

**ANALISIS *MAINTENANCE* MENGGUNAKAN
METODE *FAILURE MODE AND EFFECTS ANALYSIS* (FMEA) DAN *REALIBILITY*
CENTERED MAINTENANCE (RCM)
(STUDI KASUS: PT. CHANDRA ASRI PETROCHEMICAL TBK)**

TUGAS AKHIR

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



Nama : Nabila Aulia Azizah
No. Mahasiswa : 21522229

**PROGRAM STUDI TEKNIK INDUSTRI PROGRAM SARJANA
FAKULTAS TEKNOLOGI INDUSTRI
UNIVERSITAS ISLAM INDONESIA
YOGYAKARTA
2025**

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, 4 – 06 - 2025



(Nabila Aulia Azizah)

21522229

SURAT BUKTI PENELITIAN



LEMBAR PENGESAHAN PEMBIMBING

**ANALISIS *MAINTENANCE* MENGGUNAKAN
METODE *FAILURE MODE AND EFFECTS ANALYSIS* (FMEA) DAN *REALIBILITY*
CENTERED MAINTENANCE (RCM)**

(STUDI KASUS: PT. CHANDRA ASRI PETROCHEMICAL TBK)



Disusun Oleh:

Nama : Nabila Aulia Azizah

No. Mahasiswa : 21522229

Yogyakarta, 5 Januari 2025

Menyetujui

Dosen Pembimbing


Haniati Worldailmi, S.T., M.Sc.

LEMBAR PENGESAHAN DOSEN PENGUJI
ANALISIS *MAINTENANCE* MENGGUNAKAN
METODE *FAILURE MODE AND EFFECTS ANALYSIS* (FMEA) DAN *REALIBILITY*
***CENTERED MAINTENANCE* (RCM)**
(STUDI KASUS: PT. CHANDRA ASRI PETROCHEMICAL TBK)

TUGAS AKHIR

Disusun Oleh :

Nama : Nabila Aulia Azizah
No. Mahasiswa : 21522229

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

Yogyakarta, 01 – 07 – 2025

Tim Penguji

Elanjati Worldailmi, S.T., M.Sc
 Ketua

Wahyudhi Sutrisno, S.T., M.M., M.T
 Anggota I

Atyanti Dyah Prabaswari, S.T., M.Sc.
 Anggota II


 030725



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

015220101

HALAMAN PERSEMBAHAN

Laporan Tugas Akhir ini khusus dipersembahkan untuk diri penulis sendiri sebagai wujud penghargaan atas kerja keras, ketekunan, dan proses pembelajaran yang telah dilalui selama masa studi. Selain itu, juga dipersembahkan untuk kedua orang tua tercinta yang senantiasa memberikan doa, cinta, dan dukungan tanpa henti dalam setiap langkah perjalanan akademik penulis.

MOTTO

“Janganlah kamu berputus asa dari rahmat Allah. Sesungguhnya tidak ada yang berputus asa dari rahmat Allah, kecuali orang-orang yang kafir”
(QS. Yusuf: 87).

“Keberhasilan adalah hasil dari kerja keras, ketekunan, dan belajar dari kegagalan.”
(Colin Powell)

KATA PENGANTAR

Bismillahirrahmanirrahim

Assalamu'alaikum Warahmatullahi Wabaraakaatuh

Alhamdulillahirabbil'alamiin, segala puji dan syukur penulis sampaikan kepada Allah SWT atas berkah rahmat serta nikmat-Nya sehingga penyusunan laporan Tugas Akhir (TA) ini dapat diselesaikan dengan baik. Laporan ini disusun sebagai salah satu syarat untuk memperoleh gelar sarjana di Fakultas Teknologi Industri. Selama penyusunan tugas akhir ini, penulis menyadari masih terdapat kekurangan dan keterbatasan. Penulis juga memahami bahwa tanpa adanya dukungan dan bimbingan dari berbagai pihak, proses ini tidak akan berjalan dengan lancar. Pada kesempatan ini, penulis ingin mengucapkan terima kasih yang sebesar-besarnya kepada:

1. Bapak Prof. Dr. Ir. Hari Purnomo, M.T., IPU., ASEAN.Eng. selaku Dekan Fakultas Teknologi Industri, Universitas Islam Indonesia.
2. Bapak Dr. Drs. Imam Djati Widodo, M.Eng.Sc. selaku Ketua Jurusan Teknik 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, Fakultas Teknologi Industri, Universitas Islam Indonesia.
4. Ibu Elanjati Worldailmi, S.T., M.Sc. selaku dosen pembimbing laporan Tugas Akhir yang telah memberikan bimbingan serta arahan dan ilmu sehingga penulis dapat menyelesaikan laporan Tugas Akhir ini.
5. Orang tua tercinta, yang telah memberikan kasih sayang, doa, dukungan, serta semangat tanpa henti dalam setiap langkah perjalanan akademik ini.
6. Adik penulis yang selalu memberikan motivasi, dorongan, serta kebersamaan yang menjadi sumber kekuatan dalam menyelesaikan tugas akhir ini.
7. Indrastata Maheswari Sasmito, rekan satu dosen pembimbing, yang selalu saling mendukung dan membantu dalam penyelesaian Tugas Akhir.
8. Kepala Laboratorium, Laboran, Asisten Angkatan 2020, 2021, dan 2022 Laboratorium Sistem Manufaktur Terintegrasi (SIMAN) yang telah memberikan semangat dan dukungannya.
9. Teman-teman seperjuangan MnM, Aman Aja, dan Kimpulan Gang yang telah memberikan dukungan, semangat, dan kebersamaan selama proses penyusunan Tugas Akhir ini.
10. Uti, Ica, Shalwa, Gita, Dyna, Griselda, dan Mba Mita yang telah menjadi sumber inspirasi, dukungan, dan tempat berbagi selama perjalanan akademik ini.
11. Penulis juga mengucapkan terima kasih kepada semua pihak yang terkait dan turut membantu dalam penyelesaian laporan ini.

Semoga kebaikan yang diberikan oleh semua pihak kepada penulis menjadi amal shaleh yang senantiasa mendapat balasan dan kebaikan yang berlipat dari *Allah Subhanhu Wa Ta'ala*. Aamiin.

ABSTRAK

Downtime yang terjadi pada plant UCC-1 dan UCC-2 PT. Chandra Asri Petrochemical Tbk berdampak pada penurunan produktivitas dan kerugian produksi. Penelitian ini bertujuan untuk menentukan prioritas perawatan berdasarkan tingkat risiko kegagalan serta merancang strategi pemeliharaan yang tepat untuk meningkatkan keandalan mesin. *Metode Failure Mode and Effect Analysis* (FMEA) digunakan untuk mengidentifikasi mode kegagalan melalui perhitungan *Risk Priority Number* (RPN), yang kemudian dianalisis menggunakan diagram Pareto. Tiga kejadian dengan nilai RPN tertinggi dipilih untuk dianalisis lebih lanjut menggunakan pendekatan *Reliability Centered Maintenance* (RCM), melalui tahapan *Logic Tree Analysis* (LTA), *Task Selection*, dan analisis akar masalah dengan diagram *Fishbone*. Evaluasi efektivitas strategi dilakukan dengan menghitung *Mean Time Between Failure* (MTBF) dan *Mean Time to Repair* (MTTR). Hasil penelitian menunjukkan bahwa metode FMEA berhasil mengidentifikasi komponen kritis, sedangkan pendekatan RCM mampu menyusun strategi perawatan preventif dan prediktif yang spesifik. Diagram *Fishbone* mengungkap faktor penyebab utama kerusakan, dan analisis MTBF serta MTTR menunjukkan peningkatan keandalan sistem setelah rekomendasi diterapkan.

Kata Kunci: FMEA, RCM, *Downtime*, RPN, *Fishbone*, LTA, MTBF, MTTR

DAFTAR ISI

PERNYATAAN KEASLIAN	ii
SURAT BUKTI PENELITIAN	iii
LEMBAR PENGESAHAN PEMBIMBING	iv
LEMBAR PENGESAHAN DOSEN PENGUJI	v
HALAMAN PERSEMBAHAN	vi
MOTTO	vii
KATA PENGANTAR	viii
ABSTRAK	ix
DAFTAR ISI	x
DAFTAR TABEL	xii
DAFTAR GAMBAR	ii
BAB I PENDAHULUAN	1
1.1 Latar Belakang Penelitian	1
1.2 Rumusan Masalah	4
1.3 Tujuan Penelitian	4
1.4 Manfaat Penelitian	5
1.5 Batasan Penelitian	5
BAB II TINJAUAN PUSTAKA	7
2.1 Kajian Literatur	7
2.2 Landasan Teori	23
2.2.1 <i>Failure Mode and Effect Analysis</i> (FMEA)	23
2.2.2 Manajemen Perawatan Mesin	27
2.2.3 <i>Reliability Centered Maintenance</i> (RCM)	29
2.2.3.1 Mekanisme Penerapan metode <i>Reliability Centered Maintenance</i> (RCM)	29
2.2.3.2 <i>Logic Tree Analysis</i> (LTA)	31
2.2.3.3 <i>Task Selection</i>	32
2.2.4 <i>Fishbone diagram</i>	32
2.2.5 <i>Pareto Diagram</i>	34
BAB III	35
METODE PENELITIAN	35
3.1 Objek Penelitian	35
3.2 Subjek Penelitian	35
3.3 Metode Pengumpulan Data	35
3.4 Diagram Alur Penelitian	36
BAB IV PENGUMPULAN DAN PENGOLAHAN DATA	40
4.1 Pengumpulan Data	40
4.1.1 Data <i>Uptime Loss Plant</i>	40
UCC1 OG 180 T <i>transfer OFF Tank (restart-up pelleter after normal shutdown for checking suction m/p)</i>	40
4.2 Pengolahan Data Metode <i>Failure Mode and Effects Analysis</i> (FMEA)	42
4.2.1 Perhitungan Nilai Kritis	42
4.3 <i>Pareto Diagram</i>	44
4.4 <i>Realibility Centered Maintenance</i> (RCM)	47
4.4.1 <i>Logic Tree Analysis</i> (LTA)	47
4.4.2 <i>Task Selection</i>	49

4.5	<i>Fishbone diagram</i>	52
4.6	<i>MTBF dan MTTR</i>	56
BAB V PEMBAHASAN		59
5.1	Analisis <i>Failure Mode and Effect Analysis</i> (FMEA)	59
5.2	Analisis Pareto Diagram.....	59
5.3	Analisis dengan <i>Logic Tree Analysis</i> (LTA)	60
5.4	Analisis <i>Task Selection</i>	60
5.5	Analisis <i>Fishbone diagram</i>	61
5.6	Analisis Perhitungan MTBF dan MTTR.....	62
BAB VI PENUTUP.....		64
6.1	Kesimpulan.....	64
6.2	Saran.....	65
6.2.1	Saran untuk Perusahaan.....	65
6.2.2	Saran untuk Peneliti.....	66
DAFTAR PUSTAKA		67
LAMPIRAN		A-1

DAFTAR TABEL

Tabel 1. 1 Kerugian Produksi	2
Tabel 2. 1 Kajian Literatur Penelitian Terdahulu	21
Tabel 2. 2 Kriteria <i>Severity</i>	23
Tabel 2. 3 Kriteria <i>Occurance</i>	25
Tabel 2. 4 Kriteria <i>Detection</i>	26
Tabel 4. 1 Data <i>Uptime Loss</i>	40
Tabel 4. 2 Keterangan Kategori.....	41
Tabel 4. 3 <i>Risk Priority Number</i>	42
Tabel 4. 4 Data RPN Menurun	44
Tabel 4. 5 Kategori LTA	47
Tabel 4. 6 LTA	48
Tabel 4. 7 <i>Task Selection</i> (TS).....	49
Tabel 4. 8 MTBF dan MTTR	56

DAFTAR GAMBAR

Gambar 2. 1 Struktur LTA.....	32
Gambar 2. 2 <i>Fishbone diagram</i>	33
Gambar 2. 3 <i>Pareto Diagram</i>	34
Gambar 3. 1 Diagram Alur Penelitian.....	37
Gambar 4. 1 <i>Pareto Chart</i> RPN	46
Gambar 4. 2 <i>Fishbone diagram</i> UCC-1 OG 180 T	53
Gambar 4. 3 <i>Fishbone diagram</i> UCC-2 OG 100 T	54
Gambar 4. 4 <i>Fishbone diagram</i> UCC-2 OG 209.850 T	55
Gambar 4. 5 Grafik MTBF dan MTTR.....	58

BAB I

PENDAHULUAN

1.1 Latar Belakang Penelitian

Seiring perkembangan industri sejak masa revolusi industri, berbagai pendekatan dan model perawatan mesin pun turut berkembang. Salah satu metode yang umum diterapkan hingga kini adalah Preventive Maintenance (Karina, 2016). *Preventive Maintenance* adalah perawatan rutin yang dilakukan untuk memastikan aset mesin dan peralatan dan mencegah kegagalan peralatan atau *Downtime* (Syaripudin et al., 2022). Pada pemeliharaannya terdapat beberapa pendekatan yang umum digunakan dalam industri untuk pemeliharaannya, salah satunya adalah perawatan berorientasi keandalan atau perawatan berpusat keandalan (RCM). RCM adalah pendekatan sistematis yang berfokus pada pemilihan dan penerapan strategi perawatan yang paling efisien untuk memastikan setiap aset fisik beroperasi sesuai fungsinya dalam konteks operasional tertentu. Dalam Centered Reliability Maintenance (RCM), dua metrik utama untuk menilai keandalan dan pemeliharaan peralatan adalah Rata-rata Waktu Antara Kerusakan (MTBF) dan Rata-rata Waktu untuk Perbaikan (MTTR).

Selain itu, Total Productive Maintenance (TPM) adalah pendekatan pemeliharaan kreatif yang mengoptimalkan kinerja peralatan, menghilangkan kerusakan, dan mendorong operator untuk melakukan pemeliharaan sendiri. Program pemeliharaan yang efektif seperti TPM bertujuan untuk menghindari perbaikan darurat dan meminimalkan perawatan tidak terjadwal, yang pada gilirannya dapat meningkatkan nilai OEE. Oleh karena itu, perawatan yang baik meningkatkan OEE langsung. Overall Equipment Effectiveness (OEE) mengukur kinerja peralatan produksi berdasarkan tiga indikator utama dimana seberapa sering mesin tersedia, seefisien apa operasinya, dan kualitas produk yang dihasilkannya (Wahjudi et al., 2024).

Namun, dibutuhkan pendekatan analitis berbasis risiko seperti FMEA dan RCM untuk menetapkan prioritas dan strategi pemeliharaan yang lebih tepat. Pengukuran OEE dan TPM tidak mencukupi untuk menjawab strategi pemeliharaan secara menyeluruh. Ketika industri manufaktur modern berkembang, efisiensi operasional menjadi salah satu faktor penting yang meningkatkan daya saing suatu perusahaan. Keandalan peralatan produksi sangat penting untuk kelancaran operasional proses produksi berskala besar, khususnya di industri petrokimia. *Downtime* mesin adalah masalah utama dalam industri ini. *Downtime* mesin adalah ketika

peralatan berhenti berfungsi karena kegagalan sistem, teknis, atau operasional. *Downtime* yang tidak dikelola dengan baik dapat menyebabkan output yang lebih rendah, penundaan pengiriman, dan kerugian keuangan yang signifikan. (Muchiri et al., 2011). *Downtime* adalah jumlah waktu di mana suatu komponen tidak dapat berfungsi karena kerusakan (*failure*) (Rasyid et al., 2020).

PT. Chandra Asri yang bergerak pada industri petrokimia. PT. Chandra Asri adalah perusahaan solusi kimia dan infrastruktur terkemuka di Indonesia, yang mengoperasikan pabrik petrokimia terintegrasi yang menggabungkan teknologi dan fasilitas pendukung berkelas dunia dan tercanggih. PT Chandra Asri Petrochemical Tbk sebagai salah satu perusahaan petrokimia terbesar di Indonesia menghadapi permasalahan *Downtime* pada unit Utility Central Control (UCC), khususnya pada plant UCC-1 dan UCC-2. UCC-1 dan UCC-2 adalah plant atau nama unit pabrik di PT Chandra Asri Petrochemical Tbk yang terkait dengan produksi polimer. UCC-1 berkaitan dengan produksi Linear Low-Density Polyethylene (LLDPE), sedangkan UCC-2 terkait dengan produksi New Polyethylene (NPE). Pada PT. Chandra Asri faktor yang mempengaruhi terhambatnya produksi adalah *Downtime* yaitu kegagalan sistem atau peralatan dan penjadwalan yang tidak sesuai dengan waktu produksi yang direncanakan. Hal ini mengakibatkan kerugian waktu aktif yang mengakibatkan tidak terproduksinya produk di beberapa plant. Perusahaan mencatat *history* kerugian produksi yang dialami oleh plant UCC-1 dan UCC-2 pada PT. Chandra Asri seperti pada Tabel 1.1.

Tabel 1. 1 Kerugian Produksi

Plant	<i>Uptime Loss</i> Description	Times	<i>Uptime Loss</i> (Ton)
UCC1	UCC1 OG	14 hours	104
UCC1	UCC1 OG 107 T	15 hours	107
UCC1	UCC1 OG	19 hours	135
UCC1	UCC1 OG	22 hours	160
UCC1	UCC1 OG 180 T	26 hours	180
UCC2	UCC2 OG 57.575 T	8 hours	58
UCC2	UCC2 OG	9 hours	61
UCC2	UCC2 OG 100 T	14 hours	100
UCC2	UCC2 OG 209.850 T	30 hours	210
UCC2	Pelleter Trip	36 hours	254

Kerusakan pada mesin atau peralatan produksi (*downtime*) menyebabkan penundaan produksi, yang mengganggu jadwal produksi sebelumnya. Resiko mesin terdiri dari kemungkinan kegagalan, konsekuensi kegagalan, dan waktu tunggu. Dengan demikian, jika ada waktu tunggu, akan ada biaya karena komponen yang rusak atau kegagalan, biaya peralatan, biaya perawatan, atau kerugian karena penundaan proses produksi, yang dikenal sebagai kerugian pendapatan (Karina, 2016). Kejadian tersebut menjadi fokus utama dalam penelitian ini karena memberikan dampak signifikan terhadap efisiensi operasional.

Dalam permasalahan *Downtime* yang terjadi pada plant UCC-1 dan UCC-2 metode serta *Realibility Center Maintenance* (RCM) akan lebih relevan dibandingkan dengan metode lainnya. RCM adalah pendekatan sistematis yang berfokus pada menemukan dan menerapkan strategi perawatan yang paling efektif untuk memastikan setiap aset fisik beroperasi sesuai fungsinya dalam konteks operasional tertentu. Pendekatan ini melibatkan identifikasi fungsi sistem, analisis kemungkinan kegagalan, dan penentuan strategi perawatan yang tepat untuk mencegah kegagalan tersebut. RCM meningkatkan keselamatan dan kinerja operasional, menurunkan biaya operasi dan perawatan, dan meningkatkan ketersediaan dan keandalan peralatan.

Penelitian ini dilakukan untuk penurunan kegagalan sistem atau peralatan, dan pengurangan waktu perbaikan melalui penagangan prioritas. Penelitian ini melibatkan penggunaan metode *Realibility Center Maintenance* (RCM) diintegrasikan dengan *Metode Failure Mode and Effect Analysis* (FMEA) yaitu metode sistematis yang digunakan untuk menemukan dan mengevaluasi kemungkinan mode kegagalan pada komponen atau sistem serta efeknya terhadap operasi. Dengan menghitung *Risk Priority Number* (RPN) untuk setiap mode kegagalan, perusahaan dapat memprioritaskan komponen yang memerlukan perhatian khusus. Setelah komponen kritis diidentifikasi, prinsip RCM diterapkan untuk menentukan strategi pemeliharaan yang paling sesuai. RCM mempertimbangkan konteks operasi dan konsekuensi kegagalan untuk memilih antara pemeliharaan preventif, prediktif, atau korektif, sehingga memastikan keandalan dan ketersediaan peralatan dengan menggunakan *Fishbone* dan *Pareto* diagram. Kemudian, menghitung menggunakan metrik MTBF untuk mengukur rata-rata waktu antara kegagalan peralatan dan MTTR untuk mengukur rata-rata waktu yang diperlukan untuk memperbaiki peralatan setelah kegagalan. Metrik ini membantu menilai efektivitas strategi pemeliharaan yang diterapkan dan mengidentifikasi area yang memerlukan perbaikan. Hasilnya

dapat dilakukan penyesuaian pada strategi pemeliharaan untuk meningkatkan keandalan dan efisiensi peralatan. Pendekatan ini dilakukan untuk perbaikan yang berfokus pada pencegahan kegagalan dan optimalisasi kinerja operasional. Dengan menggunakan pendekatan ini, diharapkan dapat menghasilkan rekomendasi prioritas penanganan dengan mengoptimalkan strategi perawatan yang optimal dalam meningkatkan efektivitas dan meminimalkan kerugian perusahaan.

1.2 Rumusan Masalah

Berdasarkan latar belakang yang telah dipaparkan, maka rumusan masalah yang akan diangkat pada penelitian ini adalah sebagai berikut:

1. Bagaimana tingkat prioritas mesin pada plant UCC 1 dan UCC 2 yang perlu dilakukan perawatan berdasarkan risiko pada nilai kritis dalam menggunakan *Metode Failure Mode and Effect Analysis* (FMEA) dan *Diagram Pareto*?
2. Bagaimana strategi perawatan yang optimal menggunakan metode *Reliability Centered Maintenance* (RCM) dan *Diagram Fishbone* untuk meningkatkan keandalan peralatan?
3. Apa rekomendasi yang dapat diberikan pada perusahaan dalam penerapan *Failure Mode and Effect Analysis* (FMEA) dan *Reliability Centered Maintenance* (RCM) untuk Efisiensi Maksimal?

1.3 Tujuan Penelitian

Berdasarkan rumusan masalah tersebut, penelitian ini dilakukan dengan tujuan untuk memberikan solusi konkret terhadap permasalahan. Berikut ini merupakan tujuan dari penelitian yang dilakukan penelitian kali ini:

1. Mengidentifikasi dan menentukan prioritas mesin-mesin yang memerlukan perawatan segera berdasarkan tingkat risiko dan nilai kritisnya, dengan menggunakan *Metode Failure Mode and Effect Analysis* (FMEA) dan *Diagram Pareto*.
2. Menganalisis strategi perawatan yang optimal dengan menerapkan metode *Reliability Centered Maintenance* (RCM) dan *Diagram Fishbone* untuk meningkatkan keandalan dan efisiensi peralatan.
3. Memberikan rekomendasi bagi perusahaan dalam menerapkan *Failure Mode and Effect Analysis* (FMEA) dan *Reliability Centered Maintenance* (RCM) guna mencapai efisiensi maksimal dalam operasional dan perawatan peralatan.

1.4 Manfaat Penelitian

Manfaat yang didapatkan berbagai pihak yang bersangkutan dari terselenggarakannya program penelitian ini antara lain adalah sebagai berikut:

1. Bagi Mahasiswa

- a. Mengetahui penerapan keilmuan yang telah dipelajari dalam bidang Teknik Industri.
- b. Melatih mahasiswa menyelesaikan masalah yang diselesaikan secara tim maupun individu dan melatih keterampilan mahasiswa dalam pengambilan keputusan ketika dihadapkan oleh suatu permasalahan.
- c. Sebagai perbandingan ilmu antara teori Teknik Industri dengan penerapan di dunia kerja.

2. Bagi Perguruan Tinggi

- a. Memberikan kesempatan kepada mahasiswa untuk memperdalam penerapan ilmu Teknik Industri dengan cara menerapkan di dunia kerja.
- b. Melatih mahasiswa menyelesaikan masalah yang diselesaikan secara tim maupun individu dan melatih keterampilan mahasiswa dalam pengambilan keputusan ketika dihadapkan oleh suatu permasalahan.
- c. Sebagai perbandingan ilmu antara teori Teknik Industri dengan penerapan di dunia kerja

3. Bagi Perusahaan

- a. Menjadikan PT. Chandra Asri lebih familiar, dikenal serta menjadi rujukan penelitian di kalangan mahasiswa Teknik Industri Universitas Islam Indonesia.
- b. Membantu untuk penyelesaian masalah yang terjadi pada divisi tertentu dengan adanya mahasiswa penelitian di PT. Chandra Asri.
- c. Menjadikan evaluasi berkaitan dengan kualifikasi mahasiswa yang akan bekerja di PT. Chandra Asri.

1.5 Batasan Penelitian

Agar penelitian ini dapat dilakukan secara terfokus dan mendalam, maka ruang lingkup kajian dibatasi pada aspek-aspek tertentu yang relevan dengan tujuan penelitian. Adapun batasan dalam pelaksanaan penelitian ini adalah sebagai berikut. Metode yang digunakan dalam penelitian ini adalah FMEA dan RCM menggunakan perhitungan metrik MTBF dan MTTR:

1. Pemeliharaan atau perawatan yang diteliti adalah terkait nilai risiko dari sebuah kerusakan atau kegagalan mesin.
2. Penelitian tidak mencakup analisis biaya karena hanya memfokuskan penelitian kepada rekomendasi yang diinginkan perusahaan dengan menganalisis *Downtime* mesin untuk menghasilkan strategi perawatan yang sesuai pada plant UCC-1 dan UCC-2.
3. Tidak dilaksanakannya analisis biaya pemeliharaan dan analisis data *confidential* lainnya. Keputusan tersebut diambil untuk menghormati kebijakan kerahasiaan perusahaan dan menjaga keamanan informasi finansial.

BAB II

TINJAUAN PUSTAKA

2.1 Kajian Literatur

Setelah mempelajari berbagai literatur yang relevan, ditemukan sejumlah penelitian yang berkaitan dengan topik yang akan diteliti. Berikut adalah beberapa di antaranya:

Penerapan *Total Productive Maintenance* (TPM) Pada Perawatan Mesin *Cutter* di PT. XYZ bertujuan untuk menganalisis efektivitas mesin di departemen Non-Carbon Require (NCR) PT. XYZ dengan menggunakan metode *Overall Equipment Effectiveness* (OEE) (Muhaemin & Erik, 2022). Fokus utama penelitian ini adalah mengidentifikasi enam penyebab utama kehilangan produktivitas (*six big losses*) pada mesin *cutter* dan memberikan rekomendasi perbaikan melalui implementasi TPM. Metode penelitian yang digunakan adalah observasi langsung terhadap proses produksi serta wawancara dengan para pemangku kepentingan terkait di area mesin *cutter*. Data ini kemudian dianalisis menggunakan perhitungan OEE yang mencakup tiga parameter utama, yaitu *availability*, *performance*, dan *quality*. Hasil penelitian menunjukkan bahwa nilai OEE pada mesin *cutter* PT. XYZ selama periode penelitian masih berada di bawah standar Japan Institute of Plant Maintenance (JIPM), yaitu 85%. Perhitungan OEE menunjukkan hasil 63,29% pada Oktober, 82,04% pada November, dan 65,09% pada Desember, dengan rata-rata OEE sebesar 70,14%. Faktor utama yang menyebabkan rendahnya nilai OEE adalah *Downtime* yang tinggi akibat kurang optimalnya pemeliharaan mesin, keterbatasan keterampilan operator dalam mengoperasikan mesin secara efisien, serta lingkungan kerja yang kurang mendukung. Sebagai rekomendasi, penelitian ini menyarankan beberapa langkah perbaikan, antara lain peningkatan keterampilan operator melalui pelatihan berkala tentang prosedur pemeliharaan mesin, penerapan konsep *Autonomous Maintenance* yang melibatkan operator dalam perawatan mandiri mesin, serta pembentukan kelompok kerja kecil (*small group activities*) untuk meningkatkan efektivitas kerja dan koordinasi antar karyawan. Selain itu, perusahaan disarankan untuk memperbaiki standar prosedur operasi (*Standard Operating Procedure* - SOP) guna memastikan proses produksi berjalan lebih efisien dan mengurangi potensi kesalahan yang dapat menyebabkan *six big losses*. Implementasi rekomendasi ini diharapkan dapat meningkatkan efektivitas mesin *cutter*, mengurangi *Downtime*, serta meningkatkan kualitas dan produktivitas secara keseluruhan.

Analisis Pemeliharaan Mesin Produksi dengan Metode *Overall Equipment Effectiveness* pada PT. Tunggal Perkasa Plantations Kecamatan Lirik Kabupaten Indragiri Hulu bertujuan untuk mengukur efektivitas pemeliharaan mesin produksi dengan menggunakan metode *Overall Equipment Effectiveness* (OEE) (Putri & Suryani, 2020). Penelitian ini menganalisis faktor-faktor yang menyebabkan rendahnya efektivitas mesin serta memberikan strategi perbaikan berdasarkan konsep *Total Productive Maintenance* (TPM) dan *Lean Manufacturing*. Metode penelitian yang digunakan adalah pendekatan kuantitatif dengan teknik pengumpulan data melalui wawancara langsung dengan pihak perusahaan serta analisis data sekunder terkait pemeliharaan mesin. Penelitian dilakukan di PT. Tunggal Perkasa Plantations, yang mengoperasikan 271 mesin produksi dalam pengolahan kelapa sawit. Data yang dikumpulkan meliputi waktu operasional mesin, *Downtime*, jumlah produksi, serta jumlah produk cacat analisis dilakukan dengan menghitung nilai OEE berdasarkan tiga parameter utama, yaitu *availability* (ketersediaan), *performance* (kinerja), dan *quality* (kualitas produk). Hasil penelitian menunjukkan bahwa nilai OEE rata-rata di PT. Tunggal Perkasa Plantations adalah 56,11%, yang dikategorikan sebagai rendah. Penyebab utama rendahnya nilai OEE adalah tingginya *Downtime* akibat keterlambatan material dan kurangnya tenaga ahli, performa mesin yang tidak optimal akibat kurangnya pemeliharaan preventif, serta kualitas produk yang tidak konsisten akibat ketidakseimbangan dalam operasional mesin. Sebagai rekomendasi, penelitian ini menyarankan beberapa langkah perbaikan, antara lain penerapan TPM untuk meningkatkan keterlibatan seluruh karyawan dalam pemeliharaan mesin, penggunaan teknologi *Predictive Maintenance* dengan sensor untuk mendeteksi potensi kegagalan mesin sebelum terjadi, serta peningkatan pelatihan karyawan guna meningkatkan keterampilan dalam perawatan mesin. Selain itu, penerapan *Lean Manufacturing* disarankan untuk mengidentifikasi dan menghilangkan aktivitas yang tidak memberikan nilai tambah dalam proses produksi. Implementasi strategi ini diharapkan dapat meningkatkan efektivitas pemeliharaan mesin, mengurangi *Downtime*, serta meningkatkan efisiensi dan daya saing operasional PT. Tunggal Perkasa Plantations.

Perancangan Program Perawatan yang Efektif untuk Menurunkan *Downtime* Mesin pada *Lube Oil Blending Plant* (LOBP) bertujuan untuk merancang sistem penjadwalan perawatan mesin yang efektif guna mengurangi *Downtime* pada *Lube Oil Blending Plant* (LOBP) Lemigas (Karina, 2016). Penelitian ini dilakukan karena instalasi manufaktur minyak lumas tersebut belum memiliki jadwal perawatan yang baik, sehingga sering mengalami

gangguan operasional yang berdampak pada keterlambatan produksi. Metode penelitian yang digunakan melibatkan analisis data historis perawatan mesin dengan pendekatan *Overall Equipment Effectiveness* (OEE), yang mencakup *availability rate*, *performance rate*, dan *quality rate*. Data *Downtime* mesin dikumpulkan dan dianalisis menggunakan metode *age replacement* untuk menentukan interval optimal penggantian komponen kritis. Distribusi kerusakan mesin dianalisis menggunakan distribusi *Weibull*, eksponensial, normal, dan lognormal, dengan pemilihan distribusi terbaik berdasarkan uji *goodness of fit*. Penelitian ini juga menggunakan diagram *Pareto* untuk mengidentifikasi komponen mesin yang paling sering mengalami kegagalan dan memiliki dampak signifikan terhadap *Downtime*. Hasil penelitian menunjukkan bahwa nilai OEE rata-rata sebelum implementasi program perawatan hanya sebesar 51,63%, yang masih jauh di bawah standar industri sebesar 85%. Dengan penerapan metode *preventive maintenance* berbasis *age replacement*, terjadi penurunan *Downtime* dari 9,73 jam/bulan menjadi 8,91 jam/bulan atau sekitar 4,4%. Selain itu, perhitungan biaya perawatan mesin menunjukkan adanya penghematan sebesar 35%, dari Rp 14.464.685,00 menjadi Rp 7.755.832,00. Peningkatan reliabilitas mesin juga tercapai, dengan peningkatan rata-rata nilai *availability* dan *reliability* setelah implementasi strategi perawatan yang lebih optimal. Sebagai rekomendasi, penelitian ini menyarankan perusahaan untuk terus mengoptimalkan penerapan *preventive maintenance* dengan sistem penjadwalan yang lebih terstruktur. Selain itu, disarankan agar LOBP Lemigas mempertimbangkan penerapan teknologi *Predictive Maintenance* untuk lebih meningkatkan efisiensi perawatan serta mengurangi risiko *Downtime* yang tidak terduga. Implementasi strategi ini diharapkan dapat meningkatkan keandalan mesin, mengurangi biaya operasional, dan memastikan kelancaran proses produksi di masa mendatang.

Analisis Keandalan Mesin Screw Press Berdasarkan Identifikasi Kegagalan *Failure Mode and Effect Analysis* dan *Root Cause Analysis* bertujuan untuk mengevaluasi keandalan mesin *screw press* di pabrik kelapa sawit PT. Samudera Sawit Nabati (Nur & Isranuri, 2021). Mesin ini berfungsi untuk mengekstraksi minyak sawit mentah (*crude oil*) dan nut dari buah sawit. Namun, sistem pemeliharannya dinilai kurang optimal, sehingga penelitian ini dilakukan untuk mengidentifikasi kegagalan mesin serta menentukan langkah perbaikan guna meningkatkan keandalan mesin. Metode yang digunakan dalam penelitian ini mencakup tiga tahap utama. Pertama, *Failure Mode and Effect Analysis* (FMEA) digunakan untuk mengidentifikasi komponen kritis pada mesin yang berpotensi mengalami kegagalan. Kedua,

Root Cause Analysis (RCA) diterapkan untuk mencari penyebab utama kegagalan dengan Analisis diagram tulang ikan (*Fishbone diagram*), yang mengelompokkan faktor penyebab ke dalam empat kategori: manusia, mesin, metode, dan lingkungan. Ketiga, perhitungan keandalan dilakukan menggunakan *Reliability Block Diagram* (RBD), yang menganalisis tingkat keandalan mesin berdasarkan data operasi dan laju kegagalan komponen. Hasil penelitian menunjukkan bahwa komponen yang paling sering mengalami kegagalan pada mesin *screw press* adalah *thrust bearing*, *roller bearing*, dan *oil seal*, dengan masing-masing nilai *Risk Priority Number* (RPN) sebesar 240, 240, dan 210. Faktor utama penyebab kegagalan mencakup kurangnya pemahaman operator terhadap prosedur kerja, kondisi mesin yang mengalami keausan, kurangnya program pemeliharaan preventif, serta lingkungan kerja yang kurang bersih. Perhitungan keandalan menggunakan metode RBD menunjukkan bahwa nilai keandalan mesin *screw press* setelah 50 jam operasi adalah 79,49%, namun terus menurun menjadi 63,19% setelah 100 jam, 39,93% setelah 200 jam, dan hanya 6,36% setelah 600 jam operasi. Berdasarkan hasil ini, penelitian merekomendasikan pelaksanaan *preventive maintenance* setiap 50 jam operasi agar keandalan mesin tetap di atas batas standar industri sebesar 70%. Sebagai rekomendasi, perusahaan disarankan untuk menerapkan jadwal pemeliharaan berkala guna mengurangi risiko kegagalan mesin. Pemeriksaan rutin terhadap *thrust bearing* dan *roller bearing* dapat dilakukan dengan pengecekan getaran dan suara, sementara pemeriksaan *oil seal* dapat dilakukan secara visual untuk memastikan tidak ada kebocoran. Selain itu, peningkatan pelatihan bagi operator terkait prosedur pemeliharaan dan kebersihan lingkungan kerja diharapkan dapat memperpanjang umur mesin serta meningkatkan efisiensi produksi. Implementasi langkah-langkah ini diharapkan dapat meningkatkan keandalan mesin *screw press*, mengurangi *Downtime*, serta meningkatkan produktivitas pabrik kelapa sawit secara keseluruhan.

Perbaikan Perencanaan Penjadwalan *Maintenance Pada Air Conditioner* (AC) Menggunakan Metode *Reliability Centered Maintenance* (RCM) di PT. Tifico Fiber Indonesia Tbk bertujuan untuk meningkatkan efektivitas pemeliharaan Air Conditioner (AC) di perusahaan dengan menerapkan metode *Reliability Centered Maintenance* (RCM) (Fatma et al., 2022). Penelitian ini dilakukan karena AC di PT. Tifico Fiber Indonesia Tbk sering mengalami kerusakan akibat penggunaan nonstop 24 jam dalam menjaga suhu mesin panel produksi tetap stabil, serta lokasi AC yang berdekatan dengan gudang batu bara yang menyebabkan akumulasi debu. Metode penelitian yang digunakan meliputi identifikasi

komponen kritis AC menggunakan *Failure Mode and Effect Analysis* (FMEA) dan diagram *Pareto*, serta penentuan interval perawatan menggunakan perhitungan *Mean Time To Failure* (MTTF) dan *Mean Time to Repair* (MTTR). Data yang dikumpulkan meliputi riwayat kerusakan AC selama periode Januari hingga Desember 2019. Pengolahan data dilakukan menggunakan perangkat lunak Minitab 16 untuk menganalisis distribusi kegagalan dan menentukan waktu optimal perawatan. Hasil penelitian menunjukkan bahwa komponen kritis pada AC *split type* adalah *motor fan outdoor* dengan nilai *Risk Priority Number* (RPN) sebesar 120, *compressor* dengan RPN 200, *kapasitor outdoor* dengan RPN 140, dan *PCB indoor* dengan RPN 168. Perhitungan interval waktu perawatan menggunakan metode RCM menghasilkan rekomendasi bahwa perawatan *motor fan outdoor* harus dilakukan setiap 13 hari, *compressor* setiap 10 hari, *kapasitor outdoor* setiap 90 hari, dan *PCB indoor* setiap 24 hari. Sebagai rekomendasi, penelitian ini menyarankan perusahaan untuk menerapkan jadwal pemeliharaan yang lebih optimal sesuai dengan hasil perhitungan RCM guna mencegah kerusakan yang lebih besar. Selain itu, perlu dilakukan pengecekan dan pembersihan rutin sesuai jadwal *preventive maintenance* untuk memperpanjang umur AC dan meningkatkan efisiensi kerja. Disarankan juga adanya penambahan tenaga teknisi di departemen pemeliharaan, mengingat jumlah teknisi yang tersedia saat ini belum mencukupi untuk menangani 386 Unit AC yang ada di perusahaan. Implementasi strategi ini diharapkan dapat meningkatkan keandalan AC, mengurangi *Downtime*, serta menjaga stabilitas suhu produksi yang optimal.

Perencanaan Jadwal Perawatan Pencegahan Mesin *Slitting* dengan Metode *Reliability Centered Maintenance* (RCM) di PT. XYZ bertujuan untuk merancang strategi perawatan mesin *slitting* guna mengurangi *Downtime* yang tinggi di PT. XYZ, sebuah perusahaan manufaktur kemasan plastik (Rizal et al., 2023). Mesin *slitting* beroperasi selama tiga *shift* per hari, yang menyebabkan penurunan performa serta kerusakan akibat kurang optimalnya sistem pemeliharaan yang diterapkan. Metode penelitian yang digunakan dalam studi ini adalah pendekatan *Reliability Centered Maintenance* (RCM) dengan tahapan utama meliputi Analisis *Failure Mode and Effect Analysis* (FMEA), distribusi waktu kegagalan menggunakan uji Kolmogorov-Smirnov dengan perangkat lunak EasyFit 5.5, serta perhitungan *Total Minimum Downtime* (TMD) untuk menentukan interval optimal penggantian komponen. Data yang dikumpulkan mencakup riwayat *Downtime* mesin *slitting* dari Januari hingga Desember 2022, dengan total *Downtime* mencapai 9.180 menit. Komponen kritis yang diidentifikasi

berdasarkan Analisis FMEA meliputi *Brake Roll*, *Line Position Control (LPC)*, *Slitter Blades*, dan *Touch Press Roll*. Hasil penelitian menunjukkan bahwa penerapan metode RCM dapat mengoptimalkan jadwal perawatan dengan mengurangi frekuensi pergantian komponen yang tidak perlu. Setelah implementasi RCM, interval pergantian komponen menjadi lebih efisien, dengan *unwinder* yang sebelumnya dijadwalkan setiap 1.400 jam operasi kini direkomendasikan untuk diganti setiap 808,5 jam operasi (penurunan 58%), *silinder roll* setiap 693 jam operasi (penurunan 50%), dan *rewinder* setiap 924 jam operasi (penurunan 66%). Dengan perhitungan ini, *Downtime* akibat kegagalan komponen dapat dikurangi secara signifikan, meningkatkan efisiensi produksi perusahaan. Sebagai rekomendasi, penelitian ini menyarankan penerapan strategi *Time-Directed Maintenance (TDM)* yang lebih terstruktur, penjadwalan pemeliharaan berbasis data keandalan, serta peningkatan pelatihan bagi teknisi untuk meningkatkan keterampilan dalam pemeliharaan preventif. Selain itu, penggunaan teknologi *Predictive Maintenance* disarankan untuk meningkatkan ketepatan dalam mendeteksi potensi kegagalan sebelum terjadi. Implementasi langkah-langkah ini diharapkan dapat meningkatkan keandalan mesin *slitting*, mengurangi *Downtime*, serta mendukung pencapaian target produksi PT. XYZ secara lebih efisien.

Simulasi Perbaikan Sistem *Maintenance* dengan Pendekatan Konsep *Lean Maintenance* bertujuan untuk meningkatkan efektivitas sistem perawatan mesin *thresher* di PT. Perkebunan Nusantara V Sei Galuh yang sering mengalami *Downtime* tinggi akibat sistem pemeliharaan yang belum optimal (Irfan & Ikhsan, 2019). Mesin *thresher* merupakan komponen penting dalam proses produksi kelapa sawit karena berfungsi untuk memisahkan buah sawit dari tandannya. Namun, tingginya frekuensi kerusakan mesin menyebabkan waktu penundaan (*Downtime*) selama 2-3 jam per perbaikan dan terjadi hingga 4-5 kali dalam sebulan, yang berdampak negatif terhadap jumlah rendemen yang dihasilkan. Metode penelitian yang digunakan dalam studi ini melibatkan pendekatan *Failure Mode and Effect Analysis (FMEA)* untuk mengidentifikasi komponen mesin yang paling rentan mengalami kegagalan, *Reliability Centered Maintenance (RCM)* untuk menentukan strategi pemeliharaan yang efektif, serta *Maintenance Value Stream Mapping (MVSM)* guna mengeliminasi aktivitas yang tidak memiliki nilai tambah dalam proses perawatan. Selain itu, dilakukan simulasi menggunakan perangkat lunak *Arena* untuk menilai efektivitas sistem pemeliharaan yang diusulkan. Dari hasil FMEA, komponen dengan nilai *Risk Priority Number (RPN)* tertinggi adalah *Gearbox* dengan skor 648, yang menandakan bahwa komponen ini memiliki risiko kegagalan paling

tinggi dan membutuhkan prioritas dalam pemeliharaan. Hasil penelitian menunjukkan bahwa setelah penerapan metode RCM, strategi perawatan dapat dikategorikan menjadi *Scheduled on Condition Task* dan *Scheduled on Restoration Task*, dengan interval pemeliharaan yang lebih optimal untuk setiap komponen kritis. Sebagai contoh, perawatan *Gearbox* yang sebelumnya tidak memiliki jadwal tetap kini dijadwalkan setiap 480 jam operasi, sementara komponen lainnya seperti *Electromotor* dan *Fruit Elevator* memiliki interval pemeliharaan yang lebih terstruktur. Simulasi *Arena* menunjukkan peningkatan efisiensi pemeliharaan *Gearbox* dari 40% menjadi 54,26% dan perbaikan *Incinerator* dari 32,97% menjadi 41,89%. Sebagai rekomendasi, penelitian ini menyarankan perusahaan untuk mengimplementasikan sistem pemeliharaan berbasis RCM secara penuh guna mengurangi *Downtime* dan meningkatkan keandalan mesin. Selain itu, perlu adanya penyusunan *Standard Operating Procedure* (SOP) pemeliharaan yang lebih sistematis dan pelaksanaan pelatihan teknis bagi operator dan teknisi guna meningkatkan kompetensi dalam menangani perawatan mesin. Implementasi strategi ini diharapkan dapat meningkatkan efisiensi produksi, mengurangi pemborosan waktu, serta memperpanjang umur operasional mesin *thresher* di PT. Perkebunan Nusantara V Sei Galuh.

Perencanaan Interval Perawatan Mesin HD 102 dengan Metode *Reliability Centered Maintenance* (RCM) II di PT. XYZ bertujuan untuk merancang strategi pemeliharaan yang optimal guna mengurangi *Downtime* dan biaya perawatan pada mesin cetak HD 102 di PT. XYZ, perusahaan yang bergerak di bidang jasa percetakan dan *packaging* (Hari & Iriani, 2020). Mesin HD 102 merupakan mesin utama dalam produksi kemasan produk, sehingga apabila mengalami kerusakan, proses produksi akan terganggu dan menyebabkan keterlambatan pengiriman. Namun, perusahaan masih menerapkan sistem *Corrective Maintenance*, di mana perbaikan dilakukan setelah terjadi kerusakan, yang menyebabkan *Downtime* tinggi dan meningkatnya biaya perawatan. Metode penelitian yang digunakan dalam studi ini adalah *Reliability Centered Maintenance* (RCM) II yang dikombinasikan dengan *Failure Mode and Effect Analysis* (FMEA) untuk mengidentifikasi komponen mesin yang paling sering mengalami kegagalan. Data yang dikumpulkan mencakup riwayat *Downtime* mesin HD 102 selama periode Januari hingga Desember 2018, dengan total *Downtime* mencapai 4.391 menit akibat kegagalan pada enam komponen utama: *Console & Panel*, *Coating*, *Chiller & Dampening*, *Delivery*, Unit 4, dan Unit 2. Berdasarkan Analisis FMEA, *Console & Panel* memiliki *Downtime* tertinggi, yaitu 1.070 menit, dengan nilai *Risk Priority Number* (RPN) terbesar. Hasil penelitian menunjukkan bahwa penerapan metode RCM II dapat menentukan

interval perawatan yang optimal untuk setiap komponen guna mengurangi *Downtime* dan biaya perawatan. Perhitungan *Mean Time To Failure* (MTTF) dan *Mean Time to Repair* (MTTR) digunakan untuk menetapkan interval perawatan, dengan hasil sebagai berikut: *Console & Panel* setiap 7.682,93 jam, *Chiller & Dampening* setiap 1.377,32 jam, *Delivery* setiap 2.376,60 jam, *Coating* setiap 1.317,11 jam, Unit 4 setiap 4.081,96 jam, dan Unit 2 setiap 7.077,95 jam. Implementasi jadwal perawatan ini menghasilkan efisiensi biaya sebesar 70,74%, dengan penghematan dari Rp 157.664.054 menjadi Rp 46.126.637 per tahun. Sebagai rekomendasi, penelitian ini menyarankan perusahaan untuk menerapkan jadwal perawatan berbasis RCM II secara penuh guna menghindari kegagalan komponen yang tidak terduga. Selain itu, perlu adanya penyediaan suku cadang kritis di gudang untuk mengurangi waktu tunggu saat perbaikan serta peningkatan pelatihan bagi teknisi guna meningkatkan efektivitas dalam menangani perawatan preventif. Implementasi strategi ini diharapkan dapat meningkatkan keandalan mesin HD 102, mengurangi biaya operasional, serta memastikan kelancaran proses produksi dan distribusi produk *packaging* di PT. XYZ.

Peningkatan Sistem Manajemen Pemeliharaan Menggunakan *Reliability Centered Maintenance* (RCM) – Studi Kasus pada Mesin *Curing* di Perusahaan Ban bertujuan untuk mengoptimalkan strategi pemeliharaan pada mesin *Curing* di PT MTI, sebuah perusahaan manufaktur ban (Fadlulloh et al., 2021). Penelitian ini dilakukan karena target produksi perusahaan hanya mencapai 93,65% dari yang direncanakan, dengan penyebab utama adalah tingginya *Downtime* pada mesin *Curing*, terutama akibat permasalahan pada *M Closing Force*. Kerugian tahunan akibat *Downtime* mesin *Curing* ini mencapai Rp 37,21 miliar, sehingga diperlukan perbaikan sistem pemeliharaan yang lebih efektif. Metode penelitian yang digunakan dalam studi ini adalah *Reliability Centered Maintenance* (RCM) yang dikombinasikan dengan *Failure Mode and Effect Analysis* (FMEA) serta analisis keuangan untuk menemukan titik impas (*Break Even Point* – BEP). Perhitungan keandalan dilakukan berdasarkan *Mean Time Between Failure* (MTBF) dan *Mean Time to Repair* (MTTR). Data menunjukkan bahwa nilai MTBF tertinggi adalah 1057 jam, sedangkan nilai MTTR mencapai 4,62 jam, dengan keandalan (*reliability*) sebesar 0,37. Hasil penelitian menunjukkan bahwa implementasi strategi pemeliharaan berbasis RCM dapat mengurangi *Downtime* serta meningkatkan efisiensi biaya. Salah satu tindakan *Predictive Maintenance* yang diterapkan adalah penggantian suku cadang utama, seperti *upper body*, *lower body*, *crank*, *gear*, *arm*, dan *dial gauge*. Selain itu, tindakan *preventive maintenance* dilakukan dengan mengganti *crank*

gear bushing setiap 3,5 bulan analisis keuangan menunjukkan bahwa peningkatan sistem pemeliharaan ini menghasilkan titik impas dalam waktu 9,65 bulan, dengan penghematan biaya sebesar Rp 2,33 miliar pada tahun pertama dan Rp 8,51 miliar pada tahun kedua. Sebagai rekomendasi, penelitian ini menyarankan perusahaan untuk terus menerapkan strategi pemeliharaan berbasis RCM, meningkatkan inspeksi rutin, serta memperbaiki sistem pencatatan pemeliharaan guna memastikan efektivitas jangka panjang. Selain itu, perusahaan dapat mengadopsi teknologi pemantauan berbasis *Internet of Things* (IoT) untuk mendeteksi potensi kegagalan lebih awal. Implementasi strategi ini diharapkan dapat meningkatkan produktivitas, mengurangi kerugian akibat *Downtime*, serta memperpanjang umur mesin *Curing* di PT MTI.

Metode RCM untuk Sistem Perawatan Mesin Amplas Multipleks pada Pabrik *Plywood* bertujuan untuk menentukan interval waktu perawatan yang optimal serta meningkatkan keandalan komponen kritis pada mesin amplas multipleks tipe BSGQR.R13X di industri pengolahan kayu lapis (Prastiawan et al., 2021). Mesin ini berperan penting dalam menentukan kualitas produk akhir, sehingga pemeliharaan yang tidak optimal dapat menyebabkan gangguan produksi dan menurunkan kualitas kayu lapis yang dihasilkan. Metode penelitian yang digunakan dalam studi ini adalah *Reliability Centered Maintenance* (RCM), yang diawali dengan identifikasi fungsi mesin serta potensi kerusakan yang terjadi analisis *Failure Mode and Effect Analysis* (FMEA) digunakan untuk menentukan komponen kritis dengan nilai *Risk Priority Number* (RPN) tertinggi. Selanjutnya, dilakukan perhitungan *Time To Failure* (TTF) dan *Time To Repair* (TTR) guna mengetahui selang waktu antar kerusakan hingga perbaikan serta penghitungan *Mean Time To Failure* (MTTF) dan *Mean Time to Repair* (MTTR) untuk mengetahui rata-rata waktu operasional sebelum kegagalan terjadi. Setelah itu, dilakukan analisis reliabilitas guna menentukan efektivitas pemeliharaan yang telah diterapkan. Hasil penelitian menunjukkan bahwa sistem pneumatik pada mesin amplas multipleks merupakan komponen paling kritis dengan nilai RPN tertinggi, yaitu 236. Perhitungan reliabilitas sebelum penerapan perawatan preventif menunjukkan bahwa keandalan sistem pneumatik hanya sebesar 85%, yang berisiko menyebabkan *Downtime* tinggi. Setelah implementasi strategi perawatan preventif dengan interval pemeliharaan setiap 387,99 jam atau setiap 18 hari kerja, reliabilitas sistem meningkat sebesar 7%, mencapai 92%. Perhitungan *availability* juga menunjukkan peningkatan, dengan nilai keandalan sistem pneumatik meningkat menjadi 96,4%, yang menandakan bahwa perawatan yang dilakukan berhasil mengurangi risiko kegagalan

komponen. Sebagai rekomendasi, penelitian ini menyarankan agar perusahaan mengimplementasikan sistem pemeliharaan berbasis RCM secara penuh untuk mengurangi frekuensi kerusakan pada komponen kritis. Selain itu, disarankan agar perusahaan melakukan inspeksi rutin terhadap sistem pneumatik dan menyediakan suku cadang cadangan untuk mempercepat proses perbaikan jika terjadi kegagalan. Penelitian ini juga menyarankan pengembangan lebih lanjut dengan metode perawatan prediktif (*Predictive Maintenance*) guna mengoptimalkan keandalan mesin amplas multipleks dan meningkatkan efisiensi produksi kayu lapis.

Analisis Mode dan Efek Kegagalan (FMEA) pada PCB untuk Proses Pengendalian Kualitas bertujuan untuk meningkatkan produktivitas dalam pembuatan *Printed Circuit Board* (PCB) dengan mengoptimalkan efisiensi proses manufaktur (Gupta, 2023). Penelitian ini dilakukan karena tingginya tingkat produk cacat dalam proses produksi PCB yang berakibat pada rasio penolakan (*lot reject rate* - LRR) yang tinggi serta kualitas desain PCB yang kurang optimal. Metode penelitian yang digunakan adalah *FAILURE MODE AND EFFECTS ANALYSIS* (FMEA) untuk mengidentifikasi mode kegagalan dalam proses manufaktur PCB analisis dilakukan dengan menggunakan *Risk Priority Number* (RPN), yang dihitung berdasarkan tingkat keparahan (*Severity*), frekuensi kejadian (*Occurrence*), dan kemungkinan deteksi (*Detection*). Data diambil dari berbagai tahapan produksi, mulai dari penerimaan bahan baku, proses pencetakan, perakitan komponen melalui mesin *Surface Mount Technology* (SMT), hingga tahap inspeksi akhir (*In-Process Quality Control* - IPQC). Hasil penelitian menunjukkan bahwa penerapan metode FMEA berhasil menurunkan rasio penolakan lot dari 5500 bagian per juta (*parts per million* - PPM) menjadi 900 PPM, serta mengurangi tingkat cacat sebesar 0,76% analisis menunjukkan bahwa salah satu penyebab utama kegagalan adalah ketidakhomogenan campuran pasta solder, oksidasi tembaga pada PCB, kesalahan pemasangan komponen, serta defek pada proses soldering seperti *tombstoning* dan *solder bridging*. Dengan menerapkan sistem pengendalian kualitas yang lebih ketat, termasuk inspeksi visual dengan *zoom machine* dan *Functional Circuit Testing* (FCT), tingkat cacat dapat dikurangi secara signifikan. Sebagai rekomendasi, penelitian ini menyarankan agar perusahaan terus mengoptimalkan penerapan FMEA dalam proses produksi PCB untuk mengidentifikasi potensi kegagalan lebih awal. Selain itu, penguatan sistem pelatihan bagi operator dalam penanganan bahan baku dan proses perakitan juga diperlukan untuk meningkatkan efisiensi produksi.

Dengan penerapan strategi ini, diharapkan kualitas PCB dapat terus meningkat, mengurangi tingkat penolakan, serta meningkatkan daya saing industri manufaktur elektronik.

Perencanaan Perawatan Mesin *Injection Molding* dengan Menggunakan Metode *Reliability Centered Maintenance* di PT. Victory Plastic bertujuan untuk merancang sistem perawatan mesin *Injection Molding* guna mengurangi tingkat *Downtime* yang tinggi di PT. Victory Plastic, sebuah perusahaan yang memproduksi kemasan makanan dan kosmetik. Selama ini, perusahaan masih menerapkan metode *Corrective Maintenance*, di mana perbaikan hanya dilakukan setelah terjadi kerusakan, sehingga mengakibatkan *Downtime* mencapai 40% setiap bulannya dan menurunkan produktivitas perusahaan (Arif, 2016). Metode penelitian yang digunakan dalam studi ini adalah *Reliability Centered Maintenance* (RCM), yang mengombinasikan strategi *Preventive Maintenance* dan *Corrective Maintenance* untuk mengoptimalkan usia pakai mesin dengan biaya minimal analisis dilakukan dengan menggunakan *Failure Mode and Effect Analysis* (FMEA) untuk mengidentifikasi komponen kritis dan menghitung nilai *Risk Priority Number* (RPN) berdasarkan tingkat keparahan (*Severity*), frekuensi kejadian (*Occurrence*), dan deteksi (*Detection*). Selain itu, dilakukan analisis distribusi kerusakan dengan metode Weibull dan perhitungan *Total Minimum Downtime* (TMD) untuk menentukan interval perawatan optimal. Hasil penelitian menunjukkan bahwa komponen yang paling kritis pada mesin *Injection Molding* adalah *Screw*, *Crosshead Link*, *Seal*, dan *Screening*, dengan tingkat kegagalan terbesar terjadi pada *Crosshead Link* yang mengalami patah akibat korosi. Berdasarkan analisis FMEA, nilai RPN tertinggi ditemukan pada *Screw* (180), *Crosshead Link* (140), dan *Seal* (80). Perhitungan *Total Minimum Downtime* menunjukkan bahwa interval perawatan optimal untuk *Screw* adalah setiap 30 hari, *Crosshead Link* setiap 11 hari, *Seal* setiap 13 hari, dan *Screening* setiap 12 hari. Implementasi metode RCM terbukti efektif dalam menurunkan *Downtime*, dengan penurunan sebesar 37,21% untuk *Screw*, 41,15% untuk *Crosshead Link*, 24,56% untuk *Seal*, dan 29,32% untuk *Screening*. Sebagai rekomendasi, penelitian ini menyarankan penerapan jadwal perawatan berbasis RCM secara penuh untuk mengurangi kegagalan mesin yang tidak terduga. Selain itu, perusahaan disarankan untuk melakukan inspeksi harian, mingguan, dan bulanan terhadap komponen kritis guna memastikan kondisi optimal sebelum terjadi kerusakan. Peningkatan pelatihan teknisi dan operator juga diperlukan untuk mendukung implementasi *Preventive Maintenance*. Dengan strategi ini, diharapkan produktivitas mesin *Injection Molding* dapat meningkat, biaya pemeliharaan berkurang, serta efisiensi produksi di PT. Victory Plastic semakin optimal.

Penerapan Metode *Reliability Centered Maintenance* (RCM) untuk Menentukan Strategi Perawatan Mesin Pencacah Sampah Organik bertujuan untuk meningkatkan efektivitas perawatan mesin pencacah sampah organik guna memastikan umur pakai yang lebih panjang dan mengurangi risiko kerusakan yang dapat menghambat proses pengolahan sampah di Kabupaten Mojokerto (Rohman & Duratun, 2024). Mesin pencacah ini memiliki beban pemakaian tinggi karena jumlah produksi sampah organik yang besar, sehingga strategi perawatan yang tepat diperlukan untuk menjaga keandalannya. Metode penelitian yang digunakan dalam studi ini adalah *Reliability Centered Maintenance* (RCM), yang dimulai dengan analisis *Failure Mode and Effect Analysis* (FMEA) untuk mengidentifikasi komponen kritis berdasarkan tingkat risiko kegagalan. Selanjutnya, perhitungan keandalan mesin dilakukan dengan analisis distribusi Weibull untuk menentukan interval perawatan yang optimal. Parameter utama yang dianalisis mencakup nilai *Mean Time Between Failure* (MTBF) dan *Mean Time to Repair* (MTTR) guna memahami pola kegagalan mesin serta menentukan jadwal perawatan yang efisien. Hasil penelitian menunjukkan bahwa terdapat dua komponen kritis pada mesin pencacah sampah organik, yaitu *pisau putar* dan *saringan*, dengan nilai *Risk Priority Number* (RPN) masing-masing sebesar 210 dan 175. Perhitungan keandalan menunjukkan bahwa interval perawatan optimal untuk pisau putar adalah setiap 852,67 jam kerja, sedangkan untuk saringan adalah setiap 145,46 jam kerja. Dengan penerapan metode RCM, keandalan komponen meningkat secara signifikan, yang berkontribusi terhadap pengurangan *Downtime* serta peningkatan efisiensi operasional mesin pencacah sampah. Sebagai rekomendasi, penelitian ini menyarankan penerapan strategi perawatan berbasis jadwal preventif sesuai dengan hasil analisis keandalan, di mana pisau putar perlu dilakukan pengasahan setiap 5 bulan sekali dan saringan perlu dibersihkan setiap 20 hari sekali. Selain itu, disarankan untuk meningkatkan inspeksi rutin serta memastikan ketersediaan suku cadang guna mengurangi waktu perbaikan jika terjadi kegagalan. Implementasi strategi ini diharapkan dapat meningkatkan kinerja mesin pencacah sampah organik, memperpanjang umur pakai komponen, serta mendukung efektivitas pengolahan sampah di Kabupaten Mojokerto.

Panduan Perencanaan Penanganan Kegagalan pada Perangkat CBTC Onboard dengan analisis *Reliability Centered Maintenance* (RCM) bertujuan untuk mengembangkan strategi pemeliharaan berbasis *Reliability Centered Maintenance* (RCM) guna mengurangi risiko kegagalan pada perangkat *Communications-Based Train Control* (CBTC) di sistem transportasi kereta (Aji & Puspasari, 2023). CBTC merupakan sistem sinyal berbasis komunikasi dua arah

yang memungkinkan kendali otomatis pada operasi kereta. Namun, meskipun telah diterapkan sistem pemeliharaan, masih sering terjadi kegagalan, terutama pada perangkat onboard CBTC, yang dapat menyebabkan keterlambatan perjalanan serta gangguan operasional yang signifikan. Metode penelitian yang digunakan dalam studi ini meliputi analisis RCM yang dikombinasikan dengan *Failure Mode and Effect Analysis* (FMEA) serta *Fault Tree Analysis* (FTA) untuk mengidentifikasi komponen yang paling rentan terhadap kegagalan. Data yang digunakan dalam penelitian ini diperoleh dari laporan kegagalan tahunan serta wawancara dengan teknisi dan operator kereta. Fokus utama analisis adalah perangkat *Remote Input Output* (RIO), yang terbukti memiliki tingkat kegagalan tertinggi dan berdampak langsung terhadap sistem pengereman darurat (*emergency brake*), yang berpotensi mengancam keselamatan penumpang. Hasil penelitian menunjukkan bahwa penyebab utama kegagalan perangkat CBTC adalah ketidakjelasan laporan dari petugas *Mainline* serta perbedaan instruksi antara pusat kendali operasi dan teknisi di lapangan. Berdasarkan perhitungan FMEA, komponen *RIO* memiliki nilai *Risk Priority Number* (RPN) tertinggi, yaitu 420, diikuti oleh kegagalan *Vehicle On Board Controller* (VOBC) dengan nilai RPN 300. Penerapan metode RCM menghasilkan rekomendasi strategi pemeliharaan yang lebih terstruktur, termasuk inspeksi berkala pada sistem komunikasi radio, pemeriksaan perangkat lunak dan perangkat keras CBTC, serta penerapan prosedur penanganan standar (*Standard Operating Procedure* – SOP) yang lebih rinci. Sebagai rekomendasi, penelitian ini menyarankan implementasi SOP untuk menangani kegagalan CBTC selama jam operasional, guna menghilangkan kesalahan komunikasi antara teknisi dan pusat kendali. Selain itu, perlu dilakukan pelatihan intensif bagi petugas operasional terkait prosedur penanganan kegagalan, serta pengembangan sistem pemantauan jarak jauh berbasis *Train Control Management System* (TCMS) untuk mendeteksi dan menganalisis gangguan secara *real-time*. Implementasi strategi ini diharapkan dapat meningkatkan keandalan sistem CBTC, mengurangi keterlambatan perjalanan kereta, serta meningkatkan keselamatan dan efisiensi operasional transportasi kereta.

Analisis Kegiatan Perawatan dengan Menggunakan Metode RCM dan OMMP pada Perusahaan PT. XYZ bertujuan untuk mengurangi *Downtime* mesin yang tinggi serta menekan biaya produksi melalui penerapan metode *Reliability Centered Maintenance* (RCM) dan *Overall Measure of Maintenance Performance* (OMMP) (Manggi et al., 2021). PT. XYZ sering mengalami gangguan operasional akibat kerusakan mesin yang tidak terjadwal, terutama pada mesin *Corrugator Type H-200*, yang merupakan bagian utama dalam produksi kardus. Metode

penelitian yang digunakan dalam studi ini adalah pendekatan RCM untuk menentukan strategi perawatan yang tepat guna meningkatkan keandalan mesin serta analisis OMMP untuk mengukur efektivitas pemeliharaan. Data dikumpulkan dari laporan *Downtime* mesin selama satu tahun dan dianalisis menggunakan diagram *Pareto* untuk mengidentifikasi komponen dengan tingkat kegagalan tertinggi. Berdasarkan hasil analisis, dua penyebab utama kerusakan adalah *bearing splaser* yang memiliki frekuensi kumulatif 10% serta *rantai-belt conveyor* yang kotor dengan frekuensi kumulatif 19%. Hasil penelitian menunjukkan bahwa kerusakan pada mesin menyebabkan kerugian produksi sebesar Rp 500.000 per jam ketika terjadi *Downtime*. Implementasi strategi perbaikan yang direkomendasikan dalam penelitian ini mencakup pemasangan alat bantu pipa besi elastis untuk penyaluran grease pada *bearing roll splaser* serta pembersihan rutin pada rantai-belt conveyor guna mengurangi akumulasi kotoran. Selain itu, penjadwalan perawatan preventif dilakukan setiap tiga bulan sekali dengan mengacu pada lembar *check sheet* sebagai panduan inspeksi dan pemeliharaan. Sebagai rekomendasi, penelitian ini menyarankan penerapan sistem pemeliharaan yang lebih terstruktur dengan mengintegrasikan SOP pemeliharaan berbasis RCM, peningkatan keterampilan teknisi melalui pelatihan, serta pengadaan suku cadang *bearing* dan *belt conveyor* agar perbaikan dapat dilakukan lebih cepat. Implementasi strategi ini diharapkan dapat meningkatkan efisiensi produksi, mengurangi *Downtime*, serta meningkatkan keandalan mesin *Corrugator Type H-200* di PT. XYZ.

Tabel 2. 1 Kajian Literatur Penelitian Terdahulu

Penulis	Obyek			Metode					Fishbone
	Manufaktur	Lingkungan	Petrokimia	OEE	TPM	FMEA	RCM	Pareto	
(Muhaemin & Erik, 2022)	√			√					
(Putri & Suryani, 2020b)	√			√	√				
(Karina, 2016)	√			√					
(Nur & Isranuri, 2021)	√					√		√	√
(Fatma et al., 2022)	√		√			√	√		
(Rizal et al., 2023)	√					√	√		
(Irfan & Ikhsan, 2019)	√					√	√		
(Hari & Iriani, 2020)	√					√	√		
(Fadlulloh et al., 2021)	√					√	√		√
(Prastiawan et al., 2021)	√					√	√		
(Gupta, 2023)	√					√			
(Arif, 2016)	√		√			√	√		

Penulis	Obyek				Metode				
	Manufaktur	Lingkungan	Petrokimia	OEE	TPM	FMEA	RCM	Pareto	<i>Fishbone</i>
(Rohman & Duratun, 2024)		√				√	√		
(Aji & Puspasari, 2023)	√					√	√		
(Manggi et al., 2021)	√						√		
Penelitian ini			√			√	√	√	√

2.2 Landasan Teori

2.2.1 *Failure Mode and Effect Analysis (FMEA)*

FMEA sering digunakan untuk menemukan mode kegagalan sistem yang kompleks untuk meminimalkan faktor risiko dan meningkatkan keandalan peralatan. Teknik ini memerlukan pengalaman ahli untuk menemukan mode kegagalan utama dan faktor pencegahan risiko yang paling penting. Untuk memudahkan perbaikan mode kegagalan, FMEA membuat rangking berdasarkan nilai RPN. FMEA membantu perusahaan dalam menentukan dan membuat kebijakan perbaikan yang sesuai dengan risiko kegagalan. (Fitriah et al., 2021). Salah satu metode untuk menganalisis resiko adalah *Risk Priority Number (RPN)*, yang menghubungkan masalah potensial yang ditemukan dalam *Failure Mode and Effect Analysis (FMEA)*. (Tri et al., 2008).

Kemungkinan kegagalan dapat diidentifikasi dengan teknik manajemen risiko yang dikenal sebagai pendekatan Mode dan Efek Kegagalan (FMEA). Metode ini menganalisis penyebab dan konsekuensi kegagalan, dan kemudian menyarankan solusi untuk mengurangi atau menghilangkan kegagalan yang paling signifikan. Dalam proses FMEA, nomor prioritas risiko (RPN) digunakan untuk menilai setiap metode risiko dan kegagalan. Metode ini dapat membuat skala prioritas perbaikan untuk setiap mode kegagalan untuk mempermudah proses perbaikan. Teknik FMEA memiliki manfaat untuk menggambarkan risiko saat ini secara lebih menyeluruh dan mendalam, meningkatkan kualitas pekerjaan di masa mendatang, dan mengidentifikasi risiko kecelakaan berdasarkan tiga kriteria evaluasi: tingkat keparahan, kejadian (kejadian), dan deteksi, bukan hanya satu. Setiap faktor memiliki nilai bobot yang berbeda. Berikut ini merupakan *variable* perhitungan untuk menentukan nilai *Failure Mode and Effect Analysis (FMEA)*: (Yuamita & Fatkhurohman, 2023)

1. *Severity (S)*

Severity menggambarkan seberapa signifikan akibatnya. Pada skala 1 sampai 10, di mana 1 menunjukkan kejadian dengan tingkat keparahan yang hampir kecil dan 10, suatu kejadian yang membutuhkan perawatan.

Tabel 2. 2 Kriteria *Severity*

No	Efek	Kriteria: <i>Severity</i> untuk FMEA	Rank
1	- Kinerja sistem Berhenti	• Mesin rusak parah	10
	- Berbahaya tanpa peringatan	• Tidak tersedianya komponen pengganti • Tingkat operator <i>maintenance</i> dan	

No	Efek	Kriteria: <i>Severity</i> untuk FMEA	Rank
		keselamatan tidak sesuai dengan peraturan pemerintah yang tidak disertai peringatan	
2	- Kinerja sistem berjalan dengan sangat lambat - Berbahaya dan ada peringatan	• Mesin rusak cukup parah • Tidak tersedianya komponen pengganti • Tingkat operator <i>maintenance</i> dan keselamatan tidak sesuai dengan peraturan pemerintah yang disertai peringatan	9
3	- Kinerja sistem berjalan dengan lambat - Sangat tinggi	• Mesin rusak cukup parah • Komponen atau spare part tersedia • <i>Downtime</i> lebih dari 8 jam	8
4	- Kinerja Sistem berjalan dengan sedikit tersendat - Tinggi	• Mesin rusak cukup parah • Mesin dapat beroperasi secara manual • <i>Downtime</i> diantara 4 – 8 jam	7
5	- Kinerja Sistem berjalan cukup lancar - Sedang	• Mesin rusak ringan • Mesin dapat beroperasi secara manual • <i>Downtime</i> diantara 1 – 4 jam	6
6	- Kinerja Sistem berjalan lancar - Rendah	• Mesin rusak ringan • Rusak pada <i>Settingan</i> mesin • <i>Downtime</i> diantara 0,5 – 1 jam	5
7	- Kinerja Sistem Berjalan dengan perlakuan khusus - Sangat rendah	• Mesin rusak ringan • <i>Downtime</i> diantara 10 – 30 menit	4
8	- Kinerja Sistem sedikit terganggu - Kecil	• Mesin rusak ringan • Menunggu komponen atau spare part • <i>Downtime</i> terjadi hingga 10 menit	3
9	- Kinerja Sistem tetap berjalan - Sangat Kecil	• Mesin Error • Salah <i>Setting</i> • Variasi parameter proses tidak didalam batas spesifikasi. • Pengaturan atau pengendalian proses	2

No	Efek	Kriteria: <i>Severity</i> untuk FMEA	Rank
		lainnya dibutuhkan selama produksi.	
		• Tidak terdapat <i>Downtime</i> .	
		• Mesin kotor	
10	- Kinerja Sistem tidak terganggu	• Variasi parameter proses didalam batas spesifikasi.	1
	- Tidak Ada	• Pengaturan atau pengendalian proses dapat dilakukan selama <i>maintenance</i> rutin.	

2. *Occurance* (O)

Occurrence adalah tingkat kegagalan yang dihitung (kemungkinan terjadinya kecelakaan kerja) yang sangat relevan dengan tugas yang dilakukan. Pada skala 1 sampai 10, kegagalan di tempat kerja diurutkan. 1 menunjukkan kejadian langka, sedangkan 10 menunjukkan kejadian yang hampir tak terhindarkan.

Tabel 2. 3 Kriteria *Occurance*

No	<i>Probability of Occurance</i>	Rank
1	Lebih besar dari 50% per total jumlah kerusakan mesin	10
2	35 – 50% per total jumlah kerusakan mesin	9
3	31 – 35% per total jumlah kerusakan mesin	8
4	26 – 30% per total jumlah kerusakan mesin	7
5	21 – 25% per total jumlah kerusakan mesin	6
6	15 – 20% per total jumlah kerusakan mesin	5
7	11 – 14% per total jumlah kerusakan mesin	4
8	5 – 10% per total jumlah kerusakan mesin	3
9	< 5% per total jumlah kerusakan mesin	2
10	Tidak pernah sama sekali	1

3. *Detection* (D)

Kapasitas untuk mengidentifikasi dan mencegah kemungkinan kegagalan diukur dengan deteksi. Level 1 sampai 10 digunakan untuk mengkategorikan level deteksi atau deteksi.

Tabel 2. 4 Kriteria *Detection*

No	Deteksi	Criteria Likelihood of Detection	Rank
1	Sepenuhnya tidak pasti	• Alat atau informasi tidak dapat mendeteksi penyebab kerusakan	10
2	Sangat Jarang	• Sangat jarang kemungkinannya alat atau informasi mendeteksi penyebab kerusakan • Alat untuk mendeteksi kerusakan mengalami keausan dan di dalam alat tersebut ada komponen yang rusak	9
3	Jarang	• Jarang kemungkinannya alat atau informasi untuk mendeteksi penyebab kerusakan	8
4	Sangat rendah	• Kemampuan alat atau informasi untuk mendeteksi kerusakan sangat rendah	7
5	Rendah	• Alat atau informasi untuk mendeteksi kerusakan rendah	6
6	Cukup	• Alat atau informasi untuk mendeteksi kerusakan cukup untuk mendeteksi penyebab kerusakan	5
7	Cukup tinggi	• Alat atau informasi cukup tinggi kemungkinannya dalam mendeteksi penyebab kerusakan	4
8	Tinggi	• Alat atau informasi tinggi kemungkinannya dalam mendeteksi penyebab kerusakannya	3
9	Sangat tinggi	• Alat atau informasi sangat tinggi dapat mendeteksi penyebab kerusakan	2

No	Deteksi	Criteria Likelihood of Detection	Rank
10	Hampir pasti	• Operator produksi dalam memberikan laporan kerusakan sama dengan apa yang terjadi di lapangan	1

4. Risk Priority Number (RPN)

Sekelompok efek dengan tingkat keparahan tinggi diterjemahkan menggunakan kerangka matematika RPN (*Risk Priority Number*), dimana RPN ditentukan dengan mengalikan tiga aspek penilaian: tingkat keparahan dampak, frekuensi kejadian, dan kemampuan mendeteksi kegagalan. Nilai ini membantu menyusun skala prioritas untuk tindakan perbaikan. Berikut rumus menghitung RPN:

$$\text{RPN} = \text{O} \times \text{S} \times \text{D}$$

Nilai RPN bervariasi dari 1 hingga 1000, dengan 1 sebagai risiko desain terendah yang dapat dibayangkan. Nilai RPN dapat digunakan sebagai acuan untuk mengidentifikasi masalah yang paling parah, dengan tanda yang menunjukkan tingkat tertinggi yang membutuhkan perawatan prioritas mendesak.

Analisis kegagalan dengan FMEA sangat sesuai untuk komponen-komponen sistem pendingin yang akan dianalisis. FMEA membantu menentukan dampak dan penanganan kerusakan komponen, serta pengaruhnya terhadap kinerja *main engine* dan operasional kapal. FMEA mencakup fungsi komponen, mode kegagalan, penyebab, dampak, *Detection*, perbaikan, dan *initial risk* analisis ini membantu mengidentifikasi komponen kritis dan memungkinkan penjadwalan *Preventive Maintenance*.

2.2.2 Manajemen Perawatan Mesin

Perawatan adalah fungsi yang memantau dan memelihara fasilitas pabrik, peralatan, dan fasilitas kerja dengan merancang, mengatur, menangani, dan memeriksa pekerjaan untuk memastikan bahwa unit beroperasi selama waktu operasi (*uptime*) dan mengurangi waktu berhenti (*Downtime*) karena kerusakan atau perbaikan. (Purnomo et al., 2021). Fungsi perawatan perlu dijalankan secara baik, karena dengan dijalankannya fungsi tersebut fasilitas-fasilitas produksi akan terjaga kondisinya dan memberikan pengaruh yang besar bagi kesinambungan operasi suatu industri.

Manajemen perawatan mesin yang dilakukan oleh PT. Chandra Asri adalah untuk memastikan proses perjalanan produksi dapat berjalan dan tidak terjadi *Downtime*. Berikut merupakan manajemen perawatan mesin pada PT. Chandra Asri (Purnomo et al., 2021).

1. *Breakdown Maintenance* (Perawatan saat terjadi Kerusakan)

Breakdown Maintenance adalah perawatan yang dilakukan ketika mesin atau peralatan kerja mengalami kerusakan yang menyebabkan mesin atau peralatan tidak dapat beroperasi secara normal atau terhenti secara total dalam situasi yang tiba-tiba.

2. *Preventive Maintenance* (Perawatan Pencegahan)

Preventive Maintenance atau kadang disebut juga *Preventative Maintenance* adalah jenis perawatan yang dilakukan untuk mencegah kerusakan pada mesin selama operasinya. Contoh perawatan pencegahan adalah penjadwalan pengecekan, pembersihan, dan penggantian suku cadang secara teratur dan berkala. *Preventive Maintenance* terdiri dua jenis, yakni:

- A. *Periodic Maintenance* (Perawatan berkala)

Periodic Maintenance ini diantaranya adalah perawatan berkala mencakup perawatan rutin yang membersihkan, memeriksa, dan meminyaki mesin, serta penggantian suku cadang secara berkala untuk menghindari kerusakan mesin yang tidak terduga yang dapat mengganggu produksi. Maintenance berkala biasanya dilakukan setiap hari, minggu, bulan, atau tahunan.

- B. *Predictive Maintenance* (Perawatan Prediktif)

Predictive Maintenance adalah perawatan yang dilakukan untuk mencegah kerusakan yang lebih besar, perawatan prediktif dilakukan. Berbeda dengan perawatan periodik yang dilakukan berdasarkan waktu (*time-based*), perawatan prediktif ini menggunakan analisis tren perilaku mesin atau peralatan kerja untuk memprediksi kapan komponen tertentu pada mesin akan mengalami kerusakan.

3. *Corrective Maintenance* (Perawatan Korektif)

Corrective Maintenance adalah jenis perawatan yang dilakukan dengan menemukan sumber kerusakan dan memperbaikinya sehingga mesin atau peralatan produksi dapat berfungsi kembali seperti biasa.

4. Pemantauan kinerja

Dalam memastikan bahwa mesin beroperasi secara efisien, penting untuk terus memantau kinerjanya. Pemantauan parameter kunci, analisis data, dan pelaporan adalah beberapa

contoh pengukuran kinerja. Informasi yang diperoleh dari pemantauan ini digunakan untuk menemukan potensi perbaikan dan meningkatkan efisiensi operasional.

2.2.3 Reliability Centered Maintenance (RCM)

Pendekatan sistematis yang disebut *Reliability Centered Maintenance* (RCM) digunakan untuk membangun dan mengoptimalkan program perawatan peralatan industri. Tujuan utama RCM adalah menemukan tindakan perawatan yang paling efisien dan meningkatkan keandalan sistem (Ismail & Pusakaningwati, 2023). Metode ini telah diterapkan secara luas dalam berbagai industri, seperti manufaktur, sejak awal diciptakan oleh United Airlines pada tahun 60-an untuk meningkatkan keandalan pesawat terbang.

Tujuan dari *Reliability Centered Maintenance* (RCM) adalah untuk membuat desain yang sifat mampu dipeliharanya (*maintainability*) baik, untuk mendapatkan informasi yang diperlukan untuk memperbaiki desain awal yang kurang baik, dan untuk mengembangkan sistem pemeliharaan yang dapat mengembalikan reliabilitas dan keamanan seperti awal mula *equipment* dari kerusakan yang terjadi setelah sekian lama dioperasikan. Untuk mencapai semua tujuan di atas tanpa mengeluarkan biaya yang signifikan.

2.2.3.1 Mekanisme Penerapan metode Reliability Centered Maintenance (RCM)

1. Persiapan analisis:

Membentuk tim adalah langkah pertama dalam prosedur analisis, dengan setiap anggota tim mewakili setiap bidang dengan kemampuan dan pengetahuan yang cukup untuk melakukan analisis..

2. Memilih *Equipment* untuk di analisis:

Dalam memulai proses analisis RCM di tingkat sistem, tim RCM harus dapat mengambil keputusan dan menetapkan aset mana yang harus dilakukan analisis, seperti sistem, peralatan, bagian peralatan, atau komponen, serta apakah seluruh sistem atau peralatan yang ada dipabrik menjadi pertimbangan RCM. tingkat. Dengan demikian, proses analisis RCM dapat dimulai di tingkat sistem, karena ini adalah tingkat yang sangat baik dan tepat sasaran untuk memulai dan kemudian mengembangkan memperluas analisis ke. Berikut merupakan tahapan analisis keandalan (Susetyo & Nurhardianto, 2019):

- 1) Identifikasi Fungsi
- 2) Identifikasi Kegagalan Fungsi

3) Identifikasi dan Evaluasi efek dari Kegagalan

4) Identifikasi penyebab Kegagalan

Dua indikator kinerja utama (KPI) yang sangat penting dalam hal ketersediaan sistem, fasilitas, peralatan, atau proses adalah waktu rata-rata untuk perbaikan (MTTR) dan waktu rata-rata antara kegagalan (MTBF) untuk peralatan apa pun (Wardhani et al., 2024).

A. *Mean Time to Repair (MTTR)*

Dengan menghitung rata-rata waktu yang dibutuhkan untuk memperbaiki mesin setelah kegagalan, MTTR (Mean Time to Repair) adalah ukuran yang menunjukkan efisiensi proses perbaikan. Nilai MTTR yang lebih kecil menunjukkan seberapa cepat dan efisien tim perbaikan menangani perbaikan, sehingga *Downtime* produksi dapat diminimalkan. Metode untuk menghitung MTTR adalah dengan membagi total waktu perbaikan dengan jumlah perbaikan yang dilakukan. Sebagai contoh, jika sebuah mesin mengalami 5 kali kegagalan dan membutuhkan 10 jam untuk perbaikan, maka nilai MTTR-nya adalah 2 jam, yang menunjukkan bahwa rata-rata waktu yang dibutuhkan untuk memperbaiki mesin adalah 2 jam per kejadian. Berikut merupakan rumus perhitungan MTTR:

$$MTTR = \text{Total hours of downtime} / \text{Number of incidents}$$

B. *Mean Time Between Failure (MTBF)*

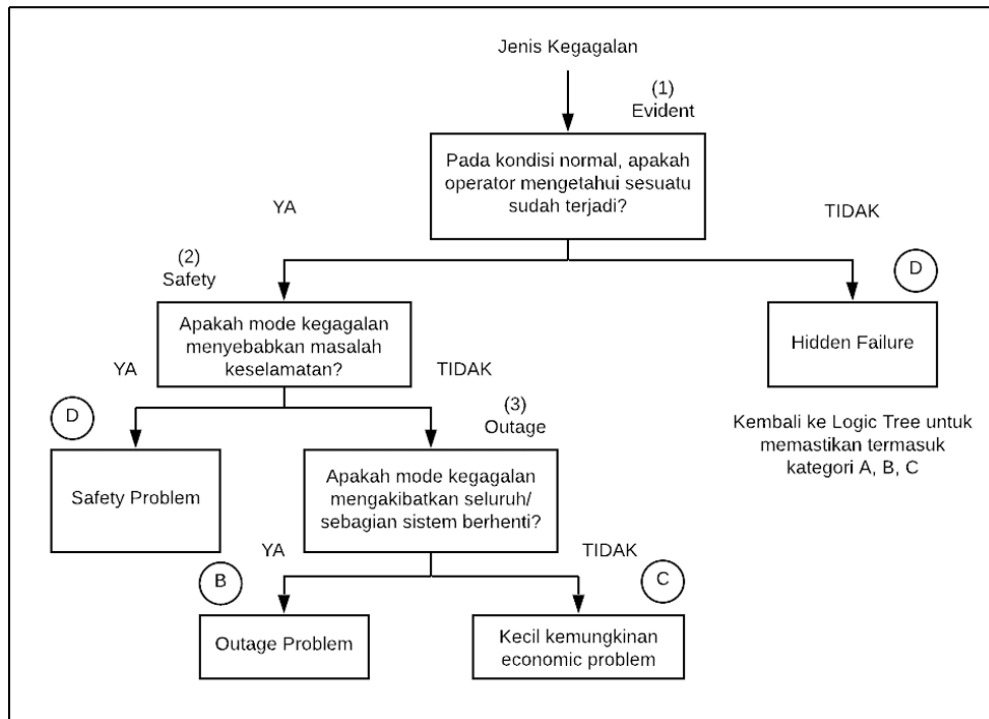
Keandalan suatu sistem atau mesin untuk beroperasi tanpa kegagalan diukur dengan nilai rata-rata waktu antara kegagalan (MTBF). Nilai MTBF menunjukkan waktu rata-rata operasi sebelum kegagalan, sehingga nilai MTBF yang lebih tinggi berarti mesin lebih jarang mengalami kerusakan. Perhitungan MTBF dihitung dengan membagi total waktu operasi mesin dengan jumlah kegagalan yang terjadi dalam jangka waktu tertentu. Misalnya, nilai MTBF sebuah mesin adalah 200 jam jika mesin beroperasi selama 1.000 jam dan mengalami 5 kegagalan, yang berarti mesin tersebut dapat beroperasi rata-rata selama 200 jam sebelum mengalami kegagalan berikutnya. MTF sangat bermanfaat untuk merencanakan perawatan pencegahan dan menentukan jadwal penggantian suku cadang sebelum mesin rusak. Berikut ini merupakan rumus untuk menghitung MTBF:

$$MTBF = \text{Total Waktu Operasi} / \text{Jumlah Kegagalan}$$

2.2.3.2 Logic Tree Analysis (LTA)

Logic Tree Analysis (LTA) adalah proses kualitatif yang digunakan untuk mengetahui konsekuensi yang ditimbulkan oleh masing-masing mode kegagalan. Tujuan LTA adalah untuk mengklasifikasikan mode kegagalan ke dalam beberapa kategori, sehingga tingkat prioritas penanganan untuk masing-masing mode kegagalan dapat ditetapkan berdasarkan kategorinya. Dengan menjawab pertanyaan yang telah disediakan dalam LTA, prioritas mode kegagalan dapat diketahui. Empat hal yang penting dalam analisis kekritisitas yaitu: (Violana, 2024).

1. *Evident*, yaitu apakah operator mengetahui dalam kondisi normal, telah terjadi gangguan?
2. *Safety*, yaitu apakah mode kerusakan ini menyebabkan masalah keselamatan?
3. *Outage*, yaitu apakah mode mode kerusakan ini mengakibatkan seluruh atau sebagian mesin berhenti?
4. *Category*, yaitu pengkategorian yang diperoleh setelah menjawab pertanyaan-pertanyaan yang diajukan. Pada bagian ini komponen terbagi dalam 4 kategori, yakni :
 - 1) Kategori A (*Safety Problem*) jika failure mode mempunyai konsekuensi safety terhadap personel maupun lingkungan.
 - 2) Kategori B (*Outage Problem*) jika failure mode mempunyai konsekuensi terhadap operasional plant (mempengaruhi kualitas ataupun kualitas output) yang dapat menyebabkan kerugian ekonomi secara signifikan.
 - 3) Kategori C (*Economic Problem*) jika failure mode tidak berdampak pada safety maupun operasional plant dan hanya menyebabkan kerugian ekonomi yang relatif kecil untuk perbaikan.
 - 4) Kategori D (*Hidden failure*) jika failure mode tergolong sebagai *hidden failure*, yang kemudian digolongkan lagi ke dalam kategori D/A.



Gambar 2. 1 Struktur LTA

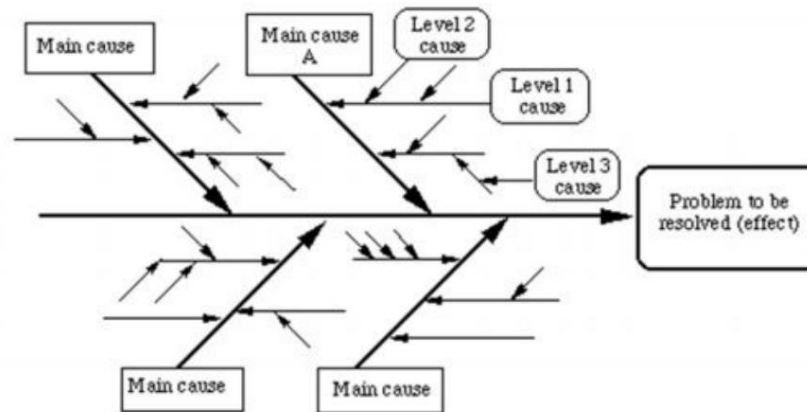
2.2.3.3 Task Selection

Tahap pemilihan tindakan, di mana Anda menentukan apa yang harus Anda lakukan tentang kegagalan tersebut. Tugas pemilihan dilakukan untuk menentukan kebijakan yang paling mungkin untuk diterapkan dan untuk memilih tugas yang paling efektif untuk setiap mode kegagalan. Proses pemilihan tugas menunjukkan hubungan antara kegagalan dan jenis tugas yang sedang dilakukan. Selain itu, ditentukan apakah kegagalan berhubungan langsung dengan Time Directed (TD), Condition Directed (CD), Failure Finding (FF), atau Run to Failure (R.T.F) (Abidin et al., 2021).

2.2.4 Fishbone diagram

Seven tools adalah alat bantu statistik memiliki kemampuan untuk melakukan analisis penanggulangan kualitas menggunakan teknik pengendalian proses statistik (Darsini et al., 2023). Daftar inspeksi, histogram, pareto diagram, peta kendali P, stratifikasi, dan scattergram adalah beberapa cara untuk menyelesaikan metode ini (Sambodo & Cahyana, 2022). Dalam penelitian kali ini menggunakan *Fishbone diagram*. *Fishbone diagram* merupakan alat yang digunakan untuk mengidentifikasi dan menunjukkan hubungan sebab-akibat untuk menemukan akar penyebab dari masalah yang sedang diselidiki (Rufaidah & Rosyidi, 2022).

Dalam proses menganalisis faktor dan resiko yang dihadapi, metode *Fishbone* juga dapat digunakan. Ini berguna untuk menganalisis berbagai faktor pemicu terjadinya akibat dari kendala tertentu, yang dikenal sebagai proses analisis faktor pemicu terjadinya akibat.



Gambar 2. 2 *Fishbone diagram*

Fishbone dapat digunakan sebagai contoh strategi perbaikan yang efektif untuk menangani masalah berdasarkan sebab dan akibat. Diagram *cause-effect*, atau diagram tulang ikan, dibuat melalui proses analisis tulang ikan. Ini adalah diagram yang menunjukkan hubungan sebab-akibat dari suatu masalah dengan mengidentifikasi dampak-dampak yang mungkin terjadi dari masalah tersebut, seperti yang digambarkan pada gambar 2.1. Langkah pertama adalah mengurutkan penyebab akar yang ada, penyebab utama, yang ditulis di kepala ikan. Setelah itu, dibuat garis tulang belakang, atau tulang utama. Bagian *Fishbone* biasanya terdiri dari metode, mesin, manusia, material, dan peralatan (Lenawati et al., 2023). Manfaat penggunaan diagram *Fishbone* adalah:

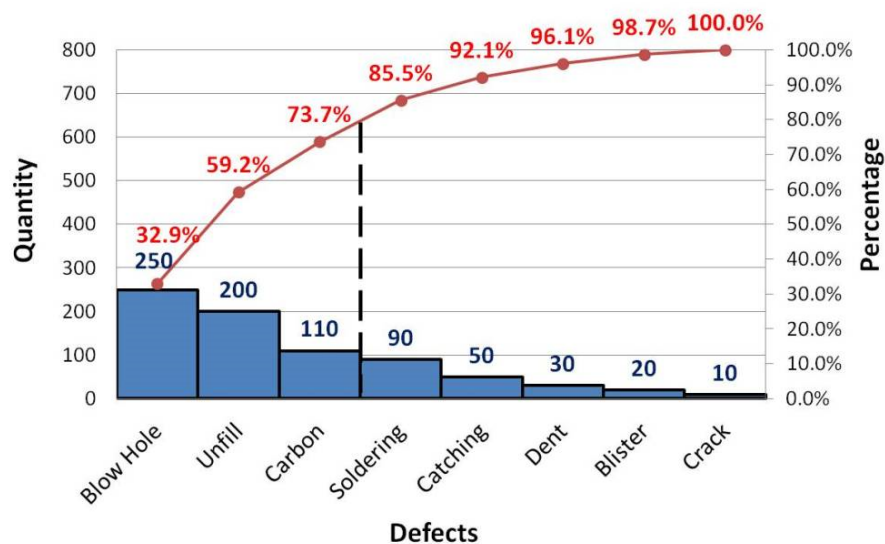
- a. Memfokuskan perhatian individu, tim, atau organisasi pada masalah utama.
- b. Memungkinkan untuk menggambarkan gambaran singkat dari masalah tim atau organisasi.
- c. Menentukan kesepakatan mengenai penyebab suatu masalah.
- d. Memberikan dukungan kepada anggota tim untuk menghasilkan solusi.
- e. Memfokuskan perhatian tim pada penyebab masalah.
- f. Memudahkan visualisasi hubungan antara penyebab dan masalah.
- g. Memungkinkan tim beserta anggota tim untuk melakukan diskusi dan menjadikan diskusi lebih terarah pada masalah dan penyebabnya (Fahreza et al., 2019).

Dalam penelitian ini, *Fishbone diagram* digunakan untuk mendalami akar penyebab dari mode kegagalan prioritas yang telah ditentukan melalui integrasi metode FMEA dan RCM.

Fishbone tidak digunakan pada seluruh kegagalan yang diidentifikasi dalam FMEA, melainkan hanya diterapkan pada kejadian yang telah dikategorikan sebagai prioritas dan memerlukan tindakan pemeliharaan, berdasarkan hasil *Logic Tree Analysis* (LTA) dan *Task Selection* dalam pendekatan RCM. Dengan demikian, analisis *Fishbone* dilakukan setelah keputusan strategi pemeliharaan ditetapkan, untuk memberikan pemahaman mendalam terhadap penyebab mendasar yang relevan dengan strategi tersebut, seperti *Condition Directed*, *Failure Finding*, atau *Time Directed*. Hal ini membantu dalam memastikan bahwa strategi yang dipilih dapat menjawab akar permasalahan yang sebenarnya terjadi di lapangan. Hasil analisis *Fishbone* juga dapat digunakan sebagai dasar untuk penyusunan pelatihan teknis, penyempurnaan prosedur operasional, serta pengembangan sistem inspeksi yang lebih terstruktur, guna mendukung implementasi strategi pemeliharaan yang telah ditetapkan melalui RCM.

2.2.5 Pareto Diagram

Dalam proses pengambilan keputusan, *pareto diagram* adalah teknik statistik yang digunakan. Ini didasarkan pada perbandingan frekuensi kejadian dan faktor penyebabnya (Irfanto, 2022).



Gambar 2. 3 Pareto Diagram

BAB III

METODE PENELITIAN

3.1 Objek Penelitian

Objek penelitian ini adalah *Downtime* mesin yang disebabkan dari kelalaian kinerja yang dapat menimbulkan kerusakan mesin pada di plant UCC 1 dan UCC 2. Pemilihan objek didasarkan dari rekomendasi perusahaan dengan beberapa aspek penilaian yang telah dilakukan oleh perusahaan berdasarkan kebutuhan dengan penyesuaian dalam tujuan penelitian kali ini untuk mengetahui tingkat prioritas perbaikan menggunakan *Metode Failure Mode and Effect Analysis* (FMEA) dan penentuan strategi perawatan yang optimal menggunakan metode *Realibility Centered Maintenance* (RCM). Penelitian ini diharapkan dapat memberikan rekomendasi agar efektivitas produksi optimal dan meminimalisir kerugian perusahaan.

3.2 Subjek Penelitian

Subjek penelitian ini dilaksanakan di sebuah perusahaan petrokimia besar yaitu, PT Chandra Asri Petrochemical Tbk. PT. Chandra Asri perusahaan petrokimia terbesar dan terintegrasi di Indonesia, menyediakan berbagai produk kimia dasar yang digunakan dalam industri manufaktur. PT. Chandra Asri terletak di Ciwandan Site, Jl. Raya Anyer Km.123 Ciwandan, Cilegon, Banten 42447, Indonesia.

3.3 Metode Pengumpulan Data

Dalam penelitian ini terdapat metode yang digunakan dalam pengumpulan data penelitian, metode pengumpulan data yang digunakan adalah sebagai berikut:

1 *Overview* (Pengenalan)

Overview dilakukan pertama kali pada saat melakukan penelitian di PT. Chandra Asri dimana mentor atau pembimbing lapangan mengenalkan profil perusahaan dan teori keselamatan (*safety*) yang wajib digunakan sebagai warga disekitar PT. Chandra Asri. Kemudian data yang diperlukan akan digunakan sebagai literatur perusahaan.

2 Studi Pustaka

Studi pustaka dilakukan untuk mendapatkan data tentang isu-isu terkait. Mempelajari beragam literatur baik berupa jurnal, buku perpustakaan, dan beberapa sumber bibliografi

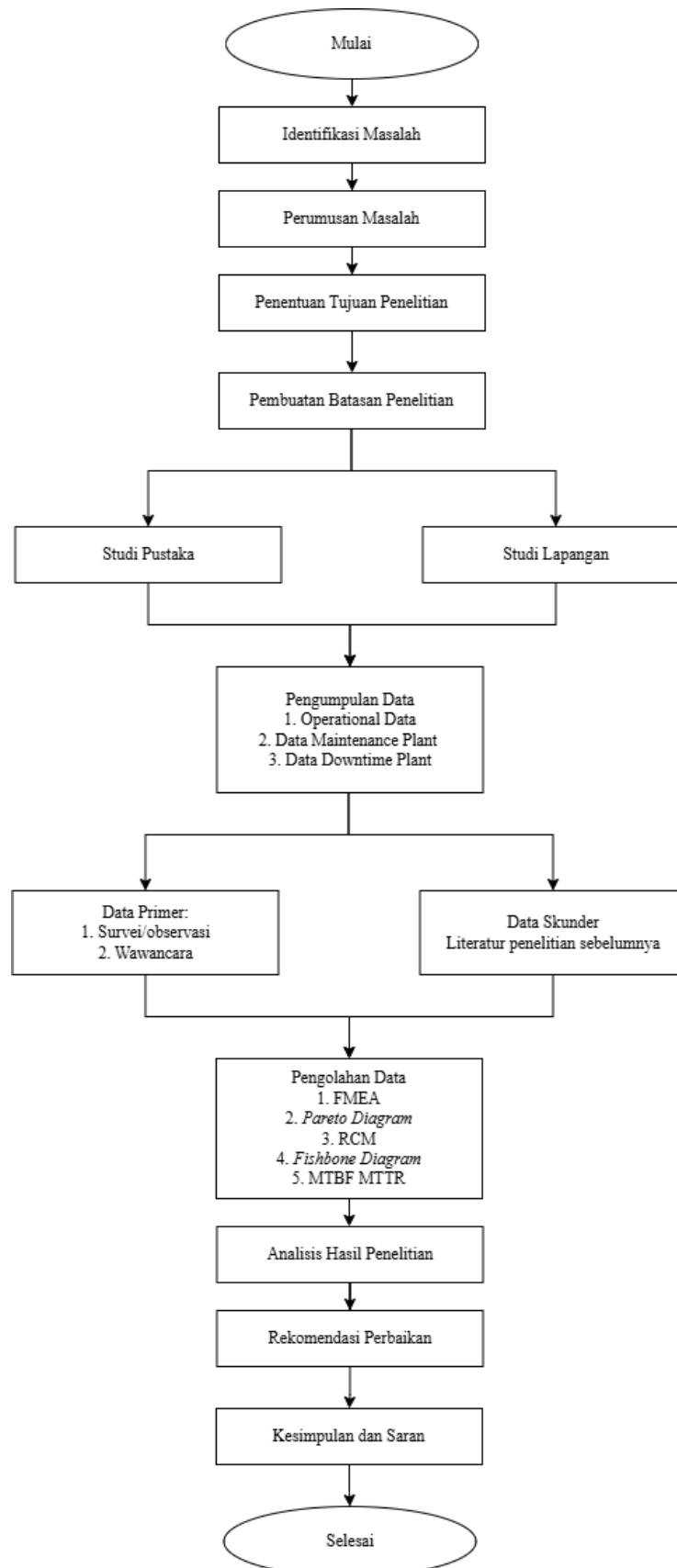
lainnya untuk memperoleh data sekunder tentang masalah tersebut dan menggunakannya sebagai referensi bahan penelitian. Kumpulkan data dengan mempelajari teori-teori untuk menerapkan prediksi dan menguasai perencanaan produksi berdasarkan studi literatur, yaitu studi sebelumnya, jurnal, dan referensi terkait.

3 Observasi secara langsung

Data yang digunakan dalam laporan merupakan data yang didapat secara langsung melalui observasi di PT. Chandra Asri. Data yang diambil seperti data mesin, data *Downtime* dan data kerugian yang terjadi. Kemudian, nilai *Severity* (S), *Occurrence* (O), dan *Detection* (D) untuk perhitungan *Risk Priority Number* (RPN) pada metode FMEA diperoleh melalui diskusi terstruktur dan wawancara langsung dengan dua orang staff *maintenance* yang bertanggung jawab atas pengelolaan *Downtime* pada plant UCC-1 dan UCC-2. Hal ini dilakukan untuk memastikan bahwa penilaian risiko mencerminkan kondisi aktual di lapangan. Dalam hal ini peran divisi *maintenance* sangat mempengaruhi pengambilan data.

3.4 Diagram Alur Penelitian

Berikut merupakan diagram alur penelitian yang menjelaskan langkah-langkah yang dijalankan selama proses penelitian berlangsung:



Gambar 3. 1 Diagram Alur Penelitian

Adapun penjelasan dari setiap alur penelitian diatas:

1. Mulai

2. Identifikasi Masalah

Tahap awal penelitian dimulai dengan mengidentifikasi suatu permasalahan yang terjadi dalam sistem yang sedang dikaji. Mengamati dan memahami permasalahan yang ada, baik dari segi teknis maupun operasional. Pada tahap ini, dilakukan pengumpulan informasi awal mengenai kendala yang terjadi.

3. Penentuan Tujuan Penelitian

Menetapkan tujuan yang ingin dicapai dalam penelitian.

4. Pembuatan Batasan Penelitian

Menentukan ruang lingkup penelitian agar fokus pada aspek yang relevan.

5. Perumusan Masalah

Setelah masalah teridentifikasi, langkah selanjutnya adalah merumuskan masalah secara spesifik agar dapat dicari solusi yang tepat berupa pertanyaan penelitian yang akan dijawab melalui analisis.

6. Studi Pustaka & Studi Lapangan

- Studi Pustaka: Mengumpulkan referensi dari berbagai literatur seperti jurnal, buku, dan penelitian terdahulu yang relevan dengan permasalahan.
- Studi Lapangan: Observasi langsung di lokasi penelitian untuk mengumpulkan data empiris yang mendukung identifikasi masalah.

7. Pengumpulan Data

Menghimpun data yang dibutuhkan dari hasil studi lapangan, seperti data historis kegagalan mesin, durasi *Downtime*, serta komponen yang sering mengalami kerusakan. Mengumpulkan data yang diperlukan, terdiri dari:

- Operational Data: Data operasional mesin dan proses.
- Data Maintenance Plant: Data aktivitas perawatan mesin.
- Data *Downtime* Plant: Data waktu henti mesin yang berdampak pada produksi.

8. Data Primer dan Sekunder

Data Primer: Diperoleh langsung dari lapangan melalui:

- Survei/Observasi
- Wawancara dengan operator, teknisi, atau manajer pemeliharaan.

Data Sekunder: Diambil dari literatur atau penelitian terdahulu sebagai referensi tambahan.

9. Pengolahan Data

Data yang sudah terkumpul diolah menggunakan beberapa metode analisis, yaitu:

- *FMEA (Failure Mode and Effect Analysis)*: Menganalisis mode kegagalan yang mungkin terjadi serta dampaknya terhadap sistem.
- *Pareto Diagram*: Menganalisis faktor penyebab utama yang memiliki pengaruh paling besar terhadap masalah berdasarkan prinsip 80/20.
- *RCM (Reliability Centered Maintenance)*: Menentukan strategi pemeliharaan yang paling efektif untuk meningkatkan keandalan mesin melalui *LTA* dan *Task Selection*.
- *Fishbone diagram*: Menentukan faktor penyebab utama dari suatu masalah melalui analisis sebab-akibat.
- *MTBF & MTTR*: Menghitung *Mean Time Between Failure* dan *Mean Time to Repair* untuk menilai keandalan dan perbaikan sistem.

10. Analisis Hasil Penelitian

Menafsirkan hasil pengolahan data dan mengidentifikasi akar permasalahan serta pola kegagalan yang terjadi berdasarkan metode yang telah diambil.

11. Rekomendasi Perbaikan

Memberikan usulan perbaikan atau solusi untuk meningkatkan keandalan sistem, seperti implementasi *preventive maintenance*, penggantian komponen tertentu, atau jadwal pemeliharaan yang lebih optimal berdasarkan seluruh hasil analisis penelitian.

12. Kesimpulan dan Saran

Menyimpulkan hasil penelitian dan memberikan saran yang dapat diterapkan untuk meningkatkan efisiensi dan efektivitas sistem yang dikaji.

13. Selesai

BAB IV

PENGUMPULAN DAN PENGOLAHAN DATA

4.1 Pengumpulan Data

Penelitian kali ini difokuskan pada mesin yang berada di plant UCC-1 dan plant UCC-2 pada PT. Chandra Asri. Pemilihan lokasi ini berdasarkan rekomendasi langsung oleh *section manager* yang digunakan untuk mengetahui strategi terbaik dalam perawatan mesin plant UCC-1 dan UCC-2. Pengumpulan dan pengambilan data didapatkan dari data sekunder yang diberikan oleh mentor lapangan pada saat penelitian berlangsung sesuai dengan kondisi lapangan perusahaan.

4.1.1 Data *Uptime Loss* Plant

Dari data pengamatan yang telah diperoleh selanjutnya dianalisis untuk mengetahui variabel pada nilai keandalan (*reability*). Berdasarkan data kerugian tabel 4.1 data *uptime loss* dihasilkan:

Tabel 4. 1 Data *Uptime Loss*

Plant	<i>Uptime Loss</i> Description	<i>Uptime Loss</i> Category	Times	<i>Uptime Loss</i> (Ton)
UCC1	UCC1 OG start up pelleter to UI2650 after S/D chunk 104T	Unscheduled DT	14 hours	104
UCC1	UCC1 OG 107 T due to <i>Startup</i> pelleter to UF5205H after cleaning dp plate 2nd time	First Pass	15 hours	107
UCC1	UCC1 OG due to Start up pelleter to UF5205H on 19 Mar (<i>transfer</i> of tank)	<i>Transition</i>	19 hours	135
UCC1	UCC1 OG due to <i>Startup</i> pelleter to UB5206H (159.64 T)	First Pass	22 hours	160
UCC1	UCC1 OG 180 T <i>transfer</i> OFF Tank (<i>restart-up</i> pelleter after normal <i>shutdown</i> for checking suction m/p)	<i>Transition</i>	26 hours	180

Plant	<i>Uptime Loss Description</i>	<i>Uptime Loss Category</i>	Times	<i>Uptime Loss (Ton)</i>
UCC2	UCC2 OG 57.575 T start pelleter for emptying PPB (<i>transition</i> from DJL to DJM) on 9 Apr	First Pass	8 hours	58
UCC2	UCC2 OG Start pelleter for emptying PPB (<i>transition</i> to metallocene)	First Pass	9 hours	61
UCC2	UCC2 OG 100 T start pelleter after <i>transition</i> from Metallocene to UCAT-J	First Pass	14 hours	100
UCC2	UCC2 OG 209.850 T start pelleter after <i>transition</i> to DJM1810 on 10 Apr	First Pass	30 hours	210
UCC2	Pelleter Trip due to LAH agglomerate without increasing pelleter rate	First Pass	36 hours	254

Tabel 4. 2 Keterangan Kategori

Kategori	Penjelasan
Unscheduled DT	<i>Downtime</i> yang tidak direncanakan, biasanya karena kerusakan mendadak atau kegagalan sistem.
First Pass	<i>Downtime</i> akibat proses start-up normal setelah shutdown rutin atau pembersihan, namun bukan karena kerusakan.
Transition	<i>Downtime</i> yang terjadi selama proses peralihan dari satu sistem, lokasi, atau produk ke yang lain.
Tank Pass	<i>Downtime</i> karena aktivitas yang berhubungan dengan transfer atau restart tangki, biasanya untuk pemeriksaan atau perpindahan material dalam tank.

Data dalam tabel tersebut merupakan hasil analisis FMEA (*Failure Mode and Effect Analysis*) terhadap berbagai kejadian *Downtime* yang terjadi di unit UCC1 dan UCC2, khususnya pada proses *startup* dan transisi unit pelletizer. Setiap baris mencerminkan satu kejadian kerugian operasional, seperti kegagalan saat *startup* setelah pembersihan, transisi antartangki, atau perubahan mode operasi. Untuk masing-masing kejadian, dihitung dua nilai RPN (*Risk Priority Number*) berdasarkan tiga parameter: *Severity* (tingkat keparahan), *Occurrence* (frekuensi kejadian), dan *Detection* (kemampuan mendeteksi kegagalan). Nilai RPN dihitung sebagai hasil perkalian dari ketiga parameter tersebut ($S \times O \times D$), dan dihitung dua kali dengan kemungkinan dari dua sudut pandang. Rata-rata seluruh RPN dari 10 kejadian adalah $1643 / 10 = 164,3$ dimana nilai ini menjadi ambang batas untuk menentukan prioritas: kejadian dengan nilai di atas rata-rata dianggap kritis dan perlu segera ditindaklanjuti. Dari data tersebut, kejadian dengan RPN tertinggi terjadi pada saat *transfer* OFF tank di UCC1 OG 180 T setelah *shutdown* normal, dengan rata-rata RPN sebesar 356,5. Ini menunjukkan risiko paling tinggi dan harus menjadi prioritas utama dalam perbaikan sistem. Di sisi lain, kejadian dengan risiko terendah tercatat saat terjadi trip akibat aglomerasi LAH tanpa peningkatan laju pelletizer, dengan rata-rata RPN hanya 41,5. Data ini secara keseluruhan memberikan gambaran prioritas tindakan mitigasi, di mana nilai RPN yang lebih tinggi menandakan perlunya investigasi lebih lanjut dan tindakan korektif yang lebih serius. Analisis ini penting sebagai dasar dalam penerapan *Reliability Centered Maintenance* (RCM) dan penyusunan strategi perbaikan berkelanjutan.

4.3 Pareto Diagram

Pareto diagram adalah teknik statistik yang digunakan dalam proses pengambilan keputusan yang didasarkan pada perbandingan frekuensi kejadian dan faktor penyebabnya.

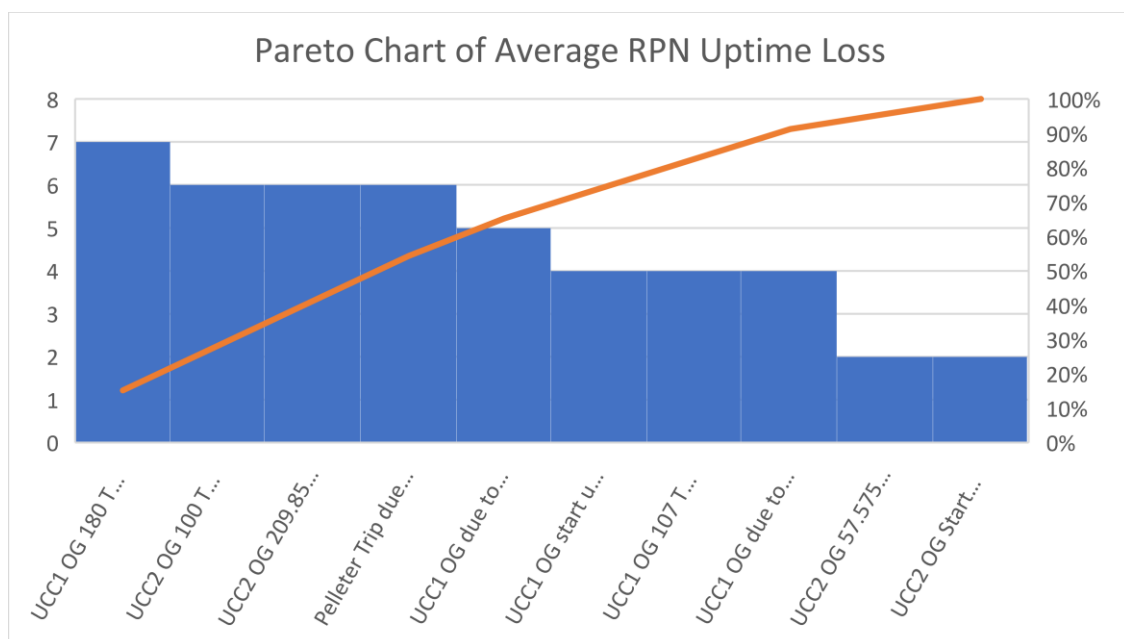
Tabel 4. 4 Data RPN Menurun

Dekripsi Kerugian	RPN 1			Hasil	RPN 2			Hasil	Rata-rata
	S	O	D		S	O	D		
UCC1 OG 180 T <i>transfer</i> OFF Tank (<i>restart-up</i> pelletter after normal <i>shutdown</i> for checking suction m/p)	7	7	8	329	6	8	8	384	356.5

Dekripsi Kerugian	RPN 1			Hasil	RPN 2			Hasil	Rata-rata
	S	O	D		S	O	D		
UCC2 OG 209.850 T start pelletter after <i>transition</i> to DJM1810 on 10 Apr	6	8	6	288	6	8	8	384	336
UCC2 OG 100 T start pelletter after <i>transition</i> from Metallocene to UCAT-J	6	7	8	336	5	8	8	320	328
UCC1 OG 107 T due to Startup pelletter to UF5205H after cleaning dp plate 2nd time	4	7	8	224	5	8	8	320	272
UCC2 OG Start pelletter for emptying PPB (<i>transition</i> to metallocene)	2	6	7	84	2	6	8	96	90
UCC2 OG 57.575 T start pelletter for emptying PPB (<i>transition</i> from DJL to DJM) on 9 Apr	2	5	8	80	2	4	8	64	72
UCC1 OG due to Start up pelletter to UF5205H on 19 Mar (<i>transfer</i> of tank)	4	8	2	64	5	8	1	40	52
UCC1 OG start up pelletter to UI2650 after S/D chunk 104T	4	1	8	32	5	2	7	70	51
UCC1 OG due to Startup pelletter to UB5206H (159.64 T)	5	8	1	40	6	8	1	48	44

Dekripsi Kerugian	RPN 1			Hasil	RPN 2			Hasil	Rata-rata
	S	O	D		S	O	D		
Pelletter Trip due to LAH									
agglomerate without increasing pelletter rate	6	2	4	48	7	1	5	35	41.5
Total									1.643

Berikut ini merupakan *Pareto Diagram* yang dihasilkan dari analisis *Risk Priority Number* (RPN) pada sepuluh kategori kerugian (*Uptime Loss*):



Gambar 4. 1 *Pareto Chart RPN*

Menurut studi oleh Stamatis (2003) dalam *Failure Mode and Effect Analysis: FMEA from Theory to Execution*, nilai RPN ≥ 300 umumnya dikategorikan sebagai “high risk” yang membutuhkan mitigasi prioritas. Meskipun dilihat dari grafik Pareto hanya satu kejadian (UCC1 OG 180 T) yang masuk dalam 20% pertama (prinsip 80/20), tetapi dua kejadian lainnya, yakni UCC2 OG 209.850 T dan UCC2 OG 100 T, memiliki nilai RPN yang juga melebihi 300 (masing-masing 336 dan 328), dan secara kumulatif ketiganya menyumbang lebih dari 60% dari total RPN keseluruhan. Oleh karena itu, meskipun hanya satu kejadian tergolong dalam 20% teratas secara visual Pareto, pendekatan ini diperluas berdasarkan nilai ambang batas bahaya. Dengan menggabungkan prinsip Pareto dan ambang batas RPN ≥ 300 sebagai indikator risiko kritis, pemilihan ketiga kejadian tersebut menjadi dijadikan fokus utama dalam

strategi perbaikan keandalan sistem. Penetapan tiga kejadian utama sebagai fokus analisis tidak semata-mata mengacu pada representasi visual dari diagram Pareto, melainkan juga didasarkan pada landasan teoretis yang kuat serta pertimbangan kuantitatif terkait tingkat risiko.

Grafik Pareto yang dihasilkan dari analisis *Risk Priority Number* (RPN) pada Gambar 4.1 menunjukkan bahwa dari sepuluh kategori kerugian (*Uptime Loss*) yang dianalisis, dimana tiga kejadian Utama UCC-1 OG 180 T *transfer* OFF Tank, UCC-2 OG 209.850 T start pelletter setelah transisi ke DJM1810, dan UCC2 OG 100 T start pelletter setelah transisi ke DJM1810 menunjukkan grafik pareto yang dihasilkan dari analisis nomor prioritas kerugian (RPN). Nilai rata-rata RPN dari semua kejadian dihitung sebagai dasar perbandingan. Dari hasil perhitungan, tiga kejadian dengan RPN tertinggi adalah:

1. UCC1 OG 180 T: RPN = 356,5
2. UCC2 OG 209.850 T: RPN = 336
3. UCC2 OG 100 T: RPN = 328

Sesuai dengan hasil analisis grafik Pareto terhadap rata-rata nilai RPN, tiga kejadian dominan yaitu UCC1 OG 180 T *transfer* OFF Tank, UCC2 OG 209.850 T start pelletter, dan UCC2 OG 100 T start pelletter. Namun, pada grafik Pareto menunjukkan kontribusi kumulatif sebesar lebih dari 60% terhadap total rata-rata RPN keseluruhan kejadian. Meskipun kontribusi kumulatif dari ketiga kejadian tersebut terhadap total rata-rata RPN belum mencapai ambang klasik 80% sebagaimana prinsip Pareto, nilainya telah melebihi 60%, yang menunjukkan konsentrasi signifikan pada sebagian kecil dari total kejadian. Selain itu, nilai rata-rata RPN ketiga kejadian tersebut berada di atas 300, ambang batas yang secara luas diterima dalam metode FMEA sebagai indikasi risiko tinggi yang memerlukan tindakan korektif segera.

4.4 *Realibility Centered Maintenance (RCM)*

4.4.1 *Logic Tree Analysis (LTA)*

Logic Tree Analysis (LTA) merupakan proses yang kualitatif yang digunakan untuk mengetahui konsekuensi yang ditimbulkan oleh masing-masing failure mode. Tujuan *Logic Tree Analysis* (LTA) adalah mengklasifikasikan failure mode ke dalam beberapa kategori sehingga nantinya dapat ditentukan tingkat prioritas dalam penanganan masing-masing failure mode berdasarkan kategorinya.

Tabel 4. 5 Kategori LTA

Kategori	Keterangan
----------	------------

A	Kegagalan berdampak pada keselamatan/lingkungan
B	Berdampak pada operasi/produktivitas (tapi bukan safety)
C	Tidak berdampak besar tapi frekuensi tinggi (cost-efficiency dipertimbangkan)
D	Dampak kecil dan frekuensi rendah, bisa dibiarkan atau cukup dimonitor

Dengan beberapa kategori pada Tabel 4.3 hasil LTA yang didapatkan dari ketiga kerugian terbesar ini, yaitu:

Tabel 4. 6 LTA

No	Deskripsi Kerugian	<i>Evident</i>	<i>Safety</i>	<i>Outage</i>	Kategori LTA	RCM Category
1	UCC1 OG 180 T Transfer OFF Tank (restart pelletter after shutdown)	Y	N	Y	<i>Hidden failure</i>	B
2	UCC2 OG 100 T Start Pelletter (transition from Metallocene to UCAT-J)	Y	N	Y	<i>Evident failure</i>	B
3	UCC2 OG 209.850 T Start Pelletter (transition to DJM1810)	Y	N	Y	<i>Evident failure</i>	B

Berikut merupakan analisis mode kegagalan pada *Logic Tree Analysis* (LTA):

- *Evident*, (Apakah operator mengetahui telah terjadi adanya kegagalan pada sistem pada saat berada di kondisi normal?) **YES**
- *Safety*, (Apakah pada kerusakan tersebut dapat menimbulkan risiko kecelakaan?) **NO**

- *Outage*, (Apakah pada kerusakan dapat menyebabkan sebagian sistem / keseluruhan sistem berhenti?) **YES**

Sedangkan, hasil klasifikasi yang didapatkan berdasarkan tabel 4.5 adalah:

- UCC1 OG 180 T: *hidden failure*, kategori B (berdampak operasional, tidak membahayakan keselamatan)
- UCC2 OG 100 T: *evident failure*, kategori B
- UCC2 OG 209.850 T: *evident failure*, kategori B

Seluruh kejadian termasuk dalam kategori B karena tidak memengaruhi keselamatan atau lingkungan secara langsung, tetapi menyebabkan gangguan operasional yang signifikan yang memengaruhi produksi.

4.4.2 Task Selection

Task Selection dilakukan untuk menentukan kebijakan yang paling mungkin untuk diterapkan dan untuk memilih tugas yang paling efektif untuk setiap mode kegagalan. Dalam proses pemilihan tugas, ditentukan hubungan antara kegagalan dan jenis tugas yang ada. Kegagalan berhubungan langsung dengan *Time Directed* (TD), *Condition Directed* (CD), *Failure Finding* (FF), atau *Run to Failure* (R.T.F). Berikut ini merupakan pemilihan tugas berdasarkan kategori prinsip RCM:

Tabel 4. 7 *Task Selection* (TS)

No	Description		Fuction	Failure Mode		Category							Task Selection
	Loss					1	2	3	4	5	6	7	
1			Menyalurkan	Suction	line								
	UCC1	OG	material	dari	tidak berfungsi								
	180	T	tanki	transfer	optimal	atau	Y	Y	N	Y	Y	Y	Y
	Transfer		ke pelletter	saat	tekanan	tidak							FF
	OFF Tank		startup	setelah	cukup	saat							
			shutdown		startup								

No	Description		Fuction	Failure Mode		Category							Task Selection	
	Loss					1	2	3	4	5	6	7		
2	UCC2 OG 100 T Start Pelletter		Memulai	Startup	gagal									
			proses	akibat	tekanan									
			pelletizing	awal	tidak									
			setelah transisi	stabil	atau									
			katalis untuk	perubahan		Y	Y	N	Y	Y	N	Y	TD / CD	
			memastikan	ukuran										
			aliran material	kekentalan										
			stabil dan	atau resistensi										
			sesuai	material saat										
			spesifikasi	transisi										
3	UCC2 OG 209.850 T Start Pelletter		Mengaktifkan											
			pelletter											
			setelah transisi	Overpressure										
			grade produk,	atau										
			menjaga	ketidakstabilan										
			kestabilan	suhu akibat	Y	Y	N	Y	Y	N	Y	CD		
			tekanan dan	kontrol sistem										
			suhu saat	tidak responsif										
			memulai	saat transisi										
			produksi baru											

Berdasarkan hasil klasifikasi dari *Logic Tree Analysis* (LTA) dan karakteristik masing-masing mode kegagalan, strategi pemeliharaan untuk tiap kejadian *Downtime* ditentukan sebagai berikut:

- **UCC1 OG 180 T Transfer OFF Tank:**

Mode kegagalan pada unit ini bersifat *hidden failure*, karena tidak terdeteksi langsung saat operasi normal dan hanya dapat diketahui saat *start-up* gagal akibat tekanan pada *suction line* yang tidak mencukupi. Oleh karena itu, strategi yang diterapkan adalah *Failure Finding* (FF). Tindakan ini berupa inspeksi berkala terhadap sistem hisap dan line tekanan sebelum *start-up* dilakukan. Strategi ini relevan karena kegagalan hanya muncul

saat fungsi dijalankan dan tidak bisa terdeteksi oleh sistem monitoring biasa. Justifikasi ini diperkuat oleh kebutuhan akan identifikasi dini terhadap komponen tersembunyi yang dapat mengganggu kelancaran *start-up* jika tidak diperiksa sebelumnya.

- **UCC2 OG 100 T Start Pelletter:**

Kejadian ini dikategorikan sebagai *evident failure* karena gangguan dapat langsung terlihat saat proses *start-up* berlangsung, yaitu melalui tekanan tidak stabil dan perubahan ukuran kekentalan atau resistensi material. Karena adanya pola waktu transisi antar produk dan data parameter proses (tekanan, suhu) yang dapat dipantau, maka strategi yang dipilih adalah kombinasi *Time Directed* (TD) dan *Condition Directed* (CD). TD digunakan karena waktu transisi dapat dijadwalkan dan inspeksi bisa dilakukan sebelum perubahan terjadi. CD diterapkan dengan memantau tekanan serta suhu proses secara real-time menggunakan sensor untuk menghindari gangguan yang timbul akibat ketidaksesuaian ukuran kekentalan atau resistensi material. Kombinasi ini memungkinkan tindakan pencegahan optimal sebelum kegagalan terjadi.

- **UCC2 OG 209.850 T Start Pelletter:**

Mode kegagalan pada kejadian ini disebabkan oleh overpressure dan ketidakstabilan suhu yang timbul saat proses transisi grade produk. Sama seperti kejadian sebelumnya, kegagalan bersifat *evident* dan dapat dipantau dengan parameter proses. Oleh karena itu, strategi yang sesuai adalah *Condition Directed* (CD). Justifikasinya, sensor tekanan dan suhu yang sudah tersedia pada sistem memungkinkan pemantauan kontinu, sehingga potensi kegagalan dapat dikenali dari tren perubahan nilai parameter. Strategi ini sangat efektif dalam mendeteksi gejala awal dari ketidakstabilan sistem kontrol, khususnya saat proses transisi grade yang cukup sensitif.

Berdasarkan hasil evaluasi kerugian tertinggi pada plant UCC-1 dan UCC-2, telah dilakukan analisis RCM yang mencakup fungsi peralatan, mode kegagalan, kategori berdasarkan tujuh kriteria RCM, dan pemilihan jenis tugas pemeliharaan (*Task Selection*). Kerugian pertama, yaitu pada UCC1 OG 180 T *Transfer* OFF Tank, memiliki fungsi utama untuk menyalurkan material dari tanki *transfer* ke pelletter saat *startup* setelah *shutdown*. Mode kegagalannya adalah *suction line* tidak berfungsi optimal atau tekanan tidak mencukupi saat *startup*, yang menyebabkan pelletter gagal menyala. Berdasarkan analisis tujuh kriteria RCM, kegagalan ini bersifat fungsional, terlihat jelas (*evident*), tidak berdampak langsung terhadap keselamatan atau lingkungan, tetapi berdampak besar terhadap operasional dan ekonomi,

termasuk jenis *hidden failure*, serta masih dapat dideteksi. Oleh karena itu, kegagalan ini masuk dalam kategori RCM B dan dipilih strategi *Failure Finding* (FF) karena sifatnya tersembunyi dan hanya terdeteksi saat pelaksanaan fungsi.

Kerugian kedua terjadi pada UCC2 OG 100 T Start Pelletter, yang berfungsi memulai proses pelletizing setelah transisi katalis dari Metallocene ke UCAT-J. Kegagalan *startup* disebabkan oleh tekanan awal yang tidak stabil atau perubahan ukuran kekentalan atau resistensi material selama transisi. Mode kegagalan ini memenuhi semua kriteria kecuali kategori *hidden failure*, yang artinya kegagalan dapat terlihat secara langsung dan tidak tersembunyi. Karena dapat diprediksi atau dimonitor, maka task yang direkomendasikan adalah kombinasi *Time Directed* (TD) jika interval kegagalan dapat diperkirakan, atau *Condition Directed* (CD) jika parameter kritis seperti tekanan dan suhu dapat dipantau secara real-time. Kegagalan ini juga masuk dalam kategori RCM B, karena berdampak pada kontinuitas operasional tanpa mengancam keselamatan.

Kerugian ketiga adalah pada UCC2 OG 209.850 T Start Pelletter setelah transisi produk ke DJM1810. Fungsi utamanya adalah untuk mengaktifkan pelletter setelah pergantian *grade* produk, dengan menjaga kestabilan tekanan dan suhu awal agar proses produksi berjalan lancar. Kegagalan terjadi akibat overpressure atau ketidakstabilan suhu karena sistem kontrol tidak merespons secara cepat saat transisi. Berdasarkan hasil LTA dan analisis tujuh kriteria, mode kegagalan ini tidak tergolong sebagai *hidden failure*, namun berdampak pada operasional dan ekonomi. Karena dapat dideteksi dan dipantau melalui sistem kontrol, maka strategi pemeliharaan yang paling sesuai adalah *Condition Directed* (CD) dengan memanfaatkan sistem monitoring tekanan dan suhu selama proses transisi. Sama seperti dua kasus sebelumnya, mode kegagalan ini juga dikategorikan dalam RCM B.

Secara keseluruhan, ketiga kerugian utama ini menunjukkan bahwa pendekatan RCM memberikan struktur analisis yang jelas dan akurat dalam menentukan jenis tindakan perawatan yang paling efektif berdasarkan dampak dan karakteristik kegagalan. Hasilnya tidak hanya menjadi dasar teknis dalam pengambilan keputusan maintenance, tetapi juga memberikan kontribusi terhadap peningkatan keandalan sistem dan efisiensi operasional plant.

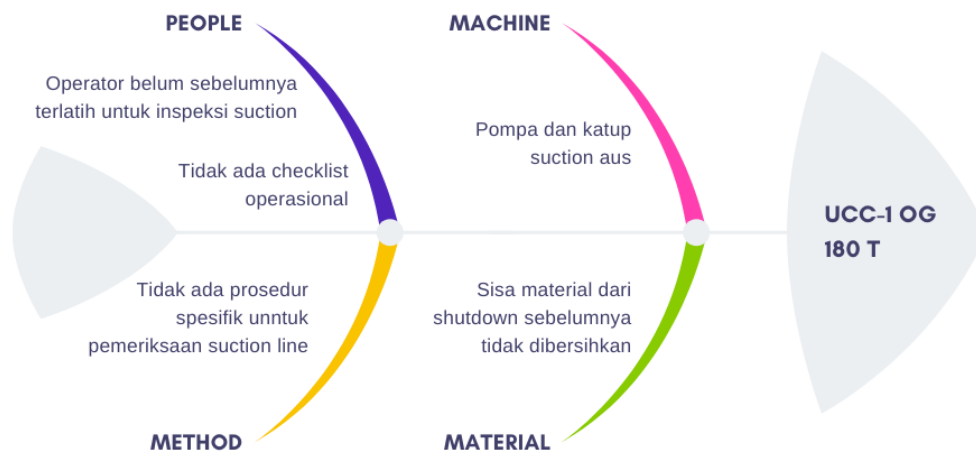
4.5 *Fishbone diagram*

Fishbone diagram merupakan alat yang digunakan untuk mengidentifikasi dan menunjukkan hubungan sebab akibat untuk menemukan akar penyebab suatu masalah.

Penggunaan metode *Fishbone* juga dapat digunakan dalam proses menganalisis faktor dan resiko yang dihadapi; metode ini berguna untuk menganalisis berbagai faktor pemicu terjadinya akibat dari sebuah kendala tertentu, yang dapat disebut sebagai proses analisis faktor pemicu terjadinya akibat. *Fishbone diagram* digunakan untuk mengidentifikasi akar penyebab dari kejadian *Downtime* pada unit-unit produksi UCC yang akan dianalisa untuk penyesuaian strategi RCM sebelumnya. Setiap diagram mengelompokkan penyebab kegagalan ke dalam empat kategori utama: *people* (manusia), *method* (metode), *machine* (mesin), dan *material* (bahan).

1. UCC-1 OG 180 T

Berikut ini merupakan analisis *Fishbone diagram* pada UCC-1 OG 180 T *Transfer OFF Tank (restart pelletter setelah shutdown)*:



Gambar 4. 2 *Fishbone diagram* UCC-1 OG 180 T

Kegagalan dalam proses *transfer OFF tank* setelah *shutdown* menyebabkan *Downtime*. Tidak ada checklist operasional yang memadai dari sisi manusia, dan operator tidak memiliki pelatihan yang cukup untuk melakukan inspeksi suction. Tidak ada metode khusus untuk pemeriksaan *suction line*. Di sisi material, sisa material dari *shutdown* sebelumnya masih tertinggal. Di sisi mesin, pompa dan katup suction telah rusak. Semua hal ini menunjukkan bahwa kita tidak siap secara prosedural dan teknis untuk memulai kembali setelah *shutdown*. Karena strategi RCM untuk kejadian ini adalah *Failure Finding* (FF), maka temuan bahwa tidak adanya SOP suction, pelatihan operator yang kurang, dan inspeksi visual yang tidak konsisten, mendukung pentingnya tindakan

inspeksi rutin dan periodik untuk menemukan kegagalan tersembunyi sebelum berdampak besar pada proses produksi.

2. UCC-2 OG 100 T

Berikut ini merupakan analisis *Fishbone diagram* pada UCC-2 OG 100 T Start Pelletter (*transition from Metallocene to UCAT-J*):

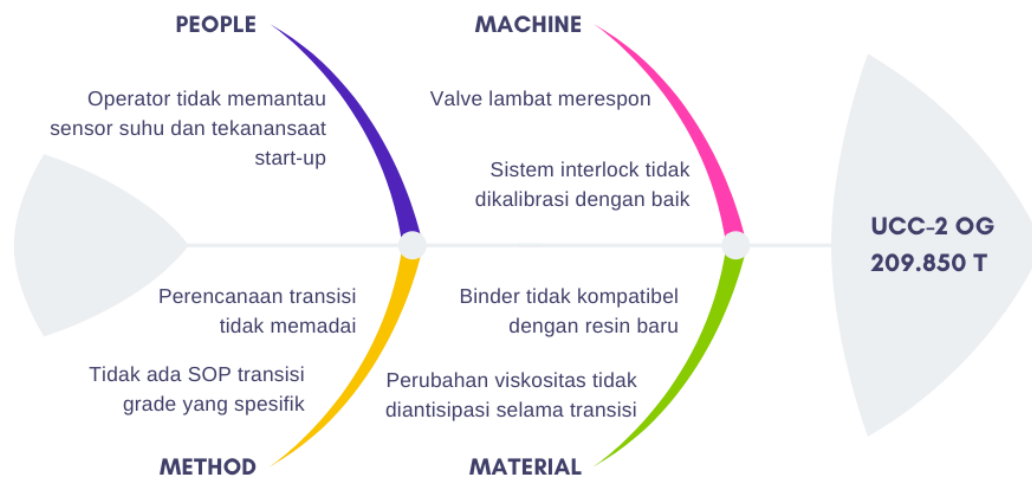


Gambar 4. 3 *Fishbone diagram* UCC-2 OG 100 T

Kegagalan awal ini disebabkan oleh ketiadaan prosedur operasional dan jumlah karyawan yang tersedia. Dalam hal aspek mesin, performa mesin menurun karena tidak menerima perawatan setelah pemakaian terakhir. Sedangkan material menjadi masalah karena kualitas binder yang buruk digunakan. Hal ini menunjukkan kurangnya perawatan rutin dan kesiapan sumber daya manusia yang diperlukan untuk keberhasilan *startup*. Strategi RCM berupa kombinasi *Time Directed* dan *Condition Directed* dapat dijustifikasi dari penyebab yang ditemukan, seperti kualitas binder buruk dan kurangnya perawatan mesin. Ini mengindikasikan bahwa perawatan berkala dan pemantauan kondisi tekanan atau viskositas secara kontinyu menjadi langkah yang sangat dibutuhkan.

3. UCC-2 OG 209.850 T

Berikut ini merupakan analisis *Fishbone diagram* pada UCC-2 OG 209.850 T Start Pelletter (*transition to DJM1810*):



Gambar 4. 4 *Fishbone diagram* UCC-2 OG 209.850 T

Downtime pada kasus ini terjadi selama transisi proses. Karena operator tidak memantau sensor suhu dan tekanan saat *start-up*, ada masalah dari sisi manusia. Faktor metode yang berkontribusi termasuk perencanaan transisi yang tidak memadai dan kurangnya SOP transisi *grade* yang spesifik. Di bagian mesin, sistem interlock tidak dikalibrasi dengan baik, dan valve merespons dengan lambat. Ketidakcocokan binder dengan resin baru dan perubahan ukuran kekentalan suatu cairan yang tidak terduga terjadi selama transisi material. Hal ini menunjukkan bahwa peralihan antara produk membutuhkan pendekatan lintas elemen yang lebih terstruktur dan sistematis. Temuan seperti tidak adanya SOP transisi, pemantauan sensor yang lemah, dan kesalahan saat interlock menunjukkan bahwa kegagalan ini membutuhkan pendekatan *Condition Directed*, terutama melalui sistem pemantauan saat transisi, serta pelatihan operator dan revisi SOP untuk memastikan peralihan sistem berjalan dengan aman dan stabil.

Berdasarkan analisis *Fishbone* pada ketiga kejadian *Downtime* prioritas, ditemukan bahwa penyebab utama tidak hanya bersumber dari aspek teknis seperti kerusakan pompa, valve, atau sistem interlock, tetapi juga dari faktor manusia (misalnya kurangnya pelatihan dan kesiapan operator), kekosongan prosedur kerja (SOP), serta kualitas material yang tidak sesuai spesifikasi proses. Pada UCC1 OG 180 T, tidak adanya SOP dan inspeksi suction line yang memadai menyebabkan kegagalan tidak terdeteksi sebelum start-up, mendukung strategi *Failure Finding* (FF) yang telah dipilih. Pada UCC2 OG 100 T, akar masalah meliputi binder yang tidak sesuai dan perawatan mesin yang tidak dilakukan, memperkuat pemilihan *Time Directed* (TD) untuk inspeksi berkala serta *Condition Directed* (CD) untuk memantau viskositas dan tekanan proses. Sementara

pada UCC2 OG 209.850 T, ketidaksiapan memantau transisi suhu dan tekanan menunjukkan perlunya sistem pemantauan berkelanjutan yang selaras dengan strategi *Condition Directed* (CD). *Fishbone* ini disesuaikan dengan strategi perawatan yang telah ditentukan dalam *Task Selection*, sehingga penyebab yang diidentifikasi mendukung tindakan spesifik, seperti pengadaan SOP, inspeksi berkala, hingga sensor monitoring. Dengan demikian, analisis *Fishbone* tidak hanya mengidentifikasi akar masalah, tetapi juga memperkuat validitas dari strategi RCM yang telah dipilih.

4.6 MTBF dan MTTR

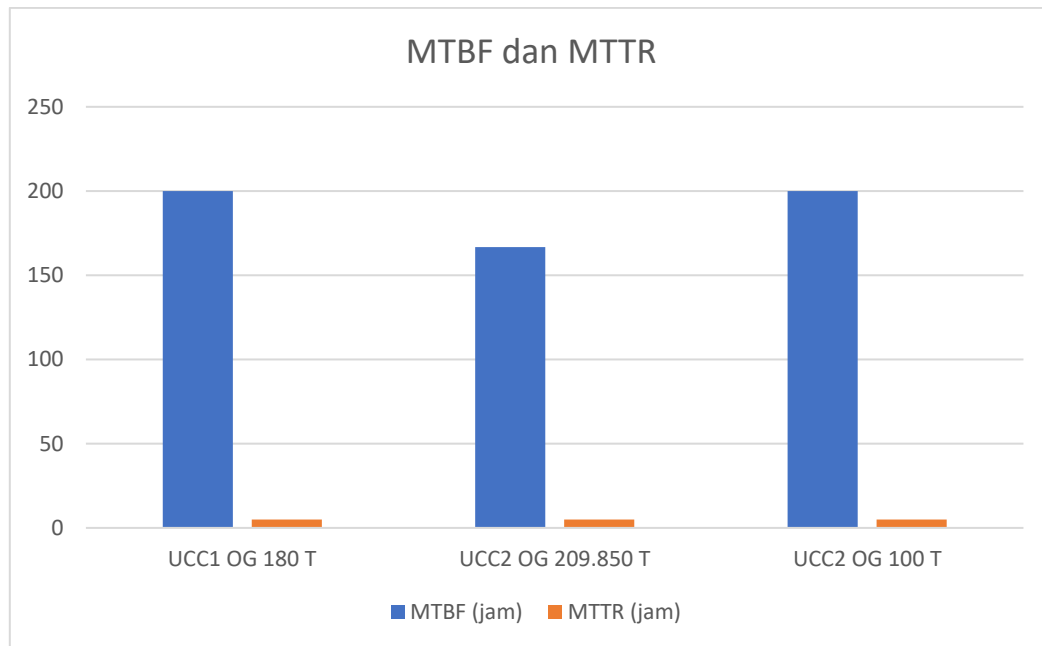
Mean Time Between Failure (MTBF) dan *Mean Time to Repair* (MTTR) digunakan dalam penelitian ini untuk mengevaluasi tingkat keandalan dan kemudahan perbaikan dari peralatan yang mengalami *Downtime*. MTBF adalah waktu rata-rata yang dihitung dari selisih antara dua kegagalan berturut-turut, atau dengan kata lain, seberapa lama sistem mampu beroperasi tanpa mengalami kerusakan. Semakin tinggi nilai MTBF, maka semakin andal sistem tersebut. Sementara itu, MTTR menunjukkan rata-rata waktu yang dibutuhkan untuk memperbaiki sistem setelah mengalami kerusakan. Nilai MTTR yang rendah menunjukkan bahwa sistem dapat diperbaiki dengan cepat dan efisien. Konsep dan rumus MTBF dan MTTR telah dijelaskan pada Bab 2. Data yang digunakan untuk menghitung MTBF dan MTTR diperoleh dari laporan historis *Downtime* yang terjadi pada masing-masing unit peralatan prioritas, yaitu OG 180 T di UCC-1 serta OG 100 T dan OG 209.850 T di UCC-2. Informasi yang diambil mencakup total waktu operasi alat selama periode pengamatan, jumlah kejadian kerusakan, serta total durasi *Downtime* yang tercatat. Berikut ini merupakan perhitungan MTBF dan MTTR:

Tabel 4. 8 MTBF dan MTTR

No	Deskripsi Kerugian	Total Operating Time (jam)	Total Downtime (jam)	Jumlah Kejadian	MTBF (jam)	MTTR (jam)
1	UCC1 OG 180 T Transfer OFF Tank	1	25	5	200	5

	UCC2 OG					
2	100 T Start Pelletter	1.2	30	6	200	5
	UCC2 OG					
3	209.850 T Start Pelletter	1.5	45	9	166.7	5

Berdasarkan perhitungan MTBF (*Mean Time Between Failure*) dan MTTR (*Mean Time to Repair*) untuk tiga kerugian terbesar yang terjadi di plant UCC1 dan UCC2, dapat diketahui bahwa rata-rata waktu antar kegagalan (MTBF) masih berada pada tingkat yang relatif tinggi dibandingkan rata-rata waktu perbaikan (MTTR). Misalnya, pada kerugian UCC1 OG 180 T *Transfer OFF Tank*, didapatkan MTBF sebesar 200 jam dan MTTR sebesar 5 jam, yang berarti bahwa setiap kegagalan terjadi setiap 200 jam operasi, dan dibutuhkan rata-rata 5 jam untuk memperbaikinya. Nilai serupa juga ditemukan pada kerugian UCC2 OG 100 T Start Pelletter dan UCC2 OG 209.850 T Start Pelletter, di mana nilai MTBF masing-masing adalah 200 jam dan 166,7 jam dengan MTTR yang konsisten di angka 5 jam. Hal ini mengindikasikan bahwa meskipun tingkat kerusakan belum terlalu sering (reliabilitas masih dapat diterima), namun proses perbaikan harus tetap diperhatikan agar waktu pemulihan tidak meningkat. MTBF dan MTTR ini sangat bermanfaat sebagai dasar dalam menentukan strategi perawatan yang tepat, termasuk pemilihan jenis tugas perawatan seperti *Time Directed*, *Condition Directed*, maupun *Failure Finding* pada tahap *Task Selection* RCM. Dengan nilai MTBF yang relatif tinggi namun MTTR yang konstan di angka 5 jam, terlihat bahwa sistem cukup andal namun masih memerlukan efisiensi dalam proses perbaikan. Oleh karena itu, strategi RCM yang telah dipilih *Failure Finding*, *Time Directed*, dan *Condition Directed* perlu diimplementasikan dengan fokus pada percepatan waktu respon teknis, pembentukan SOP transisi, serta peningkatan keterampilan operator.



Gambar 4. 5 Grafik MTBF dan MTTR

- **MTBF** tertinggi ada pada UCC1 OG 180 T dan UCC2 OG 100 T (200 jam), menandakan jeda waktu antar kegagalan yang cukup panjang.
- **MTTR** seragam di semua kejadian (5 jam), yang menunjukkan bahwa waktu perbaikan belum mengalami perbaikan khusus antar kejadian.

Pada dua kejadian pertama relatif lebih andal namun masih memiliki potensi perbaikan dari sisi durasi perawatan. Hubungan ini penting sebagai indikator efektivitas strategi pemeliharaan yang diterapkan yaitu nilai MTBF yang tinggi menunjukkan keberhasilan dalam mengurangi frekuensi gangguan, sementara nilai MTTR yang konstan mengindikasikan perlunya peningkatan kecepatan respon dan efisiensi tindakan korektif. Dengan kata lain, penerapan strategi RCM berbasis *Task Selection* seperti *Failure Finding* dan *Condition Monitoring* dapat dioptimalkan lebih lanjut untuk tidak hanya memperpanjang interval antar kegagalan, tetapi juga mempercepat proses perbaikan, sehingga berdampak langsung pada peningkatan keandalan dan produktivitas sistem secara keseluruhan.

BAB V

PEMBAHASAN

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

Berdasarkan dari Tabel 4.2 dimana terdapat penilaian terhadap setiap kejadian dilakukan dengan mengacu pada tiga parameter utama yaitu *Severity* (S), *Occurrence* (O), *Detection* (D) dari masing-masing komponen. Nilai dari masing-masing parameter didapatkan dari kedua operator maintenance yang berpengalaman secara langsung saat dilakukan wawancara. Perhitungan RPN dilakukan dalam dua tahap (RPN 1 dan RPN 2), kemudian dirata-ratakan untuk mengurangi subjektivitas penilaian. Hasil perhitungan menunjukkan bahwa nilai RPN tertinggi terdapat pada kejadian *Downtime* UCC1 OG 180 T saat proses *transfer* OFF tank setelah *shutdown* normal, dengan nilai RPN rata-rata sebesar 356,5. Dua kejadian lainnya yang juga tergolong sangat kritis adalah *start-up* unit UCC2 OG 209.850 T dan UCC2 OG 100 T, yang masing-masing memiliki nilai RPN sebesar 336 dan 328. Sementara itu, rata-rata RPN keseluruhan dari sepuluh kejadian yang dianalisis adalah 164,3, yang dijadikan sebagai ambang batas dalam klasifikasi prioritas risiko. Kejadian dengan nilai di atas rata-rata dianggap memiliki risiko tinggi dan harus menjadi fokus utama dalam penanganan perawatan dan investigasi lebih lanjut. Berdasarkan hasil FMEA, mode kegagalan dengan nilai RPN tertinggi dipilih untuk analisis lebih lanjut menggunakan diagram Pareto guna memastikan kontribusi dominan terhadap *Downtime* produksi.

5.2 Analisis Pareto Diagram

Setelah nilai-nilai RPN dihitung, dilakukan analisis untuk mengetahui sejauh mana masing-masing kejadian berkontribusi terhadap total risiko *Downtime*. Diagram Pareto digunakan untuk menyusun kejadian dari yang paling berdampak hingga yang paling tidak berdampak berdasarkan nilai RPN-nya. Berdasarkan Gambar 4.3 dimana diagram menunjukkan bahwa hasil dari analisis ini menunjukkan bahwa tiga kejadian dengan nilai RPN tertinggi yaitu UCC1 OG 180 T, UCC2 OG 209.850 T, dan UCC2 OG 100 T secara kumulatif menyumbang lebih dari 60% dari total nilai RPN. Meskipun belum mencapai prinsip 80/20 secara ketat, temuan ini menguatkan bahwa sebagian besar dampak risiko *Downtime* berasal dari sebagian kecil kejadian. Hasil ini memperkuat justifikasi untuk menjadikan tiga kejadian tersebut sebagai fokus utama dalam tahap analisis lanjutan. Dengan demikian, ketiga kejadian

ini dapat dijadikan prioritas utama dalam penyusunan strategi pemeliharaan karena memberikan dampak terbesar terhadap keseluruhan *Downtime* yang terjadi di plant UCC-1 dan UCC-2. Mode kegagalan yang masuk dalam kategori vital (20%) menurut diagram Pareto selanjutnya dianalisis lebih dalam menggunakan metode *Logic Tree Analysis* (LTA) untuk mengetahui akar penyebab dan konsekuensinya.

5.3 Analisis dengan *Logic Tree Analysis* (LTA)

Untuk memperdalam analisis, dilakukan klasifikasi jenis kegagalan menggunakan metode *Logic Tree Analysis* (LTA). LTA membantu dalam mengelompokkan jenis kegagalan berdasarkan aspek keterlihatan (*evident* atau *hidden*), pengaruh terhadap keselamatan dan lingkungan, serta dampaknya terhadap fungsi operasional. Dari hasil LTA pada Tabel 4.4 menunjukkan bahwa seluruh kejadian *Downtime* tergolong dalam kategori B, yaitu kegagalan yang tidak membahayakan keselamatan atau lingkungan namun memiliki dampak signifikan terhadap gangguan fungsi operasional. Pada kejadian UCC1 OG 180 T *transfer* OFF Tank, mode kegagalan tergolong *hidden failure* karena tidak langsung terdeteksi dan memerlukan inspeksi berkala untuk mengidentifikasi potensi gangguan pada sistem hisap (*suction line*) saat *start-up*. Sementara itu, kejadian UCC2 OG 100 T start pelletter setelah transisi dan UCC2 OG 209.850 T start pelletter termasuk kategori *evident failure* karena dampaknya langsung terlihat ketika proses *start-up* terganggu akibat ketidakstabilan suhu, tekanan, atau karakteristik material. Output dari LTA digunakan untuk menentukan jenis tindakan pemeliharaan yang sesuai melalui proses *Task Selection* dalam kerangka RCM.

5.4 Analisis *Task Selection*

Berdasarkan hasil klasifikasi LTA tersebut, dilakukan proses *Task Selection* atau pemilihan strategi pemeliharaan yang sesuai dengan karakter kegagalan. *Task Selection* dilakukan untuk menentukan jenis tindakan pemeliharaan paling tepat berdasarkan hasil LTA, karakteristik kegagalan, dan evaluasi terhadap tujuh kriteria utama dalam metode RCM. Sesuai dengan Tabel 4.5 dimana menunjukkan bahwa untuk kejadian *hidden failure* seperti pada UCC1 OG 180 T, strategi yang dipilih adalah *Failure Finding* (FF), yaitu inspeksi berkala dengan fokus pada mendeteksi kegagalan yang tidak terlihat dalam kondisi operasi normal. Strategi ini diperlukan agar kegagalan tidak berkembang menjadi masalah besar yang mengganggu proses produksi. Sementara itu, untuk kejadian *evident failure* seperti pada UCC2 OG 100 T dan UCC2

OG 209.850 T, strategi yang dianjurkan adalah kombinasi antara *Time Directed* (TD) dan *Condition Directed* (CD). Strategi TD dilakukan dengan melakukan perawatan atau inspeksi pada interval waktu tertentu sebelum potensi kegagalan terjadi, sedangkan CD diterapkan dengan cara memantau parameter-parameter proses seperti suhu, tekanan, atau laju aliran untuk mendeteksi tanda-tanda awal kegagalan. *Task Selection* ini menghasilkan strategi pemeliharaan yang terfokus, efisien, dan sesuai dengan karakteristik kegagalan, sehingga mendukung upaya peningkatan keandalan sistem operasional secara keseluruhan. Pemilihan strategi ini didasarkan pada fakta bahwa kedua kejadian tersebut dapat diprediksi dan dicegah jika dilakukan pemantauan parameter secara cermat, serta memiliki pola waktu kejadian yang dapat dipelajari.

5.5 Analisis *Fishbone diagram*

Selanjutnya, untuk menelusuri akar penyebab dari ketiga kejadian *Downtime* yang menjadi prioritas, digunakan analisis *Fishbone diagram* atau diagram sebab-akibat. Analisis *Fishbone* dilakukan setelah penentuan strategi perawatan untuk memperkuat *justifikasi praktis* dari tindakan yang telah dirumuskan pada tahap *Task Selection*, serta memastikan bahwa solusi yang diambil benar-benar menarget akar penyebab dominan. Strategi pemeliharaan yang ditentukan dalam RCM terdiri dari kategori *Corrective*, *Time Directed*, *Condition Directed*, dan *Failure Finding*. Agar strategi tersebut tidak hanya bersifat teoretis, maka dilakukan analisis akar masalah menggunakan *Fishbone diagram* untuk mendalami penyebab utama dari mode kegagalan prioritas. *Fishbone* ini disesuaikan dengan strategi perawatan yang telah ditentukan dalam *Task Selection*, sehingga penyebab yang diidentifikasi mendukung tindakan spesifik, seperti pengadaan SOP, inspeksi berkala, hingga sensor monitoring. Analisis ini membagi potensi penyebab ke dalam empat kategori utama yaitu manusia (*people*), metode (*method*), mesin (*machine*), dan material. Berdasarkan pada Gambar 4.6 pada kasus UCC1 OG 180 T, ditemukan bahwa operator tidak dilatih untuk memeriksa *suction line*, tidak tersedia SOP yang jelas, pompa dan valve mengalami aus, serta masih terdapat sisa material dari *shutdown* sebelumnya. Hal ini menunjukkan bahwa kegagalan bersumber dari kombinasi kelemahan manusia, prosedur kerja, serta peralatan dan bahan. Lalu, berdasarkan Gambar 4.7 pada kejadian UCC2 OG 100 T, akar penyebabnya adalah jumlah personel yang terbatas saat *start-up*, tidak tersedianya panduan kerja, tidak dilakukan perawatan rutin terhadap peralatan, dan kualitas binder yang digunakan tidak sesuai standar proses. Sedangkan, berdasarkan Gambar 4.8 pada kasus UCC2 OG 209.850 T, penyebab utama berasal dari ketidaksiapan dalam

memantau sensor tekanan dan suhu saat transisi *grade*, ketiadaan SOP transisi, ketidakresponsifan valve, serta perubahan ukuran kekentalan atau resistensi material akibat ketidakcocokan antara binder dan resin baru. Dari ketiga analisis *Fishbone* tersebut, dapat disimpulkan bahwa kegagalan proses tidak hanya disebabkan oleh faktor teknis, tetapi juga faktor organisasi, kompetensi SDM, serta pengelolaan material. *Fishbone diagram* yang digunakan dalam penelitian ini disusun berdasarkan tiga kejadian *Downtime* prioritas yang telah dianalisis menggunakan FMEA dan ditentukan strateginya melalui RCM. Penyebab-penyebab yang diidentifikasi dalam diagram disesuaikan dengan strategi pemeliharaan yang telah ditentukan dalam tahapan *Task Selection*, sehingga mendukung tindakan spesifik seperti pengadaan SOP, inspeksi berkala, perbaikan sistem monitoring, hingga peningkatan pelatihan operator. Penyesuaian ini dilakukan agar akar permasalahan yang ditemukan dapat langsung ditindaklanjuti dengan strategi pemeliharaan yang tepat dan berdampak langsung pada peningkatan keandalan peralatan.

5.6 Analisis Perhitungan MTBF dan MTTR

Setelah dilakukan analisis akar penyebab menggunakan *Fishbone diagram*, langkah selanjutnya adalah mengukur performa aktual dari sistem pemeliharaan yang ada melalui perhitungan *Mean Time Between Failure* (MTBF) dan *Mean Time to Repair* (MTTR). Analisis ini bertujuan untuk memberikan gambaran kuantitatif mengenai keandalan peralatan dan efisiensi proses perbaikan. Nilai MTBF menunjukkan seberapa lama rata-rata waktu antar kegagalan, sedangkan MTTR menunjukkan rata-rata waktu yang diperlukan untuk memperbaiki peralatan setelah terjadi kegagalan. Kedua metrik ini menjadi dasar evaluasi terhadap efektivitas strategi pemeliharaan yang telah dipilih, serta mendukung penyusunan rekomendasi yang lebih terukur dan berbasis data. MTBF dan MTTR Menilai sejauh mana keandalan dan efisiensi peralatan di plant UCC, dilakukan penghitungan dua parameter penting yaitu *Mean Time Between Failure* (MTBF) dan *Mean Time to Repair* (MTTR). MTBF digunakan untuk mengukur rata-rata waktu operasi yang dapat dicapai peralatan sebelum mengalami kegagalan berikutnya, sementara MTTR mengukur rata-rata waktu yang diperlukan untuk memperbaiki peralatan setelah terjadi kegagalan. Hasil perhitungan MTBF (*Mean Time Between Failure*) dan MTTR (*Mean Time to Repair*) terhadap tiga kejadian prioritas memberikan gambaran penting mengenai tingkat keandalan dan efisiensi proses perbaikan pada sistem produksi di plant UCC-1 dan UCC-2. Berdasarkan Tabel 4.6 kejadian UCC1 OG 180 T

Transfer OFF Tank dan *UCC2 OG 100 T Start Pelletter* masing-masing memiliki nilai MTBF sebesar 200 jam, yang menunjukkan bahwa sistem mampu beroperasi dalam waktu yang relatif panjang sebelum mengalami kegagalan. Sementara itu, *UCC2 OG 209.850 T Start Pelletter* memiliki nilai MTBF sedikit lebih rendah, yaitu 166,7 jam, mengindikasikan frekuensi kegagalan yang lebih tinggi dibanding dua kejadian lainnya. Di sisi lain, seluruh kejadian memiliki nilai MTTR yang sama yaitu 5 jam, menandakan bahwa durasi rata-rata waktu perbaikan tidak mengalami variasi antar kejadian. Meskipun waktu perbaikan masih dalam batas wajar, nilai tersebut menunjukkan adanya potensi perbaikan dalam hal efisiensi proses perawatan atau peningkatan respons teknis, terutama melalui penerapan strategi *Condition Directed* (CD) dan *Time Directed* (TD) yang telah ditentukan dalam analisis RCM. Hasil analisis grafik pada Gambar 4.8 dari perbandingan MTBF dan MTTR memperkuat kesimpulan bahwa sistem pada dua kejadian pertama relatif lebih andal namun masih memiliki potensi perbaikan dari sisi durasi perawatan. Hubungan ini penting sebagai indikator efektivitas strategi pemeliharaan yang diterapkan yaitu nilai MTBF yang tinggi menunjukkan keberhasilan dalam mengurangi frekuensi gangguan, sementara nilai MTTR yang konstan mengindikasikan perlunya peningkatan kecepatan respon dan efisiensi tindakan korektif. Dengan kata lain, penerapan strategi RCM berbasis *Task Selection* seperti *Failure Finding* dan *Condition Monitoring* dapat dioptimalkan lebih lanjut untuk tidak hanya memperpanjang interval antar kegagalan, tetapi juga mempercepat proses perbaikan, sehingga berdampak langsung pada peningkatan keandalan dan produktivitas sistem secara keseluruhan.

BAB VI PENUTUP

6.1 Kesimpulan

Berdasarkan seluruh hasil penelitian yang telah dilakukan dengan beberapa metode sebelumnya, dapat disimpulkan bahwa:

1. Nilai Prioritas Risiko (RPN) menunjukkan tingkat risiko untuk setiap kegagalan, didapat dari perhitungan FMEA terhadap sepuluh kejadian *Downtime* yang terjadi di unit UCC-1 dan UCC-2, dihitung nilai RPN berdasarkan skor Severity, Occurrence, dan Detection. Tiga kejadian memiliki RPN tertinggi, yaitu UCC1 OG 180 T (356,5), UCC2 OG 209.850 T (336), dan UCC2 OG 100 T (328), yang semuanya berada jauh di atas rata-rata RPN keseluruhan (164,3). Analisis Pareto kemudian menunjukkan bahwa tiga kejadian tersebut menyumbang lebih dari 60% dari total risiko *Downtime*. Penambahan satu kejadian lagi menjadikan total kontribusi mencapai 80%, sesuai prinsip Pareto 80/20. Hal ini membuktikan bahwa sebagian besar dampak *Downtime* berasal dari sebagian kecil kejadian. Oleh karena itu, fokus penanganan pada tiga kejadian tersebut akan sangat efektif dalam menurunkan risiko *Downtime* secara keseluruhan dan meningkatkan keandalan sistem produksi.
2. Strategi perawatan yang optimal dengan menerapkan metode *Reliability Centered Maintenance* (RCM) dan Diagram *Fishbone* untuk meningkatkan keandalan dan efisiensi peralatan. Berdasarkan klasifikasi *Logic Tree Analysis* (LTA), seluruh kejadian dikategorikan sebagai kegagalan tipe B yang memengaruhi operasi, dengan UCC1 OG 180 T tergolong *hidden failure*, dan dua lainnya *evident failure*. Berdasarkan hasil tersebut, strategi perawatan yang direkomendasikan adalah *Failure Finding* (FF) untuk kegagalan tersembunyi, serta kombinasi *Time Directed* (TD) dan *Condition Directed* (CD) untuk kegagalan yang dapat dipantau melalui parameter proses. Analisis *Fishbone* mengungkapkan bahwa akar penyebab *Downtime* tidak hanya berasal dari kerusakan teknis mesin, tetapi juga dari kurangnya pelatihan operator, ketiadaan SOP, dan kualitas material yang tidak konsisten.
3. Hasil integrasi metode FMEA dan RCM menunjukkan bahwa tiga mode kegagalan prioritas dengan nilai RPN tertinggi OG 180 T (356,5), OG 209.850 T (336), dan OG 100 T (328) yang berkontribusi besar terhadap *Downtime*, sehingga menjadi fokus utama dalam

perencanaan perawatan. Melalui *Logic Tree Analysis* (LTA), ketiganya diklasifikasikan dalam kategori B (berdampak pada operasional), dengan OG 209.850 T sebagai hidden failure yang memerlukan strategi *Failure Finding* (FF), sedangkan dua lainnya merupakan evident failure dengan pendekatan *Time Directed* (TD) dan *Condition Directed* (CD) dalam *Task Selection*. Hasil perhitungan menunjukkan nilai MTBF sebesar 200 jam (OG 180 T dan OG 100 T) dan 166,7 jam (OG 209.850 T), serta rata-rata MTTR sebesar 5 jam, sehingga strategi yang direkomendasikan untuk perusahaan adalah menerapkan inspeksi berkala sesuai jenis kegagalan, memperbarui prosedur operasional standar di titik rawan kegagalan, serta memperkuat kompetensi teknisi agar pelaksanaan perawatan dapat dilakukan secara lebih efektif dan berkelanjutan. Strategi perawatan harus disesuaikan dengan jenis kegagalan, seperti menggunakan pendekatan *Failure Finding* untuk kegagalan tersembunyi, serta kombinasi *Time Directed* dan *Condition Directed* untuk kegagalan yang dapat dipantau. Selain itu, nilai MTTR yang masih tinggi menunjukkan perlunya perbaikan sistem kerja dan peningkatan kesiapan peralatan untuk mempercepat proses perbaikan

6.2 Saran

6.2.1 Saran untuk Perusahaan

Setelah mendapatkan seluruh kesimpulan hasil penelitian, adapun saran-saran yang dapat diberikan kepada perusahaan sebagai berikut:

1. Peneliti menyarankan menerapkan *Metode Failure Mode and Effect Analysis* (FMEA) dan *Reliability Centered Maintenance* (RCM) sebagai pendekatan utama dalam sistem perawatan mesin. Penerapan metode ini memungkinkan perusahaan untuk menganalisis dan menentukan langkah-langkah perawatan yang paling optimal, sehingga dapat meningkatkan keandalan mesin sekaligus mengurangi risiko terjadinya *Downtime*.
2. Perusahaan perlu meningkatkan kompetensi teknisi melalui pelatihan berkala serta memanfaatkan data MTBF dan MTTR sebagai dasar evaluasi efektivitas perawatan agar strategi maintenance yang dijalankan lebih optimal dan efisien.
3. Berdasarkan penelitian disarankan agar perusahaan fokus pada tiga kejadian dengan RPN tertinggi yang menyumbang >60% *Downtime*, serta menerapkan strategi perawatan *Failure Finding*, *Time Directed*, dan *Condition Directed*. Dengan MTBF 200 jam dan MTTR 5 jam, efisiensi perawatan masih dapat ditingkatkan melalui pelatihan teknisi dan penyempurnaan

SOP. Implementasi metode RCM dalam penelitian ini terbukti mampu meningkatkan efisiensi pemeliharaan hingga 54% melalui penurunan *Downtime* dan peningkatan keandalan peralatan.

6.2.2 Saran untuk Peneliti

Setelah mendapatkan seluruh kesimpulan hasil penelitian, adapun saran-saran yang dapat diberikan kepada peneliti sebagai berikut:

1. Selain informasi penting yang telah diperoleh dari penelitian, penting bagi penelitian berikutnya untuk mempertimbangkan aspek tambahan.
2. Penelitian dapat dilanjutkan dengan menganalisis perbandingan biaya antara kondisi sebelum dan sesudah penerapan perawatan pada metode FMEA dan RCM.

DAFTAR PUSTAKA

- Abidin, R., Salim, S., & Andesta. (2021). Perencanaan Penjadwalan Perawatan Mesin Wheel Loader dengan Pendekatan Reliability Centered Maintenance Di Pt. Swadaya Graha. *Jurnal Sistem Dan Teknik Industri*, 2(1), 119–130.
- Aji, W., & Puspasari, M. (2023). Planning Guideline for Failure Handling in Onboard CBTC Device Using RCM (Reliability Center Maintenance) Analysis. *Proceedings of the 4th African International Conference on Industrial Engineering and Operations*, 4, 174–175.
- Arif, F. (2016). Perencanaan Perawatan Mesin Injection Molding dengan Menggunakan Metode Realibility Centered Maintenance di PT. Victory Plastic. *Jurnal Teknik Mesin*, 4(3), 99–110.
- Darsini, D., Adj, S., & Wijianto, W. (2023). Perencanaaan Ulang Tata Letak Menggunakan Metode Slp (Systematic Layout Planning) Dan Craft (Computerized Relative Allocation of Facilities Techniques) Pada Pabrik Plywood Tunas Subur Pacitan. *Jurnal Muhammadiyah Manajemen Bisnis*, 4(1), 19. <https://doi.org/10.24853/jmmb.4.1.19-26>
- Fadlulloh, Tunggal, G., Pratama, A., & Nasution, H. (2021). Enhancing Maintenance Management System Using Reliability Centered Maintenance (RCM) Case Study Curing Tire Section in Leading Tire Manufacturer. *Conference on Management and Engineering in Industry (CMEI)*, 3(3), 50–55.
- Fahreza, Suharto, A., & Fahrur, A. (2019). Fishbone Analysis pada Kualitas Layanan PT. Buana Perkasa Permai Jember. *Jurnal Fakultas Ekonomi Universitas Muhammadiyah Jember*, 53(9), 1689–1699.
- Fatma, N. F., Ponda, H., & Saputra, T. A. (2022). Perbaikan Perencanaan Penjadwalan Maintenance Pada Air Conditioner (AC) Menggunakan Metode Realibility Centered Maintenance (RCM) Di PT. Tifico Fiber Indonesia Tbk. *Journal Industrial Manufacturing*, 7(2), 103. <https://doi.org/10.31000/jim.v7i2.6935>
- Fitriah, F., Setiawan, H., Nalhadi, A., Sucipto, E. H., & Supriyadi, S. (2021). Peningkatan Keandalan Load Lugger dengan Pendekatan Failure Mode and Effect Analysis. *Jurnal Inovasi Dan Kreativitas (JIKA)*, 1(1), 55–63. <https://doi.org/10.30656/jika.v1i1.3290>
- Gupta, R. (2023). Failure Mode and Effects Analysis of PCB for Quality Control Process. *Journal of Metrology Society of India*, 38(2), 547–556. <https://doi.org/10.1007/s12647-022-00619-5>
- Hari, R., & Iriani, I. (2020). Perencanaan Interval Perawatan Mesin HD 102 dengan Metode Realibility Centered Maintenance (RCM) II di PT. XYZ. *JUMINTEN*, 1(1), 96–103. <https://doi.org/10.33005/juminten.v1i1.19>
- Irfan, & Ikhsan, H. (2019). Simulasi Perbaikan System Maintenance dengan Pendekatan Konsep Lean Maintenance. *Jurnal Energi Dan Manufaktur*, 12(1), 13–31. <https://doi.org/10.24843/JEM.2019.v12.i01.p03>
- Irfanto, R. (2022). The Analysis Cause of Casting Repair Work With Pareto Chart In Project X. *Jurnal Teknik Sipil*, 18(1), 106–117. <https://doi.org/10.28932/jts.v18i1.4485>
- Ismail, & Pusakaningwati, A. (2023). Manajemen Perawatan Panel Distribution Control dengan Metode Reliability Centered Maintenance (RCM) di PT. Tung Cia Tekhnology Indonesia. *Jurnal Cakrawala Ilmiah*, 2(12). <http://bajangjournal.com/index.php/JCI>
- Karina. (2016). Perancangan Program Perawatan Yang Efektif untuk Menurunkan Downtime Mesin pada Lube Oil Blending Plant (LOBP). *Lembaran Publikasi Minyak Dan Gas Bumi*, 50(3), 185–891. <http://www.journal.lemigas.esdm.go.id>
- Lenawati, M., Setiawan, D., & Rindra, W. (2023). Menentukan Prioritas Audit Sistem dan Teknologi Informasi Berdasarkan Root Cause Analysis Menggunakan Pareto Chart dan

- Fishbone. *Fountain of Informatics Journal*, 8(1), 15–20. <https://doi.org/10.21111/fij.v8i1.9440>
- Manggi, D., Fuad, A., & Nindy, Y. (2021). Analisis Kegiatan Perawatan dengan Menggunakan Metode RCM dan OMMP pada Perusahaan PT.XYZ. *Jurnal of Industrial Engineering and Manajemen*, 16(01), 48–58.
- Muchiri, P., Pintelon, L., Gelders, L., & Martin, H. (2011). Development of Maintenance Function Performance Measurement Framework and Indicators. *International Journal of Production Economics*, 131(1), 295–302. <https://doi.org/10.1016/j.ijpe.2010.04.039>
- Muhaemin, G., & Erik, A. (2022). Penerapan Total Productive Maintenance (TPM) Pada Perawatan Mesin Cutter di PT. XYZ. *Jurnal Ilmiah Wahana Pendidikan*, 8(9), 205–219. <https://doi.org/10.5281/zenodo.6645451>
- Nur, S., & Isranuri, I. (2021). Analisa Keandalan Mesin Screw Press Berdasarkan Identifikasi Kegagalan Failure Mode and Effect Analysis Dan Root Cause Analysis. *Jurnal Dinamis*, 9(2), 7. <https://doi.org/10.32734/dinamis.v9i2.8433>
- Prastiawan, Rarindo, Hendry, Hadi, & Syah Amrullah. (2021). Metode RCM Untuk Sistem Perawatan Mesin Amplas Multiplex Pada Pabrik Plywood. *Jurnal Ilmiah Teknologi FST Undana*, 15(2), 36–40.
- Purnomo, J., Affandi, N., & Rahmatullah, A. (2021). Analisis Penerapan Perawatan Motor Konveyor Mesin Xray Dengan Menggunakan Metode Reliability Centered Maintenance (Rcm) Pada Pt. Tristan Engineering. *Jurnal Ilmiah Teknik Dan Manajemen Industri Jurnal Taguchi*, 1(2), 134–270.
- Putri, W. E., & Suryani, S. (2020b). Analisis Pemeliharaan Mesin Produksi dengan Metode Overall Equipment Effectiveness pada PT. Tunggal Perkasa Plantations Kecamatan Lirik Kabupaten Indragiri Hulu. *Jurnal Ekonomi KIAT*, 31(1), 56–60. <https://journal.uir.ac.id/index.php/kiat>
- Rasyid, A., Mokodompit, A., & Aprillia, N. I. (2020). Perencanaan Pemeliharaan Mesin First Press Expeller P03 Dengan Menggunakan Metode Rcm Di PT Multi Nabati Sulawesi. *Intelektiva : Jurnal Ekonomi, Sosial & Humaniora*, 2(05), 104–110.
- Rizal, A., Yudhanegara, D., & Kicky, P. (2023). Perencanaan Jadwal Perawatan Pencegahan Mesin Sliting Dengan Metode RCM (Reliability Centered Maintenance) Di PT. XYZ. *Industrika : Jurnal Ilmiah Teknik Industri*, 7(3), 276–284. <https://doi.org/10.37090/indstrk.v7i3.1071>
- Rohman, N., & Duratun, S. (2024). Penerapan Metode Reliability Centered Maintenance (RCM) untuk Menentukan Strategi Perawatan Mesin Pencacah Sampah Organik. *Journal of Mechanical Engineering*, 1(4), 15. <https://doi.org/10.47134/jme.v1i4.3214>
- Rufaidah, A., & Rosyidi, M. R. (2022). Analisis Pengendalian Kualitas Kerupuk dengan Metode Seven Tools. *Jurnal Optimalisasi*, 08(02), 154–161.
- Sambodo, P., & Cahyana, A. S. (2022). Pengendalian Kualitas Produk Sound Sistem di Cv. Xyz dengan Metode Seven Tools dan Quality Control Circle. *Procedia of Engineering and Life Science*, 3.
- Stamatis, D. H. (2003). Failure Mode and Effect Analysis - FMEA from Theory to Execution (2nd Edition Revised and Expanded). In *American Society for Quality (ASQ)* (2nd ed.). ASQ Quality Press.
- Susetyo, A. E., & Nurhardianto, E. (2019). Penentuan Komponen Kritis untuk Mengoptimalkan Keandalan Mesin Cetak Determination of Critical Components for Optimizing Reliability of The Print Machine. *Jurnal Ilmu Pengetahuan Dan Teknologi*, 5(2), 13–22.
- Syaripudin, M., Budiharjo, & Ayu, D. (2022). Usulan Perawatan Mesin Bending 90° dengan Pendekatan Preventive Maintenance Berdasar Metode Keandalan dan Fmea di PT. Rinnai

- Indonesia-Cikupa. *Jurnal Ilmiah Teknik Dan Manajemen Industri*, 2(2), 175–1754. <https://doi.org/10.46306/tgc.v2i2>
- Tri, R., Iviana, A., & Setyana, I. (2008). Implementation of RCM II (Reliability Centered Maintenance) and RPN (Risk Priority Number) in Risk Assessment and Scheduling Maintenance Task at HPB (High Pressure Boiler) Base On JSA (Job Safety Analysis). *Performa: Media Ilmiah Teknik Industri*, 7(2), 46–59.
- Violana, A. (2024). Analisis Kerusakan Mesin Grinding Menggunakan Metode Failure Mode and Effect Analysis (FMEA) dan Logic Tree Analysis (LTA) di PT. Suri Tani Pemuka. *Jurnal Teknik Untag*, 1(2).
- Wahjudi, D., Lim, R., & Budi, E. (2024). Perancangan Sistem Penjadwalan Perawatan Yang Mendukung Total Productive Maintenance di P.T. X. *Jurnal Dimensi Insinyur Profesional*, 2(1), 48–55. <https://doi.org/10.9744/jdip.2.1.48-55>
- Wardhani, R., Lukman, Sarungu, S., & Norhidayah, S. (2024). Teknik Pengendalian Mutu Dengan Menggunakan Metode Diagram Pareto dalam Mencapai Customer Satisfaction. *Jurnal Teknosains Kodepena*, 04(02), 12–17.
- Yuamita, F., & Fatkhurohman, A. (2023). Analisis Resiko Kecelakaan Kerja Pada Stasiun Pemotongan Batu Alam Dengan Menggunakan Metode Failure Mode and Effect Analysis (FMEA) di PBA Surya Alam. *Jurnal Cakrawala Ilmiah*, 2(12), 4687–4696. <http://bajangjournal.com/index.php/JCI>

LAMPIRAN

OJT STUDENT SCORE LIST

N a m e : Nabila Aulia Azizah
Id. No : 21522229
Program Study : Engineering (Industrial)
Original School : Universitas Islam Indonesia
Venue of Training : Reliability Analysis & Planning Section

A. Non Technical Aspect

No	C r i t e r i a	S c o r e
1	Attendance	83
2	Discipline	85
3	Cooperativeness	85
4	Initiative and Creativity	83
5	Diligence	85
6	Responsibility	85
A v e r a g e		84

B. Technical Aspect

No		Score
1	HR Administration	85
2	Competency Development	84
3	Training Evaluation	85
4	LND Communication	84
5	Data Management	85
A v e r a g e		84.6

Jakarta, 1 Oct 2024
Sign by Mentor



Rizki Nurti WH

