	24
2.2.5 <i>Task Selection (TS)</i>	26
2.2.6 <i>Age Replacement</i>	27
BAB III METODE PENELITIAN.....	29
3.1 Objek Penelitian	29
3.2 Metode Pengumpulan Data.....	29
3.2.1 Data Primer	29
3.2.2 Data Sekunder	30
3.2.3 Dokumentasi.....	30
3.2.4 Validitas Data	30
3.3 Alur Penelitian	30
BAB IV PENGUMPULAN DAN PENGOLAHAN DATA.....	34
4.1 Pengumpulan Data	34
4.1.1 Sejarah Perusahaan	34
4.1.2 Lokasi Perusahaan	34
4.1.3 Struktur Organisasi Perusahaan.....	35
4.2 Pengolahan Data.....	35
4.2.1 Data Waktu Kerusakan Komponen Mesin <i>Bandsaw</i>	36
4.2.2 <i>Functional Block Diagram</i>	37
4.2.3 <i>Failure Mode and Effect Analysis</i>	38

4.2.4	Kategori Kritis dan Tidak Kritis FMEA	38
4.2.5	<i>Logic Tree Analysis</i>	39
4.2.6	<i>Task Selection Road Map</i> (Pemeliharaan Tindakan)	40
4.2.7	Penentuan Komponen Kritis	41
4.2.8	Penentuan Distribusi Antar Waktu Kerusakan (<i>Time to Failure</i>)	41
4.2.9	Penentuan Distribusi Antar Waktu Perbaikan (<i>Time to Repair</i>)	47
4.2.10	Uji <i>Goodness of fit</i> Distribusi Waktu Kerusakan (<i>Time To Failure</i>).....	53
4.2.11	Uji <i>Goodness of fit</i> Distribusi Waktu Perbaikan (<i>Time To Repair</i>).....	54
4.2.12	Perhitungan Distribusi Waktu Kerusakan (<i>Time to Failure</i>)	55
4.2.13	Perhitungan Distribusi Waktu Perbaikan (<i>Time to Repair</i>)	56
4.2.14	Penentuan Nilai Tengah Waktu Kerusakan (<i>Mean Time To Failure</i>)	56
4.2.15	Penentuan Nilai Tengah Waktu Perbaikan (<i>Mean Time To Repair</i>)	56
4.2.16	Perhitungan Interval Penggantian Pencegahan dengan Minimasi <i>Downtime</i> ..	57
4.2.17	Perhitungan Interval Waktu Pemeriksaan	59
BAB V	PEMBAHASAN.....	61
5.1	Proses <i>Reliability Centered Maintenance</i> (RCM).....	61
5.1.1	<i>Failure Mode and Effect Analysis</i> (FMEA)	61
5.1.2	<i>Logic Tree Analysis</i> (LTA)	62
5.1.3	<i>Task Selection</i> (Pemilihan Tindakan)	64
5.1.4	Penentuan Komponen Kritis	64
5.2	Proses <i>Age Replacement</i>	65
5.2.1	Analisis Distribusi	65
5.2.2	Analisis Uji <i>Goodness of Fit</i>	65
5.2.3	Analisis <i>Time to Failure</i> dan MTTF.....	65
5.2.4	Analisis <i>Time to Repair</i> dan MTTR	66
5.2.5	Analisis Interval Penggantian pencegahan Kontakor Hidrolik	66
5.2.6	Analisis perbandingan Reability sebelum dan sesudah	66
BAB VI	PENUTUP.....	68
6.1	Kesimpulan	68
6.2	Saran	69
DAFTAR PUSTAKA	70
LAMPIRAN.....	72

DAFTAR TABEL

Tabel 2. 1 Kajian Literatur.....	10
Tabel 2. 2 Skala <i>Severity</i>	22
Tabel 2. 3 Skala <i>Occurance</i>	23
Tabel 2. 4 Skala <i>Detection</i>	24
Tabel 2. 5 <i>Logic Tree Analysis</i>	25
Tabel 2.6 Format <i>Task Selection Road Map</i>	27
Tabel 4. 1 Data Waktu Kerusakan Komponen Mesin Bandsaw	36
Tabel 4. 2 Perhitungan FMEA	38
Tabel 4. 3 Kategorisasi RPN.....	39
Tabel 4. 4 Penyusunan <i>Logic Tree Analysis</i>	40
Tabel 4. 5 Tindakan <i>Task Selection</i>	40
Tabel 4. 6 Penentuan Komponen Kritis.....	41
Tabel 4. 7 Penentuan Distribusi Data antar Aaktu Kerusakan	41
Tabel 4. 8 Distribusi Eksponensial	42
Tabel 4. 9 Distribusi Normal.....	44
Tabel 4. 10 Distribusi Log Normal.....	45
Tabel 4. 11 Distribusi <i>Weibull</i>	46
Tabel 4. 12 <i>Index of Fit Time To Failure</i>	46
Tabel 4. 13 Persentase <i>Index of Fit Time To Failure</i>	46
Tabel 4. 14 <i>Time to repair</i> komponen kontaktor hidrolik.....	47
Tabel 4. 15 <i>Time to Repair</i> Distribusi Eksponensial	48
Tabel 4. 16 <i>Time to Repair</i> Distribusi Normal.....	49
Tabel 4. 17 <i>Time to Repair</i> Distribusi Log Normal.....	51
Tabel 4. 18 <i>Time to Repair</i> Distribusi <i>Weibull</i>	52
Tabel 4. 19 <i>Index of fit time to repair</i>	52
Tabel 4. 20 Perhitungan <i>Kolmogrov Smirnov</i>	53
Tabel 4. 21 Data antar perbaikan komponen kontaktor hidrolik	54
Tabel 4. 22 Interval waktu penggantian pencegahan dengan minimasi downtime	57

DAFTAR GAMBAR

Gambar 2. 1 Alur <i>Logic Tree Analysis</i>	26
Gambar 2. 2 Alur <i>Task Selection</i>	27
Gambar 3. 1 Lokasi Perusahaan	35
Gambar 3. 2 Struktur Organisasi Perusahaan	35
Gambar 4. 1 <i>Functional Block Diagram</i>	37
Gambar 5. 1 Sebelum dan Sesudah perawatan preventif.....	67

BAB I

PENDAHULUAN

1.1 Latar Belakang

Di era persaingan industri uji coba mengharuskan perusahaan untuk meningkatkan kinerja dan kualitas dalam berbagai macam aspek. Hal ini bertujuan agar perusahaan dapat terus berkembang dan mampu mengimbangi perusahaan lain serta dapat beradaptasi dengan seiring perkembangan zaman, mengikuti standar kebutuhan yang setiap tahun nya terus meningkat Salam (2018). Selain aspek kinerja perusahaan yang perlu ditingkatkan dalam menunjang keberlangsungan sebuah perusahaan uji coba, tidak lupa melihat kekurangan yang dimiliki perusahaan dan terus melakukan perbaikan sehingga nanti nya perusahaan dapat meminimalisir terjadinya kegagalan dan kerugian yang akan dijumpai di masa yang akan datang.

Bentuk strategi yang dilakukan perusahaan uji coba yaitu memelihara aset yang dimiliki karena perusahaan uji coba merupakan investasi jangka panjang dan salah satu contoh aset adalah mesin. Dalam perusahaan yang bergerak di bidang jasa uji coba material baja tentunya memiliki berbagai macam mesin untuk menunjang kinerja produktivitas perusahaan. Menurut Azis (2022), secara teknis produktivitas adalah suatu perbandingan antara hasil yang dicapai (*output*) dengan keseluruhan sumber daya yang diperlukan (*input*). Produktivitas mengandung pengertian perbandingan antara hasil yang dicapai dengan peran tenaga kerja persatuan waktu. Produktivitas berbeda dengan produksi, dengan nilai produktivitas yang tinggi maka perusahaan dapat dikategorikan sebagai perusahaan yang baik. Semakin tinggi nilai yang di dapat dalam produktivitas maka semakin baik pula perusahaan tersebut.

Penggunaan mesin yang terus menerus berjalan mengingat usia mesin yang sudah tidak lagi muda menyebabkan mesin menjadi banyak *trouble*. Hal ini membuat perusahaan berupaya keras untuk melakukan perawatan terhadap mesin agar mesin dapat beroperasi dengan aman dan lancar. Kegiatan perawatan mesin ini bertujuan untuk memelihara berjalannya kegiatan produksi sehingga tidak mengganggu produktivitas di perusahaan Gantriana (2022). Perawatan mesin meliputi perbaikan, pengaturan dan penggantian *spare*

part yang dibutuhkan agar aktivitas produksi berjalan dengan lancar dan sesuai dengan rencana yang telah terjadwal.

Permasalahan yang dihadapi oleh PT. Hi-Test Laboratory of Mechanical Testing adalah waktu *downtime* yang dihasilkan oleh mesin setiap harinya sangat mengkhawatirkan, baik itu *downtime* yang dikarenakan aktifitas mesin, operator, operasi, servis dan lain lain. Diketahui pada bulan Januari tahun 2019 sampai Desember 2022 total *downtime* pada mesin *Bandsaw* sebesar 9.867 menit yang mengakibatkan berhentinya mesin *Bandsaw* pada proses pemotongan bahan untuk di uji kekuatan dan tidak efektifnya suatu proses mesin berjalan. Untuk mengatasi hal tersebut diperlukan langkah-langkah yang tepat salah satunya dengan mengaplikasikan metode *Reliability Centered Maintenance* (RCM) yang bertujuan untuk mempertahankan fungsi sistem dengan cara mengidentifikasi mode kegagalan dan memprioritaskan kepentingan dari mode kegagalan kemudian memilih tindakan perawatan pencegahan yang efektif dan dapat diterapkan. Terdapat beberapa metode yang dapat dibandingkan yaitu metode Total Productive Maintenance (TPM) tetapi metode mendapat pertimbangan dari perusahaan karena metode ini implementasi TPM memerlukan investasi signifikan dalam hal waktu dan sumber daya. Proses pelatihan, pemantauan, dan perubahan budaya organisasi memerlukan komitmen yang kuat dari semua tingkatan manajemen dan pekerja sehingga perusahaan mempertimbangkan metode ini.

Dalam hal perawatan mesin terdapat salah satu metode yaitu *Reliability Centered Maintenance* (RCM) menurut (Wibowo, 2021) RCM adalah proses metodis untuk menilai fasilitas dan sumber dayanya untuk menghasilkan data yang andal. Analisis RCM pada mesin bubut mengungkapkan bahwa tiga komponen, bantalan 360, stator 288 dan rotor 288 memiliki nomor prioritas risiko (RPN), memerlukan strategi perawatan yang lebih sesuai daripada pendekatan sebelumnya. Mengidentifikasi komponen yang mengalami jumlah kegagalan tinggi serta mempertimbangkan kepentingan mesin. Penerapan metode RCM dilakukan agar dapat membantu perusahaan dalam meningkatkan keselamatan dan meningkatkan produktivitas serta meminimalisir biaya operasi dan produksi. Pada penelitian ini menggunakan metode Reliability Centered Maintenance (RCM) karena RCM digunakan untuk mengembangkan dan mengoptimalkan program pemeliharaan suatu sistem. Metode RCM berfokus pada kinerja sistem dan dirancang untuk mempertahankan dan meningkatkan kinerja sistem dengan memastikan bahwa pemeliharaan yang dilakukan benar-benar

diperlukan dan efektif. Metode ini berpusat pada pemeliharaan yang diperlukan untuk menjaga dan meningkatkan efektifitas dari suatu sistem.

PT. Hi-Test Laboratory of Mechanical Testing merupakan perusahaan di bidang jasa uji ketahanan suatu material yang terletak di Kota Batam. PT. Hi-Test Laboratory of Mechanical Testing adalah perusahaan yang menguji ketahanan suatu material dengan cara merusak (*Destructive Test*) agar dapat mengetahui ketahanan dan batas maksimal suatu material. Uji ketahanan ini dilakukan dengan cara di tarik, tekan, lengkung dan sebagainya sehingga menciptakan material yang berkualitas nantinya. Dengan memberikan standar kualitas yang terjamin, maka perusahaan akan mendapatkan kepercayaan dari konsumen, karena kualitas memiliki peran yang sangat penting untuk keberhasilan perusahaan. *Client* dari perusahaan ini berasal dari dalam negeri contohnya PT. Mc Dermott Indonesia, PT. Citra Tubindo Indonesia, PT. Cladtek Bi-Metal Manufacturing, dan lainnya.

Perusahaan di bidang jasa uji ketahanan harus mampu menjaga dan terus meningkatkan kualitas uji coba material yang diberikan oleh *client*. Pengujian bahan logam saat ini semakin meluas dalam bidang permesinan, konstruksi, bangunan dan bidang lainnya. Hal ini disebabkan oleh sifat logam yang dapat berubah-ubah sehingga pengetahuan kita tentang metalurgi semakin berkembang. Untuk mengetahui kualitas suatu logam, maka sangat erat kaitannya dengan pemilihan bahan yang akan digunakan untuk konstruksi. Dalam proses perencanaannya, pemilihan suatu logam belum menjamin kualitas bahan itu baik, sehingga diadakan uji ketahanan suatu logam tersebut.

Failure Mode And Effect Analysis (FMEA) diartikan sebagai proses dalam mengidentifikasi potensi kegagalan desain dan proses sebelum terjadi dengan maksud untuk meminimalisir kegagalan di masa yang akan datang (Priambodo et al., 2021). Dalam metode FMEA akan dilakukan identifikasi dan evaluasi kegagalan potensial dan menentukan tingkat terjadinya kegagalan serta membuat skala prioritas untuk mengambil tindakan yang akan dilakukan. Dalam metode FMEA ini dilakukan sebagai alat dalam mengidentifikasi risiko potensi kegagalan suatu mesin dengan mempertimbangkan *Risk Priority Number* (RPN).

Pada penelitian ini dilakukan wawancara untuk mengetahui potensi risiko terjadinya kegagalan pada proses *Destructive Test* (DT) PT. Hi-Test Laboratory Of Mechanical Testing kepada *expert* terkait. Pada tahapan analisis risiko menggunakan metode *Failure Mode And Effect Analysis* (FMEA) Wicaksono (2022) . Untuk mengidentifikasi *potensial effect, risk cause* dan *current control* dalam penelitian ini dilakukan wawancara kepada *expert* terkait di

perusahaan. Dilakukan wawancara kepada *expert* dan penyebaran kuisisioner kepada departemen *destructive test* untuk dapat memberikan penilaian terhadap risiko-risiko kegagalan yang telah teridentifikasi untuk mengetahui *ranking* risikonya, kemudian dilakukan proses pemetaan untuk mengetahui kategori risiko yang akan di prioritaskan.

Berdasarkan permasalahan diatas akan dibuat identifikasi perawatan pada mesin *destructive test* (DT) dengan menggunakan metode *Age Replacement* guna mengetahui penjadwalan penggantian komponen dan metode *Reliability Centered Maintenance* (RCM) untuk perencanaan perawatan mesin agar dapat merencanakan kapan waktu yang tepat dilakukannya perawatan mesin.

1.2 Rumusan Masalah

Berdasarkan latar belakang diatas, maka terdapat rumusan masalah penelitian yang diangkat dalam penelitian ini adalah sebagai berikut:

1. Komponen manakah yang memiliki nilai *Risk Priority Number* tertinggi dan tergolong kritis berdasarkan perhitungan FMEA?
2. Bagaimana cara menentukan tindakan perawatan pada komponen mesin *Bandsaw* agar dapat berjalan optimal ?
3. Bagaimana menentukan interval waktu perawatan mesin *Bandsaw* yang tepat dengan metode *Age Replacement* ?

1.3 Tujuan Penelitian

Tujuan penelitian menjawab rumusan masalah. Berikut adalah tujuan penelitian pada penelitian ini:

1. Mengetahui Tindakan perawatan komponen mesin *Bandwsaw* yang benar.
2. Untuk mengetahui nilai *Risk Priority Number* tertinggi dan nilai kritis.
3. Dapat menentukan waktu interval penggantian dan pencegahan komponen.

1.4 Manfaat Penelitian

Berikut merupakan manfaat penelitian yang dapat diperoleh sebagai berikut:

1. Dapat menjadi sumber informasi dalam melakukan teknik perawatan mesin di perusahaan.
2. Menambah pengetahuan dan wawasan dari hasil yang telah dicapai.
3. Sebagai bahan referensi bagi pembaca serta dapat dilakukan penelitian lebih lanjut.

4. Peneliti dapat mengaplikasikan teori yang digunakan untuk praktik dilapangan.

1.5 Batasan Penelitian

Batasan masalah yang digunakan dalam penelitian ini adalah:

1. Penelitian ini dilakukan di departemen *destructive test* (DT) PT. Hi-Test Laboratory of Mechanical Testing.
2. Metode yang digunakan dalam penelitian ini adalah *Age Replacement* dan *Reliability Centered Maintenance* (RCM).
3. Penelitian ini tidak sampai membahas analisis biaya berdasarkan hasil penjadwalan yang dilakukan
4. Risiko yang diteliti hanya risiko-risiko yang berdampak negatif saja.

1.6 Sistematika Penulisan

Sistematika penulisan penelitian ini adalah sebagai berikut:

BAB 1 PENDAHULUAN

Bab ini menjelaskan terkait latar belakang, pendahuluan dalam sebuah skripsi umumnya berisi informasi dan uraian latar belakang penelitian, rumusan masalah, tujuan penelitian, manfaat penelitian, metodologi penelitian dan sistematika penulisan.

BAB II KAJIAN PUSTAKA

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. Pada Bab ini berisikan kajian terhadap penelitian terdahulu, manajemen perawatam melalui *Reliability centered maintenance*.

BAB III METODE PENELITIAN

Bab ini menjelaskan penelitian yang akan diuraikan menjadi beberapa sub bab yaitu alur penelitian, kemudian objek penelitian, jenis data serta metode pengumpulan data yang digunakan dalam penelitian.

BAB IV PENGUMPULAN DAN PENGOLAHAN DATA

Bab ini menjelaskan mengenai pengumpulan data berupa profil perusahaan

dan berisikan data yang diperoleh dari penelitian dan cara mengolah data tersebut. Interpretasi data dapat berupa gambar atau grafik dan hasil pengolahan data menjadi acuan pada bab selanjutnya.

BAB V PEMBAHASAN

Pada bab ini berisi pemaparan hasil pengolahan data pada bab ini akan dijabarkan berbagai permasalahan yang terdapat pada PT. Hi-Test Laboratory Of Mechanical Testing dan diberikan rekomendasi-rekomendasi perbaikan yang dapat dilakukan oleh perusahaan.

BAB VI KESIMPULAN DAN REKOMENDASI

Bab ini berisikan kesimpulan dan rekomendasi, kesimpulan yang diperoleh dari analisis pada bab pembahasan serta saran yang diberikan kepada perusahaan atau untuk peneliti lain yang digunakan sebagai referensi.

BAB II

TINJAUAN PUSTAKA

2.1 Kajian Literatur

Kajian induktif berisikan penelitian yang pernah dilakukan oleh peneliti sebelumnya dan berhubungan dengan topik yang akan dibahas sehingga mendapat informasi yang dapat digunakan untuk memberikan gambaran mengenai penelitian yang dilakukan. Berikut merupakan penelitian pendahulu yang membahas upaya identifikasi risiko dan perawatan mesin menggunakan metode *Age Replacement* dan *Reliability Centered Maintenance (RCM)*.

Penelitian Wulandari (2018) menggunakan metode *Failure Mode And Effect Analysis (FMEA)* dengan melakukan pendekatan sistematis untuk mengidentifikasi potensi kegagalan pada mesin *packer* unit Tuban IV di PT. Semen Indonesia. Penelitian ini menemukan 7 *failure mode* yaitu kantong semen terlambat lepas dan *Spout* pelemparan kantong tidak teratur serta *spout* tidak mau mengisi dan mesin mati secara mendadak ketika proses sudah berjalan. Kemudian dengan metode *Logic Tree Analysis (LTA)* mode kegagalan diklasifikasikan ke beberapa kategori. Berdasarkan analisis LTA, mode kegagalan yang berdampak pada kerugian ekonomi adalah *hole aerasi filling tube aus*, *contactor* kemasukan debu atau rusak dan *slipring* mengalami *trouble*. Usulan terbaik adalah perawatan preventif pada mesin *packer* unit Tuban IV difokuskan kepada 3 *parts* tersebut.

Menurut Avrilio (2021) pada proses produksi di departemen *finishing* dibagi menjadi tiga bagian, yaitu pemotongan, penjahitan dan pengepakan. Pada proses pemotongan dan penjahitan menggunakan MOJ dan pada proses pengepakan menggunakan mesin MOT. Terdapat enam buah mesin MOJ yaitu MOJ-1, MOJ-2, MOJ-3. Pada mesin ini digunakan untuk memproduksi pesanan ekspor dan pada mesin MOJ-4, MOJ-5 dan MOJ-6 digunakan untuk memproduksi pesanan lokal. Pada tahun 2017-2019 sering terjadi kerusakan, terdapat kerusakan pada mesin MOJ bagian produksi impor sehingga mengakibatkan *downtime*. Pada mesin MOJ-3 memiliki data *downtime* 409,68 jam dengan jumlah jam kerja 15.120 dan mendapatkan persen *downtime* sebesar 2,710%. Tingginya *downtime* pada mesin MOJ-3 mengakibatkan proses produksi terhenti. Pemeliharaan menggunakan pendekatan *Planned maintenance*, maka dapat diambil kesimpulan pada mesin MOJ-3 terdapat beberapa

komponen yang mengalami kerusakan sehingga terjadi *downtime*. Kerusakan tertinggi untuk dibuat interval pemeliharaan yaitu *clip conveyor*, penyangga pisau dan *looper* jahit.

Menurut Kim (2018) secara teknis, Reliability Centered Maintenance (RCM) bukanlah teknik perawatan tertentu melainkan, ini adalah metodologi analisis metode untuk merencanakan dan meningkatkan pemeliharaan preventif secara keseluruhan. RCM memiliki dua tujuan utama yaitu meminimalkan biaya dengan meninggalkan prosedur pemeliharaan yang tidak perlu, dapat meningkatkan efisiensi pemeliharaan, dan meningkatkan keselamatan dengan memastikan bahwa komponen yang paling penting dipelihara dengan benar.

Menurut Alrifaey (2020) metodologi yang disebut *Reliability Centered Maintenance* (RCM) dapat digunakan untuk menentukan tugas perawatan mana yang harus dilakukan untuk menjaga agar mesin tetap beroperasi dalam rentang fungsi yang dimaksudkan. RCM dapat memilih pekerjaan perawatan terbaik, menurunkan risiko kegagalan atau menurunkan efek kegagalan. RCM awalnya dikembangkan untuk digunakan di sektor penerbangan. Dengan demikian metode *Reliability Centered Maintenance* dapat diimplementasikan pada mesin *Destructive Test*, dikarenakan mesin ini memerlukan penentuan tugas perawatan yang harus dilakukan berupaya meningkatkan *lifetime* pada mesin *Destructive test* agar meminimalisir terjadinya *downtime*.

Menurut Patil (2022) Metodologi *Reliability Centered Maintenance* (RCM) digunakan untuk membuat rencana perawatan dengan jumlah ketergantungan yang tepat dengan cara yang seefisien mungkin. Gagasan *Reliability Centered Maintenance* (RCM) telah ada sejak tahun 1960-an. Sektor penerbangan awalnya diperkenalkan oleh Stanley Nowlan dan Howard Heap pada tahun 1978. Setelah melakukan penyesuaian tertentu dan memanfaatkan keunggulan RCM dan FMECA, Pujadas dan Chen menciptakan kerangka keputusan perawatan baru yang mudah. Untuk mengoptimalkan jadwal pemeliharaan, Nour et al. menekankan pentingnya pemeriksaan hati-hati ketergantungan komponen mekanik pada tahun 1998. Banyak penelitian telah menunjuk proses sistematis untuk mengembangkan RCM dan memastikan keberhasilan penerapannya. RCM merupakan metode pemeliharaan preventif yang rasional.

Menurut Rijal (2022) Pemeliharaan adalah suatu jenis kegiatan tertentu yang bertujuan untuk mengamati dan menganalisis kinerja suatu sistem. Dalam metode Perawatan dan Pemeliharaan Mesin mengungkapkan bahwa pemeliharaan adalah suatu kegiatan yang bertujuan untuk memelihara dan memperbaiki suatu produk yang diperlukan agar terjadi

kondisi yang saling lepas. Pertimbangan untuk mengambil tindakan segera dan terarah untuk mencegah kerusakan yang akan datang. Tindakan yang meliputi tindakan preventif seperti pemeriksaan, perbaikan ringan, pelumasan, penyesuaian, dan tindakan lain dengan tujuan melindungi mesin operasional dari bahaya.

Berdasarkan penelitian yang dilakukan oleh Widjajati (2023) Metode penggantian usia perawatan preventif melibatkan penentuan interval perawatan dengan menggunakan kriteria ketat minimal berdasarkan interval kerusakan yang memerlukan perbaikan dan pemeliharaan. Antara lain, tujuan studi ini adalah untuk mengurangi biaya asuransi per-kesadaran melalui penggunaan penggantian usia dan metode desain modularitas. Berdasarkan analisa hasil, telah ditentukan bahwa interval optimal untuk perawatan komponen adalah 30.000 menit untuk komponen pallet, 33.200 menit untuk komponen *rotary screening*, dan 33.200 menit untuk komponen hopper. Jika dibandingkan dengan rata-rata biaya asuransi per tahun untuk usaha yaitu sekitar Rp 2.668.692.000, total biaya perawatan per tahun adalah sekitar Rp 2.115.610.959,-, pembuatan sistem perawatan per tahun menggunakan metode *age replacement* dan *modularity design* sekitar 1,27% lebih efisien.

Menurut Sawal (2021) Penelitian yang dilakukan di PLTU Barru yang terletak di dusun Bawasalo menggunakan peralatan utama yaitu adalah boiler, turbin, kondensor, dan generator. Namun, masalah kondensor yang berulang menyebabkan pembangkit listrik di pembangkit listrik tenaga uap tidak dapat berfungsi. Penelitian ini memanfaatkan diagram pareto untuk mengidentifikasi peralatan yang bermasalah, *Reliability Centered Maintenance II* untuk mengidentifikasi tindakan perawatan, dan *age replacement* untuk mengidentifikasi interval waktu perawatan. Hasil penelitian menunjukkan bahwa proyek perawatan motor bearing dimulai setelah berjalan selama 1445,78 jam, sedangkan proyek perawatan *heat exchanger* dimulai setelah berjalan selama 309,4 jam. Setelah beroperasi selama 8000 jam atau pada hari *overheating*, dilakukan rekondisi komponen Bearing motor. Sebaliknya, *Heat Exchanger* selesai setelah 1800 jam beroperasi.

Berdasarkan penelitian Raharja (2021) RCM melakukan pemeliharaan dengan mengkombinasikan praktek dan strategi dari pemeliharaan preventif dan korektif pemeliharaan untuk memaksimalkan umur dan fungsi peralatan dengan biaya yang minimal. Sementara TPM, melaksanakan sistem penerapan preventive maintenance yang komprehensif. Berdasarkan hasil analisis metode RCM, diketahui bahwa komponen kritis mesin yang meliputi sistem kelistrikan, V-belt, roda gigi, dan bantalan menunjukkan pola

keausan TD (*Time Directed*). Interval waktu maksimum untuk setiap komponen adalah 23 hari, sistem kelistrikan 29 hari, bantalan 28 hari, dan roda gigi 31 hari. Berdasarkan total biaya kepemilikan, terdapat selisih antara total biaya kepemilikan di awal dengan total biaya kepemilikan yang dihitung dengan menggunakan interval optimal untuk masing-masing komponen yaitu V-belt sekitar 1,31%, sistem kelistrikan sekitar 21,66%, bantalan sekitar 24,67%, dan roda gigi sekitar 31,89%.

Menurut Samsul (2021) Tujuan dari penelitian ini adalah untuk mengetahui komponen kritis berdasarkan RPN, waktu interval penggantian, dan rekomendasi penanganan tindakan perawatan. Dengan menggunakan metode RCM, analisis data dilakukan untuk dua komponen FMEA kritikal dengan data *downtime* dari Januari 2018 hingga April 2020. Nantinya, RCA digunakan sebagai pengganti LTA. Penelitian ini menghasilkan pembahasan dan kesimpulan komponen kritis antara lain, *Mechanical Seal Catridge* dengan nilai RPN sebesar 54, *bearing* dengan nilai RPN sebesar 48. Komponen kritis berdasarkan penerapan RCM adalah *Mechanical Seal Catridge* dengan durasi penggunaan selama 3,62 bulan dan waktu perbaikan 1400 jam dan Bearing dengan interval waktu 3,27 bulan dan waktu perbaikan 705 jam.

Tabel 2. 1 Kajian Literatur

Penulis	Tahun	Judul	Metode	Kesimpulan
Siska Ari Wulandari	2018	Analisis Proses Perawatan Giling Tebu Dengan Metode <i>Failure Mode And Effect Analysis</i> (Fmea) Dan <i>Logic Tree Analysis</i> (Lta)	Proses Mesin menggunakan metode FMEA dan LTA	Penelitian ini menemukan 7 <i>failure mode</i> yaitu kantong semen terlambat lepas dan <i>Spout</i> pelemparan kantong tidak teratur serta <i>spout</i> tidak mau mengisi dan mesin mati secara mendadak ketika proses sudah berjalan. Dan untuk metode LTA mendapatkan mode kegagalan yang berdampak pada kerugian ekonomi

Penulis	Tahun	Judul	Metode	Kesimpulan
				adalah <i>hole aerasi filling tube aus, contactor</i> kemasukan debu atau rusak dan <i>slipping</i> mengalami <i>trouble</i> .
Naufal Fadhillah Avrilio, Nita P.A. Hidayat	2021	Penerapan <i>Planned Maintenance</i> Mereduksi <i>Downtime</i> Mesin MOJ-3 di Departemen <i>Finishing</i> PT. XYZ	Metode yang digunakan dalam penelitian ini adalah <i>Reliability Centered Maintenance</i>	Pada penelitian ini dapat diambil kesimpulan pada mesin MOJ-3 terdapat beberapa komponen yang mengalami kerusakan sehingga terjadi <i>downtime</i> . Kerusakan tertinggi untuk dibuat interval pemeliharaan yaitu <i>clip conveyer, penyangga pisau dan looper</i> jahit.
Seung Geun Kim, Poong Hyun Seong	2018	Penalaran yang disempurnakan dengan pemodelan aliran bertingkat berdasarkan konsep <i>time-to-detect</i> dan <i>time-to-effect</i>	Metode yang digunakan adalah <i>Reliability Centered Maintenance</i>	RCM memiliki dua tujuan utama yaitu meminimalkan biaya dengan meninggalkan prosedur pemeliharaan yang tidak perlu, dapat meningkatkan efisiensi pemeliharaan, dan meningkatkan keselamatan dengan memastikan bahwa komponen yang paling penting

Penulis	Tahun	Judul	Metode	Kesimpulan
Moath Alrifayy	2020	Optimalisasi dan Pemilihan Kebijakan Perawatan Generator Turbin Gas Listrik Berdasarkan Model <i>Hybrid Reliability-Centered Maintenance</i> (RCM)	Penelitian ini menggunakan metode <i>Reliability Centered Maintenance</i>	dipelihara dengan benar. metodologi yang disebut <i>Reliability Centered Maintenance</i> (RCM) dapat digunakan untuk menentukan tugas perawatan mana yang harus dilakukan untuk menjaga agar mesin tetap beroperasi dalam rentang fungsi yang dimaksudkan. RCM dapat memilih pekerjaan perawatan terbaik, menurunkan risiko kegagalan atau menurunkan efek kegagalan.
Suyog S. Patil, Anand K. Bewoor, Ravinder Kumar	2022	Pengembangan Program Pemeliharaan yang Dioptimalkan untuk Sistem Ketel Uap Menggunakan <i>Reliability Centered Maintenance</i> (RCM)	Metode yang digunakan dalam penelitian ini adalah <i>Reliability Centered Maintenance</i>	<i>Reliability centered maintenance</i> (RCM) adalah teknik manajemen risiko dan keandalan yang dapat digunakan untuk mengevaluasi dan mengoptimalkan persyaratan PM di lingkungan kerjanya. Pendekatan RCM dibagi menjadi tiga tahap yaitu Identifikasi komponen kritis

Penulis	Tahun	Judul	Metode	Kesimpulan
				dan subsistem, penilaian dan penugasan tugas pemeliharaan yang tepat, dan efektif pelaksanaan tugas PM. Makalah ini menunjukkan keberhasilan penerapan kerangka kerja RCM yang dikembangkan pada sistem ketel uap. Model RCM yang diusulkan berfokus pada pemeliharaan boiler secara keseluruhan, bukan hanya jadwal pembersihan, dengan mengambil memperhitungkan ketersediaan dan keandalan.
Rijal M, Yutho A, Putra W, Raihan R	2022	ANALISIS PERAWATAN MESIN <i>CHAIN SCRAPER CONVEYOR</i> DI PT. CEMINDO GEMILANG BAYAH	Penelitian ini menggunakan metode <i>ex-post facto</i> dengan analisis data hasil penelitian secara deskriptif kualitatif	Dalam proses pengangkutan material pada boiler dan rotary kiln di PT. Cemindo Gemilang Bayah menggunakan mesin chain scraper conveyor. Fungsi dari mesin ini adalah untuk mengangkut dan memindahkan material dari rotary

Penulis	Tahun	Judul	Metode	Kesimpulan
				<p>kiln dan boiler menuju silo. Strategi pemeliharaan yang dilakukan oleh PT. CemindoGemilang Bayah antara lain adalah preventive maintenance yang bersifat routine maintenance dan corrective maintenance.</p> <p>Tindakan pemeliharaan dan perawatan ini dilakukan dengan tujuan utama yaitu untuk menjaga kebersihan dan keamanan mesin serta lingkungan kerja selama kegiatan operasional, sehingga target produksi dapat terpenuhi.</p>
Nur Hidayah S, Pudji Widjajati E	2023	Penentuan Interval Perawatan Mesin <i>Wood Pallet</i> Secara Preventif Dengan Metode <i>Modularity Design</i> Dan <i>Age Replacment</i> Pada PT Yale <i>Woodpallet</i> Indonesia	Metode yang digunakan dalam penelitian ini adalah <i>Age Replacemnet</i> dan <i>Modularity Design</i>	<p>Dari hasil perhitungan biaya perawatan mesin wood pallet di PT. Wood Pallet Indonesia, metode perawatan yang diusulkan dengan metode age replacement dengan interval waktu peng-</p>

Penulis	Tahun	Judul	Metode	Kesimpulan
				<p>gantian komponen yang optimal pada komponen mesin pallet sebesar 30.000 menit, komponen rotary screening sebesar 33.200 menit dan komponen hopper sebesar 33.200 menit dengan total biaya perawatan per tahun-nya menggunakan metode age replacement adalah sebesar Rp 2.115.610.959,-. Maka selanjutnya dapat dilakukan perbandingan antara biaya perawatan pada metode usulan yang terpilih age replacement dengan biaya perawatan pada perusahaan yang memiliki nilai sebesar Rp 2.688.692.000,- per tahun.</p>
Ahmad Sawal	2021	PENENTUAN INTERVAL WAKTU PERAWATAN KOMPONEN KRITIS PADA PERALATAN KONDENSOR (STUDI KASUS PT.	Pada penelitian ini menggunakan metode <i>Reliability Centered Maintenance</i> (RCM) dan <i>Age Replacement</i>	Tindakan perawatan yang dilakukan adalah preventive maintainace yang berupa pemeriksaan dan penggantian yang

Penulis	Tahun	Judul	Metode	Kesimpulan
		XYZ)		dilakukan secara terjadwal. Tindakan penggantian pencegahan untuk komponen bearing motor dapat dilakukan setelah beroperasi selama 8000 jam atau pada saat overhoul. Dan penggantian pencegahan untuk komponen heat exchanger dapat dilakukan setelah beroperasi selama 1800 jam. Sedangkan tindakan pemeriksaan untuk komponen bearing motor dilakukan setelah beroperasi selama 1445,78 jam atau 60 hari.
Ilham Pramudya Raharja, Ida Bagus Suardika, Heksa Galuh W	2021	ANALISIS SISTEM PERAWATAN MESIN BUBUT MENGGUNAKAN METODE RCM (<i>RELIABILITY CENTERED MAINTENANCE</i>) DI CV. JAYA PERKASA TEKNIK	Metode yang digunakan oleh peneliti menggunakan <i>Reliability Centered Maintenance</i> (RCM)	Analisis yang dilakukan didapatkan hasil pendeskripsian kegagalan fungsi dan analisis FMEA (Failure Mode and Effect Analysis) dengan perhitungan nilai RPN

Penulis	Tahun	Judul	Metode	Kesimpulan
Mohamad Samsul	2021	Perencanaan Predictive	Metode yang	<p>yaitu terdapat komponen kritis penyebab terjadinya kerusakan mesin bubut. Komponen tersebut adalah komponen Electric System dengan RPN sebesar 96, V-Belt dengan RPN sebesar 63, Gear dengan RPN sebesar 48, dan Bearing dengan RPN sebesar 40. Berdasarkan hasil analisis metode RCM ditentukan hasil pemilihan tindakan perawatan terhadap komponen kritis mesin bubut yaitu komponen Electric System, V-belt, Gear dan Gear dengan tindakan perawatan TD (Time Directed) yang melakukan pencegahan langsung terhadap kerusakan yang didasarkan pada waktu. bahwa komponen</p>

Penulis	Tahun	Judul	Metode	Kesimpulan
Huda, Afiff Yudha Tripariyanto, Ana Komari		Dan <i>Preventive Maintenance</i> Pada Pompa SWLP (<i>Sea Water Lift Pump</i>) Dengan Menggunakan Metode RCM (<i>Reliability Centered Maintenance</i>) Di Saka Indonesia Pangkah <i>Limited</i>	digunakan adalah <i>Reliability Centered Maintenance</i> (RCM)	kritis antara lain : Mechanical Seal Catridge dengan nilai RPN sebesar 54, bearing dengan nilai RPN sebesar 48. Komponen kritis berdasarkan penerapan RCM adalah Mechanical Seal Catridge dengan durasi penggunaan selama 3,62 bulan dan waktu perbaikan 1400 jam dan Bearing dengan interval waktu 3,27 bulan dan waktu perbaikan 705 jam.

2.2 Landasan Teori

2.2.1 Manajemen Perawatan

Menurut Wibowo (2021) perawatan mesin merupakan suatu aktivitas yang dilakukan dengan tujuan agar mengembalikan sistem pada mesin kedalam kegunaanya seperti semula dan pemeliharaan mesin dilakukan agar memastikan bahwa mesin dapat beroperasi sesuai dengan rencana sehingga dapat menghasilkan sistem produksi yang optimal sesuai dengan target. Secara umum perawatan mesin memiliki tujuan dan manfaat untuk menambah usia dan memperbaiki keproduktivitasan sebuah mesin. Hal yang penting dalam manajemen pemeliharaan mesin adalah untuk meminimalisir penggantian *spare part* dengan mendapatkan nilai produksi yang tinggi.

Menurut penelitian Rijal (2022) secara umum perawatan mesin dibagi menjadi beberapa bagian yaitu sebagai berikut:

a) Perawatan Preventif

Tindakan perawatan yang direncanakan dan bertujuan mencegah kerusakan yang akan terjadi. Tindakan yang termasuk perawatan preventif adalah inspeksi, pelumasan, perbaikan minor, penyesuaian dan tindakan-tindakan lain yang bertujuan untuk menghindarkan mesin yang beroperasi dari kerusakan.

b) Perawatan korektif

Perawatan ini merupakan tindakan perbaikan yang dilakukan agar memenuhi standar operasional. Perawatan ini dilakukan pada saat terjadinya kerusakan pada mesin atau *downtime* mesin

c) perawatan prediktif

Perawatan ini merupakan perawatan yang dilakukan untuk mencegah terjadinya kegagalan sebelum terjadinya kerusakan pada mesin. Perawatan prediktif dapat dilaksanakan secara langsung dengan pengamatan visual maupun dengan alat-alat.

d) *Breakdown Maintenance*

Perawatan ini bersifat perbaikan yang terjadi ketika mesin mengalami kegagalan dan harus diperbaiki secara darurat. Perawatan ini dilakukan setelah terjadinya mesin mengalami kerusakan. Pada umumnya perawatan ini memerlukan *spare part*.

2.2.2 *Reliability Centered Maintenance*

Menurut Raharja (2021) *Reliability Centered Maintenance* adalah suatu proses analisis yang bertujuan untuk menentukan tindakan yang seharusnya dilakukan dalam menjamin suatu sistem agar berjalan dengan baik dan sesuai fungsi yang diinginkan. RCM bertujuan untuk memastikan keandalan dan ketersediaan aset dengan cara yang efisien. 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*. Langkah-langkah yang diperlukan dalam proses RCM adalah sebagai berikut:

1. Pemilihan Sistem dan Pengumpulan Informasi

Proses RCM pada sistem yang akan dianalisis akan mendapatkan informasi yang jelas dan detail tentang fungsi kegagalan fungsi komponen.

2. Batasan Sistem

Pada langkah ini memerlukan definisi batas sistem yang lebih mendalam. Pendefinisian batas sistem ini bertujuan untuk menghindari tumpang tindih antara satu sistem dengan sistem yang lainnya.

3. Diagram Sistem dan Blok Fungsi

Dalam tahap ini terdapat tiga informasi yang harus dikembangkan, yaitu deskripsi mengakibatkan masalah ekonomi perusahaan. Memiliki tujuan untuk mengidentifikasi detail penting dari sistem.

4. Fungsi Sistem dan Kegagalan Fungsi

Pada langkah ini proses analisis dilakukan terhadap kegagalan fungsi, bukan kepada kegagalan peralatan. Biasanya kegagalan fungsi memiliki beberapa kondisi yang menyebabkan kegagalan.

5. FMEA (*Failure Mode And Effect Analysis*)

FMEA adalah metode yang bertujuan untuk menganalisis berbagai macam mode kegagalan dari sistem yang terdiri dari beberapa komponen dan menganalisis pengaruh terhadap fungsi sistem tersebut. Dalam FMEA terdapat perhitungan RPN (*Risk Priority Number*) yang mengukur resiko bersifat relatif.

6. LTA (*Logic Tree Analysis*)

Penyusunan LTA bertujuan untuk menentukan prioritas pada tiap mode kerusakan dan melakukan tinjauan fungsi dan kegagalan fungsi sehingga status mode kerusakan tidak sama. LTA menggolongkan setiap mode kerusakan menjadi empat kategori yaitu sebagai berikut:

- a. *Evident*, yaitu apakah operator mengetahui dalam kondisi normal, telah terjadi gangguan dalam sistem.
- b. *Safety*, yaitu apakah mode kegagalan menyebabkan masalah keselamatan.
- c. *Outage*, yaitu apakah mode kerusakan mengakibatkan seluruh atau sebagian mesin berhenti
- d. *Category*, yaitu pengkategorian setelah menjawab beberapa pertanyaan yang diajukan. pada bagian ini terbagi menjadi empat kategori yaitu:
 1. Kategori A (*Safety Problem*), apabila kegagalan komponen mengakibatkan masalah keselamatan karyawan.
 2. Kategori B (*Outage Problem*), apabila kegagalan komponen mengakibatkan seluruh atau sebagian mesin berhenti.

3. Kategori C (*Economic Problem*), apabila kegagalan komponen mengakibatkan masalah ekonomi.
4. Kategori D (*Hidden Failure*), apabila karyawan tidak mengetahui telah terjadinya kegagalan komponen dalam kondisi normal.

7. Pemilihan Tindakan

Proses ini menentukan tindakan yang tepat untuk setiap metode kerusakan tertentu. Tindakan perawatan terbagi menjadi tiga jenis, yaitu :

a. *Condition Directed* (C.D)

Tindakan yang bertujuan untuk mendeteksi kerusakan dengan dilakukan visual inspection, mengecek data yang ada, serta memeriksa alat. Apabila terdeteksi gejala-gejala kerusakan peralatan maka dilakukan perbaikan atau penggantian komponen.

b. *Time Direct* (T.D)

Tindakan yang bertujuan untuk pencegahan langsung terhadap sumber-sumber kerusakan berdasarkan waktu dan umur komponen.

c. *Finding Failure* (F.T)

Tindakan yang bertujuan untuk menemukan kerusakan yang tidak terdeteksi dengan melakukan pengecekan secara berkala.

2.2.3 *Failure Mode And Effect Analysis (FMEA)*

Menurut Priambodo (2021) *Failure Mode And Effect Analysis (FMEA)* merupakan teknik evaluasi keandalan yang mengidentifikasi potensi kegagalan didalam suatu sistem peralatan dan permesinan. FMEA adalah teknik yang digunakan untuk memprioritaskan dan mengeliminasi potensi terjadinya kegagalan dari suatu desain, sistem atau proses sebelum digunakan oleh pelanggan. Tujuan metode FMEA ini adalah untuk meningkatkan desain sistem dan memperbaiki subsistem atau komponen serta meningkatkan desain proses manufaktur. Metode FMEA juga digunakan untuk menganalisis terjadinya risiko kerusakan dan mengetahui nilai RPN (*Risk Priority Number*) sehingga metode ini dapat mengidentifikasi sumber dan akar penyebab terjadinya kerusakan, kegagalan, risiko dan kualitas. Berikut merupakan tahapan dari *Failure Mode And Effect Analysis* menurut (Khasanah 2021) :

1. Melakukan tahapan pengamatan pada setiap aktivitas sistem yang akan dianalisis.

2. Melakukan pengamatan terhadap kegagalan yang terjadi secara terperinci sekaligus melakukan penelusuran asal mula kesalahan mesin dan komponen nya.
3. Melakukan penelusuran sebagai dampak dan probabilitas kerugian yang diakibatkan oleh kegagalan.
4. Menentukan *severity*, *occurance* dan *detection* dengan penilaian berdasarkan kriteria.
5. Menentukan skor valuasi potensi risiko atau RPN (*Risk Priority Number*)

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

6. Melakukan tindakan untuk mengurangi risiko dengan memfokuskan masalah yang memiliki nilai RPN tertinggi, kemudian dapat memikirkan tindakan untuk mengurangi salah satu atau semua faktor kerumitan, kejadian, dan detekabilitas.

Setelah daftar potensi kegagalan dibentuk, langkah selanjutnya adalah mengumpulkan data frekuensi kejadian dari masing-masing daftar potensi kegagalan berdasarkan hasil pengamatan langsung. Berikut merupakan *risk breakdown structure* dan perhitungan RPN (*risk priority number*) dari berbagai risiko yang telah dijabarkan sebelumnya dengan memberi penilaian berdasarkan tingkat *severity*, *occurrence* dan *detection* dengan skala 1 – 10 pada tiap kategori. Berikut merupakan nilai dari tiap kategori pada *severity*, *occurrence* dan *detection*:

a. *Severity*

Severity adalah langkah pertama untuk menganalisa risiko, yaitu menghitung seberapa besar dampak atau intensitas kejadiannya mempengaruhi hasil akhir proses. Dampak tersebut di rating mulai skala 1 sampai 10, dimana 10 merupakan dampak terburuk dan penentuan terhadap rating terdapat pada tabel dibawah ini:

Tabel 2. 2 Skala *Severity*

Efek	Keseriusan dari Efek	Ranking
Berbahaya, Kegagalan terjadi tanpa ada peringatan	Tidak sesuai dengan peraturan pemerintah dan dapat menghentikan pengoperasian sistem produksi atau layanan jasa	10
Serius, Kegagalan terjadi dengan peringatan	Tidak sesuai dengan peraturan pemerintah dan dapat membahayakan pekerja sehingga menghasilkan jasa yang tidak sesuai dengan keinginan klien	9
Ekstrem	Mengganggu kelancaran sistem produksi atau layanan jasa dan alat tidak dapat dioperasikan (100% scrap) atau hasil jasa sangat tidak memuaskan (0% tingkat kepuasan)	8

Efek	Keseriusan dari Efek	Ranking
Mayor	Sedikit mengganggu kelancaran proses produksi atau layanan jasa, dan hasil jasa tidak cukup memuaskan tetapi masih bisa diterima konsumen	7
Signifikan	Kinerja hasil pelayanan menurun karena suatu aktivitas yang tidak terpenuhi	6
Sedang	Kinerja produk atau hasil pelayanan menurun tetapi masih bisa diperbaiki	5
Rendah	Kinerja produk atau hasil pelayanan menurun tetapi tidak memerlukan perbaikan	4
Kecil	Dampak kecil terhadap sistem produksi atau layanan jasa dan masih ada keluhan dari beberapa klien	3
Sangat kecil	Dampak sangat kecil terhadap sistem produksi atau layanan jasa dan masih ada keluhan hanya dari klien tertentu	2
Tidak ada dampak	Tidak ada dampak terhadap sistem produksi atau layanan jasa maupun produk atau hasil jasa	1

b. Occurance

Occurance merupakan perkiraan mengenai probabilitas atau peluang terjadinya suatu penyebab yang menyebabkan kegagalan. Penentuan nilai *occurance* bisa dilihat berdasarkan tabel dibawah ini:

Tabel 2. 3 Skala *Occurance*

Peluang Terjadi Kegagalan	Tingkat Kemungkinan Kegagalan	Ranking
Sangat tinggi dan ekstrem, kegagalan hampir tak terhindarkan	1 per 7 hari	10
Sangat tinggi, kegagalan berhubungan dengan proses yang gagal sebelumnya	1 per 14 hari	9
Tinggi, kegagalan terus berulang	1 per 1-2 bulan	8
Relatif tinggi	1 per 3-4 bulan	7
Sedang cenderung tinggi	1 per 5-6 bulan	6
Sedang	1 per 7-10 bulan	5
Relatif rendah	1 per < 1 tahun	4
Rendah	1 per <1,5 tahun	3

Peluang Terjadi Kegagalan	Tingkat Kemungkinan Kegagalan	Ranking
Sangat rendah	1 per <2 tahun	2
Hampir tidak mungkin terjadi kegagalan	Tidak pernah sama sekali (>2 tahun)	1

c. *Detection*

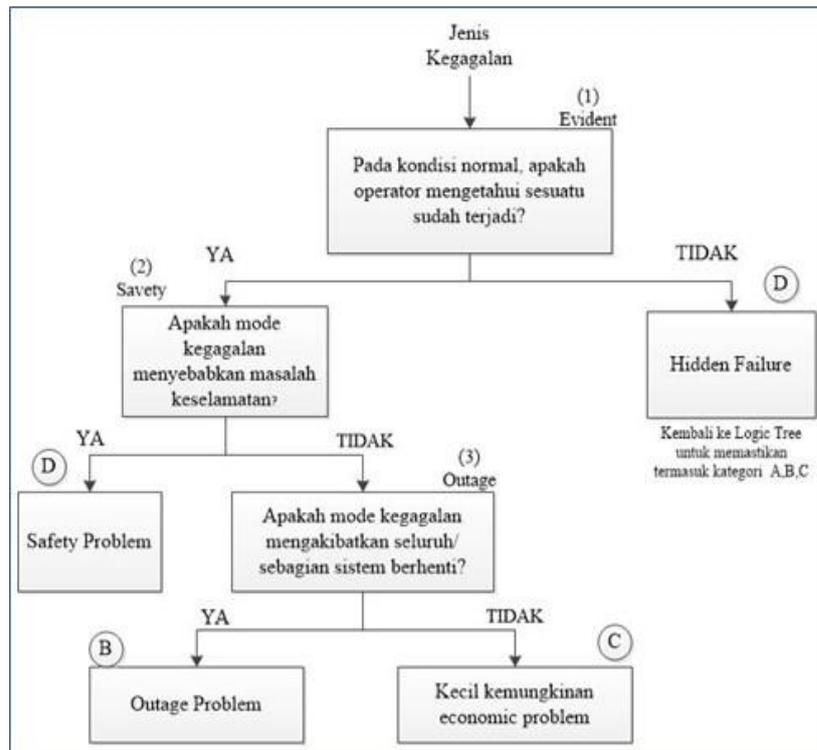
Detection merupakan perkiraan mengenai seberapa efektif cara pencegahan yang dilakukan untuk menghilangkan mode kegagalan. Berikut merupakan tabel penentuan nilai *Detection* :

Tabel 2. 4 Skala *Detection*

<i>Detection</i>	<i>Criteria</i>	<i>Ranking</i>
Hampir mustahil	Tidak ada kendali untuk mendeteksi potensi kegagalan	10
Sangat kecil	Terdapat sangat sedikit kendali untuk mendeteksi potensi kegagalan	9
Kecil	Terdapat sedikit kendali untuk mendeteksi potensi kegagalan	8
Sangat rendah	Terdapat kendali tetapi sangat rendah kemampuannya untuk mendeteksi potensi kegagalan	7
Rendah	Terdapat kendali tetapi rendah kemampuannya untuk mendeteksi potensi kegagalan	6
Sedang	Terdapat kendali yang memiliki kemampuan sedang/cukup untuk mendeteksi potensi kegagalan	5
Agak tinggi	Terdapat kendali yang memiliki kemampuan sedang cenderung tinggi untuk mendeteksi potensi kegagalan	4
Tinggi	Terdapat kendali yang memiliki kemampuan tinggi untuk mendeteksi potensi kegagalan	3
Sangat Tinggi	Terdapat kendali yang memiliki kemampuan sangat tinggi untuk mendeteksi potensi kegagalan	2
Hampir pasti	Terkendali, hampir pasti dapat mendeteksi potensi kegagalan	1

2.2.4 *Logic Tree Analysis*

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 yaitu:



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)

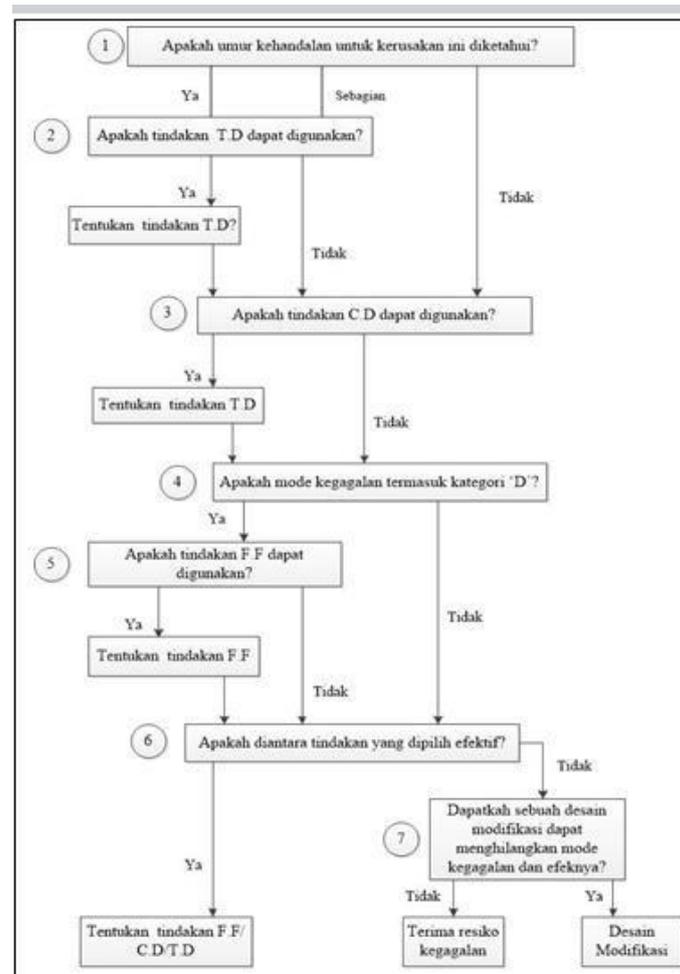
Tindakan perawatan yang dilakukan dengan memeriksa dan inspeksi. Apabila didalam inspeksi terdapat gejala – gejala kerusakan, maka dilanjutkan dengan perbaikan atau penggantian komponen.

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

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

Tabel 2.6 Format *Task Selection Road Map*

No	Equipment	Fucntion	Failure Mode	<u>Critically Analysis</u>							Selection Task
				1	2	3	4	5	6	7	

Gambar 2. 2 Alur *Task Selection*

2.2.6 Age Replacement

Age Replacement adalah metode dalam manajemen perawatan (*maintenance management*) yang digunakan untuk menjaga kinerja peralatan atau sistem dengan mengganti unit atau komponen yang sudah mencapai usia tertentu atau mencapai ambang batas usia tertentu. Tujuan utama dari metode ini adalah untuk menjaga keandalan dan kinerja peralatan dalam batas yang dapat diterima dengan mengganti komponen yang dapat dianggap sudah tua atau berpotensi mengalami kegagalan lebih sering (Edo Ardo Agustiawan 2021). Metode *Age*

Replacement umumnya digunakan dalam manajemen perawatan untuk mengganti peralatan atau komponen sebelum mencapai usia yang diperkirakan dapat mengalami kegagalan. Namun, kebijakan *Age Replacement* bisa lebih kompleks dalam penerapannya tergantung pada karakteristik peralatan, analisis data, dan strategi perawatan yang digunakan oleh perusahaan.

BAB III

METODE PENELITIAN

3.1 Objek Penelitian

PT. Hi-Test Laboratory of Mechanical Testing merupakan perusahaan uji ketahanan suatu material yang terletak di Kota Batam. PT. Hi-Test Laboratory of Mechanical Testing adalah perusahaan yang menguji ketahanan suatu material dengan cara merusak agar dapat mengetahui apakah material kuat jika ditekan, tarik, dilengkungkan, dan sebagainya sehingga menciptakan material yang berkualitas nantinya. *Client* dari perusahaan ini berasal dari dalam negeri contohnya PT. Mc Dermott Indonesia, PT. Citra Tubindo Indonesia, PT. Cladtek Bi-Metal Manufacturing, dan lainnya. Objek yang diteliti adalah mesin *Bandsaw* dan komponennya.

3.2 Metode Pengumpulan Data

3.2.1 Data Primer

Data Primer adalah data yang didapat dari penelitian secara langsung dengan cara wawancara kepada *expert* terkait yang memiliki informasi yang dibutuhkan.

a. Wawancara

Langkah pengumpulan data yang dilakukan dengan cara mewawancarai dengan kepala bidang atau *expert* terkait yaitu pada bidang *Maintenance* dan melakukan wawancara kepada operator yang menggunakan mesin *Bending*.

b. Observasi

Langkah Observasi adalah langkah yang dilakukan dalam penelitian ini agar mengetahui objek yang diteliti dengan mencari informasi dan data yang berkaitan dengan penelitian, sehingga penelitian ini memiliki akurasi yang tinggi. Observasi yang dilakukan dalam penelitian ini dengan cara observasi secara langsung pada bagian mesin *Bending*.

3.2.2 *Data Sekunder*

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

- a. Data komponen mesin *Bandsaw*
- b. Data *downtime* mesin *Bandsaw*

3.2.3 *Dokumentasi*

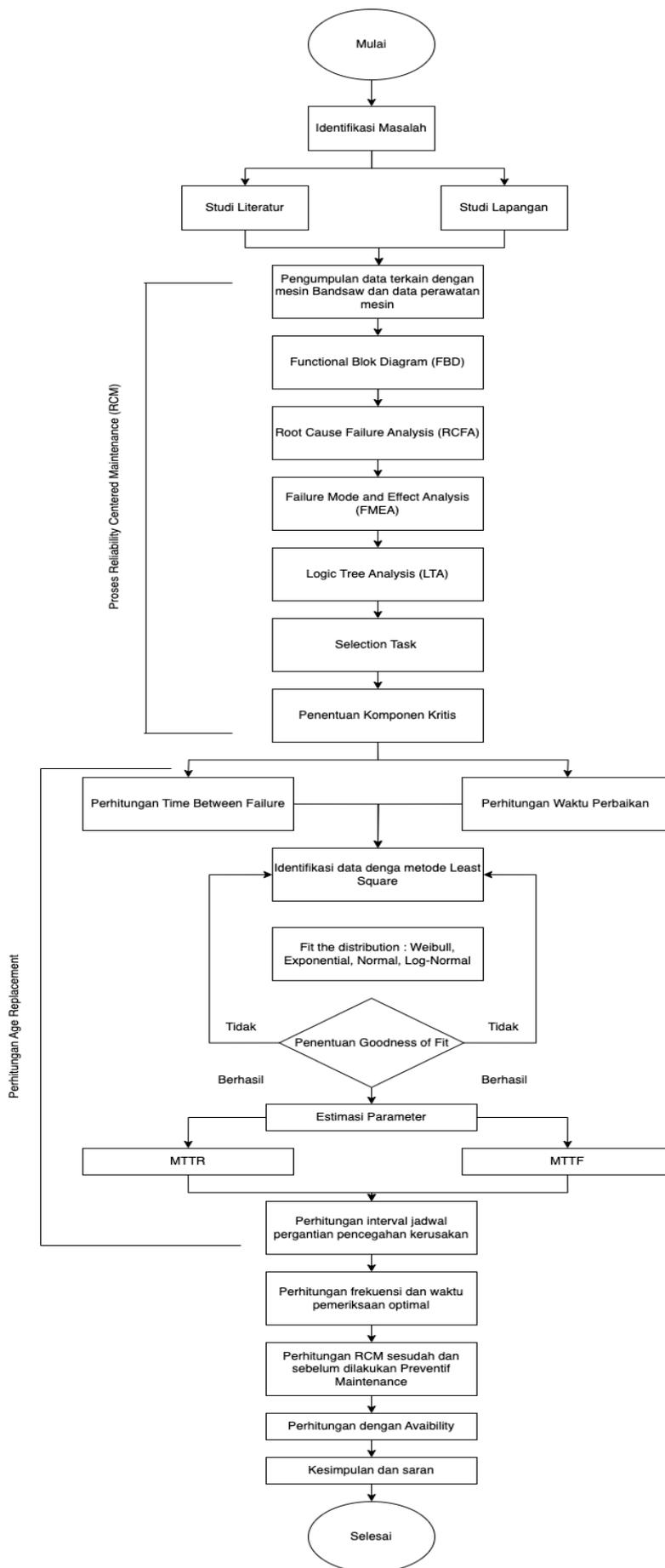
Dokumentasi bertujuan untuk memperoleh data melalui arsip atau dokumen yang telah dibuat oleh perusahaan yang berisi tentang data produksi, SOP dan lainnya. Dokumentasi digunakan dalam memperoleh data melalui pengamatan langsung atau pemotretan keadaan yang sebenarnya terjadi di perusahaan berupa data data perusahaan atau arsip yang mendukung pendataan.

3.2.4 *Validitas Data*

Validitas yang diterapkan dalam penelitian berupa ketersediaan narasumber untuk diwawancarai yaitu kepala bagian mesin bagian *maintenance*. Validitas data ini juga bertujuan untuk pengesahan data atau pemvalidan data agar memastikan data bersifat benar dan berguna. Dengan data perusahaan dan hasil wawancara yang telah disetujui oleh pengawas atau pihak yang terlibat 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.

3.3 **Alur Penelitian**

Berikut merupakan prosedur penelitian yang dilakukan dalam penelitian ini:



Gambar 0.1 Alur penelitian

Berikut adalah penjelasan dari alur penelitian diatas:

1. Identifikasi Masalah

Identifikasi masalah dilakukan untuk mengetahui secara rinci permasalahan apa yang akan diteliti. Melakukan observasi berupa data perawatan mesin pada PT. Hi-Test Lab untuk mencari permasalahan yang terjadi. Permasalahan yang akan diangkat yaitu tentang perawatan mesin agar meningkatkan produktivitas PT. Hi-Test Lab.

2. Kajian 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. Kajian yang berkaitan dengan topik ini adalah metode RCM dan *Age Replacement*.

3. Pengumpulan Data

Pengumpulan 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. Pengolahan 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

A. *Reliability Centered Maintenance (RCM)*

metodologi yang digunakan dalam manajemen perawatan untuk memastikan bahwa perawatan mesin dan peralatan dilakukan secara efektif dan efisien. Tujuan utama dari RCM adalah untuk memaksimalkan ketersediaan peralatan. Metode ini mengidentifikasi perawatan yang diperlukan berdasarkan risiko kegagalan yang terkait dengan masing-masing peralatan.

B. *Failure Mode And Effect Analisis*

Metode ini digunakan untuk menghitung nilai *Risk Priority Number*. Hasil perkalian *Severity, occurrence, detection* akan menghasilkan nilai RPN.

Penentuan nilai *Severity*, *Occurrence*, *Detection* dilakukan peneliti untuk mendapatkan penentuan komponen mesin *Bandsaw* yang kritis.

C. *Age Replacement*

Metode ini digunakan untuk mengelola peralatan atau aset berdasarkan umur atau usia rata-rata mereka. Metode ini sering digunakan dalam situasi di mana peralatan cenderung mengalami penurunan kinerja atau peluang kegagalan yang lebih tinggi seiring berlalunya waktu pada PT. Hi-Test Lab.

5. Analisis dan Pembahasan

Dari hasil pengolahan data, maka hasil tersebut dilakukan analisis berdasarkan hasil dari pengolahan data yang mengacu pada teori yang digunakan. Hasil pembahasan akan membantu dalam menentukan usulan perbaikan pada penelitian ini.

6. Kesimpulan dan Saran

Pada tahapan 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 Sejarah Perusahaan

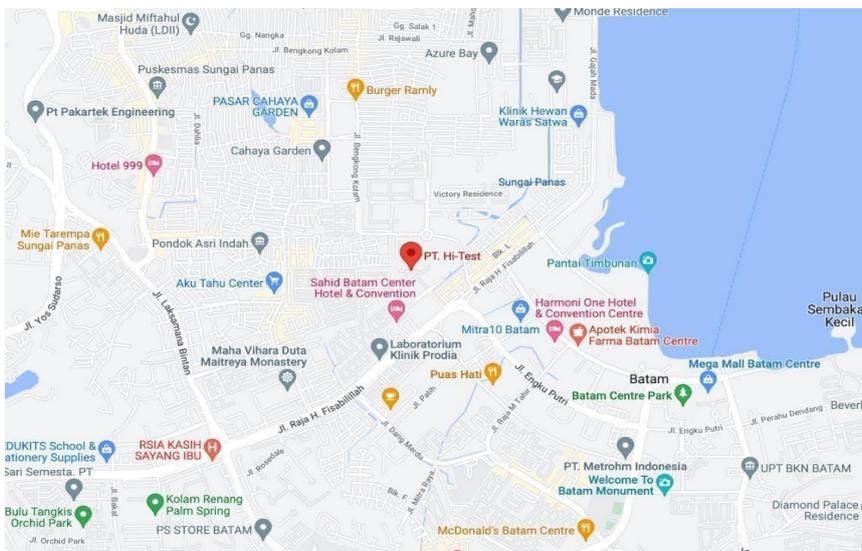
PT. Hi-Test Laboratory of Mechanical Testing merupakan sebuah perusahaan yang berlokasi di kawasan industri Kota Batam yang beralamatkan Hi Test Pt., Century Park, Block F No. 6–7, Batam Centre, Tlk. Tering, Kec. Batam Kota, Kota Batam, Kepulauan Riau 29444. PT. Hi-Test Laboratory of Mechanical Testing adalah perusahaan yang menguji ketahanan suatu material dengan cara merusak agar dapat mengetahui apakah material kuat jika di tekan, tarik, di lengkungan, dan sebagainya sehingga menciptakan material yang berkualitas nantinya.

PT. Hi-Test Laboratory of Mechanical Testing bergerak di bidang jasa yaitu, jasa uji ketahanan material logam dengan cara dirusak (*Destructive Test*). *Client* dari perusahaan ini berasal dari dalam dan luar negeri contohnya PT. Mc Dermott Indonesia, PT. Citra Tubindo Indonesia, PT. Cladtek Bi-Metal Manufacturing, dan lainnya. PT. Hi-Test Laboratory of Mechanical Testing menggunakan berbagai jenis mesin untuk melakukan tahapan uji ketahanan. Mesin yang digunakan adalah *Bandsaw*, *Surface Gerinding*, *Milling*, Bubut, Mesin uji *Bending*, Uji *Tensile*, Uji *Hardness*, Uji *Charpy*, Uji *Neck Break*.

4.1.2 Lokasi Perusahaan

PT. Hi-Test Laboratory of Mechanical Testing beralamatkan Hi Test Pt., Century Park, Block F No. 6–7, Batam Centre, Tlk. Tering, Kec. Batam Kota, Kota Batam, Kepulauan Riau 29444. Lokasi tersebut termasuk lokasi yang strategis karena merupakan jalan utama dan merupakan area industri. Sehingga akses untuk menuju ke lokasi perusahaan juga sangat mudah dan perusahaan mudah untuk di temui.

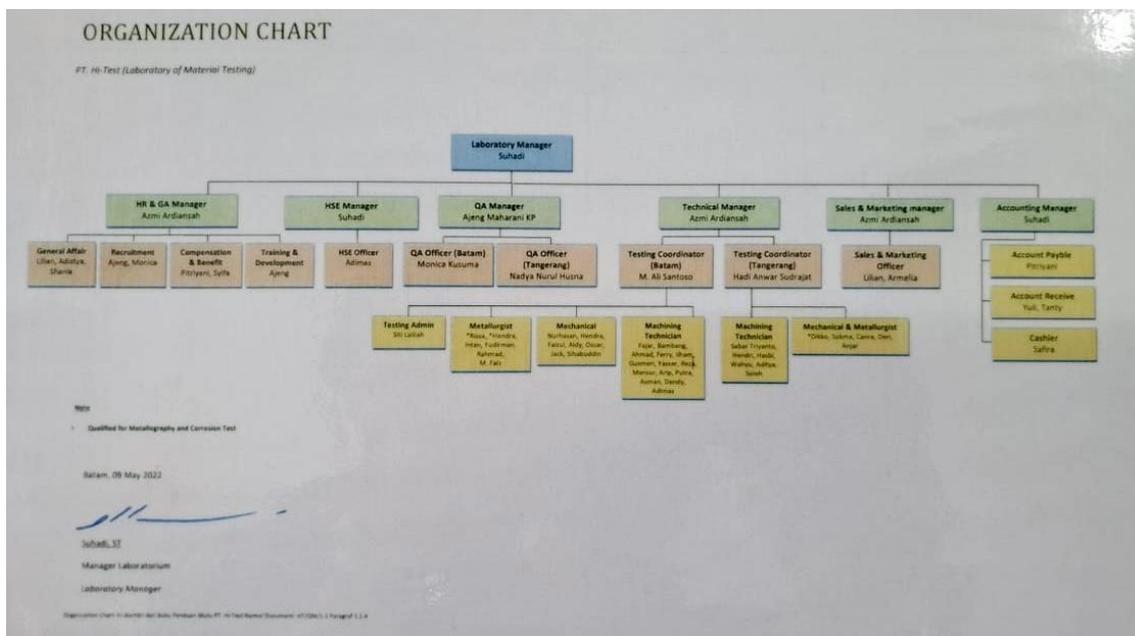
Berikut merupakan lokasi dari PT. Hi-Test Laboratory of Mechanical Testing:



Gambar 3. 1 Lokasi Perusahaan

4.1.3 Struktur Organisasi Perusahaan

Struktur organisasi PT. Hi-Test Laboratory of Mechanical Testing ditunjukkan pada gambar dibawah ini:



Gambar 3. 2 Struktur Organisasi Perusahaan

4.2 Pengolahan Data

Setelah ditemukannya permasalahan pada PT. Hi-Test Laboratory of Mechanical Testing yang telah dikemukakan pada latar belakang maka dilakukan pengumpulan data dengan

menggunakan metode *Reliability Centered Maintenance* dan *Age Replacement*. Data yang digunakan untuk penelitian ini yaitu:

4.2.1 Data Waktu Kerusakan Komponen Mesin Bandsaw

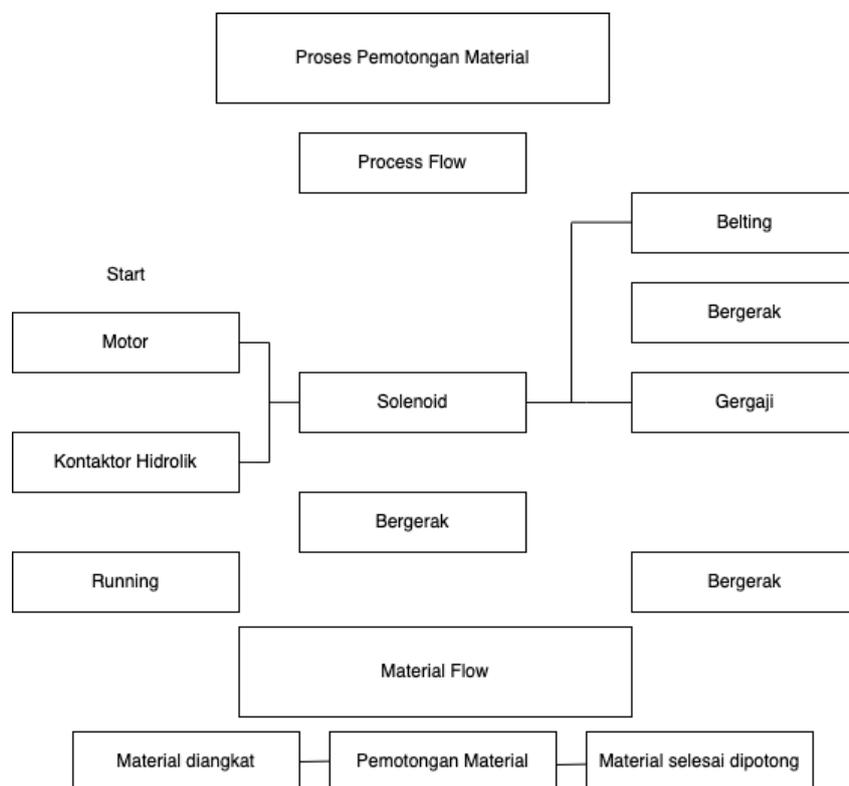
Tabel 4. 1 Data Waktu Kerusakan Komponen Mesin Bandsaw

No	Komponen	Waktu Mulai	Waktu Selesai
1.	Kontaktor Hidrolik	24/03/2018 1.30.00 PM	24/03/2018 5.30.00 PM
		14/03/2019 10.30.00 AM	14/03/2019 2.30.00 PM
		11/06/2019 9.00.00 AM	11/06/2019 12.00.00 PM
		23/07/2019 8.30.00 AM	23/07/2019 11.30.00 AM
		06/08/2019 2.00.00 PM	06/08/2019 4.00.00 PM
		28/10/2019 3.30.00 PM	28/10/2019 6.30.00 PM
		15/01/2020 8.00.00 AM	15/01/2020 11.00.00 AM
		21/03/2020 8.00.00 AM	21/03/2020 12.00.00 PM
		10/06/2020 10.15.00 AM	10/06/2020 2.15.00 PM
		13/09/2020 8.30.00 AM	13/09/2020 12.30.00 PM
		12/11/2020 8.00.00 AM	12/11/2020 1.00.00 PM
		28/04/2021 11.30.00 AM	28/04/2021 1.30.00 PM
		12/07/2021 10.00.00 AM	12/07/2021 2.00.00 PM
		12/10/2021 7.00.00 AM	12/10/2021 12.00.00 PM
		11/12/2021 8.00.00 AM	11/12/2021 5.00.00 PM
		15/02/2022 8.00.00 AM	15/02/2022 11.00.00 AM
		11/04/2022 8.30.00 AM	12/04/2022 10.30.00 AM
12/10/2022 10.30.00 AM	12/10/2022 12.30.00 PM		
11/01/2023 10.30.00 AM	11/01/2023 12.30.00 PM		
2.	Solenoid	14/06/2019 8.00.00 AM	14/06/2019 11.00.00 AM
		13/02/2021 2.00.00 PM	13/02/2021 5.00.00 PM
		21/05/2021 1.00.00 PM	21/05/2021 4.00.00 PM
		20/08/2021 8.00.00 AM	20/08/2021 11.00.00 AM
		19/09/2021 8.00.00 AM	19/09/2021 11.00.00 AM
		06/03/2022 8.00.00 AM	06/03/2022 11.00.00 AM
		30/04/2019 8.00.00 AM	30/04/2019 9.30.00 AM
3.	Belting	07/03/2020 9.15.00 AM	07/03/2020 10.35.00 AM
		17/05/2020 9.00.00 AM	17/05/2020 10.20.00 AM
		10/08/2020 10.00.00 AM	10/08/2020 11.20.00 AM
		09/10/2020 1.30.00 PM	09/10/2020 2.50.00 PM
		09/02/2019 10.00.00 AM	09/02/2019 2.00.00 PM
		16/05/2019 8.00.00 AM	16/05/2019 12.00.00 PM
		21/12/2019 8.00.00 AM	21/12/2019 12.00.00 PM
4.	Motor Rewending	13/01/2020 1.00.00 PM	13/01/2020 5.00.00 PM
		14/03/2020 8.00.00 AM	14/03/2020 12.17.00 PM
		29/05/2020 1.00.00 PM	29/05/2020 5.20.00 PM
		11/07/2020 8.00.00 AM	11/07/2020 12.00.00 PM
		03/11/2020 8.00.00 AM	03/11/2020 12.00.00 PM
		12/04/2021 7.00.00 AM	12/04/2021 11.00.00 AM
		09/09/2022 7.00.00 AM	09/09/2022 11.00.00 AM
5.	Mata Gergaji	25/09/2019 10.00.00 AM	25/09/2019 10.30.00 AM
		12/11/2019 9.00.00 AM	12/11/2019 9.30.00 AM
		27/02/2020 10.30.00 AM	27/02/2020 11.00.00 AM
		09/04/2020 11.00.00 AM	09/04/2020 11.30.00 AM
		19/06/2020 1.00.00 PM	19/06/2020 1.30.00 PM
		21/06/2020 11.30.00 AM	21/06/2020 12.00.00 PM

No	Komponen	Waktu Mulai	Waktu Selesai
		03/01/2021 1.00.00 PM	03/01/2021 1.30.00 PM
		22/03/2021 8.00.00 AM	22/03/2021 8.30.00 AM
		13/05/2021 2.00.00 PM	13/05/2021 2.30.00 PM
		10/06/2021 10.30.00 AM	10/06/2021 11.00.00 AM
		25/07/2021 9.00.00 AM	25/07/2021 9.30.00 AM
		09/01/2022 10.30.00 AM	09/01/2022 11.00.00 AM
		13/06/2022 8.00.00 AM	13/06/2022 8.30.00 AM
		11/07/2022 10.00.00 AM	11/07/2022 10.30.00 AM

4.2.2 Functional Block Diagram

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



Gambar 4. 1 *Functional Block Diagram*

4.2.3 Failure Mode and Effect Analysis

Tabel 4. 2 Perhitungan FMEA

Mesin Bandsaw									
No	Equipment	Function	Failure Mode	Failure Causes	Effect of Failure	S	O	D	RPN
1	Kontaktor Hidrolik	Untuk menyambung dan memutus arus listrik hidrolik secara elektrik	Terjadi kebocoran dan gagal fungsi hidrolik pada mesin <i>Bandsaw</i>	Hasil Material tidak maksimal	Mesin <i>Bandsaw</i> tidak dapat beroperasi	8	8	6	384
2	<i>Solenoid</i>	Untuk mengendalikan aliran oli	Mesin susah untuk dihidupkan	Gagal memulai dan perubahan performa	Mesin <i>Bandsaw</i> tidak dapat beroperasi	8	6	5	240
3	<i>Belting</i>	Untuk mengikat roda penggerak agar pisau dapat bergerak	<i>Belt</i> kendur	Ketidakakuratan dalam proses pemotongan	Mesin <i>Bandsaw</i> tidak dapat beroperasi	8	8	4	256
4	Motor <i>Rewending</i>	Untuk menghasilkan daya yang diperlukan untuk menggerakkan mesin	Motor <i>Overheat</i>	Putaran pisau mesin tidak maksimal	Mesin <i>Bandsaw</i> tidak dapat beroperasi	8	4	4	128
5	Mata Gergaji	Untuk memotong material	Mata gergaji tumpul	Hasil material tidak maksimal	Mesin <i>Bandsaw</i> tidak dapat beroperasi	8	2	4	64

4.2.4 Kategori Kritis dan Tidak Kritis FMEA

Perhitungan FMEA yaitu mencari nilai *Risk Priority Number* (RPN) dan juga dilakukannya pengurutan nilai *Risk Priority Number* (RPN) dari yang tertinggi hingga terendah pada PT. Hi-Test Laboratory of Mechanical Testing. Selanjutnya adalah melakukan pengkategorian kritis dan tidak kritis pada setiap kejadian risiko. Berikut merupakan rumus untuk mencari nilai rata-rata untuk menentukan suatu kejadian risiko kritis dan tidak kritis:

$$\frac{\sum \text{nilai RPN}}{n}$$

Keterangan :

\sum nilai RPN = (total nilai RPN)

N = (Total kejadian risiko kerusakan mesin *Bandsaw*)

Rata- rata RPN = $\frac{384+240+256+128+64}{5}$

$$= 214,4$$

Setelah diperoleh nilai rata-rata kemudian adalah pengkategorian kejadian risiko kerusakan mesin *Bandsaw* yang termasuk kategori kritis atau tidak kritis. Kejadian risiko kerusakan mesin *Bandsaw* dapat dikatakan kritis atau tidak kritis jika:

RPN > rata-rata RPN = Kritis

RPN < rata-rata RPN = Tidak Kritis

Tabel 4. 3 Kategorisasi RPN

No	Equipment	Kejadian Risiko	Nilai RPN	Kategori
1.	Kontaktor Hidrolik	Terjadi kebocoran dan gagal fungsi hidrolik pada mesin <i>Bandsaw</i>	384	Kritis
2.	<i>Solenoid</i>	Mesin susah untuk dihidupkan	240	Kritis
3.	<i>Belting</i>	<i>Belt</i> kendur	256	Kritis
4.	Motor <i>Rewending</i>	Motor <i>Overheat</i>	128	Tidak Kritis
5.	Mata Gergaji	Mata gergaji tumpul	64	Tidak Kritis
Total			1.072	214,4

Berdasarkan Tabel 4.3 terdapat 3 kategori kritis dan 2 kategori tidak kritis dari 5 kejadian risiko kerusakan mesin *Bandsaw* yang ada pada PT. Hi-Test Laboratory of Mechanical Testing. 3 kategori yang termasuk pada kategori kritis ini dikarenakan nilai *Risk Priority Number* (RPN) pada ketiga kejadian risiko kerusakan mesin *Bandsaw* ini melebihi rata-rata dari keseluruhan kejadian risiko K3. Nilai rata-rata yang diperoleh untuk melakukan pengkategorian kritis atau tidak kritis yaitu sebesar 214,4.

4.2.5 Logic Tree Analysis

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. 4 Penyusunan *Logic Tree Analysis*

No	Equipment	Function	Failure Mode	Critically Analysis			
				Evidents	Safety	Outage	Category
1	Kontaktor Hidrolik	Untuk menyambung dan memutus arus listrik hidrolik secara elektrik	Terjadi kebocoran dan gagal fungsi hidrolik pada mesin <i>Bandsaw</i>	Y	N	Y	D
2	<i>Solenoid</i>	Untuk mengendalikan aliran oli	Mesin susah untuk dihidupkan	Y	N	Y	D
3	<i>Belting</i>	Untuk mengikat roda penggerak agar pisau dapat bergerak	<i>Belt</i> kendur	Y	N	Y	D
4	Motor <i>Rewending</i>	Untuk menghasilkan daya yang diperlukan untuk menggerakkan mesin	Motor <i>Overheat</i>	Y	N	N	D
5	Mata Gergaji	Untuk memotong material	Mata gergaji tumpul	Y	N	Y	D

4.2.6 Task Selection Road Map (Pemeliharaan Tindakan)

Pemilihan Tindakan yang berdasarkan oleh pertanyaan penuntun (*task selection*) yang disesuaikan dengan *road map* pemilihan tindakan. Dalam proses *task selection road map* pemilihan Tindakan.

Tabel 4. 5 Tindakan *Task Selection*

No	Equipment	Function	Failure Mode	Critically Analysis							Selection Task
				1	2	3	4	5	6	7	
1	Kontaktor Hidrolik	Untuk menyambung dan memutus arus listrik hidrolik secara elektrik	Terjadi kebocoran dan gagal fungsi hidrolik pada mesin <i>Bandsaw</i>	Y	Y	Y	Y	Y	Y	-	CD
2	<i>Solenoid</i>	Untuk mengendalikan aliran oli	Mesin susah untuk dihidupkan	Y	Y	Y	Y	Y	Y	-	FF
3	<i>Belting</i>	Untuk mengikat roda penggerak agar pisau dapat bergerak	<i>Belt</i> kendur	Y	Y	Y	Y	Y	Y	-	CD
4	Motor <i>Rewending</i>	Untuk menghasilkan daya yang diperlukan untuk menggerakkan mesin	Motor <i>Overheat</i>	Y	Y	Y	Y	Y	Y	-	FF
5	Mata Gergaji	Untuk memotong material	Mata gergaji tumpul	Y	Y	Y	Y	N	Y	-	CD

4.2.7 Penentuan Komponen Kritis

Tabel 4. 6 Penentuan Komponen Kritis

No	Mesin	Frekuensi Kerusakan	Downtime (menit)	% Downtime	Downtime Kumulatif
1	Kontaktor Hidrolik	19	5520	54,2933%	54,2933%
2	Motor Rewending	10	2437	23,9697%	78,2630%
3	Solenoid	6	1080	10,6226%	88,8856%
4	Mata Gergaji	14	720	7,0817%	95,9673%
5	Belting	5	410	4,0327%	100,0000%
	Total	54	10167		

4.2.8 Penentuan Distribusi Antar Waktu Kerusakan (Time to Failure)

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

Tabel 4. 7 Penentuan Distribusi Data antar Waktu Kerusakan

No Urut	Waktu Kerusakan		TI
	Mulai	Selesai	
1	24/03/2018 1.30.00 PM	24/03/2018 5.30.00 PM	0
2	14/03/2019 10.30.00 AM	14/03/2019 2.30.00 PM	510780
3	11/06/2019 9.00.00 AM	11/06/2019 12.00.00 PM	127830
4	23/07/2019 8.30.00 AM	23/07/2019 11.30.00 AM	60270
5	06/08/2019 2.00.00 PM	06/08/2019 4.00.00 PM	20310
6	28/10/2019 3.30.00 PM	28/10/2019 6.30.00 PM	119490
7	15/01/2020 8.00.00 AM	15/01/2020 11.00.00 AM	113130
8	21/03/2020 8.00.00 AM	21/03/2020 12.00.00 PM	94860
9	10/06/2020 10.15.00 AM	10/06/2020 2.15.00 PM	116535
10	13/09/2020 8.30.00 AM	13/09/2020 12.30.00 PM	136455
11	12/11/2020 8.00.00 AM	12/11/2020 1.00.00 PM	86130
12	28/04/2021 11.30.00 AM	28/04/2021 1.30.00 PM	240390
13	12/07/2021 10.00.00 AM	12/07/2021 2.00.00 PM	107790
14	12/10/2021 7.00.00 AM	12/10/2021 12.00.00 PM	132060
15	11/12/2021 8.00.00 AM	11/12/2021 5.00.00 PM	86160
16	15/02/2022 8.00.00 AM	15/02/2022 11.00.00 AM	94500
17	11/04/2022 8.30.00 AM	12/04/2022 10.30.00 AM	79050
18	12/10/2022 10.30.00 AM	12/10/2022 12.30.00 PM	263520
19	11/01/2023 10.30.00 AM	11/01/2023 12.30.00 PM	130920

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

$$X_i = t_i$$

$$= 20310$$

$$X_i^2 = 20310^2$$

$$= 412496100$$

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

$$= \frac{(i-0,3)}{(18+0,4)} = 0,38043478$$

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

$$= \text{Ln} \left[\frac{1}{\{1-0,38043478\}} \right] = 0,038786025$$

$$Y_i^2 = 0,038786025^2$$

$$= 0,001504356$$

$$X_i Y_i = 20310 * 0,038786025$$

$$= 787,7441685$$

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*)

$$= \frac{(18 * (787,7441685)) - (20310 * (0,038786025))}{\sqrt{((18 * 412496100) - 20310^2) * ((18 * 0,001504356) - (0,038786025)^2)}}$$

$$= 0,929252444$$

Tabel 4. 8 Distribusi Eksponensial

No	t_i	$X_i = t_i$	X_i^2	$F(t_i)$	Y_i	Y_i^2	$X_i Y_i$
1	20310	20310	412496100	0,038043478	0,038786025	0,001504356	787,7441685
2	60270	60270	3632472900	0,092391304	0,096941945	0,009397741	5842,691037
3	79050	79050	6248902500	0,14673913	0,158689952	0,025182501	12544,44073
4	86130	86130	7418376900	0,201086957	0,224503171	0,050401674	19336,4581
5	86160	86160	7423545600	0,255434783	0,294954832	0,086998353	25413,30831

No	ti	Xi = ti	Xi2	F(ti)	Yi	Yi2	XiYi
6	94500	94500	8930250000	0,309782609	0,370748671	0,137454577	35035,74942
7	94860	94860	8998419600	0,364130435	0,452761823	0,204993268	42948,98651
8	107790	107790	11618684100	0,418478261	0,542106923	0,293879916	58433,70525
9	113130	113130	12798396900	0,472826087	0,640224779	0,409887768	72428,62926
10	116535	116535	13580406225	0,527173913	0,749027639	0,561042404	87287,93591
11	119490	119490	14277860100	0,581521739	0,871130336	0,758868062	104091,3638
12	127830	127830	16340508900	0,635869565	1,010243138	1,020591198	129139,3804
13	130920	130920	17140046400	0,690217391	1,17188449	1,373313257	153423,1174
14	132060	132060	17439843600	0,744565217	1,364788156	1,86264671	180233,9239
15	136455	136455	18619967025	0,798913043	1,604017845	2,572873247	218876,255
16	240390	240390	57787352100	0,85326087	1,919098892	3,682940556	461332,1826
17	263520	263520	69442790400	0,907608696	2,381722414	5,672601655	627631,4904
18	510780	510780	2,60896E+11	0,961956522	3,269025609	10,68652843	1669752,9
TOTAL	2520180	2520180	5,53007E+11	9	17,16065664	29,41110567	3904540,262

2. Distribusi Normal

Berikut ini adalah perhitungan distribusi Normal.

$$X_i = t_i$$

$$= 20310$$

$$X_i^2 = 20310^2$$

$$= 41249100$$

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

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

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

$$= z_i = \Phi^{-1} [0,038043478] = -1,773856096$$

$$Y_i^2 = -1,773856096^2$$

$$= 3,146565448$$

$$X_i Y_i = 20310 * -1,773856096$$

$$= -36027,0173$$

Tabel dibawah ini adanya perhitungan nilai r pada distribusi Normal.

$$r \text{ normal} = \frac{[n \sum_{i=1}^n X_i Y_i - (\sum_{i=1}^n X_i) (\sum_{i=1}^n Y_i)]}{\sqrt{[n \sum_{i=1}^n X_i^2 - (\sum_{i=1}^n X_i)^2] - [\sum_{i=1}^n Y_i^2 - (\sum_{i=1}^n Y_i)^2]}}$$

$$r \text{ (index of fit)} = \frac{(18 * (-36027,0173)) - (20310 * (-1,773856096))}{\sqrt{((18 * 41249100) - 20310^2) * ((18 * 3,146565448) - (-1,773856096)^2)}}$$

$$= 0,8127115989$$

Tabel 4. 9 Distribusi Normal

No	ti	Xi = ti	Xi2	F(ti)	Yi	Yi2	XiYi
1	20310	20310	412496100	0,038043478	-1,773856096	3,146565448	-36027,0173
2	60270	60270	3632472900	0,092391304	-1,326172371	1,758733158	-79928,4088
3	79050	79050	6248902500	0,14673913	-1,050521827	1,10359611	-83043,75046
4	86130	86130	7418376900	0,201086957	-0,837745038	0,701816748	-72154,9801
5	86160	86160	7423545600	0,255434783	-0,657484296	0,4322856	-56648,84696
6	94500	94500	8930250000	0,309782609	-0,496466641	0,246479126	-46916,09761
7	94860	94860	8998419600	0,364130435	-0,34743989	0,120714477	-32958,14798
8	107790	107790	11618684100	0,418478261	-0,205787992	0,042348697	-22181,88762
9	113130	113130	12798396900	0,472826087	-0,068167656	0,004646829	-7711,806912
10	116535	116535	13580406225	0,527173913	0,068167656	0,004646829	7943,91778
11	119490	119490	14277860100	0,581521739	0,205787992	0,042348697	24589,60712
12	127830	127830	16340508900	0,635869565	0,34743989	0,120714477	44413,24117
13	130920	130920	17140046400	0,690217391	0,496466641	0,246479126	64997,41269
14	132060	132060	17439843600	0,744565217	0,657484296	0,4322856	86827,37615
15	136455	136455	18619967025	0,798913043	0,837745038	0,701816748	114314,4991
16	240390	240390	57787352100	0,85326087	1,050521827	1,10359611	252534,9421
17	263520	263520	69442790400	0,907608696	1,326172371	1,758733158	349472,9432
18	510780	510780	2,60896E+11	0,961956522	1,773856096	3,146565448	906050,2166
TOTAL	2520180	2520180	5,5300E+11	9	0	15,11437239	1413573,212

3. Distribusi Log Normal

Berikut ini adalah contoh perhitungan distribusi Log Normal.

$$X_i = \ln t_i$$

$$= \ln (20310) = 9,918868655$$

$$X_i^2 = 9,918868655^2$$

$$= 98,38395539$$

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

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

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

$$= z_i = \Phi^{-1} [0,038043478] = -1,773856096$$

$$Y_i^2 = -1,773856096^2$$

$$= 3,1146565448$$

$$X_i Y_i = 9,918868655 * -1,773856096$$

$$= -17,59464563$$

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

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

$$r \text{ (index of fit)} = \frac{(18*(-17,59464563)) - (9,918868655*(-1,773856096))}{\sqrt{((18*98,38395539) - 9,918868655^2) * ((18*3,1146565448) - (-1,773856096)^2)}}$$

$$= 0,930307751$$

Tabel 4. 10 Distribusi Log Normal

No	ti	Xi = ti	Xi2	F(ti)	Yi	Yi2	XiYi
1	20310	9,918868655	98,38395539	0,038043478	-1,773856096	3,146565448	-17,59464563
2	60270	11,00658975	121,1450178	0,092391304	-1,326172371	1,758733158	-14,59663522
3	79050	11,27783584	127,1895813	0,14673913	-1,050521827	1,10359611	-11,84761272
4	86130	11,36361306	129,1317018	0,201086957	-0,837745038	0,701816748	-9,519810454
5	86160	11,36396131	129,1396167	0,255434783	-0,657484296	0,4322856	-7,471626105
6	94500	11,45635511	131,2480725	0,309782609	-0,496466641	0,246479126	-5,687698145
7	94860	11,4601574	131,3352076	0,364130435	-0,34743989	0,120714477	-3,981715829
8	107790	11,58794017	134,2803574	0,418478261	-0,205787992	0,042348697	-2,384658934
9	113130	11,63629288	135,403312	0,472826087	-0,068167656	0,004646829	-0,793218809
10	116535	11,66594694	136,0943179	0,527173913	0,068167656	0,004646829	0,795240256
11	119490	11,69098796	136,6791996	0,581521739	0,205787992	0,042348697	2,405864933
12	127830	11,75845654	138,2613001	0,635869565	0,34743989	0,120714477	4,085356848
13	130920	11,78234173	138,8235766	0,690217391	0,496466641	0,246479126	5,849539625
14	132060	11,79101164	139,0279556	0,744565217	0,657484296	0,4322856	7,752404992
15	136455	11,82375017	139,8010681	0,798913043	0,837745038	0,701816748	9,905288032
16	240390	12,39001788	153,5125432	0,85326087	1,050521827	1,10359611	13,01598423
17	263520	12,48188455	155,7974418	0,907608696	1,326172371	1,758733158	16,55313042
18	510780	13,14369425	172,7566985	0,961956522	1,773856096	3,146565448	23,31502216
TOTAL	2520180	209,5997058	2448,010924	9	0	15,11437239	9,800209659

4. Distribusi Weibull

Berikut ini adalah contoh perhitungan distribusi *Weibull*

$$\begin{aligned} X_i &= \ln t_i \\ &= \ln (20310) = 9,918868655 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} X_{i2} &= 9,918868655^2 \\ &= 98,38395539 \end{aligned}$$

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

$$\begin{aligned} Y_i &= \ln \left| \ln \left[\frac{1}{\{1-F(t_i)\}} \right] \right| \\ &= \ln \left| \ln \left[\frac{1}{\{1-0,038043478\}} \right] \right| = -3,2496995277 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} Y_{i2} &= -3,2496995277^2 \\ &= 10,56051939 \end{aligned}$$

$$X_i Y_i = 9,918868655 * -3,2496995277$$

$$= -32,23330062$$

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

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

$$r \text{ (index of fit)} = \frac{(18 * (-32,23330062)) - (9,918868655 * (-3,2496995277))}{\sqrt{((18 * 98,38395539) - 9,918868655^2) * ((18 * 10,56051939) - (-3,2496995277)^2)}} = 0,924991093$$

Tabel 4. 11 Distribusi *Weibull*

No	ti	Xi = ti	Xi2	F(ti)	Yi	Yi2	XiYi
1	20310	9,918868655	98,38395539	0,038043478	-3,249695277	10,56051939	-32,23330062
2	60270	11,00658975	121,1450178	0,092391304	-2,333642983	5,445889571	-25,68545093
3	79050	11,27783584	127,1895813	0,14673913	-1,840802966	3,388555561	-20,76027367
4	86130	11,36361306	129,1317018	0,201086957	-1,493865448	2,231633977	-16,97570892
5	86160	11,36396131	129,1396167	0,255434783	-1,220933047	1,490677505	-13,87463591
6	94500	11,45635511	131,2480725	0,309782609	-0,992230882	0,984522124	-11,36734934
7	94860	11,4601574	131,3352076	0,364130435	-0,792389069	0,627880437	-9,080903455
8	107790	11,58794017	134,2803574	0,418478261	-0,612292022	0,37490152	-7,095203315
9	113130	11,63629288	135,403312	0,472826087	-0,445935947	0,198858869	-5,189041284
10	116535	11,66594694	136,0943179	0,527173913	-0,288979395	0,083509091	-3,371218288
11	119490	11,69098796	136,6791996	0,581521739	-0,137963674	0,019033975	-1,612931654
12	127830	11,75845654	138,2613001	0,635869565	0,010191033	0,000103857	0,119830816
13	130920	11,78234173	138,8235766	0,690217391	0,158613128	0,025158124	1,868834078
14	132060	11,79101164	139,0279556	0,744565217	0,310999219	0,096720514	3,666995418
15	136455	11,82375017	139,8010681	0,798913043	0,472511635	0,223267245	5,58685952
16	240390	12,39001788	153,5125432	0,85326087	0,651855749	0,424915917	8,076504382
17	263520	12,48188455	155,7974418	0,907608696	0,867823929	0,753118372	10,83207809
19	510780	13,14369425	172,7566985	0,961956522	1,184491961	1,403021207	15,56860018
Total	2520180	209,5997058	2448,10924	9	-9,752244056	28,33228726	-101,5263149

Tabel 4. 12 *Index of Fit Time To Failure*

No	Distribusi	Index Of Fit
1	Ekspensial	0,929252444
2	Normal	0,8127115989
3	Log Normal	0,930307751
4	Weibull	0,924991093

Tabel 4. 13 *Persentase Index of Fit Time To Failure*

No	Distribusi	Index Of Fit
1	Ekspensial	92,925%
2	Normal	81,272%
3	Log Normal	93,031%
4	Weibull	92,499%

Dari tabel diatas maka didapat nilai terbesar dari hasil *Index Of Fit* yaitu distribusi Log Normal dengan nilai *Index Of Fit* sebesar 93,03% . Maka dari itu distribusi yang dipilih yaitu distribusi Log Normal.

4.2.9 Penentuan Distribusi Antar Waktu Perbaikan (*Time to Repair*)

Selanjutnya saat komponen kritis sudah diketahui maka menentukan jarak antar kerusakan pada komponen kontaktor hidrolik sebagai berikut.

Tabel 4. 14 *Time to repair* komponen kontaktor hidrolik

No	Mulai <i>Downtime</i>	Selesai <i>Downtime</i>	Dti
1	24/03/2018 1.30.00 PM	24/03/2018 5.30.00 PM	240
2	14/03/2019 10.30.00 AM	14/03/2019 2.30.00 PM	240
3	11/06/2019 9.00.00 AM	11/06/2019 12.00.00 PM	180
4	23/07/2019 8.30.00 AM	23/07/2019 11.30.00 AM	180
5	06/08/2019 2.00.00 PM	06/08/2019 4.00.00 PM	120
6	28/10/2019 3.30.00 PM	28/10/2019 6.30.00 PM	180
7	15/01/2020 8.00.00 AM	15/01/2020 11.00.00 AM	180
8	21/03/2020 8.00.00 AM	21/03/2020 12.00.00 PM	240
9	10/06/2020 10.15.00 AM	10/06/2020 2.15.00 PM	240
10	13/09/2020 8.30.00 AM	13/09/2020 12.30.00 PM	240
11	12/11/2020 8.00.00 AM	12/11/2020 1.00.00 PM	300
12	28/04/2021 11.30.00 AM	28/04/2021 1.30.00 PM	120
13	12/07/2021 10.00.00 AM	12/07/2021 2.00.00 PM	240
14	12/10/2021 7.00.00 AM	12/10/2021 12.00.00 PM	300
15	11/12/2021 8.00.00 AM	11/12/2021 5.00.00 PM	540
16	15/02/2022 8.00.00 AM	15/02/2022 11.00.00 AM	180
17	11/04/2022 8.30.00 AM	12/04/2022 10.30.00 AM	1560
18	12/10/2022 10.30.00 AM	12/10/2022 12.30.00 PM	120
19	11/01/2023 10.30.00 AM	11/01/2023 12.30.00 PM	120

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*.

$$X_i = dt_i$$

$$= 120$$

$$X_i^2 = 120^2$$

$$= 14400$$

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

$$= \frac{(i-0,3)}{(19+0,4)} = 0,036082474$$

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

$$= \text{Ln} \left[\frac{1}{\{1-0,036082474\}} \right] = 0,036749542$$

$$Y_i^2 = 0,036749542^2$$

$$= 0,001350529$$

$$X_i Y_i = 120 * 0,036749542$$

$$= 4,409945065$$

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

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

$$r \text{ (index of fit)} = \frac{(19*(4,409945065)) - (120*(0,036749542))}{\sqrt{((19*14400) - 120^2) * ((19*0,001350529) - (0,036749542)^2)}}$$

$$= 0,828851481$$

Tabel 4. 15 *Time to Repair* Distribusi Ekspensial

No	dti	Xi = dti	Xi2	F(dt _i)	Yi	Yi2	XiYi
1	120	120	14400	0,036082474	0,036749542	0,001350529	4,409945065
2	120	120	14400	0,087628866	0,091708426	0,008410435	11,00501118
3	120	120	14400	0,139175258	0,149864347	0,022459322	17,9837216
4	120	120	14400	0,190721649	0,211612354	0,044779788	25,39348245
5	180	180	32400	0,242268041	0,277425572	0,076964948	49,93660301
6	180	180	32400	0,293814433	0,347877233	0,121018569	62,61790198
7	180	180	32400	0,345360825	0,423671073	0,179497178	76,26079307
8	180	180	32400	0,396907216	0,505684224	0,255716535	91,02316037
9	180	180	32400	0,448453608	0,595029325	0,354059897	107,1052784
10	240	240	57600	0,5	0,693147181	0,480453014	166,3553233
11	240	240	57600	0,551546392	0,80195004	0,643123867	192,4680097
12	240	240	57600	0,603092784	0,924052737	0,853873461	221,7726569
13	240	240	57600	0,654639175	1,06316554	1,130320965	255,1597295
14	240	240	57600	0,706185567	1,224806891	1,500151921	293,9536539
15	240	240	57600	0,757731959	1,417710557	2,009903224	340,2505338
16	300	300	90000	0,809278351	1,656940246	2,74545098	497,0820739
17	300	300	90000	0,860824742	1,972021293	3,88886798	591,6063879
18	540	540	291600	0,912371134	2,434644815	5,927495375	1314,7082
19	1560	1560	2433600	0,963917526	3,32194801	11,03533858	5182,238896
Total	5520	5520	3470400	10	18	31	9501

2. Distribusi Normal

Berikut ini adalah contoh perhitungan distribusi Normal.

$$\begin{aligned} X_i &= dt_i \\ &= 120 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} X_{i2} &= 120^2 \\ &= 14400 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} F(dt_i) &= \frac{(i-0,3)}{(n+0,4)} \\ &= \frac{(i-0,3)}{(19+0,4)} = 0,036082474 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} Y_i &= z_i = \Phi^{-1} [F(dt_i)] \\ &= z_i = \Phi^{-1} [0,036082474] = -1,798076104 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} Y_{i2} &= -1,798076104^2 \\ &= 3,233077675 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} X_i Y_i &= 120 * -1,798076104 \\ &= -215,7691325 \end{aligned}$$

Tabel dibawah ini adanya perhitungan nilai r pada distribusi Normal.

$$r \text{ normal} = \frac{[n \sum_{i=1}^n X_i Y_i - (\sum_{i=1}^n X_i) (\sum_{i=1}^n Y_i)]}{\sqrt{[n \sum_{i=1}^n X_i^2 - (\sum_{i=1}^n X_i)^2] - [\sum_{i=1}^n Y_i^2 - (\sum_{i=1}^n Y_i)^2]}}$$

$$\begin{aligned} r \text{ (index of fit)} &= \frac{(19 * (-215,7691325)) - (120 * (-1,798076104))}{\sqrt{((19 * 14400) - 120^2) * ((19 * 3,233077675) - (-1,798076104)^2)}} \\ &= 0,66320649 \end{aligned}$$

Tabel 4. 16 Time to Repair Distribusi Normal

No	dti	Xi = dti	Xi2	F(dti)	Yi	Yi2	XiYi
1	120	120	14400	0,036082474	-1,798076104	3,233077675	-215,7691325
2	120	120	14400	0,087628866	-1,355501811	1,83738516	-162,6602173
3	120	120	14400	0,139175258	-1,084032215	1,175125843	-130,0838658
4	120	120	14400	0,190721649	-0,875240063	0,766045167	-105,0288075
5	180	180	32400	0,242268041	-0,69902552	0,488636677	-125,8245936
6	180	180	32400	0,293814433	-0,542275304	0,294062505	-97,60955467
7	180	180	32400	0,345360825	-0,397875922	0,158305249	-71,61766594
8	180	180	32400	0,396907216	-0,261360606	0,068309367	-47,04490916
9	180	180	32400	0,448453608	-0,129569271	0,016788196	-23,32246877
10	240	240	57600	0,5	0	0	0
11	240	240	57600	0,551546392	0,129569271	0,016788196	31,09662503
12	240	240	57600	0,603092784	0,261360606	0,068309367	62,72654554
13	240	240	57600	0,654639175	0,397875922	0,158305249	95,49022125

14	240	240	57600	0,706185567	0,542275304	0,294062505	130,1460729
15	240	240	57600	0,757731959	0,69902552	0,488636677	167,7661248
16	300	300	90000	0,809278351	0,875240063	0,766045167	262,5720188
17	300	300	90000	0,860824742	1,084032215	1,175125843	325,2096645
18	540	540	291600	0,912371134	1,355501811	1,83738516	731,970978
18	1560	1560	2433600	0,963917526	1,798076104	3,233077675	2804,998722
total	5520	5520	3470400	10	0	16	3633

3. Distribusi Log Normal

Berikut ini adalah contoh perhitungan distribusi Log Normal.

$$\begin{aligned} X_i &= \ln dt_i \\ &= \ln (120) = 4,787491743 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} X_i^2 &= 4,787491743^2 \\ &= 22,92007719 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} F(dt_i) &= \frac{(i-0,3)}{(n+0,4)} \\ &= \frac{(i-0,3)}{(19+0,4)} = 0,036082474 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} Y_i &= z_i = \Phi^{-1} [F(dt_i)] \\ &= z_i = \Phi^{-1} [0,036082474] = -1,798076104 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} Y_i^2 &= -1,798076104^2 \\ &= 3,233077675 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} X_i Y_i &= 4,787491743 * -1,798076104 \\ &= -8,6082745 \end{aligned}$$

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

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

$$r \text{ (index of fit)} = \frac{(19 * (-8,6082745)) - (4,787491743 * (-1,798076104))}{\sqrt{((19 * 22,92007719) - (4,787491743^2)) * ((19 * 3,233077675) - (-1,798076104)^2)}}$$

$$= 0,881029499$$

Tabel 4. 17 *Time to Repair* Distribusi Log Normal

No	dti	Xi = dti	Xi2	F(dti)	Yi	Yi2	XiYi
1	120	4,787491743	22,92007719	0,036082474	-1,798076104	3,233077675	-8,6082745
2	120	4,787491743	22,92007719	0,087628866	-1,355501811	1,83738516	-6,489453728
3	120	4,787491743	22,92007719	0,139175258	-1,084032215	1,175125843	-5,189795278
4	120	4,787491743	22,92007719	0,190721649	-0,875240063	0,766045167	-4,190204573
5	180	5,192956851	26,96680086	0,242268041	-0,69902552	0,488636677	-3,630009362
6	180	5,192956851	26,96680086	0,293814433	-0,542275304	0,294062505	-2,816012254
7	180	5,192956851	26,96680086	0,345360825	-0,397875922	0,158305249	-2,066152494
8	180	5,192956851	26,96680086	0,396907216	-0,261360606	0,068309367	-1,357234352
9	180	5,192956851	26,96680086	0,448453608	-0,129569271	0,016788196	-0,672847633
10	240	5,480638923	30,03740301	0,5	0	0	0
11	240	5,480638923	30,03740301	0,551546392	0,129569271	0,016788196	0,71012239
12	240	5,480638923	30,03740301	0,603092784	0,261360606	0,068309367	1,432423113
13	240	5,480638923	30,03740301	0,654639175	0,397875922	0,158305249	2,180614264
14	240	5,480638923	30,03740301	0,706185567	0,542275304	0,294062505	2,972015137
15	240	5,480638923	30,03740301	0,757731959	0,69902552	0,488636677	3,831106473
16	300	5,703782475	32,53313452	0,809278351	0,875240063	0,766045167	4,99217893
17	300	5,703782475	32,53313452	0,860824742	1,084032215	1,175125843	6,18308395
18	540	6,29156914	39,58384224	0,912371134	1,355501811	1,83738516	8,528233363
19	1560	7,3524411	54,05839013	0,963917526	1,798076104	13,22024865	13,22024865
total	5520	103,05016	565,4472325	9,5	0	16,07547168	9,030042093

4. Distribusi Weibull

Berikut ini adalah contoh perhitungan distribusi *Weibull*.

$$\begin{aligned} X_i &= \ln dti \\ &= \ln (120) = 4,787491743 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} X_{i2} &= 4,787491743^2 \\ &= 22,92007719 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} F(dti) &= \frac{(i-0,3)}{(n+0,4)} \\ &= \frac{(i-0,3)}{(19+0,4)} = 0,036082474 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} Y_i &= \ln \left| \ln \left[\frac{1}{\{1-F(ti)\}} \right] \right| \\ &= \ln \left| \ln \left[\frac{1}{\{1-0,036082474\}} \right] \right| = -3,30362951 \end{aligned}$$

$$Y_{i2} = -3,30362951^2$$

$$= 10,91396794$$

$$XiYi = 4,787491743 * -3,30362951$$

$$= -15,816099$$

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

$$r_{weibull} = \frac{[n \sum_{i=1}^n XiYi - (\sum_{i=1}^n Xi) (\sum_{i=1}^n Yi)]}{\sqrt{[n \sum_{i=1}^n xi^2 - (\sum_{i=1}^n xi)^2] - [n \sum_{i=1}^n yi^2 - (\sum_{i=1}^n yi)^2]}}$$

$$r \text{ (index of fit)} = \frac{(19 * (-15,816099)) - (4,787491743 * (-3,30362951))}{\sqrt{((19 * 22,92007719) - (4,787491743)^2) * ((19 * 10,91396794) - (-3,30362951)^2)}}$$

$$= 0,808851795$$

Tabel 4. 18 *Time to Repair* Distribusi *Weibull*

No	dti	Xi = dti	Xi2	F(dti)	Yi	Yi2	XiYi
1	120	4,787491743	22,92007719	0,036082474	-3,30362951	10,91396794	-15,816099
2	120	4,787491743	22,92007719	0,087628866	-2,389141012	5,707994775	-11,43799287
3	120	4,787491743	22,92007719	0,139175258	-1,89802475	3,602497951	-9,086777817
4	120	4,787491743	22,92007719	0,190721649	-1,552999198	2,41180651	-7,434970838
5	180	5,192956851	26,96680086	0,242268041	-1,28220259	1,644043481	-6,658422723
6	180	5,192956851	26,96680086	0,293814433	-1,05590564	1,11493672	-5,483272425
7	180	5,192956851	26,96680086	0,345360825	-0,858797897	0,737533828	-4,459700423
8	180	5,192956851	26,96680086	0,396907216	-0,681842867	0,464909696	-3,540780589
9	180	5,192956851	26,96680086	0,448453608	-0,51914459	0,269511105	-2,695895453
10	240	5,480638923	30,03740301	0,5	-0,366512921	0,134331721	-2,008724978
11	240	5,480638923	30,03740301	0,551546392	-0,220708967	0,048712448	-1,209626154
12	240	5,480638923	30,03740301	0,603092784	-0,078986134	0,006238809	-0,432894481
13	240	5,480638923	30,03740301	0,654639175	0,061250816	0,003751662	0,335693606
14	240	5,480638923	30,03740301	0,706185567	0,202783192	0,041121023	1,111381454
15	240	5,480638923	30,03740301	0,757731959	0,349043287	0,121831216	1,912980224
16	300	5,703782475	32,53313452	0,809278351	0,504972676	0,254997404	2,880254302
17	300	5,703782475	32,53313452	0,860824742	0,679059054	0,461121199	3,87320513
18	540	6,29156914	39,58384224	0,912371134	0,889800879	0,791745605	5,598243753
19	1560	7,3524411	54,05839013	0,963917526	1,200551361	1,44132357	8,826983169
total	5520	103,05016	565,4472325	9,5	-10,320043481	30,17237666	-45,72641611

Tabel 4. 19 *Index of fit time to repair*

No	Distribusi	Index Of Fit
1	Ekspensial	0,828851481
2	Normal	0,66320649
3	Log Normal	0,881029499

No	Distribusi	Index Of Fit
4	weibull	0,808851795
No	Distribusi	Index Of Fit
1	Eksponensial	83%
2	Normal	66%
3	Log Normal	88%
4	weibull	81%

Dari tabel diatas maka didapat nilai terbesar dari hasil *Index Of Fit* yaitu distribusi Log Normal dengan nilai *Index Of Fit* sebesar 88% . Maka dari itu distribusi yang dipilih yaitu distribusi Log Normal.

4.2.10 Uji Goodness of fit Distribusi Waktu Kerusakan (Time To Failure)

Uji *Goodness Of Fit* atau uji kecocokan yang dipergunakan untuk menguji hipotesis yang diberikan pada distibusi 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. 20 Perhitungan *Kolmogrov Smirnov*

No	ln(ti)	$[\ln(ti) - \bar{x}]^2$	Zti	Fti	D1	D2
1	9,918868655	2,977555406	-3,763717702	8,37029E-05	8,37029E-05	0,055471853
2	11,00658975	0,406837768	-1,391226198	0,082078423	0,026522867	0,029032688
3	11,27783584	0,134389884	-0,79959562	0,211972563	0,100861452	-0,045305896
4	11,36361306	0,078857087	-0,612501956	0,270102852	0,103436185	-0,04788063
5	11,36396131	0,07866162	-0,611742368	0,270354113	0,048131891	0,007423665
6	11,45635511	0,035371449	-0,410216893	0,340823425	0,063045647	-0,007490092
7	11,4601574	0,033955692	-0,401923507	0,343870161	0,010536828	0,045018728
8	11,58794017	0,003190887	-0,123209104	0,450970758	0,062081869	-0,006526314
9	11,63629288	6,61819E-05	-0,017744206	0,492921457	0,048477013	0,007078543
10	11,66594694	0,00046306	0,046935976	0,518717873	0,018717873	0,036837683
11	11,69098796	0,002167821	0,101554415	0,540444818	-0,01511074	0,070666293
12	11,75845654	0,013002484	0,248714024	0,598209	-0,01290211	0,068457667
13	11,78234173	0,019020168	0,300811403	0,618220844	-0,04844582	0,104001378
14	11,79101164	0,021486735	0,319721858	0,625410406	-0,09681182	0,152367372
15	11,82375017	0,032156404	0,391129752	0,652149335	-0,12562844	0,181183998
16	12,39001788	0,555904123	1,626249078	0,94805166	0,114718327	-0,059162771
17	12,48188455	0,701333295	1,826624778	0,966121897	0,077233008	-0,021677453
18	13,14369425	2,247798977	3,270136271	0,999462522	0,055018077	0,000537478
TOTAL	147,9693473	3,7835399507		Dn Max	0,11471833	0,181183998

Berdasarkan Tabel 4.20 diketahui bahwa Dhitung dapat diperoleh dari nilai terbesar antara D1 dan D2, maka Dhitung = 0,181184

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 H0 diterima.

Sehingga keputusannya $D_n < D_{crit}$, $D_n = 0,181184 < D_{crit} = 0.30936$, yaitu H0 diterima.

4.2.11 Uji Goodness of fit Distribusi 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-Smimov Test*.

Tabel 4. 21 Data antar perbaikan komponen kontaktor hidrolis

No	ln(ti)	$[\ln(ti) - \bar{x}]^2$	Zti	Fti	D1	D2
1	4,787491743	0,404751568	-2,011094767	0,022157724	0,022157724	0,030473855
2	4,787491743	0,404751568	-2,011094767	0,022157724	-0,03047386	0,083105434
3	4,787491743	0,404751568	-2,011094767	0,022157724	-0,08310543	0,135737013
4	4,787491743	0,404751568	-2,011094767	0,022157724	-0,13573701	0,188368592
5	5,192956851	0,053238999	-0,729378921	0,232884954	0,022358638	0,030272941
6	5,192956851	0,053238999	-0,729378921	0,232884954	-0,03027294	0,08290452
7	5,192956851	0,053238999	-0,729378921	0,232884954	-0,08290452	0,135536099
8	5,192956851	0,053238999	-0,729378921	0,232884954	-0,1355361	0,188167678
9	5,192956851	0,053238999	-0,729378921	0,232884954	-0,18816768	0,240799257
10	5,480638923	0,00324288	0,180012943	0,571428797	0,097744586	-0,045113007
11	5,480638923	0,00324288	0,180012943	0,571428797	0,045113007	0,007518572
12	5,480638923	0,00324288	0,180012943	0,571428797	-0,00751857	0,060150151
13	5,480638923	0,00324288	0,180012943	0,571428797	-0,06015015	0,11278173
14	5,480638923	0,00324288	0,180012943	0,571428797	-0,11278173	0,165413309
15	5,480638923	0,00324288	0,180012943	0,571428797	-0,16541331	0,218044888
16	5,703782475	0,078450322	0,885392074	0,812027397	0,022553713	0,030077866
17	5,703782475	0,078450322	0,885392074	0,812027397	-0,03007787	0,082709445
18	6,29156914	0,753209637	2,743444635	0,996960085	0,102223243	-0,049591664
19	7,3524411	3,720070665	6,096967231	0,999999999	0,052631578	5,40498E-10
TOTAL	103,05016	1,901415671		Dn Max	0,097744586	0,240799257

Berdasarkan Tabel 4.21 diketahui bahwa Dhitung dapat diperoleh dari nilai terbesar antara D1 dan D2, maka $D_{hitung} = 0,240799257$

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

H_0 = Data *Time Failure* berdistribusi Log Normal

H_1 = Data *Time Failure* tidak berdistribusi Log Normal

α = 0,05

D_{tabel} = Dapat dilihat dari tabel D *Kolmogorov-Smirnov*, dengan nilai D_{crit} 19;0,05
= 0,30142

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

Sehingga keputusannya $D_n < D_{crit}$, $D_n = 0,240799257 < D_{crit} = 0,30142$, yaitu H_0 diterima.

4.2.12 Perhitungan Distribusi Waktu Kerusakan (*Time to Failure*)

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

a. T_{med} (parameter lokasi)

$$N = 18$$

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

$$\mu = \frac{147,9693473}{18}$$

$$\mu = 11,6444281$$

$$\begin{aligned} T_{med} &= e^{\mu} \\ &= e^{11,6444281} \\ &= 114054,0915 \end{aligned}$$

b. S (parameter bentuk)

$$S = \sqrt{\frac{\sum_{i=1}^n \ln^2(t_i)}{n}}$$

$$S = \sqrt{\frac{147,9693473}{18}}$$

$$S = 0,45847207$$

4.2.13 Perhitungan Distribusi 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)

$$N = 19$$

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

$$\mu = \frac{103,05016}{19}$$

$$\mu = 5,423692629$$

$$\begin{aligned} \text{Tmed} &= e^{\mu} \\ &= e^{5,423692629} \\ &= 226,7147522 \end{aligned}$$

b. S (parameter bentuk)

$$S = \sqrt{\frac{\sum_{i=1}^n \ln^2(ti)}{n}}$$

$$S = \sqrt{\frac{103,05016}{19}}$$

$$S = 0,316345553$$

4.2.14 Penentuan Nilai Tengah 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:

$$\begin{aligned} \text{MTTF} &= tmed \cdot e^{\frac{s^2}{2}} \\ &= 114054,091 * e^{\frac{0,210196}{2}} = 126693,5454 \end{aligned}$$

4.2.15 Penentuan Nilai Tengah 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:

$$\begin{aligned} \text{MTTR} &= \theta \cdot r \left(1 + \frac{1}{\beta}\right) \\ &= 2,30441 \cdot r(2,47) \frac{1}{0,046769189} \end{aligned}$$

= 238,3475455 menit

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

4.2.16 Perhitungan Interval Penggantian Pencegahan dengan Minimasi Downtime

Perhitungan interval waktu penggantian pencegahan dengan minimasi *downtime* menggunakan metode *Age Replacement* yang dimana nilai interval waktu antar kerusakan (tp) 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 = 126693,5454
 - Tmed = 114054,0915
 - S = 0,45847307
2. Waktu untuk melakukan penggantian kerusakan komponen
 - Tf = 238,3475355 menit
3. Waktu untuk melakukan penggantian *preventive*
 - Tp = 238,3475355 menit

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

Tabel 4. 22 Interval waktu penggantian pencegahan dengan minimasi downtime

Interval Penggantian Komponen Dengan Model ARP					
tp	R(tp)	F(tp)	tp + Tp	MTTF/F(tp) + Tf	D(tp)
1	1	1,315E-142	239,3475455	9,6314E+146	0,0018777445306858
1000	1	2,5398E-25	1238,347545	4,98825E+29	0,0018630815194306
2000	1	5,7451E-19	2238,347545	2,20524E+23	0,0018486313979218
20000	0,99992685	7,315E-05	20238,34755	1731962488	0,0016221795960880
30000	0,998209456	0,00179054	30238,34755	70757233,18	0,0015193161384243
40000	0,988855391	0,01114461	40238,34755	11368384,67	0,0014316362338910
50000	0,963966253	0,03603375	50238,34755	3516207,591	0,0013609733664560
60000	0,919395863	0,08060414	60238,34755	1572037,882	0,0013089140372911
70000	0,85651506	0,14348494	70238,34755	883212,8623	0,0012753500113055
80000	0,780398376	0,21960162	80238,34755	577162,7932	0,0012586755867261
90000	0,697294842	0,30270516	90238,34755	418776,1289	0,0012565212708862

Interval Penggantian Komponen Dengan Model ARP

tp	R(tp)	F(tp)	tp + Tp	MTTF/F(tp) + Tf	D(tp)
100000	0,612877997	0,387122	100238,3475	327508,6768	0,0012663262921340
110000	0,531460409	0,46853959	110238,3475	270639,2867	0,0012856372113436
120000	0,45586999	0,54413001	120238,3475	233075,249	0,0013122242429618
130000	0,387657409	0,61234259	130238,3475	207138,1244	0,0013441104106179
136089	0,350018106	0,64998189	136327,3475	195156,9239	0,0013653759532171
140000	0,327411872	0,67258813	140238,3475	188605,5521	0,0013795691340273
140100	0,326849841	0,67315016	140338,3475	188448,279	0,0013799365388235
150000	0,275068308	0,72493169	150238,3475	175004,5315	0,0014171146564187
160000	0,230158753	0,76984125	160238,3475	164809,3496	0,0014554927019127
170000	0,191998313	0,80800169	170238,3475	157036,9625	0,0014936714067803
180000	0,159812806	0,84018719	180238,3475	151030,3929	0,0015308304683866
190000	0,132820571	0,86717943	190238,3475	146336,7687	0,0015663467778581
200000	0,11028093	0,88971907	200238,3475	142635,5937	0,0015997759499852
210000	0,091519751	0,90848025	210238,3475	139694,9241	0,0016308303005240
220000	0,075940062	0,92405994	220238,3475	137343,6804	0,0016593545786603
230000	0,063023424	0,93697658	230238,3475	135453,6225	0,0016853010594819
240000	0,052325966	0,94767403	240238,3475	133927,2963	0,0017087055156952
250000	0,043471671	0,95652833	250238,3475	132689,7779	0,0017296652617149
260000	0,03614453	0,96385547	260238,3475	131682,8943	0,0017483200391449
270000	0,030080558	0,96991944	270238,3475	130861,0982	0,0017648360988820
272178	0,028905057	0,97109494	272416,3475	130702,9806	0,0017681671814294
280000	0,025060226	0,97493977	280238,3475	130188,4724	0,0017793934957472
290000	0,020901588	0,97909841	290238,3475	129636,5202	0,0017921763716732
300000	0,01745422	0,98254578	300238,3475	129182,5127	0,0018033658609138
310000	0,014593976	0,98540602	310238,3475	128808,2388	0,0018131351884482
320000	0,012218519	0,98778148	320238,3475	128499,0488	0,0018216465285851
330000	0,010243549	0,98975645	330238,3475	128243,1161	0,0018290492234678
340000	0,008599646	0,99140035	340238,3475	128030,8634	0,0018354790134456
350000	0,007229647	0,99277035	350238,3475	127854,5128	0,0018410579905943
360000	0,006086468	0,99391353	360238,3475	127707,7313	0,0018458950449304
370000	0,005131313	0,99486869	370238,3475	127585,3502	0,0018500866254770
380000	0,004332192	0,99566781	380238,3475	127483,1418	0,0018537176832162
390000	0,00366271	0,99633729	390238,3475	127397,6405	0,0018568626996428
400000	0,003101067	0,99689893	400238,3475	127326,0003	0,0018595867336028
410000	0,002629243	0,99737076	410238,3475	127265,8792	0,0018619464413250
420000	0,002232325	0,99776767	420238,3475	127215,3469	0,0018639910411473
430000	0,001897958	0,99810204	430238,3475	127172,8092	0,0018657632065137
440000	0,001615893	0,99838411	440238,3475	127136,9475	0,0018672998793697
450000	0,001377622	0,99862238	450238,3475	127106,6695	0,0018686330019408
460000	0,001176068	0,99882393	460238,3475	127081,0686	0,0018697901687467
470000	0,00100534	0,99899466	470238,3475	127059,3912	0,0018707952031135
480000	0,000860528	0,99913947	480238,3475	127041,0102	0,0018716686638152
				Min D(tp)	0,0012565212708862

Beikut ini adalah contoh perhitungan interval waktu penggantian pencegahan pada mesin *Bandsaw* di komponen Kontaktor Hidrolik dengan distribusi Log Normal untuk $t_p=412,357546$ menit sebagai berikut:

$$\begin{aligned}
 \text{a. } F(t_p) &= \phi\left(\frac{1}{s} \ln \frac{t}{t_{med}}\right) \\
 &= 0,971094943 \\
 \text{b. } R(t_p) &= 1 - F(t_p) \\
 &= 1 - 0,971094943 \\
 &= 0,028905057 \\
 \text{c. } (t_p + T_f) \times R(t_p) &= 272416,3475 \times 0,971094943 \\
 &= 264.542 \\
 \text{d. Ekspektasi panjang siklus kerusakan :} \\
 &= (M(t_p) + t_f) \times (1 - R(t_p)) \\
 &= \left(\frac{MTTF}{1-R(t_p)} + T_f\right) \times (1 - R(t_p)) \\
 &= (130702,9806) \times (1 - 0,028905057) \\
 &= 126,925 \text{ menit} \\
 \text{e. } D(t_p) &= \frac{T_p \cdot R(t_p) + T_f \cdot (1 - R(t_p))}{(t_p + t_p) \cdot R(t) + (M(t_p) + T_f) \cdot (1 - R(t_p))} \\
 &= 0,00176816718142
 \end{aligned}$$

Berdasarkan perhitungan diatas didapat nilai $D(t_p)$ yang paling minimum adalah pada $t_p=90000$ menit. Sehingga waktu interval penggantian komponen *chain* dengan kriteria minimasi *downtime* pada menit ke 90000 atau 2,08 bulan.

4.2.17 Perhitungan Interval Waktu Pemeriksaan

Berikut ini adalah perhitungan interval waktu pemeriksaan pada komponen *chain*:

1. Waktu yang dibutuhkan perusahaan untuk pemeriksaan Kontaktor Hidrolik 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 Kontaktor Hidrolik selama 5 tahun = 19 kali

$$\begin{aligned} \text{d. } K &= \frac{19}{60 \text{ bulan}} \\ &= 0,31 \end{aligned}$$

3. Waktu rata-rata yang dibutuhkan untuk perbaikan

$$\text{a. } \text{MTTR} = 238,3475455 \text{ menit} = 3,9 \text{ jam}$$

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

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

$$1/\mu = 3,9/720$$

$$1/\mu = 0,00541667$$

$$\mu = 184,61527$$

4. Waktu rata-rata melakukan pemeriksaan

$$\text{a. } \text{Waktu untuk melakukan pemeriksaan (} t_i \text{)} = 1 \text{ jam (60 menit)}$$

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

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

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

5. Perhitungan frekuensi pemeriksaan

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

$$= \sqrt{\frac{0,3 \cdot 720}{184,61527}}$$

$$= 1,081 \text{ kali pemeriksaan per bulan}$$

$$6. \quad \text{Interval waktu pemeriksaan} = t/n$$

$$= 720/1,081$$

$$= 666,049 \text{ jam} = 27 \text{ hari.}$$

BAB V

PEMBAHASAN

5.1 Proses *Reliability Centered Maintenance* (RCM)

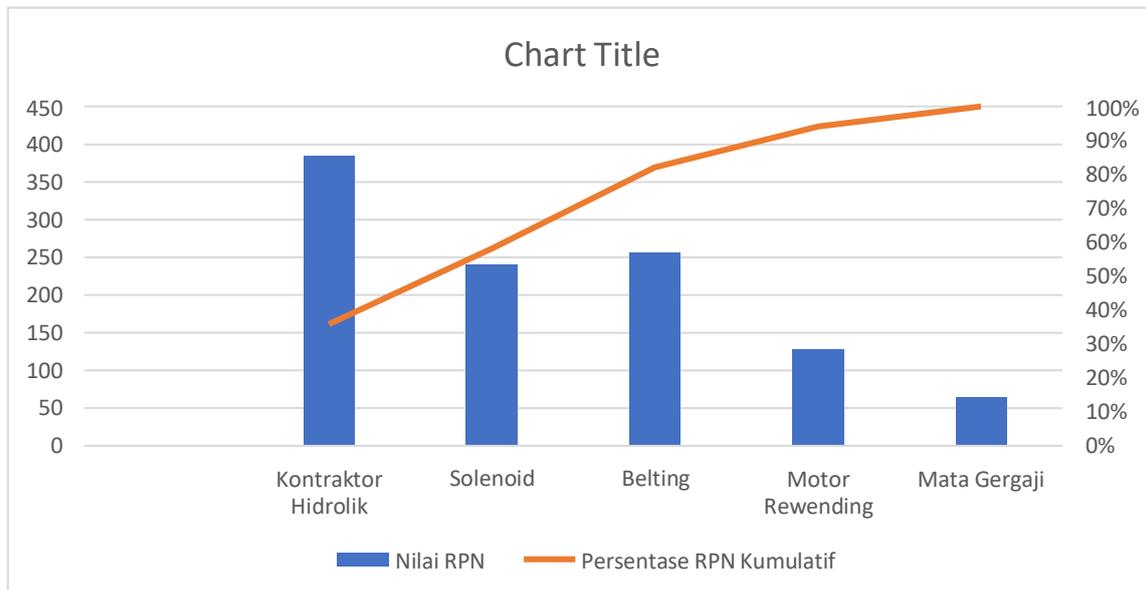
5.1.1 *Failure Mode and Effect Analysis* (FMEA)

Hasil dari Perhitungan FMEA menyatakan bahwa RPN tertinggi adalah Kontaktor Hidrolik dengan RPN 384 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 6 pada *Detection* dengan pengertian tinggi dan kriteria pendeteksian yang tinggi karena memiliki pendeteksian yang tinggi karna dapat bunyi *warning* pada peringatan mesin.

Tabel 5.1 1 Presentase Nilai Kritis

No	Jenis Komponen	Nilai RPN	RPN Kumulatif	Presentase RPN	Presentase RPN Kumulatif
1	Kontaktor Hidrolik	384	384	36%	36%
2	Solenoid	240	624	22%	58%
3	Belting	256	880	14%	82%
4	Motor Rewending	128	1008	12%	94%
5	Mata Gergaji	64	1072	6%	100%
Total		1072		100%	

Tabel 5.1 2 Diagram Pareto Kritis



Pada diagram pareto diatas terlihat pada komponen Kontaktor Hidrolik mengalami nilai kerusakan tertinggi sedangkan pada komponen Mata Gergaji memiliki nilai kerusakan terendah. Secara detail bahwa pada diagram pareto diatas didapatkan presentase frekuensi kerusakan pada komponen Kontaktor Hidrolik sebesar 36%, Solenoid sebesar 22%, Belting sebesar 24%, Motor Rewending sebesar 12% dan Mata Gergaji sebesar 6%. Tabel dan diagram pareto ini digunakan untuk melihat dan mengidentifikasi masalah yang paling dominan menyebabkan kerusakan pada mesin *Bandsaw*.

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 *Bandsaw*. 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. Hi-Test Laboratory of Mechanical Testing sudah memenuhi standar keselamatan.

2. Kategori B (*Outage Problem*)

Mode kegagalan dalam menyebabkan sistem kerja komponen yang terhenti sebagian dan berpengaruh terhadap *operational*. Dan dalam hal ini tidak ada komponen pada PT. Hi-Test Laboratory of Mechanical Testing yang dapat menyebabkan operasional terhenti.

3. Kategori C (*Economic Problem*)

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

4. Kategori D (*Hidden Failure*)

Mode kegagalan memiliki implikasi langsung, tetapi jika PT. Hi-Test Laboratory of Mechanical Testing tidak mengatasi risiko ini, maka dapat menjadi parah dan bahkan dapat memicu kegagalan lain. Pada Kategori D, terdapat 5 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 Kontaktor Hidrolik
- b. Solenoid
- c. Motor Rewinding
- d. Mata Gergaji
- e. *Belting*

Dalam komponen mesin *Bandsaw* 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 Kontaktor Hidrolik dalam Mesin *Bandsaw*.
2. Fungsi Kontaktor Hidrolik dalam Mesin *Bandsaw* untuk untuk menyambung dan memutus arus listrik hidrolik secara elektrik.
3. Mode kegagalan pada Kontaktor Hidrolik yaitu terjadi kebocoran dan gagal fungsi hidrolik pada mesin *Bandsaw*.
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 *Bandsaw*:

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 *Solenoid*
- b. Komponen *Motor Rewinding*

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 Kontakor Hidrolik
- b. Komponen *Belting*
- c. Komponen Mata Gergaji

3. Mode kegagalan yaitu Komponen Kontakor Hidrolik

5.1.4 *Penentuan Komponen Kritis*

Terdapat 3 kategori kritis dan 2 kategori tidak kritis dari 5 kejadian risiko kerusakan mesin *Bandsaw* yang ada pada PT. Hi-Test Laboratory of Mechanical Testing. 3 kategori yang termasuk pada kategori kritis ini dikarenakan nilai *Risk Priority Number* (RPN) pada ketiga kejadian risiko kerusakan mesin *Bandsaw* ini melebihi rata-rata dari keseluruhan kejadian

risiko K3. Nilai rata-rata yang diperoleh untuk melakukan pengkategorian kritis atau tidak kritis yaitu sebesar 214,4.

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 Kontaktor Hidrolik pada Mesin *Bandsaw*.

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 Kontaktor Hidrolik 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-smimov 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 Kontaktor Hidrolik yang telah di uji mendapat MTTF sebesar 126693,5454 menit atau 2.111 jam. sehingga komponen Kontaktor Hidrolik mengalami kerusakan setelah beroperasi selama

88 hari dimana data yang telah didapatkan berbeda dengan hasil wawancara dengan kepala bagian maintenance dimana komponen mengalami kerusakan selama 53 hari. Sehingga keefisienan komponen seharusnya dapat dilanjutkan penggunaannya selama 88 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 Kontaktor Hidrolik terdapat hasil MTTR yaitu 238,3475455 menit atau 3,9 jam. Sehingga komponen Kontaktor Hidrolik akan mengalami perbaikan selama 3,9 jam. Dimana pada rata-rata perbaikan komponen pada mesin *Bandsaw* selama 2,5 jam sehingga pada hasil studi perbaikan pada komponen normalnya dapat dilakukan selama 3,9 jam per satu kali perbaikan.

5.2.5 *Analisis Interval Penggantian pencegahan Kontaktor Hidrolik*

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.

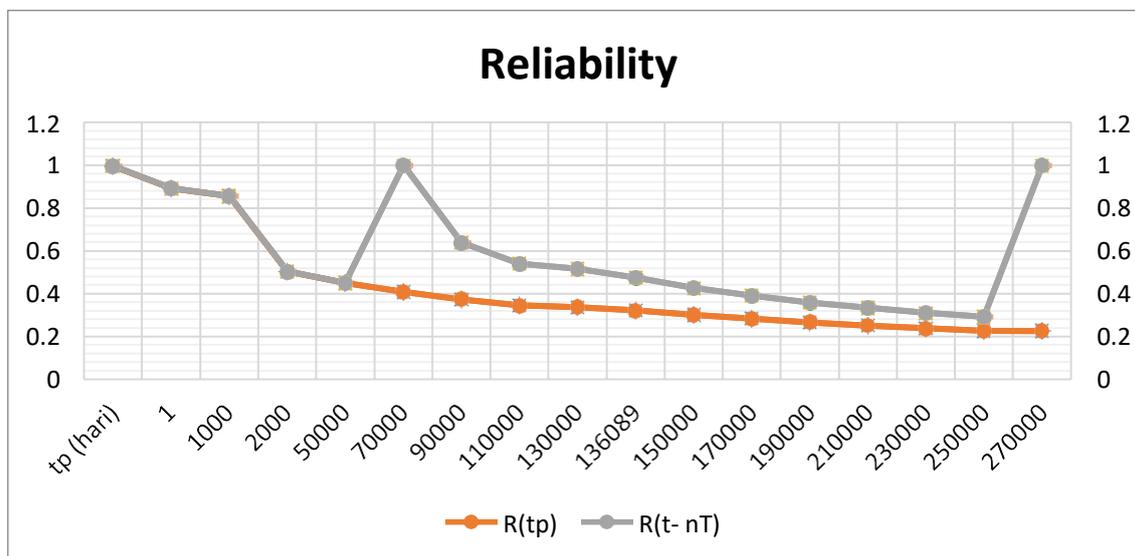
Dari pengolahan data diatas dengan komponen Kontaktor Hidrolik maka interval penggantian yang ditemukan yaitu selama 1500 jam atau 2 bulan. Dalam hal ini, komponen kritis yaitu Kontaktor Hidrolik harus diganti setelah 2 bulan pemakaian dalam interval pencegahan penggantian komponen kritis.

Perusahaan dapat merencanakan penggantian preventif komponen rantai sesuai jadwal. Sedangkan interval pemeriksaan komponen kritis diperoleh selama 27 hari sekali.

5.2.6 *Analisis perbandingan Reability sebelum dan sesudah*

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 di bawah ini adalah grafik tingkat kepercayaan kondisi sebelum dan sesudah proposisi pemeliharaan komponen Kontaktor Hidrolik.



Gambar 5. 1 Sebelum dan Sesudah perawatan preventif

Grafik di atas adalah grafik yang menunjukkan komponen sebelum dan sesudah dilakukan perawatan *preventif*. keandalan 1 menyatakan bahwa optimal karna kondisi komponen yang telah diganti. Dan adanya penurunan pada menit 50.000. kemudian terdapat kenaikan pada menit ke 70.000 dengan grafik berwarna abu-abu karena telah dilakukannya pergantian komponen kritis. Dimana apabila komponen tidak diganti seperti pada menit 70.000 maka grafik menyentuh pada nilai 0,4 dan menuju ke poin 0,2 dimana hal itu berarti mesin tidak dapat bekerja secara optimal. Sehingga pergantian yang telah dilakukan dapat diartikan dengan tepat dimana kehandalan kembali ke angka 1 dimana mesin dapat bekerja dengan kondisi 100%.

BAB VI

PENUTUP

6.1 Kesimpulan

Kesimpulan pada penelitian ini adalah sebagai berikut:

1. Komponen yang tergolong paling kritis dalam mesin *Bandsaw* adalah Kontaktor Hidrolik dengan menggunakan perhitungan *Failure Mode Effect and Analysis* (FMEA) dan juga melalui perhitungan *Risk Priority Number* (RPN) tertinggi dengan $8 \times 8 \times 6 = 384$ dan juga apabila komponen Kontaktor Hidrolik ini rusak maka dapat menjadikan seluruh mesin berhenti total.
2. Tindakan perawatan dengan metode *Task Selection* untuk mesin *Bandsaw* 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 Kontaktor Hidrolik
 - b. Komponen *Belting*
 - c. Komponen Mata Gergaji
 - B. *Finding failure* (FF)

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

 - a. Komponen *Solenoid*
 - b. Komponen *Motor Rewinding*
5. Dalam interval kerusakan dan juga perbaikan diketahui bahwa *Mean Time to Failure* (MTTF) sebesar 2.111 jam atau 88 Hari. Sedangkan *Mean Time to Repair* (MTTR) 238,3475455 atau 3,9 jam. Sedangkan waktu interval penggantian komponen kritis dari perhitungan yang telah dilakukan yaitu komponen Kontaktor Hidrolik dengan interval penggantian 2 bulan.

6.2 Saran

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

1. Berdasarkan hasil penelitian diatas, peneliti mengusulkan agar *Reliability Centered Maintenance* (RCM) lebih dapat diterapkan sebagai pendekatan pada sistem perawatan mesin di PT. Hi-Test Laboratory of Mechanical Testing berkat implementasi konsep *Reliability Centered Maintenance* (RCM), perusahaan dapat menentukan perawatan yang optimal untuk meningkatkan kehandalan mesinnya.
2. Hasil dari penelitian ini akan menyarankan kepada perusahaan dimana agar terjadinya efisiensi dan kemajuan kepada perusahaan maka disarankan untuk perusahaan mengganti komponen selama 2 bulan sekali dan pemeriksaan komponen selama 27 hari.

DAFTAR PUSTAKA

- Abdus Salam. (2018). Inklusi Keuangan Perbankan Syariah Berbasis Digital-Banking: Optimalisasi dan Tantangan. *Al-Amwal: Jurnal Ekonomi Dan Perbankan Syari'ah*, 10(1), 63. <https://doi.org/10.24235/amwal.v10i1.2813>
- Alrifayy, M., Hong, T. S., As'array, A., Supeni, E. E., & Ang, C. K. (2020). Optimization and selection of maintenance policies in an electrical gas turbine generator based on the hybrid reliability-centered maintenance (RCM) model. *Processes*, 8(6). <https://doi.org/10.3390/PR8060670>
- Avrilio, N. F., Endang Prasetyaningsih, & Nita P. A. Hidayat. (2021). Penerapan Planned Maintenance untuk Mereduksi Downtime Mesin MOJ-3 di Departemen Finishing PT. XYZ. *Jurnal Riset Teknik Industri*, 1(1), 68–76. <https://doi.org/10.29313/jrti.v1i1.232>
- Azis, A., Eldianson, R., & Tampubolon, M. T. (2022). Kesejahteraan Karyawan Mempengaruhi Produktivitas Kerja Perusahaan di Era Pandemi Covid-19. 3, 608.
- Edo Ardo Agustawan. (2021). *Usulan Preventive Maintenance Pada Mesin Hanger Shot Blast Kazo Dengan Menggunakan Metode Age Replacement Di PT Barata Indonesia*.
- Gantriana, O. D. (2022). *ANALISIS PEMELIHARAAN MESIN GUNA MENUNJANG KELANCARAN PROSES PRODUKSI PAVING BLOCK PADA CV. SAMUDRA KARYA Skripsi Dibuat oleh*.
- Khasanah, S. N., & Mahbubah, N. A. (2021). *APLIKASI TEKNOLOGI Deteksi Defect Proses Produksi Sarung Menggunakan ATBM Berbasis Failure Mode and Effect Analysis* (Vol. 5, Issue 3).
- Kim, S. G., & Seong, P. H. (2018). Enhanced reasoning with multilevel flow modeling based on time-to-detect and time-to-effect concepts. *Nuclear Engineering and Technology*, 50(4), 553–561. <https://doi.org/10.1016/j.net.2018.03.008>
- Nur Hidayah, S., & Pudji Widjajati, E. (2023). Penentuan Interval Perawatan Mesin Wood Pallet Secara Preventif Dengan Metode Modularity Design Dan Age Repalcement Pada PT Yale Woodpallet Indonesia. *JTMEI*, 2(2), 93–107. <https://doi.org/10.55606/jtmei.v2i2.1666>
- Patil, S. S., Bewoor, A. K., Kumar, R., Ahmadi, M. H., Sharifpur, M., & PraveenKumar, S. (2022). Development of Optimized Maintenance Program for a Steam Boiler System Using Reliability-Centered Maintenance Approach. *Sustainability (Switzerland)*, 14(16). <https://doi.org/10.3390/su141610073>
- Pramudya Raharja, I., Bagus Suardika, I., Galuh, H. W., & Studi Teknik Industri, P. (2021). *ANALISIS SISTEM PERAWATAN MESIN BUBUT MENGGUNAKAN METODE RCM (RELIABILITY CENTERED MAINTENANCE) DI CV. JAYA PERKASA TEKNIK*.
- Priambodo, B., Nursanti, E., Dimas, D., & Laksmana, I. (2021). Analisa Risiko Lift (Elevator) dengan Metode FMEA. In *Jurnal Teknologi dan Manajemen Industri* (Vol. 7, Issue 2).
- Rijal, M. I., Yhuto, A., Putra, W., & Raihan, R. A. (2022). *ANALISIS PERAWATAN MESIN CHAIN SCRAPER CONVEYOR DI PT. CEMINDO GEMILANG BAYAH*. 2022–2191.
- Samsul Huda, M., Yudha Tripariyanto, A., & Komari, A. (2021). Perencanaan Predictive Dan Preventive Maintenance Pada Pompa SWLP (Sea Water Lift Pump) Dengan Menggunakan Metode RCM (Reliability Centered Maintenance) Di Saka Indonesia Pangkah Limited. *Jurnal Ilmiah Mahasiswa Teknik Industri Universitas Kadiri*, 3(1), 37–51. <https://doi.org/10.30737/jurmatis.v3i1.1406.g1316>

- Sawal, A. (2021). *Bidang: Teknik dan Manajemen Industri Topik: Manajemen Industri dan Kerekayasaan PENENTUAN INTERVAL WAKTU PERAWATAN KOMPONEN KRITIS PADA PERALATAN KONDENSOR (STUDI KASUS PT. XYZ)*.
- Siska Ari Wulandari. (2018). *ANALISIS PROSES PERAWATAN MESIN GILING TEBU DENGAN METODE FAILURE MODE AND EFFECT ANALYSIS (FMEA) DAN LOGIC TREE ANALYSIS (LTA)*.
- Wibowo, T. J., Syarif Hidayatullah, T., Nalhadi, A., & Teknik, F. (2021a). Analisa Perawatan pada Mesin Bubut dengan Pendekatan Reliability Centered Maintenance (RCM). *Jurnal Rekayasa Industri (JRI)*, 3(2).
- Wibowo, T. J., Syarif Hidayatullah, T., Nalhadi, A., & Teknik, F. (2021b). Analisa Perawatan pada Mesin Bubut dengan Pendekatan Reliability Centered Maintenance (RCM). *Jurnal Rekayasa Industri (JRI)*, 3(2).
- Wicaksono, A., Yuamita Fakultas sains dan teknologi, F., Teknik Industri, J., Teknologi Yogyakarta Jl Siliwangi Jl Ring Road Utara, U., Lor, J., Mlati, K., & Sleman, K. (2022). Pengendalian Kualitas Produksi Sarden Menggunakan Metode Failure Mode And Effect Analysis (FMEA) Dan Fault Tree Analysis (FTA) Untuk Meminimalkan Cacat Kaleng Di PT XYZ. *Jurnal Teknologi Dan Manajemen Industri Terapan (JTMIT)*, 1(3), 145–154.

LAMPIRAN

Sumber : Dokumen Pribadi



Sumber : Dokumen Pribadi



Sumber : Dokumen Pribadi

