

**ANALISIS PERAWATAN MESIN SORTIR UANG
KERTAS DI PERUM PERURI DENGAN METODE
RCM (*RELIABILITY CENTERED MAINTENANCE*)
(Studi Kasus : PERUM PERURI)**

LAPORAN TUGAS AKHIR

LAPORAN INI DISUSUN UNTUK MEMENUHI SALAH
SATU SYARAT MEMPEROLEH GELAR SARJANA STRATA SATU (S1)
PADA PROGRAM STUDI TEKNIK INDUSTRI FAKULTAS TEKNOLOGI
INDUSTRI UNIVERSITAS ISLAM SULTAN AGUNG SEMARANG



DISUSUN OLEH :

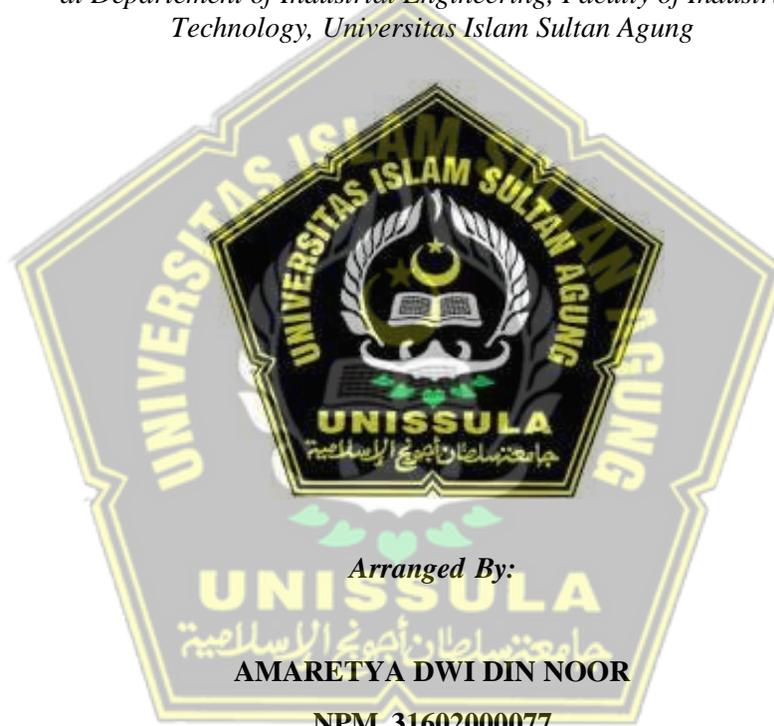
**AMARETYA DWI DIN NOOR
NIM 3160200077**

**PROGRAM STUDI TEKNIK INDUSTRI
FAKULTAS TEKNOLOGI INDUSTRI
UNIVERSITAS ISLAM SULTAN AGUNG
SEMARANG
AGUSTUS 2024**

FINAL PROJECT

***ANALYSIS OF MAINTENANCE OF BANKNOTE SORTING
MACHINES AT PERUM PERURI USING THE RCM
(RELIABILITY CENTERED MAINTENANCE) METHOD***

*Proposed to complete the requirement to obtain a bachelor's degree (S1)
at Departement of Industrial Engineering, Faculty of Industrial
Technology, Universitas Islam Sultan Agung*



**DEPARTMENT OF INDUSTRIAL ENGINEERING
FACULTY OF INDUSTRIAL TECHNOLOGY
UNIVERSITAS ISLAM SULTAN AGUNG
SEMARANG
AUGUST 2024**

LEMBAR PENGESAHAN PEMBIMBING

Laporan Tugas Akhir dengan judul “ANALISIS PERAWATAN MESIN SORTIR UANG KERTAS DI PERUM PERURI DENGAN METODE RCM (*RELIABILITY CENTERED MAINTENANCE*)” ini disusun oleh:

Nama : Amaretya Dwi Din Noor

NIM : 31602000077

Program Studi : Teknik Industri

Telah disahkan oleh dosen pembimbing pada :

Hari : Selasa

Tanggal : 13 Agustus 2024



Mengetahui,
Ketua Program studi Teknik Industri

Wiwick Fatmawati, ST., M Eng
NIDN : 0622107401

LEMBAR PENGESAHAN PENGUJI

Laporan Tugas Akhir dengan judul “ANALISIS PERAWATAN MESIN SORTIR UANG KERTAS DI PERUM PERURI DENGAN METODE RCM (*RELIABILITY CENTERED MAINTENANCE*)” ini telah dipertahankan di depan dosen penguji Tugas Akhir pada :

Hari : Kamis

Tanggal : 13 Maret 2025



Nuzulia Khoiriyah, S.T., M.T
NIDN : 0624057901

SURAT PERNYATAAN KEASLIAN TUGAS AKHIR

Yang bertanda tangan dibawah ini :

Nama : Amaretya Dwi Din Noor
NIM : 31602000077
Judul Tugas Akhir : ANALISIS PERAWATAN MESIN SORTIR
UANG KERTAS DI PERUM PERURI
DENGAN METODE RCM (*RELIABILITY
CENTERED MAINTENANCE*)

Dengan bahwa ini saya menyatakan bahwa judul dan isi Tugas Akhir yang saya buat dalam rangka menyelesaikan Pendidikan Strata Satu (S1) Teknik Industri tersebut adalah asli dan belum pernah diangkat, ditulis ataupun dipublikasikan oleh siapapun baik keseluruhan maupun sebagian, kecuali yang secara tertulis diacu dalam naskah ini dan disebutkan dalam daftar pustaka, dan apabila di kemudian hari ternyata terbukti bahwa judul Tugas Akhir tersebut pernah diangkat, ditulis ataupun dipublikasikan, maka saya bersedia dikenakan sanksi akademis. Demikian surat pernyataan ini saya buat dengan sadar dan penuh tanggung jawab.

Semarang, 02 September 2024

Mahasiswa,



Amaretya Dwi Din Noor

NIM. 31602000077

 eSign

PERSEMBAHAN

Pertama,

Tugas Akhir ini akan saya persembahkan kepada kedua orang tua yang saya cintai Bapak Wahyu Din Noor dan Ibu Paini yang sudah membesarkan, mendoakan, serta selalu mendukung dalam menyelesaikan studi saya hingga saat ini. Juga saudara saya yang selalu menyemangati dan kepada istri saya Ninik Budiati yang selalu memberikan fasilitas yang saya butuhkan, merupakan penunjang untuk dapat menyelesaikan perkuliahan.

Kedua,

Untuk diri saya sendiri terimakasih sudah berjuang, sudah bersemangat dan sudah kuat menyelesaikan studi perkuliahan selama ini dengan baik.

Ketiga,

Untuk Dosen Pembimbing dan seluruh Dosen Teknik Industri yang selalu memberikan ilmu, saran dan bimbingannya.

Keempat,

Untuk teman – teman Teknik Industri 2019 yang sudah membantu serta selalu memberikan dukungan.

MOTTO

Sesungguhnya Allah SWT tidak akan merubah keadaan suatu kaum, sebelum mereka merubah keadaan diri

-QS Ar-Rad 11-

Perbaikilah dirimu itu dan belajarlal, dan bahagiakan Ayah dan ibu yang telah melahirkanmu, menjagamu dan membesarkanmu. Karena kebahagiaan itu pun merupakan kebahagiaan untuk dirimu.

- Outlook III -

Ketika dunia jahat kepadamu, maka berusahalah untuk menghadapinya, karena tidak ada orang yang membantumu jika kau tidak berusaha.

- Roronoa Zoro -

Keajaiban hanya terjadi pada mereka yang tidak mudah menyerah.

- Emporio Ivankov -

Wanita itu untuk dicintai dan dilindungi bukan untuk disakiti.

- Vinsmoke Sanji -

Kau menjadi lelaki sejati setelah mengalami kemenangan dan kekalahan, lari dari kenyataan dan juga menangis. Tidak masalah untuk seorang lelaki menangis, kau pasti bisa melewatinya.

- Figarland Shanks -

Yang namanya manusia itu punya semangat hidup, kau tidak bisa mengukur seseorang sukses dalam sekejap, selama manusia melakukan apa yang bisa ia lakukan dia punya hak untuk merasa bangga.

- Elder Nyon Gloriosa -

KATA PENGANTAR

Puji dan syukur peneliti ucapkan kehadirat Allah SWT atas segala Karunia dan Rahmat-Nya yang senantiasa diberikan kepada peneliti, sehingga peneliti dapat menyelesaikan laporan tugas akhir ini.

Laporan Tugas Akhir yang berjudul “**ANALISIS PERAWATAN MESIN SORTIR UANG KERTAS DI PERUM PERURI DENGAN METODE RCM (*RELIABILITY CENTERED MAINTENANCE*)**” ini disusun dan diajukan dalam rangka penyelesaian tugas akhir untuk mencapai gelar Sarjana Teknik pada Program Studi Teknik Industri Fakultas Teknologi Industri, Universitas Islam Sultan Agung Semarang.

Peneliti menyadari bahwa laporan tugas akhir ini dapat terselesaikan karena adanya dukungan dan perhatian dari berbagai pihak. Maka dari itu, penulis ingin mengucapkan rasa terima kasih yang sedalam-dalamnya kepada :

1. Keluarga tercinta, Bapak dan Ibu yang selalu memberikan dukungan, semangat dan do'a kepada peneliti;
2. Bapak M. Sagaf, ST., MT. Selaku dosen pembimbing yang telah memberikan arahan selama penyusunan laporan tugas akhir ini.
3. Ibu Wiwiek Fatmawati, ST., M.Eng. Selaku Ketua Program Studi Teknik Industri Fakultas Teknologi Industri
4. Ibu Dr. Nurwidiana, ST, M.T., selaku Koordinator Tugas Akhir Program Studi Teknik Industri Universitas Islam Sultan Agung Semarang.
5. Bapak Rizal selaku kepala Unit Elektrikal atas bantuan dan informasinya mengenai data-data yang penulis butuhkan.
6. Bapak Adi Suyitno selaku kepala Unit Mekanikal atas bantuan dan informasinya mengenai data-data yang penulis butuhkan.
7. Rekan-rekan teknisi elektrik dan mekanik area lini baru atas bantuan dan dukungan dalam pembuatan laporan tugas akhir ini.
8. Saudari Ninik Budiati ST., yang telah mendukung dan membantu dalam laporan tugas akhir ini.

Peneliti menyadari bahwa pada penyusunan skripsi ini masih terdapat banyak kekurangan dan masih jauh dari kesempurnaan, hal ini dikarenakan keterbatasan kemampuan yang peneliti miliki. Atas segala kekurangan dan ketidaksempurnaan skripsi ini, peneliti sangat mengharapkan masukan, kritik dan saran yang bersifat membangun ke arah perbaikan dan penyempurnaan skripsi ini.

Akhir kata peneliti berharap semoga skripsi ini dapat bermanfaat bagi semua pihak dan semoga amal baik yang telah diberikan kepada penulis mendapat balasan dari Allah SWT.

Semarang, 13 Agustus 2024

Amaretya Dwi Din Noor



DAFTAR ISI

HALAMAN JUDUL.....	i
<i>HALAMAN JUDUL</i>	ii
LEMBAR PENGESAHAN PEMBIMBING	iii
LEMBAR PENGESAHAN PENGUJI.....	iv
SURAT PERNYATAAN KEASLIAN TUGAS AKHIR	v
PERNYATAAN PERSETUJUAN PUBLIKASI KARYA ILMIAH.....	vi
PERSEMBAHAN	vii
MOTTO	viii
KATA PENGANTAR.....	ix
DAFTAR ISI	xi
DAFTAR TABEL	xiv
DAFTAR GAMBAR.....	xv
ABSTRAK	xvi
BAB I PENDAHULUAN	1
1.1 Latar Belakang Masalah	1
1.2 Perumusan Masalah.....	3
1.3 Pembatasan Masalah.....	3
1.4 Tujuan Penelitian	3
1.5 Manfaat penelitian.....	4
1.6 Sistematika Penulisan.....	4
BAB II TINJAUAN PUSTAKA DAN LANDASAN TEORI.....	6
2.1 Tinjauan Pustaka	6
2.2 Landasan Teori	15
2.2.1 Definisi Perawatan (Maintenance)	15
2.2.2 Tujuan Perawatan	15
2.2.3 Jenis Perawatan.....	15
2.2.4 <i>Downtime</i>	17
2.2.5 <i>Reliability Centered Maintenance</i>	18
2.3 Hipotesis dan Kerangka Teoritis.....	29
2.3.1 Hipotesis	29

2.3.2	Kerangka Teoritis.....	31
BAB III	METODE PENELITIAN.....	32
3.1	Pengumpulan Data	32
3.2	Teknik Pengumpulan Data	32
3.3	Pengujian Hipotesa.....	32
3.4	Metode Analisis	33
3.4.1	Lokasi Penelitian	33
3.4.2	Waktu Pelaksanaan Penelitian.....	33
3.4.3	Objek Penelitian	33
3.4.4	Tahap Pengumpulan Data	33
3.5	Pembahasan	34
3.5.1	Implementasi Metode RCM.....	34
3.5.2	Tahap Analisis	35
3.6	Penarikan Kesimpulan	36
3.6.1	Pengolahan Data.....	36
3.6.2	Analisa.....	37
3.6.3	Kesimpulan dan Saran.....	38
3.7	Diagram Alir Penelitian.....	38
BAB IV	PENGUMPULAN DAN PENGOLAHAN DATA	40
4.1	Pengumpulan Data	40
4.1.1	Definisi Batasan Sistem	40
4.1.2	Deskripsi Sistem dan Blok Diagram Fungsi	40
4.1.3	Fungsi Sistem dan Kegagalan Fungsi	42
4.2	Pengolahan Data <i>Reliability Centered Maintenance (RCM)</i>	48
4.2.1	Penyusunan <i>Failure Mode and Effect Analysis (FMEA)</i>	48
4.2.2	Penyusunan <i>Logic Tree Analysis (LTA)</i>	59
4.2.3	<i>Task Selection</i>	61
4.3	Analisa dan Interpretasi.....	63
4.4	Pembuktian Hipotesa	65
BAB V	KESIMPULAN DAN SARAN	68
5.1	Kesimpulan.....	68

5.2	Saran	69
	DAFTAR PUSTAKA	70



DAFTAR TABEL

Tabel 1 1 Data Kerusakan Mesin produksi uang kertas periode Januari-Oktober 2023	2
Tabel 2.1 Tinjauan Pustaka.....	11
Tabel 2.2 Severity	23
Tabel 2 3 Occurance	24
Tabel 2 4 Detection.....	24
Tabel 4 1 System Work Breakdown Structure (SWBS) Sistem Elektrik Sorting Machine B.....	41
Tabel 4 2 System Work Breakdown Structure (SWBS) Sistem Mekanik Sorting Machine B.....	41
Tabel 4 3 Fungsi Sistem dan Kegagalan Fungsi Sistem Elektrik Sorting Machine B	44
Tabel 4 4 FMEA Sistem Elektrik.....	49
Tabel 4 5 FMEA Sistem Mekanik	51
Tabel 4 6 Daftar nilai RPN sistem elektrik Sorting Machine B.....	54
Tabel 4 7 Daftar nilai RPN sistem mekanik Sorting Machine B	56
Tabel 4 8 Daftar komponen kritis sistem elektrik Sorting Machine B.....	58
Tabel 4 9 Daftar komponen kritis sistem mekanik Sorting Machine B	59
Tabel 4 10 Logic Tree Analysis (LTA) sistem elektrik	60
Tabel 4 11 Logic Tree Analysis (LTA) sistem mekanik.....	61
Tabel 4 12 Task Selection sistem elektrik Sorting Machine B.....	62
Tabel 4 13 Task Selection sistem mekanik Sorting Machine B.....	63
Tabel 4 14 Perbandingan kebijakan perawatan sistem elektrik.....	64
Tabel 4 15 Perbandingan kebijakan perawatan sistem mekanik.....	65

DAFTAR GAMBAR

Gambar 2 1 Logic Tree Analisis	26
Gambar 2 2 Road Map Pemilihan Tindakan	28
Gambar 2 3 Kerangka Teotiris	31
Gambar 3 1 Diagram Alir Sistematika Pemecahan Masalah	39
Gambar 4 1 Functional Flow Block Diagram Sorting Machine B.....	42
Gambar 4 2 Diagram Pareto komponen sistem elektrik.....	55
Gambar 4 3 Diagram Pareto komponen sistem mekanik.....	57



ABSTRAK

Abstrak – Perum Peruri merupakan perusahaan BUMN yang bergerak dalam security printing. Salah satu produknya adalah uang kertas. Sorting Machine B adalah mesin yang berfungsi untuk melakukan penyortiran lembar uang kertas. Dari periode bulan Januari hingga Oktober 2023, Sorting Machine B memiliki jumlah kerusakan paling banyak dibandingkan dengan mesin lainnya. Untuk menjaga keandalan Sorting Machine B, perlu adanya perawatan yang tepat guna mengurangi jumlah dan waktu kerusakan serta memenuhi standar keamanan dan kualitas. Reliability Centered Maintenance (RCM) digunakan untuk menentukan kerusakan kritis dan menentukan kebijakan perawatan yang optimal. Hasil dari analisa RCM menunjukkan bahwa pada sistem elektrik terdapat 5 mode kegagalan yang diklasifikasikan dalam kategori B dan 5 kategori D/B. Sedangkan sistem mekanik terdapat 5 mode kegagalan kategori B dan 4 kategori D/B. Dalam pemilihan tindakan perawatan, 8 mode kegagalan menggunakan task condition directed, 5 mode kegagalan menggunakan task failure finding, serta 6 mode kegagalan menggunakan task run to failure.

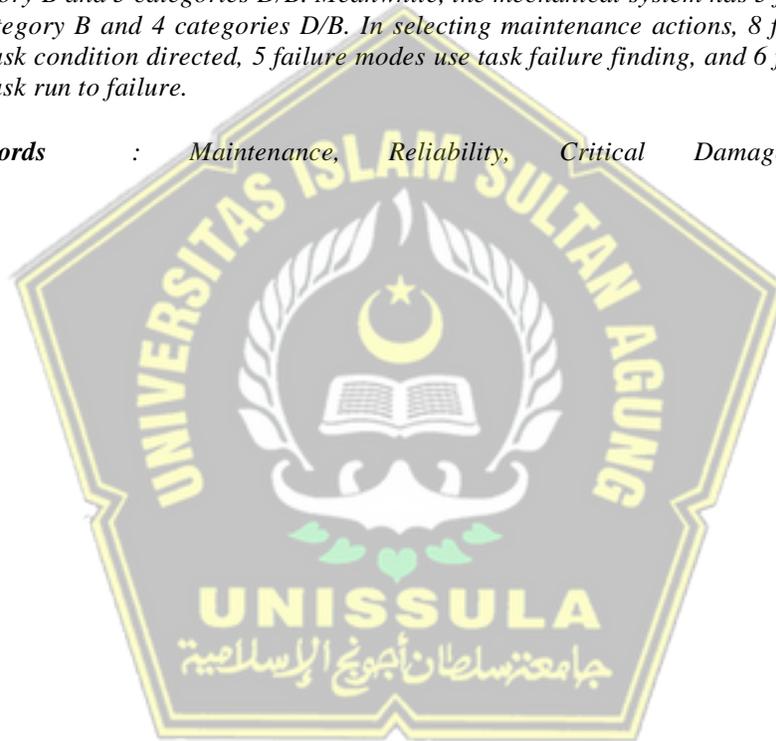
Kata Kunci : Perawatan, Reliability, Kerusakan Kritis, FMEA.



ABSTRACT

Abstract - Perum Peruri is a state-owned company that operates in security printing. One of the products is banknotes. Sorting Machine B is a machine that functions to sort banknotes. From January to October 2023, Sorting Machine B had the most damage compared to other machines. To maintain the reliability of Sorting Machine B, proper maintenance is needed to reduce the number and time of breakdowns and meet safety and quality standards. Reliability Centered Maintenance (RCM) is used to determine critical damage and determine optimal maintenance policies. The results of the RCM analysis show that in the electrical system there are 5 failure modes which are classified into category B and 5 categories D/B. Meanwhile, the mechanical system has 5 failure modes in category B and 4 categories D/B. In selecting maintenance actions, 8 failure modes use task condition directed, 5 failure modes use task failure finding, and 6 failure modes use task run to failure.

Keywords : Maintenance, Reliability, Critical Damage, FMEA.





BAB I

PENDAHULUAN

1.1 Latar Belakang Masalah

Pertumbuhan perekonomian yang semakin tinggi di Indonesia mengharuskan tersedianya mata uang sebagai suatu alat pembayaran yang sah. Untuk memenuhi tersedianya alat pembayaran di masyarakat, PERUM PERURI sebagai satu-satunya BUMN percetakan uang dituntut untuk dapat memenuhi kebutuhan mata uang rupiah yang beredar di masyarakat oleh Bank Indonesia. Untuk dapat memenuhi hal tersebut, PERUM PERURI harus memastikan mesin-mesin produksi berjalan dengan baik agar mencapai target yang diinginkan. Terkadang, mesin tersebut mengalami kerusakan yang mengakibatkan *loss of production*. Untuk menangani kerusakan tersebut, dilakukan tindakan maintenance agar mesin dapat kembali bekerja..

PERUM PERURI adalah Badan Usaha Milik Negara (BUMN) yang ditugasi untuk mencetak uang rupiah (baik uang kertas maupun uang logam) bagi Republik Indonesia, sesuai dengan Peraturan Pemerintah Nomor 32 tahun 2006. Selain mencetak uang rupiah Republik Indonesia, juga mencetak produk sekuriti lainnya, termasuk mencetak kertas berharga non uang dan logam non uang.

Uang kertas merupakan salah satu Core Business perusahaan. Proses produksi uang kertas terdiri dari beberapa tahap, mulai dari proses cetak Offset, Intaglio, Numbering, Finishing, hingga proses Sortir. Selama proses produksi, terkadang terjadi gangguan pada mesin yang mengakibatkan downtime atau berhentinya mesin akibat breakdown. Hal tersebut menjadi salah satu penyebab menurunnya jumlah produksi. Dari kelima proses produksi uang kertas tersebut, kerusakan mesin paling banyak terdapat pada Sorting Machine B dibandingkan dengan mesin lainnya dalam periode yang sama seperti yang terlihat pada tabel 1

Tabel 1.1 Data Kerusakan Mesin produksi uang kertas periode Januari-Oktober 2023

JENIS MESIN	MESIN	BREAKDOWN (KALI)	DOWNTIME (JAM)	TOTAL JAM KERJA JAN - OKT 2023	RELIABILITY MACHINE (%)
<i>Offset Printing Machine</i>	<i>Offset Machine A</i>	47	70,33	4800	99%
	<i>Offset Machine B</i>	67	165,5	4800	97%
<i>Intaglio Printing Machine</i>	<i>Intaglio Machine A</i>	49	111,25	4800	98%
	<i>Intaglio Machine B</i>	50	57,75	4800	99%
	<i>Intaglio Machine C</i>	56	112	4800	98%
	<i>Intaglio Machine D</i>	81	274,75	4800	94%
<i>Numbering Printing Machine</i>	<i>Numbering Machine A</i>	28	47	4800	99%
	<i>Numbering Machine B</i>	21	42	4800	99%
<i>Finishing Machine</i>	<i>CP Machine A</i>	32	41,5	4800	99%
	<i>CP Machine B</i>	38	52,5	4800	99%
<i>Sorting Machine</i>	<i>Sorting Machine A</i>	181	378,08	4800	92%
	<i>Sorting Machine B</i>	191	463,25	4800	90%

Sumber: Laporan *Work Order* unit elektrikal dan mekanikal mesin produksi uang kertas.

Sorting Machine B memiliki jumlah breakdown dan downtime terbesar yaitu 191 kali breakdown dan 463,25 jam downtime. Sistem manajemen perawatan yang kurang optimal menjadi salah satu penyebab tingginya breakdown serta downtime mesin. Hal ini dikarenakan kebijakan perawatan yang ada saat ini adalah Corrective Maintenance dan Preventive Maintenance. Kebijakan Preventive Maintenance yang dilaksanakan satu tahun sekali tidak dapat menjaga keandalan mesin. Salah satu metode untuk dapat melakukan perawatan secara sistematis, teratur dan berkala serta dapat mencegah kerusakan

sedini mungkin adalah dengan cara perawatan mesin produksi uang kertas yang mengkombinasikan seluruh teknik perawatan reaktif, perawatan pencegahan, perawatan prediktif, serta failure finding dan mengaplikasikannya secara optimal dengan cara sedemikian rupa sehingga dapat mengoptimalkan kehandalan mesin. Diharapkan dapat memperbaiki perawatan mesin dengan tepat dan dapat meningkatkan produktivitas perusahaan

1.2 Perumusan Masalah

Dari latar belakang masalah diatas maka perumusan masalah pada penelitian ini adalah :

- a. Bagaimana cara mengidentifikasi komponen yang menjadi penyebab *breakdown* mesin?
- b. Bagaimana cara menentukan perawatan yang tepat pada mesin untuk menurunkan tingkat *breakdown* mesin?

1.3 Pembatasan Masalah

Penelitian yang akan dilakukan ini memiliki batasan-batasan agar fokus dalam menjawab permasalahan penelitian. Batasan-batasan tersebut adalah sebagai berikut :

- a. Mesin produksi yang akan menjadi obyek penelitian adalah mesin produksi uang kertas di Gedung Area Lini Baru (Arliba) Perum Peruri.
- b. Data *breakdown* diambil dari laporan kerusakan mesin. Data diamati adalah data dari bulan Januari – Oktober 2023.

1.4 Tujuan Penelitian

Adapun tujuan penelitian yang dilakukan adalah sebagai berikut :

- a. Mengidentifikasi penyebab *breakdown* pada mesin produksi uang kertas.
- b. Mengidentifikasi mesin produksi uang kertas yang memiliki tingkat *breakdown* paling tinggi.
- c. Menentukan maintenance atau perawatan mesin yang tepat untuk menurunkan tingkat *breakdown*.

1.5 Manfaat penelitian

Hasil penelitian ini diharapkan dapat memberikan manfaat kepada semua pihak yang terkait. Adapun manfaat yang diharapkan yaitu :

a. Bagi Penulis

Hasil penelitian diharapkan dapat membantu menentukan metode perawatan mesin dan menurunkan *breakdown* mesin.

b. Bagi Perusahaan

Melalui penelitian ini, diharapkan perusahaan dapat mengetahui permasalahan-permasalahan terkait *breakdown* mesin yang terjadi.

c. Bagi Pembaca

Diharapkan dapat menambah wawasan dan pengetahuan tentang hal-hal yang berkaitan dengan topik penelitian ini, serta sebagai referensi untuk penelitian selanjutnya dengan permasalahan yang sama.

1.6 Sistematika Penulisan

Untuk memudahkan penulisan, pembahasan dan penilaian tugas akhir ini, maka dalam pembuatannya akan dibagi menjadi beberapa bab dengan sistematika sebagai berikut:

BAB I PENDAHULUAN

Bab ini menjelaskan latar belakang permasalahan, rumusan masalah, tujuan penelitian, batasan penelitian, manfaat penelitian, dan sistematika penulisan.

BAB II LANDASAN TEORI

Bab ini menguraikan tinjauan-tinjauan kepustakaan, antara lain: penelitian-penelitian terdahulu, konsep *maintenance* dan *Reliability Centered Maintenance (RCM)*. Landasan teori yang digunakan bertujuan untuk menguatkan metode yang dipakai untuk memecahkan permasalahan di perusahaan.

BAB III METODOLOGI PENELITIAN

Bab ini berisikan data-data yang mendukung dalam proses penelitian seperti lokasi penelitian, tahapan yang dilaksanakan dalam penelitian, dan lain-lain.

BAB IV PENGUMPULAN DAN PENGOLAHAN DATA

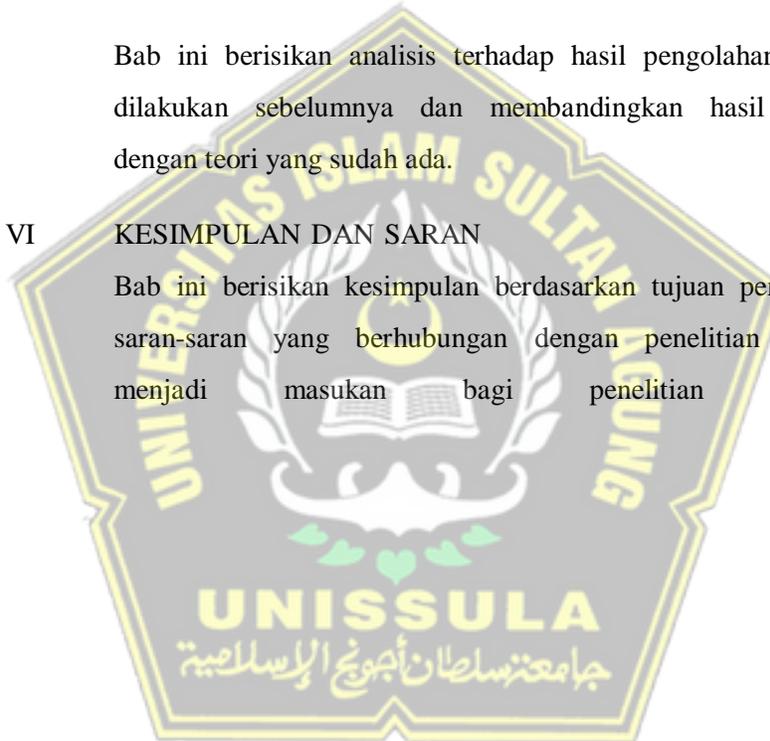
Bab ini berisi tentang pengumpulan data *breakdown* dan *downtime* mesin untuk pengolahan data sehingga tujuan penelitian dapat tercapai.

BAB V ANALISIS DAN PEMBAHASAN

Bab ini berisikan analisis terhadap hasil pengolahan yang telah dilakukan sebelumnya dan membandingkan hasil pengolahan dengan teori yang sudah ada.

BAB VI KESIMPULAN DAN SARAN

Bab ini berisikan kesimpulan berdasarkan tujuan penelitian serta saran-saran yang berhubungan dengan penelitian agar dapat menjadi masukan bagi penelitian selanjutnya.



BAB II

TINJAUAN PUSTAKA DAN LANDASAN TEORI

2.1 Tinjauan Pustaka

Dari studi literatur yang akan berisi penelitian-penelitian terdahulu sebagai referensi penulis penelitian sebagai pembanding atau kajian yang ingin diteliti untuk saat ini, berikut ini merupakan penelitian-penelitian terdahulu sebagai berikut.

Penelitian yang dilakukan oleh (Fikri Sahal and Syakhroni 2019) dengan judul *Perencanaan Penjadwalan Perawatan Mesin Sewing Dengan Metode Reliability Centered Maintenance (RCM II) DI PT APPAREL ONE INDONESIA* dengan hasil penelitian yaitu meningkatkan meningkatkan kinerja mesin single needle, mesin overlock, mesin overdeck dan mesin kansai dengan usulan kebijakan perawatan yaitu *Scheduled On Condition, Task Scheduled Discard* dan *Task Scheduled Finding Task*.

Penelitian yang dilakukan oleh (Azwir, Wicaksono, and Oemar 2020) dengan judul “Manajemen Perawatan Menggunakan Metode RCM Pada Mesin Produksi Kertas” dengan hasil penelitian yaitu berdasarkan data yang didapatkan, diketahui bahwa *press section* merupakan bagian kritis dari PM2 yang memiliki kontribusi terbesar terhadap kerusakan mesin yaitu sebesar 35,7 %. Setelah dilakukan penjadwalan perbaikan mesin sub sistem *press section* yang ada pada mesin produksi kertas 2 meningkat dari awalnya hanya 43 % menjadi 56%, sedangkan biaya perbaikan akan berkurang sebesar Rp 393.258.670 dari awalnya Rp 5.724.825.736 menjadi Rp 5.331.567.066. Setelah analisis menggunakan metode RCM dilakukan maka diperoleh usulan jadwal penggantian komponen Mesin Kertas 2.

Penelitian selanjutnya adalah penelitian yang dilakukan oleh (Wibowo and Kurniati 2020) dengan judul “Penentuan Strategi Pemeliharaan Forklift Menggunakan Metode RCM II” dengan hasil penelitian yaitu Evaluasi kegiatan

pemeliharaan aktual terhadap forklift menunjukkan bahwa failure masih tinggi, berdampak pada target availabilitas tidak terpenuhi dan mengakibatkan biaya pemeliharaan membengkak. Strategi pemeliharaan optimal didapatkan menggunakan metode RCM II dengan hasilnya adalah 5 kategori dari maintenance task, yaitu scheduled on-condition task, scheduled restoration task, scheduled discard task, scheduled failure-finding task, dan no maintenance task dengan menghasilkan biaya pemeliharaan Rp 74.582.266 Biaya pemeliharaan dihitung terus mengalami peningkatan dengan mempertimbangkan inflasi sebesar 3,2% untuk labor cost dan mempertimbangkan eskalasi sebesar 25% untuk material cost.

Penelitian yang dilakukan oleh (Mesra et al. 2018) dengan judul Maintenance Pompa Reciprocating 211/212 PM-4 A/B Menggunakan Metode RCM di PT Pertamina (Persero) Refinery Unit II Dumai.dengan hasil Hasil dari penelitian ini peneliti menemukan solusi bahwa tindakan perawatan Pompa Reciprocating 211/212 PM-34 A/B yang harus dilakukan diantaranya adalah Condition directed (63,64% dari keseluruhan komponen), failure finding (13,64% dari keseluruhan komponen), dan run to failure (22,72% dari keseluruhan komponen).

Penelitian selanjutnya adalah penelitian yang dilakukan oleh (Ninny Siregar and Munthe 2019) dengan judul “Analisa Perawatan Mesin Digester dengan Metode *Reliability Centered Maintenance* (RCM) Pada Ptpn II Pagar Merbau” oleh Suwandy. hasil Didapatkan kehandalan RCM pada komponen house 36% selanjutnya perbaikan menjadi lebih baik sebesar 72% , and komponen shaft 70,5% selanjutnya perbaikan 299,6 jam..

Penelitian yang pernah dilakukan oleh (Arsyadiaga 2016), dengan judul Analisis Penentuan Waktu Perawatan Mesin dengan Metode *Reliability Centered Maintenance* (RCM) di P.T Sanmas Dwika Abadi” oleh Duhan Arsyadiaga. Hasil diperoleh Permasalahan utama pada perusahaan ini ialah mesin yang digunakan bersifat orisinil dari Jepang dan membuat suku cadang asli tidak mudah

didapatkan di Indonesia. Hanya terdapat suku cadang dengan kualitas bahan yang lebih rendah dan harga yang sedikit murah. Oleh karena itu, perawatan yang efisien sangat diperlukan untuk mempertahankan mesin dalam jangka waktu yang lama dan meminimalisir adanya pergantian suku cadang.

Penelitian selanjutnya adalah penelitian yang pernah dilakukan oleh (Rani Rumita 2014) dengan judul Perencanaan Sistem Perawatan Mesin UrbannYTE dengan Menggunakan Metode *Reliability Centered Maintenance II* (RCM II) (Studi Kasus di departmen produksi PT. Masscom Graphy, Semarang), terdapat 27 failure mode. Sedangkan untuk hasil nilai RPN, diperoleh 4 failure mode dari sistem mesin UrbannYTE yang memiliki kategori tingkat resiko yang tinggi atau nilai $RPN \geq 100$ yaitu elektromagnetik clutch terganggu dengan nilai RPN sebesar 150, bearer rusak dengan nilai RPN sebesar 128, tucker blade rusak dengan nilai RPN sebesar 160 dan belt ring putus dengan nilai RPN sebesar 120. Kegiatan perawatan untuk komponen tucker blade, elektromagnetik clutch, bearer dan belt ring adalah scheduled discard task yaitu penjadwalan penggantian komponen. Sedangkan interval perawatan untuk komponen tucker blade yaitu selama 1456,52 jam atau 61 hari, elektromagnetik clutch dengan interval perawatan selama 1723,65 jam atau 72 hari, Bearer dengan interval perawatan selama 1928,59 jam atau 81 hari dan Belt Ring dengan interval perawatan selama 1419,05 jam atau 60 hari. Biaya perawatan (T_c) pada Mesin UrbannYTE untuk komponen yang memiliki kegagalan potensial diantaranya adalah tucker blade sebesar Rp 2.433.676 per 61 hari, elektromagnetik clutch sebesar Rp 2.198.415 per 72 hari, Bearer sebesar Rp 1.813.811 per 81 hari dan Belt Ring sebesar Rp 1.801.597 per 60 hari.

Penelitian yang dilakukan oleh (Kartasura, Pengantar, and Hal 2015) dengan judul Analisis Metode 5-S dan Metode RCM pada Sistem Maintenance Guna Meningkatkan Keandalan pada Mesin Minami (Studi Kasus PT Betawimas Cemerlang) dengan hasil penelitian yaitu Penelitian ini menghasilkan nilai Risk Priority Number (RPN) yang terbesar yaitu 140 pada teknis perekatan dengan efek kegagalan cetakan kusut/berantakan dan mudah lepas.

Penelitian selanjutnya adalah dilakukan oleh (Rasindyo, Kusmaningrum, and Helianty 2015) dengan berjudul Analisis Kebijakan Perawatan Mesin Cincinnati Dengan Menggunakan Metode *Reliability Centered Maintenance* di PT. Dirgantara Indonesia dengan hasil penelitian yaitu Penerapan Metode RCM pada mesin Cincinnati didapatkan adanya perubahan task perawatan yang signifikan, yaitu 2 Time Directed (TD), 14 Condition Directed (CD) dan 22 Task Failure Finding (FF).

Penelitian selanjutnya adalah penelitian yang dilakukan oleh (Fiatno 2018) dengan judul “Penerapan *Reliability Centered Maintenance (rcm)* pada poros roda depan isuzu type cxz-51” dengan hasil penelitian yaitu Sistem pelumasan merupakan komponen paling kritis, karena memegang peranan penting dimana pelumasan sebagai pelapisan kontak langsung antara pin knuckle dengan bantalan, di samping itu selama terjadi kegagalan 2 kali pada bantalan dan 1 kali pada knuckle. Objek terpilih yang menjadi bahan penelitian adalah sistem kemudi isuzu cxz-51 unit 4x1090 berdasarkan data kerusakan yang terjadi pada tahun 2013-2015 dengan jumlah kerusakan paling tinggi dibandingkan dengan komponen lain yang terdapat di Area dan Fasilitas PT. X Pekanbaru, Provinsi Riau dan juga berdasarkan kriteria pemilihan metode *Reliability Centered Maintenance (RCM)* yang mana komponen ini memiliki kriteria pemilihan terbanyak dibandingkan dengan komponen-komponen lain yang. Kebijakan perawatan baru yang ditentukan dengan menggunakan metode *Reliability Centered Maintenance (RCM)* terdapat 1 mode kegagalan yang diatasi secara condition directed (CD) yaitu kebijakan perawatan dengan melakukan pengamatan dan pemeriksaan terhadap kegagalan yang timbul secara berkala, dan 1 mode kegagalan diatasi secara run to failure (RTF) yaitu kebijakan perawatan untuk tetap menggunakan komponen hingga komponen tersebut mengalami kerusakan. Berdasarkan kondisi perusahaan saat ini, tidak seluruh kebijakan baru berdasarkan hasil penelitian menggunakan metode RCM dapat diterapkan. Utamanya karena perlu dipertimbangkan penyesuaian pelaksanaannya dengan target operasional yang membatasi kesempatan untuk melakukan perawatan beserta ketersediaan spare

part yang melakukannya di perusahaan. Interval waktu penggantian komponen kritis pada sistem kemudi untuk 2 tahun ke depan mengalami penurunan, kemungkinan kerusakan pada pin knuckle tidak ada lagi seiring dengan penerapan *Reliability Centered Maintenance*



Tabel 2.1 Tinjauan Pustaka

No	Judul Penelitian	Peneliti	Sumber	Permasalahan	Metode	Hasil
1	Perencanaan Penjadwalan Perawatan Mesin Sewing Dengan Metode <i>Reliability Centered Maintenance</i> (RCM II) DI PT APPAREL ONE INDONESIA	Muhammad, Syakhroni,ST.,M.Eng, Dr. Marlyana,ST.,MT 2019	Jurnal Ilmiah UNISSULA (KIMU) 2019	Reliability mesin SN, mesin OL,mesin KNS dan mesin OD tidak tercapai	RCM II	hasil penelitian yaitu meningkatkan meningkatkan kinerja mesin single needle, mesin overlock, mesin overdeck dan mesin kansai dengan usulan kebijakan perawatan yaitu Scheduled On Condition, Task Scheduled Discard dan Task Scheduled Finding Task.
2	Manajemen Perawatan Menggunakan Metode RCM Pada Mesin Produksi Kertas	Hery Hamdi Azwir, Arri Ismail Wicaksono, Hirawati Oemar (2020)	JURNAL OPTIMASI SISTEM INDUSTRI - VOL. 19 NO. 1 (2020) 12-21	Banyaknya jumlah downtime mekanik PM2 pada periode 1 Januari – 31 Desember 2017 sudah melebihi total kumulatif downtime pada tahun 2016. Hal ini akan mengakibatkan target pencapaian downtime maksimum pada PM2 menjadi tidak tercapai.	RCM	Berdasarkan data yang didapatkan, diketahui bahwa press section merupakan bagian kritis dari PM2 yang memiliki kontribusi terbesar terhadap kerusakan mesin yaitu sebesar 35,7 %. Setelah dilakukan penjadwalan perbaikan mesin sub sistem press section yang ada pada mesin produksi kertas 2 meningkat dari awalnya hanya 43 % menjadi 56%, sedangkan biaya perbaikan akan berkurang sebesar Rp 393.258.670 dari awalnya Rp 5.724.825.736 menjadi Rp 5.331.567.066. Setelah analisis menggunakan metode RCM dilakukan maka diperoleh usulan jadwal penggantian komponen Mesin Kertas 2.

Table 2. 1 Tinjauan Pustaka (Lanjutan)

No	Judul Penelitian	Peneliti	Sumber	Permasalahan	Metode	Hasil
3	“Penentuan Strategi Pemeliharaan Forklift Menggunakan Metode RCM II”	(Dzaky Wibowo, 2020)	JURNAL TEKNIK ITS Vol. 8, No. 2, (2019) ISSN: 2337-3539 (2301-9271 Print)	forklift mengalami kerusakan dengan frekuensi cukup tinggi serta mengalami idle meski telah selesai dilakukan pemeliharaan. Alasannya adalah karena user lebih memilih forklift yang disewa kepada pihak ketiga. Permasalahan ini dapat diselesaikan dengan konsep penentuan optimal maintenance strategy, salah satu metodenya adalah Reliability Centered Asset Maintenance II (RCM II), yaitu dengan menentukan strategi pemeliharaan yang optimal untuk diketahui kondisi forklift. Hasilnya adalah rekomendasi bagi perusahaan dalam melakukan perawatan terhadap forklift.	RCM II	Evaluasi kegiatan pemeliharaan aktual terhadap forklift menunjukkan bahwa failure masih tinggi, berdampak pada target availabilitas tidak terpenuhi dan mengakibatkan biaya pemeliharaan membengkak. Strategi pemeliharaan optimal didapatkan menggunakan metode RCM II dengan hasilnya adalah 5 kategori dari maintenance task, yaitu scheduled on-condition task, scheduled restoration task, scheduled discard task, scheduled failure-finding task, dan no maintenance task dengan menghasilkan biaya pemeliharaan Rp 74.582.266 Biaya pemeliharaan dihitung terus mengalami peningkatan dengan mempertimbangkan inflasi sebesar 3,2% untuk labor cost dan mempertimbangkan eskalasi sebesar 25% untuk material cost.
4	Maintenance Pompa Reciprocating 211/212 PM-4 A/B Menggunakan Metode RCM di PT Pertamina (Persero) Refinery Unit II Dumai.	Mesra, dkk, 2018	Buletin Utama Teknik, 13(3), 175-183.	Pompa ini sering mengalami kerusakan pada komponen packing silinder yang sering bocor yang mengakibatkan terganggunya sistem lubrikasi pada mechanical seal 211/212 PRT-3.	RCM	Hasil dari penelitian ini peneliti menemukan solusi bahwa tindakan perawatan Pompa Reciprocating 211/212 PM-34 A/B yang harus dilakukan diantaranya adalah Condition directed (63,64% dari keseluruhan komponen), failure finding (13,64% dari keseluruhan komponen), dan run to failure (22,72% dari keseluruhan komponen).

Table 2. 1 Tinjauan Pustaka (Lanjutan)

No	Judul Penelitian	Peneliti	Sumber	Permasalahan	Metode	Hasil
5	Analisa Perawatan Mesin Digester Dengan Metode <i>Reliability Centered Maintenance</i> (RCM) Pada Ptpn II Pagar Merbau)	(Ninny Siregar & Munthe, 2019)	Tugas Akhir, Program Studi Teknik Industri, Universitas Medan 2019	Berdasarkan analisis pada PTPN II Pagar Merbau, ditemukan adanya kegagalan mesin yang cukup tinggi pada Mesin Digester UDW 3220. Permasalahan umur yang telah lebih dari 30 tahun menjadi penyebab utama mengapa mesin ini mengalami kerusakan setidaknya hingga 25% Oleh karena itu Suwandy (2019) melakukan penelitian untuk menentukan perawat apa yang efektif untuk meminimalisir kejadian Downtime pada mesin produksi	RCM, FMEA	Didapatkan kehandalan RCM pada komponen house 36% selanjutnya perbaikan menjadi lebih baik sebesar 72% , and komponen shaft 70,5% selanjutnya perbaikan 299,6 jam
6	Analisis Penentuan Waktu Perawatan Mesin Dengan Metode Rcm (<i>Reliability Centered Maintenance</i>) Di P.T Sanmas Dwika Abadi	(Arsyadiaga , 2016)	Jurnal Teknologi Industri, Vol. 53, 2019	Komponen mendapat kerusakan dan maintainance adalah mesin ballmill mendapat maintainance 33 hari sekali untuk perawatan mesin. Di dapat hasil identifikasi dan analisa komponen, waktu perbaikan mesin ballmill lebih lama 85 menit dari sub mesin lainya seperti elevator 77 menit, belt elevator 38 menit dan motor 54 menit waktu perbaikan tiap sub	RCM	Permasalahan utama pada perusahaan ini ialah mesin yang digunakan bersifat orisinil dari Jepang dan membuat suku cadang asli tidak mudah didapatkan di Indonesia. Hanya terdapat suku cadang dengan kualitas bahan yang lebih rendah dan harga yang sedikit murah. Oleh karena itu, perawatan yang efisien sangat diperlukan untuk mempertahankan mesin dalam jangka waktu yang lama

Table 2.1 Tinjauan Pustaka (Lanjutan)

No	Judul Penelitian	Peneliti	Sumber	Permasalahan	Metode	Hasil
7	Perencanaan Sistem Perawatan Mesin Urbannye dengan Menggunakan Metode <i>Reliability Centered Maintenance</i> II (RCM II) (Studi Kasus di department produksi PT. Masscom Graphy, Semarang)	(Kurniawan, Rani Rumita., 2014)	Industrial Engineering Department, Diponegoro University	Kebijakan kegiatan perawatan yang dilakukan dari pihak PT. Masscom Graphy Semarang meliputi corrective maintenance atau Tindakan perawatan ketika terjadi kerusakan mesin dan preventive maintenance atau perawatan yang dilakukan rutin sesuai jadwal. karena itu diperlukan sebuah strategi yang efektif untuk menjaga keandalan sistem ini dalam usahanya untuk mencegah kerusakan mesin pada proses produksi (Kurniawan, 2014)	RCM II	Sistem Mesin Urbannye mempunyai tujuh sub-sistem: Plate Bending, Paper Roll Stand, Auxilary Draw & EPC Unit, Printing Unit, Forming Unit, Separating/Stocking Unit dan Paper Overfeed Recycling. Berdasarkan pada Failure Modes and Effects Analysis (FMEA), terdapat 27 failure mode. Sedangkan untuk hasil nilai RPN, diperoleh 4 failure mode dari sistem mesin Urbannye yang memiliki kategori tingkat resiko yang tinggi atau nilai $RPN \geq 100$.
8	Analisis Metode 5-S dan Metode RCM pada Sistem Maintenance Guna Meningkatkan Keandalan pada Mesin Minami (Studi Kasus PT Betawimas Cemerlang)	Sianturi, dkk, 2014	Jurnal Rekavasi, 2(1), 8-16.	Reliability pada mesin minami tidak maksimal	RCM	Penelitian ini menghasilkan nilai Risk Priority Number (RPN) yang terbesar yaitu 140 pada teknis perekatan dengan efek kegagalan cetakan kusut/berantakan dan mudah lepas.

Table 2. 1 Tinjauan Pustaka (Lanjutan)

No	Judul Penelitian	Peneliti	Sumber	Permasalahan	Metode	Hasil
9	Analisis Kebijakan Perawatan Mesin Cincinnati Dengan Menggunakan Metode <i>Reliability Centered Maintenance</i> di PT. Dirgantara Indonesia	Rasindyo, dkk, 2015	Jurnal Online Institut Teknologi Nasiona, 2015	Berdasarkan hasil pengamatan dan melihat pada Data Kerusakan Mesin yang dimiliki oleh Bagian Perawatan Mesin PTDI, diketahui bahwa frekuensi terjadinya kerusakan pada Mesin Cincinnati ini terbilang cukup tinggi.	RCM	Hasil penerapan Metode RCM pada mesin Cincinnati didapatkan adanya perubahan task perawatan yang signifikan, yaitu 2 Time Directed (TD), 14 Condition Directed (CD) dan 22 Task Failure Finding (FF).
10	PENERAPAN <i>RELIABILITY CENTERED MAINTENANCE</i> (RCM) PADA POROSRODA DEPAN ISUZU TYPE cxz-51 ArisE)	(Fiatno, 2018)	Jurnal Teknik Industri Terintegrasi (JUTIN) Vol. 1, No. 1 –April 2018 e-ISSN 2620-8962 PENERAPAN	Bagaimana menentukan tindakan perawatan yang optimal agar sistem kemudi memiliki umur pemakaian yang panjang sesuai standar performansinya dengan menggunakan pendekatan <i>Reliability Centered Maintenance</i> (RCM)	RCM	Berdasarkan kondisi perusahaan saat ini, tidak seluruh kebijakan baru berdasarkan hasil penelitian menggunakan metode RCM dapat diterapkan. Utamanya karena perlu dipertimbangkan penyesuaian pelaksanaannya dengan target operasional yang membatasi kesempatan untuk melakukan perawatan beserta ketersediaan spare part yang melakukannya di perusahaan. Interval waktu penggantian komponen kritis pada sistem kemudi untuk 2 tahun ke depan mengalami penurunan, kemungkinan kerusakan pada pin knuckle tidak ada lagi seiring dengan penerapan <i>Reliability Centered Maintenance</i>



2.2 Landasan Teori

Landasan teori pada penelitian ini adalah sebagai berikut :

2.2.1 Definisi Perawatan (Maintenance)

Perawatan dapat didefinisikan sebagai suatu aktivitas yang dilakukan secara berkala dengan tujuan mengidentifikasi serta mengganti peralatan yang rusak agar kembali pada kondisi tertentu, pada periode tertentu (Prasmoro 2020) Umumnya, semakin tinggi atau seringnya aktivitas perbaikan yang perlu dilakukan dalam sebuah sistem produksi, maka peranan manajemen perawatan dalam sistem tersebut juga menjadi semakin penting. Dalam pelaksanaannya menurut (Setiawan, Aritonang, and Iskandar 2013), konsep perawatan yang dilakukan dapat dibedakan menjadi dua jenis, yaitu perawatan perbaikan (*corrective maintenance*) serta perawatan pencegahan (*preventive maintenance*). Kedua sistem perawatan tersebut memiliki peranan yang sama pentingnya dan umumnya dilakukan bersamaan dan saling mendukung.

2.2.2 Tujuan Perawatan

Menurut (Makasudede 2018) proses perawatan secara umum bertujuan untuk memfokuskan dalam langkah pencegahan untuk mengurangi atau bahkan menghindari kerusakan dari peralatan dengan memastikan tingkat keandalan dan kesiapan serta meminimalkan biaya perawatan.

Adapun secara umum perawatan bertujuan untuk :

1. Menjamin ketersediaan, keandalan fasilitas (mesin dan peralatan) secara ekonomis maupun teknis, sehingga dalam penggunaannya dapat dilaksanakan seoptimal mungkin.
2. Memperpanjang usia kegunaan fasilitas.
3. Menjamin kesiapan operasional seluruh fasilitas yang diperlukan dalam keadaan darurat.
4. Menjamin keselamatan kerja, keamanan dalam penggunaannya..

2.2.3 Jenis Perawatan

Menurut Nachnul dan (Imron 2013) Konsep perawatan dibagi menjadi 2 kategori, yaitu *preventive maintenance* dan *corrective maintenance*. Berikut adalah

pengertian dari jenis-jenis perawatan.

1. *Preventive Maintenance*

Preventive maintenance ialah kegiatan pemeliharaan dan perawatan yang dilakukan untuk mencegah timbulnya kerusakan- kerusakan yang tidak terduga dan menemukan kondisi atau keadaan yang dapat menyebabkan fasilitas produksi mengalami kerusakan pada waktu digunakan dalam proses produksi.

Semua fasilitas produksi yang diberikan *preventive maintenance* akan terjamin kelancarannya dan selalu diusahakan dalam kondisi atau keadaan yang siap digunakan untuk setiap operasi atau proses produksi pada setiap saat. Sehingga dapatlah dimungkinkan pembuatan suatu rencana dan jadwal pemeliharaan dan perawatan yang sangat cermat dan rencana produksi yang lebih tepat.

Tujuan *preventive maintenance* diarahkan untuk memaksimalkan *availability*, dan meminimalkan ongkos peningkatan *reliability*. Dengan lingkup kegiatan bisa hanya mencakup area *process (operation, utility, main process dll)* atau bisa diperluas ke area lain seperti *building office* dan fasilitas umum.

Kriteria penentuan fasilitas yang masuk dalam program *preventive maintenance* dilihat dari:

- a. Apakah kerusakan alat berdampak pada *safety*?
- b. Apakah kerusakan alat dapat menyebabkan *system down*?
- c. Apakah *repair cost*nya tinggi dan lama?
- d. Ketersediaan *spare part* dari fasilitas tersebut.
- e. Kondisi kerja dari fasilitas tersebut.

2. *Corrective Maintenance*

Corrective maintenance adalah perawatan yang dilakukan untuk mengembalikan kondisi mesin ke kondisi *standard* melalui pekerjaan perbaikan atau penyetelan. Berbeda dengan *preventive maintenance* yang

pelaksanaannya teratur tanpa menunggu adanya kerusakan, *corrective maintenance* justru dilakukan setelah komponen telah menunjukkan adanya gejala kerusakan atau rusak sama sekali. *Corrective maintenance* terbagi menjadi 2 (dua) macam, yaitu:

a. *Repair and Adjustment*

Repair and adjustment adalah perawatan yang sifatnya memperbaiki kerusakan yang belum parah atau *machine* belum tidak bisa digunakan. Misal, jika terjadi gangguan pada sistem pengisian (*no charging*), maka salah satu cara memperbaikinya adalah dengan melakukan penyetelan.

b. *Breakdown Maintenance*

Breakdown maintenance adalah perawatan yang dilaksanakan setelah tidak bisa digunakan. Hal ini biasanya terjadi karena adanya kerusakan yang diabaikan terus menerus tanpa ada usaha untuk memperbaikinya. Kerusakan tersebut semakin lama semakin parah. Umumnya kerusakan kecil tadi menjadi besar dan menyebabkan komponen lain ikut menjadi rusak. Perawatan yang demikian ini menyebabkan biaya perbaikan melambung tinggi. Untuk menghindari ini, lakukanlah *preventive maintenance* dengan baik dan segera lakukan perbaikan jika muncul gejala kerusakan, agar kerusakan yang lebih besar dapat dihindari.

2.2.4 *Downtime*

(Gasper 1992) Pada dasarnya *downtime* didefinisikan sebagai waktu suatu komponen sistem tidak dapat digunakan (tidak berada dalam kondisi yang baik), sehingga membuat fungsi sistem tidak berjalan. Berdasarkan kenyataan bahwa pada dasarnya prinsip utama dalam manajemen perawatan adalah untuk menekan periode kerusakan (*breakdown period*) sampai batas minimum, maka keputusan penggantian komponen sistem berdasarkan *downtime* minimum menjadi sangat penting. Pembahasan berikut akan difokuskan pada proses pembuatan keputusan penggantian komponen sistem yang meminimumkan *downtime*, sehingga tujuan utama dari manajemen sistem perawatan untuk memperpendek periode kerusakan sampai batas minimum dapat dicapai. Penentuan tindakan preventif yang

optimum dengan meminimumkan downtime akan dikemukakan berdasarkan interval waktu penggantian (replacement interval). Tujuan untuk menentukan penggantian komponen yang optimum berdasarkan interval waktu, t_p , diantara penggantian preventif dengan menggunakan kriteria meminimumkan total downtime per unit waktu.

2.2.5 *Reliability Centered Maintenance*

didefinisikan sebagai suatu proses yang digunakan untuk menentukan apa yang seharusnya dilakukan untuk menjamin setiap *item* fisik atau suatu sistem dapat berjalan dengan baik sesuai dengan fungsi yang diinginkan oleh penggunaanya (Muhammad and Rifa'i 2013), Sedangkan menurut (Bloom and Reenen 2013) *Reliability Centered Maintenance* (RCM) adalah pendekatan yang efektif untuk pengembangan program-program *PM* (*Preventive Maintenance*) dalam meminimalkan kegagalan peralatan dan menyediakan *plant* di industri dengan alat-alat yang efektif dan kapasitas optimal untuk memenuhi permintaan pelanggan dan unggul dalam persaingan. Selain itu dampak dengan penerapan RCM yaitu terjadi peningkatan keandalan dan penurunan total biaya perawatan untuk semua komponen-komponen.

1. Prinsip-prinsip RCM

Prinsip RCM menurut (Pratama, Fatimah, and Purnomo 2021) antara lain :

- a. RCM memelihara fungsional sistem, bukan sekedar memelihara suatu sistem/alat agar beroperasi tetapi memelihara agar fungsi sistem / alat tersebut sesuai dengan harapan.
- b. RCM lebih fokus kepada fungsi sistem daripada suatu komponen tunggal, yaitu apakah sistem masih dapat menjalankan fungsi utama jika suatu komponen mengalami kegagalan.
- c. RCM berbasiskan pada keandalan yaitu kemampuan suatu sistem/*equipment* untuk terus beroperasi sesuai dengan fungsi yang diinginkan.
- d. RCM bertujuan menjaga agar keandalan fungsi sistem tetap sesuai dengan kemampuan yang didesain untuk sistem tersebut.
- e. RCM mengutamakan keselamatan (*safety*) baru kemudian untuk masalah

ekonomi.

- f. RCM mendefinisikan kegagalan (*failure*) sebagai kondisi yang tidak memuaskan (*unsatisfactory*) atau tidak memenuhi harapan, sebagai ukurannya adalah berjalannya fungsi sesuai *performance standard* yang ditetapkan.
- g. RCM harus memberikan hasil-hasil yang nyata / jelas, Tugas yang dikerjakan harus dapat menurunkan jumlah kegagalan (*failure*) atau paling tidak menurunkan tingkat kerusakan akibat kegagalan.

2. Tujuan RCM

- a. Untuk membangun suatu prioritas disain untuk memfasilitasi kegiatan perawatan yang efektif.
- b. Untuk merencanakan *preventive maintenance* yang aman dan handal pada level-level tertentu dari sistem.
- c. Untuk mengumpulkan data-data yang berkaitan dengan perbaikan item dengan berdasarkan bukti keandalan yang tidak memuaskan.
- d. Untuk mencapai ketiga tujuan di atas dengan biaya yang minimum. RCM sangat menitik beratkan pada penggunaan *preventive maintenance* maka

Keuntungan RCM adalah sebagai berikut:

- a. Dapat menjadi program perawatan yang paling efisien.
- b. Biaya yang lebih rendah dengan mengeliminasi kegiatan perawatan yang tidak diperlukan.
- c. Minimisasi frekuensi *overhaul*.
- d. Minimisasi peluang kegagalan peralatan secara mendadak.
- e. Dapat memfokuskan kegiatan perawatan pada komponen-komponen kritis.
- f. Meningkatkan *reliability* komponen.
- g. Menggabungkan *root cause analysis*.

3. Langkah-langkah Penerapan RCM

(Asisco, Amar, and Rahadian Perdana 2012) menyebutkan 7 langkah dalam penerapan RCM, yaitu:

- a. Pemilihan sistem dan pengumpulan informasi
- b. Pendefinisian batasan sistem
- c. Deskripsi sistem dan diagram blok fungsi
- d. Fungsi sistem dan kegagalan fungsi
- e. Analisis *Failure mode and effect analysis* (FMEA)
- f. Analisis *Logic tree analysis* (LTA)
- g. Pemilihan tindakan

4. Pemilihan sistem dan pengumpulan informasi

1. Pemilihan Sistem

Ketika memutuskan untuk menerapkan program RCM pada fasilitas ada dua hal yang menjadi bahan pertimbangan, yaitu:

- a. Sistem yang akan dilakukan analisis.

Proses analisis RCM pada tingkat sistem akan memberikan informasi yang lebih jelas mengenai fungsi dan kegagalan fungsi komponen.

- b. Seluruh sistem akan dilakukan proses analisis dan bila tidak bagaimana dilakukan pemilihan sistem.

Biasanya tidak semua sistem akan dilakukan proses analisis. Hal ini disebabkan karena bila dilakukan proses analisis secara bersamaan untuk dua sistem atau lebih proses analisis akan sangat luas. Selain itu, proses analisis akan dilakukan secara terpisah, sehingga dapat lebih mudah untuk menunjukkan setiap karakteristik sistem dari fasilitas (mesin/peralatan) yang dibahas.

2. Pengumpulan Informasi

Pengumpulan informasi berfungsi untuk mendapatkan gambaran dan pengertian yang lebih mendalam mengenai sistem dan bagaimana sistem bekerja. Informasi-informasi yang dikumpulkan dapat melalui pengamatan langsung di lapangan, wawancara dan sejumlah buku referensi.

Vendor Performance Indicator (VPI) merupakan suatu sistem manajemen pengukuran kinerja *supplier* yang dilakukan secara komprehensif dan sesuai *requirement* perusahaan dan dapat menunjukkan

performansi kinerja dari *supplier*. Untuk menjamin kestabilan produksi dari kekurangan bahan baku., perusahaan memiliki lebih dari satu *supplier* untuk setiap item barang, oleh karena itu *Vendor Performance Indicator* dipergunakan untuk mengevaluasi kinerja tiap-tiap *supplier*. Pengukuran kinerja *supplier* ini menggunakan 5 kriteria yaitu : *Quality, Cost, Delivery, Flexibility* dan *Responsiveness* dalam memenuhi kebutuhan bahan baku perusahaan (Ariyah,2010) dalam (Andika, Kirana Anggraeni, and Industri Universitas Sultan Ageng Tirtayasa 2013).

5. Pendefinisian Batasan sistem

Jumlah sistem dalam suatu fasilitas atau pabrik sangat luas tergantung dari kekompleksitan fasilitas, karena itu perlu dilakukan definisi batas sistem. Lebih jauh lagi pendefinisian batas sistem ini bertujuan untuk menghindaritumpang tindih antara satu sistem dengan sistem lainnya

6. Deskripsi Sistem dan Diagram Blok Fungsi

1. Deskripsi Sistem

Langkah pendeskripsian sistem diperlukan untuk mengetahui komponen-komponen yang terdapat di dalam sistem tersebut dan bagaimana komponen-komponen yang terdapat dalam sistem tersebut beroperasi. Sedangkan informasi fungsi peralatan dan cara sistem beroperasinya dapat dipakai sebagai informasi untuk membuat dasar untuk menentukan kegiatan pemeliharaan pencegahan.

2. Blok Diagram Fungsi

Melalui pembuatan blok diagram fungsi suatu sistem maka masukan, keluaran dan interaksi antara sub-sub sistem tersebut dapat tergambar dengan jelas.

7. Fungsi Sistem dan Kegagalan Fungsi

Fungsi sistem merupakan kinerja yang diharapkan oleh sistem agar dapat beroperasi sedangkan kegagalan fungsi merupakan suatu sistem yang berjalan tidak sesuai dengan standar fungsi sistem tersebut.

8. Failure Mode and Effect Analysis (FMEA)

FMEA merupakan suatu metode yang bertujuan untuk mengevaluasi desain sistem dengan mempertimbangkan bermacam-macam *mode* kegagalan dari sistem yang terdiri dari komponen dan menganalisis pengaruh terhadap kean dalam sistem tersebut. Dengan penelusuran pengaruh-pengaruh kegagalan komponen sesuai dengan level sistem, item-item khusus dapat dinilai dan tindakantindakan perbaikan diperlukan untuk memperbaiki desain dan mengeliminasi atau mereduksi probabilitas dari mode kegagalan yang kritis. Teknik analisis ini lebih menekankan pada *bottom-up approach*. Dikatakan demikian karena analisis yang dilakukan, dimulai dari peralatan yang mempunyai tingkat terendah dan meneruskannya ke sistem yang merupakan tingkat yang lebih tinggi. Komponen berbagai *mode* kegagalan berikut dampaknya pada sistem dituliskan pada sebuah FMEA *Worksheet*. *Risk Priority Number* (RPN) adalah sebuah pengukuran dari resiko yang bersifat relatif. RPN diperoleh melalui hasil perkalian antara rating *Severity*, *Occurrence* dan *Detection*. RPN ditentukan sebelum mengimplementasikan rekomendasi dari tindakan perbaikan, dan ini digunakan untuk mengetahui bagian manakah yang menjadi prioritas utama berdasarkan nilai RPN tertinggi.

$$RPN = Severity * Occurrence * Detection$$

$$RPN = S * O * D$$

Hasil RPN menunjukkan tingkatan prioritas peralatan yang dianggap beresiko tinggi, sebagai penunjuk ke arah tindakan perbaikan. Ada tiga komponen yang membentuk nilai RPN . Ketiga komponen tersebut adalah:

1. *Severity* (S)

Severity adalah tingkat keparahan atau efek yang ditimbulkan oleh mode kegagalan terhadap keseluruhan mesin. Nilai rating *Severity* antara 1 sampai 10. Nilai 10 diberikan jika kegagalan yang terjadi memiliki dampak yang sangat besar terhadap sistem. Tingkst *severity* secara umum dapat dilihat pada Tabel berikut

Tabel 2.2 *Severity*

Rangking	<i>Severity</i>	Deskripsi
10	Berbahaya tanpa peringatan	Kegagalan sistem yang menghasilkan efek sangat berbahaya
9	Berbahaya dengan peringatan	Kegagalan sistem yang menghasilkan efek berbahaya
8	Sangat tinggi	Sistem tidak beroperasi
7	Tinggi	Sistem beroperasi tetapi tidak dapat dijalankan secara penuh
6	Sedang	Sistem beroperasi dan aman tetapi mengalami penurunan perfonna sehingga mempengaruhi output
5	Rendah	Mengalami penurunan kineija secara bertahap
4	Sangat rendah	Efek yang kecil pada perfonna sistem
3	Kecil	Sedikit berpengaruh pada konerja sistem
2	Sangat kecil	Efek yang diabaikan pada kinerja sistem
1	Tidak ada efek	Tidak ada efek

Sumber : Wahyunugraha, dkk. (2013)

2. *Occurance*

Occurrence adalah sebuah penilaian dengan tingkatan tertentu dimana adanya sebuah sebab kerusakan secara mekanis yang terjadi pada peralatan tersebut. Dari angka/tingkatan *occurrence* ini dapat diketahui kemungkinan terdapatnya kerusakan dan tingkat keseringan terjadinya kerusakan peralatan. Tingkat *Occurrence* secara umum dapat dilihat pada Tabel berikut

Tabel 2 3 Occurance

Rangking	Occurrence	Deskripsi
10	Sangat tinggi	Sering gagal
9		
8	Tinggi	Kegagalan yang berulang
7		
6	Sedang	Jarang terjadi kegagalan
5		
4		
3	Rendah	Sangat kecil terjadi kegagalan
2		
1	Tidak ada efek	Hampir tidak ada

Sumber : Wahyunugraha, dkk. (2013)

3. *Detection*

Detection adalah pengukuran terhadap kemampuan mengendalikan atau mengontrol kegagalan yang dapat terjadi. Nilai *detection* dapat dilihat Tabel berikut

Tabel 2 4 Detection

Rangking	Detection	Deskripsi
10	Tidak pasti	Perawatan preventif akan selalu pasti tidak mampu untuk mendeteksi penyebab potensial atau mekanisme kegagalan dan mode kegagalan.
9	Sangat kecil	Perawatan preventif memiliki kemungkinan "very remote" untuk mampu mendeteksi penyebab potensial atau mekanisme kegagalan dan mode kegagalan.
8	Kecil	Perawatan preventif memiliki kemungkinan "remote" untuk mampu mendeteksi penyebab potensial atau mekanisme kegagalan dan mode kegagalan.
7	Sangat rendah	Perawatan preventif memiliki kemungkinan sangat rendah untuk mampu mendeteksi penyebab potensial kegagalan dan mode kegagalan.

6	Rendah	Perawatan preventif memiliki kemungkinan rendah untuk mampu mendeteksi penyebab potensial atau mekanisme kegagalan dan mode kegagalan.
---	--------	--

5	Sedang	Perawatan preventif memiliki kemungkinan “moderate” untuk mendeteksi penyebab potensial atau mekanisme kegagalan dan mode kegagalan.
4	Menengah keatas	Perawatan preventif memiliki kemungkinan “moderately High” untuk mendeteksi penyebab potensial atau mekanisme kegagalan dan mode kegagalan.
3	Tinggi	Perawatan preventif memiliki kemungkinan tinggi untuk mendeteksi penyebab potensial atau mekanisme kegagalan dan mode kegagalan
2	Sangat tinggi	Perawatan preventif memiliki kemungkinan sangat tinggi untuk mendeteksi penyebab potensial atau mekanisme kegagalan dan mode
1	Hampir pasti	Perawatan preventif akan selalu mendeteksi penyebab potensial atau mekanisme kegagalan dan mode

Sumber : Wahyunugraha, dkk. (2013)

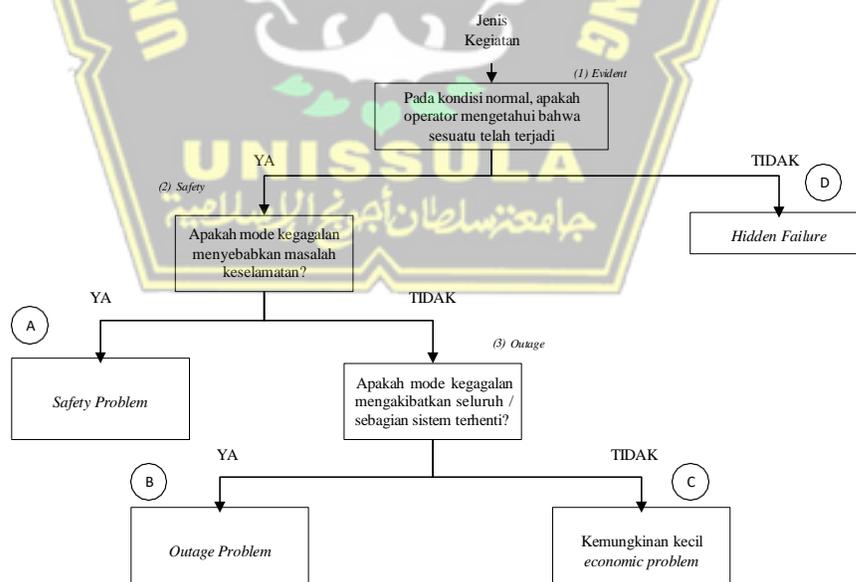
9. *Logic Tree Analysis (LTA)*

Penyusunan *Logic Tree Analysis (LTA)* memiliki tujuan untuk memberikan prioritas pada tiap mode kerusakan. melakukan tinjauan fungsi dan kegagalan fungsi sehingga status *mode* kerusakan tidak sama. Proses LTA menggunakan pertanyaan logika yang sederhana atau struktur keputusan kedalam empat kategori, setiap pertanyaan akan dijawab “Ya” atau “Tidak”. Hal yang penting dalam analisis kekritisan yaitu sebagai berikut:

- *Evident*, yaitu apakah operator mengetahui dalam kondisi normal, telah terjadi gangguan dalam sistem?
- *Safety*, yaitu apakah *mode* kerusakan ini menyebabkan masalah keselamatan?
- *Outage*, yaitu apakah *mode* kerusakan ini mengakibatkan seluruh atau sebagian mesin terhenti?

- *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 personal maupun lingkungan
 2. Kategori B (*Outage problem*) : Jika *failure mode* mempunyai konsekuensi terhadap operasional *plant* sehingga dapat menyebabkan kerugian ekonomi yang 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 kedalam kategori D/A, kategori D/B dan kategori D/C.

Pada Gambar 2 . 1 dapat dilihat struktur pertanyaan dari *Logic Tree Analysis*(LTA).



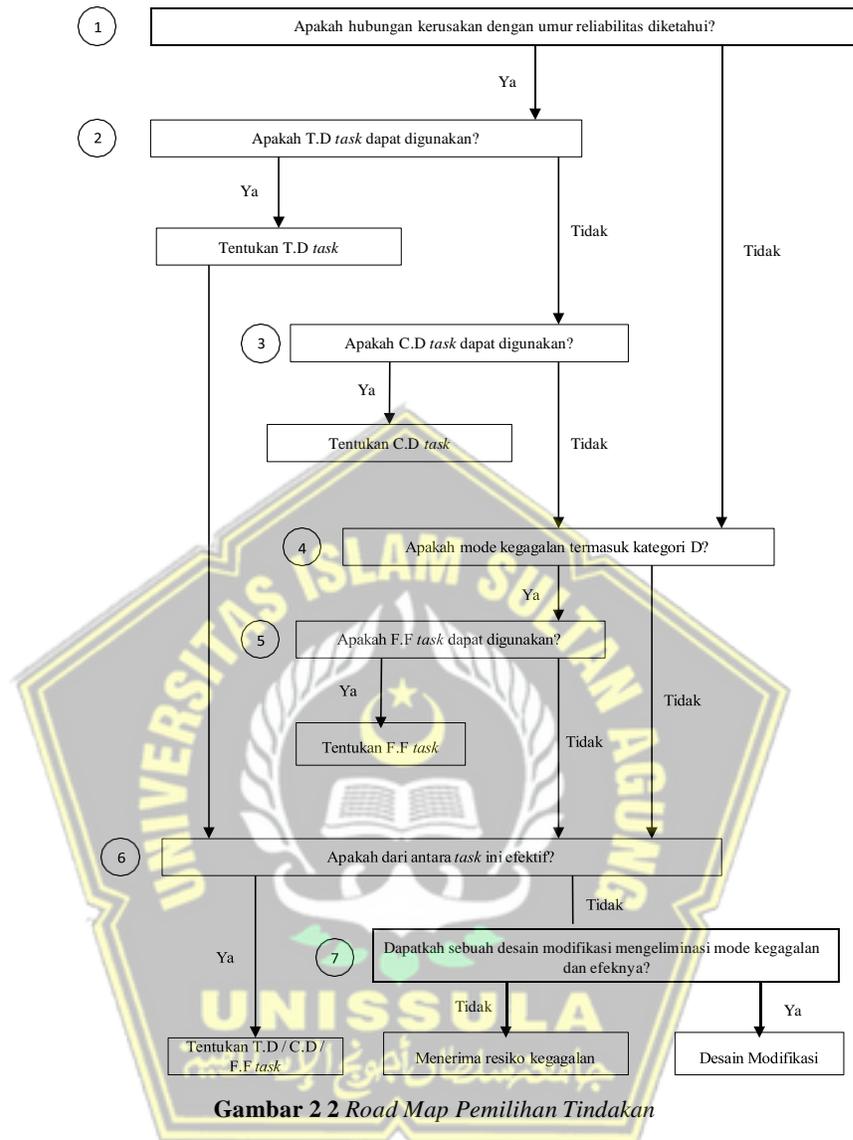
Gambar 2 1 *Logic Tree Analysis*

(Sumber : Smith and Hinchcliffe (2004), *RCM-Gateway To World Class Maintenance*)

10. Pemilihan Tindakan

Pemilihan tindakan merupakan tahap terakhir dalam proses RCM. Proses ini akan menentukan tindakan yang tepat untuk *mode* kerusakan tertentu. Tugas yang dipilih dalam kegiatan *preventive maintenance* harus memenuhi syarat berikut:

1. Jika tindakan pencegahan tidak dapat mengurangi resiko terjadinya kegagalan majemuk sampai suatu batas yang dapat diterima, maka perlu dilakukan tugas menemukan kegagalan secara berkala. Jika tugas menemukan kegagalan berkala tersebut tidak menghasilkan apa-apa, maka keputusan standar selanjutnya yang wajib dilakukan adalah mendesain ulang sistem tersebut (tergantung dari konsekuensi kegagalanmajemuk yang terjadi).
2. Jika tindakan pencegahan dilakukan, akan tetapi biaya proses total masih lebih besar daripada jika tidak dilakukan, yang dapat menyebabkan terjadinya konsekuensi operasional, maka keputusan awalnya adalah tidak perlu dilakukan maintenance terjadwal (jika hal ini telah dilakukan dan ternyata konsekuensi operasional yang terjadi masih terlalu besar, maka sudah saatnya untuk dilakukan desain ulang terhadap sistem).
3. Jika dilakukan tindakan pencegahan, akan tetapi biaya proses total masih lebih besar dari pada jika tidak dilakukan tindakan pencegahan, yang dapat menyebabkan terjadinya konsekuensi non operasional, maka keputusan awalnya adalah tidak perlu dilakukan maintenance terjadwal, akan tetapi apabila biaya perbaikannya terlalu tinggi, maka sekali lagi sudah saatnya dilakukan desain ulang terhadap sistem.



Gambar 2.2 Road Map Pemilihan Tindakan

(Sumber : (Smith and Hinchiliff, 2004)

Pada Gambar 2.2 di atas dapat dilihat *Road map* pemilihan tindakan dengan pendekatan *Reliability Centered Maintenance* (RCM). Tindakan perawatan terbagi menjadi 3 jenis yaitu:

1. *Condition Directed* (C.D), tindakan yang diambil yang bertujuan untuk mendeteksi kerusakan dengan cara *visual inspection*, memeriksa alat, serta memonitoring sejumlah data yang ada. Apabila ada pendeteksian ditemukan gejala-gejala kerusakan peralatan maka dilanjutkan dengan perbaikan atau penggantian komponen.

2. *Time Directed* (T.D), tindakan yang bertujuan untuk melakukan pencegahan langsung terhadap sumber kerusakan yang didasarkan pada waktu atau umur komponen.
3. *Finding Failure* (F.F), tindakan yang diambil dengan tujuan untuk menemukan kerusakan tersembunyi dengan pemeriksaan berkala.

2.3 Hipotesis dan Kerangka Teoritis

2.3.1 Hipotesis

PERUM PERURI adalah Badan Usaha Milik Negara (BUMN) yang ditugasi untuk mencetak uang rupiah, selain mencetak uang rupiah Republik Indonesia, juga mencetak produk sekuriti lainnya, termasuk mencetak kertas berharga non uang dan logam non uang. Sehingga untuk memenuhi tersedianya alat pembayaran di masyarakat, PERUM PERURI sebagai satu-satunya BUMN percetakan uang dituntut untuk dapat memenuhi kebutuhan mata uang rupiah yang beredar di masyarakat oleh Bank Indonesia. Untuk dapat memenuhi hal tersebut, PERUM PERURI harus memastikan mesin-mesin produksi berjalan dengan baik agar mencapai target yang diinginkan. Terkadang, mesin tersebut mengalami kerusakan yang mengakibatkan *loss of production*. Untuk menangani kerusakan tersebut, dilakukan tindakan maintenance agar mesin dapat kembali bekerja..

Berdasarkan langkah-langkah yang telah dilakukan dalam pengolahan data, kemudian dianalisis hasil penyusunan FMEA (*Failure Mode and Effect Analysis*) untuk melihat komponen yang memiliki nilai prioritas yang paling tinggi dalam menyebabkan kegagalan dalam sistem.

Setelah analisis tabel FMEA, dilakukan analisis kategori komponen yang telah ditentukan berdasarkan LTA (*Logic Tree Analysis*) untuk melihat kategori kerusakan komponen yang paling besar dalam sistem, apakah bersifat mengancam keselamatan (*safety*), atau hanya mengakibatkan *outage* (kegagalan total), atau *economic problem*, atau *hidden failure*. Setelah diketahui komponen-komponen dengan kategori berdasarkan LTA (*Logic Tree Analysis*). Untuk mengatasi hal tersebut diperlukan langkah-langkah yang tepat salah satunya dengan mengaplikasikan metode *Reliability Centered Maintenance* (RCM) yang

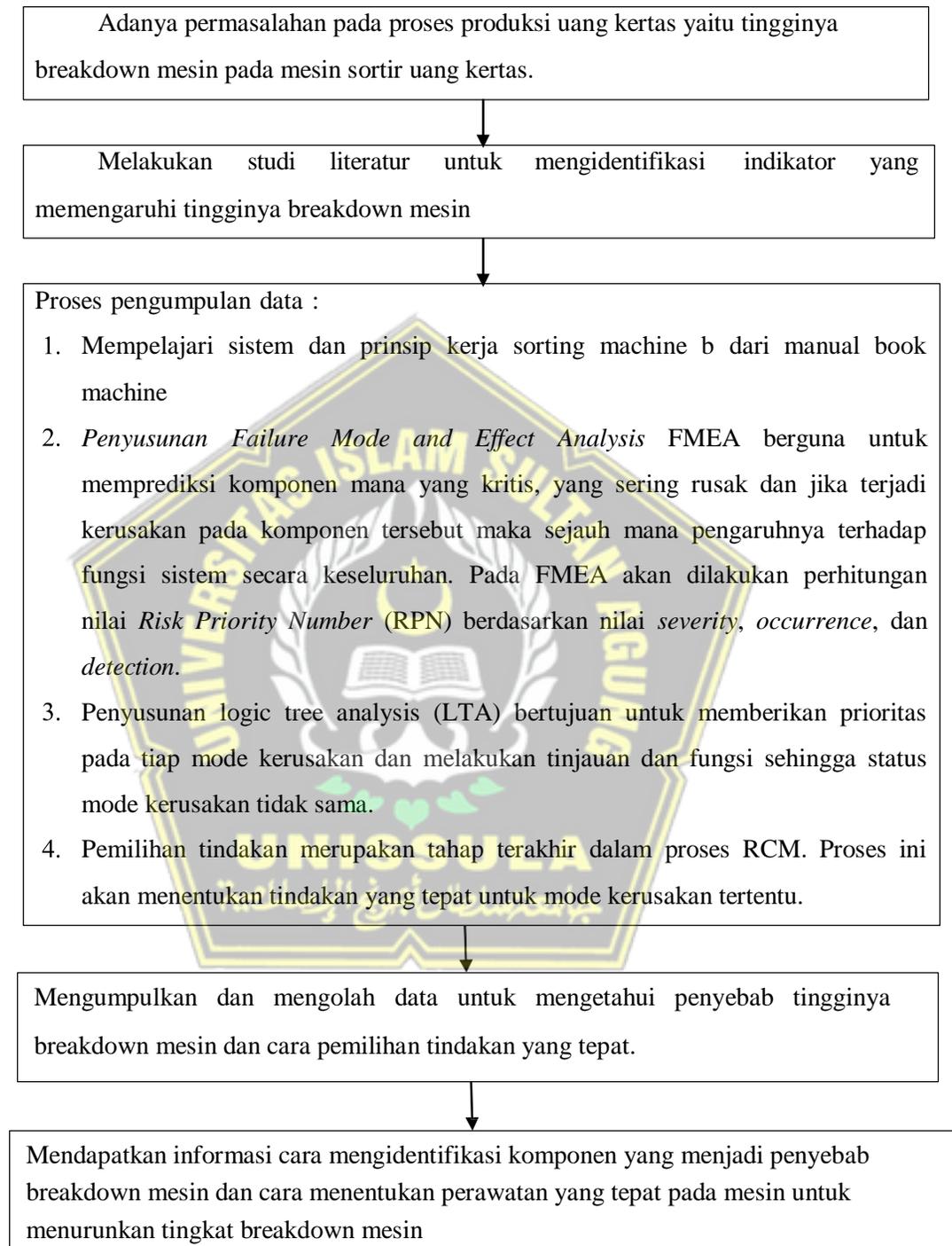
bertujuan untuk mempertahankan fungsi sistem dengan cara mengidentifikasi mode kegagalan dan memprioritaskan kepentingan dari mode kegagalan kemudian memilih tindakan perawatan pencegahan yang efektif dan dapat diterapkan. Terdapat beberapa metode yang dapat dibandingkan yaitu metode Total Productive Maintenance (TPM) tetapi metode mendapat pertimbangan dari perusahaan karena metode ini implementasi TPM memerlukan investasi signifikan dalam hal waktu dan sumber daya.. Kemudian, untuk masing-masing tindakan perawatan (TD, CD, dan FF) diberikan rekomendasi prosedur standar perawatan.

Menurut Setiawan (2021) *Reliability Centered Maintenance* adalah tindakan yang harus dilakukan agar sistem fisik berfungsi terus-menerus. Penggunaan pendekatan RCM lebih efektif karena meminimasi downtime(Razak, 2017) selain itu, metode ini fokus pada perawatan komponen prioritas. Dalam hal perawatan mesin terdapat salah satu metode yaitu *Reliability Centered Maintenance* (Wibowo, 2021) RCM adalah proses metodis untuk menilai fasilitas dan sumber dayanya untuk menghasilkan data yang andal.

Atas dasar-dasar tersebut maka dilakukan analisis perawatan mesin sortir uang kertas di PERUM PERURI dengan metode RCM (*Reliability Centered Maintenance*). Diharapkan dari proses RCM didapatkan suatu metode perawatan mesin sortir uang kertas komprehensif. Komprehensif karena studi dilakukan kepada keseluruhan tersebut. Khusus karena faktor lingkungan, kondisi kerja dan lain sebagainya turut menjadi bahan pertimbangan dalam task selection proses. Diharapkan sebagai hasil dari implementasi studi adalah peningkatan signifikan dalam keandalan kinerja mesin sortir uang kertas di PERUM PERURI.

Peneliti memilih metode ini karena sesuai dengan tujuan peneliti yaitu pemilihan tindakan yang tepat pada sistem perawatan mesin. Dalam masalah yang ditemukan oleh peneliti yaitu tingginya *breakdown* serta *downtime* yang terjadi pada *Sorting Machine B* di lini produksi uang kertas Arliba dikarenakan sistem perawatan yang digunakan adalah *Corrective Maintenance* dan *Preventive Maintenance* yang dilaksanakan setiap satu tahun sekali. Adapun alasan yang menjadi dasar dalam penelitian ini secara teori dan logika.

2.3.2 Kerangka Teoritis



Gambar 2 3 Kerangka Teotiris
(Sumber : Amaretya Dwi Din Noor 2024)

BAB III

METODE PENELITIAN

3.1 Pengumpulan Data

Peneliti memilih metode ini karena sesuai dengan tujuan peneliti yaitu pemilihan tindakan yang tepat pada sistem perawatan mesin. Dalam masalah yang ditemukan oleh peneliti yaitu tingginya *breakdown* serta *downtime* yang terjadi pada *Sorting Machine B* di lini produksi uang kertas Arliba dikarenakan sistem perawatan yang digunakan adalah *Corrective Maintenance* dan *Preventive Maintenance* yang dilaksanakan setiap satu tahun sekali. Adapun alasan yang menjadi dasar dalam penelitian ini secara teori dan logika.

3.2 Teknik Pengumpulan Data

Metode penelitian ini dimulai dengan mempelajari *Sorting Machine B* sebagai objek penelitian. Setelah diketahui sistem dan prinsip kerja pada mesin maka dilakukan identifikasi komponen serta melakukan analisa pada komponen kritis dan pemilihan tindakan yang tepat.

3.3 Pengujian Hipotesa

Tahap identifikasi dan pendahuluan dilakukan dengan cara melakukan studi pendahuluan, menentukan permasalahan yang akan dibahas dan mencari sumber literatur yang berkaitan serta data awal yang diperlukan. Tahap ini merupakan tahap persiapan atas penelitian yang akan dilakukan.

1. Tahapan Studi Lapangan

Melakukan wawancara dengan beberapa *staff* ahli sehingga memperoleh suatu permasalahan yang dapat diajukan sebagai penelitian tugas akhir.

2. Tahapan Studi Literatur

Pada tahapan ini mengumpulkan dan membaca buku atau jurnal yang berhubungan dengan *maintenance* dengan metode *Reliability Centered Maintenance* (RCM).

3. Perumusan Masalah

Berdasarkan uraian latar belakang maka pokok permasalahan pada penelitian adalah komponen kritis yang ada pada *Sorting Machine B* serta pemilihan tindakan dalam sistem perawatan mesin.

4. Tujuan Penelitian

Pada tahapan tujuan penelitian, dibuat berdasarkan latar belakang penelitian dan perumusan masalah. Sehingga tujuan penelitian ini adalah mengetahui komponen kritis yang ada pada *Sorting Machine B* serta menentukan tindakan yang tepat dalam sistem perawatan mesin berdasarkan metode RCM.

3.4 Metode Analisis

Metodologi penelitian merupakan metode berpikir untuk menghasilkan tahapan-tahapan yang harus ditetapkan oleh peneliti dalam proses penelitian.

3.4.1 Lokasi Penelitian

Penelitian tugas akhir akan dilaksanakan di Gedung Area Lini Baru, PERUM PERURI.

3.4.2 Waktu Pelaksanaan Penelitian

Penelitian dilaksanakan mulai bulan Juni-September 2023.

3.4.3 Objek Penelitian

Objek penelitian yang akan di amati adalah komponen mesin pada *Sorting Machine B*.

3.4.4 Tahap Pengumpulan Data

Pada tahap ini dilakukan pengumpulan data yang diperlukan untuk keperluan pengolahan data agar menghasilkan usulan sesuai tujuan dari penelitian ini.

1. Data Primer

Adalah data yang diperoleh langsung dari objek penelitian (*Manual book machine*), yaitu bagian-bagian *Sorting Machine B* pada lini produksi uang kertas Area Lini Baru. Data ini digunakan sebagai landasan dasar bagi peneliti dalam mengumpulkan seluruh informasi yang terkait dengan seluruh jenis komponen unit yang akan di amati kemudian memahami cara

kerja komponen tersebut, dengan memahami kedua hal tersebut akan memudahkan peneliti untuk menganalisa penyebab kerusakan.

2. Data Sekunder

Yaitu data yang diperoleh dalam bentuk yang sudah jadi, sudah dikumpulkan dan diolah oleh pihak manajemen. Data tersebut adalah data mengenai:

- a. Data frekuensi *breakdown Sorting Machine B*.
- b. Data waktu *downtime* akibat perbaikan mesin.

3.5 Pembahasan

3.5.1 Implementasi Metode RCM

Berikut merupakan langkah-langkah dari metode *Reliability Centered Maintenance* (RCM):

1. Pemilihan Sistem dan Pengumpulan Informasi

Dalam tahap ini akan dilakukan pemilihan terhadap sistem yang ada agar sistem yang dikaji tidak terlalu luas. Setelah sistem dipilih kemudian dilakukan pengumpulan informasi untuk sistem yang terpilih.

2. Pendefinisian Batasan Sistem

Definisi batasan sistem digunakan untuk mendefinisikan batasan-batasan suatu sistem yang di analisis dengan *Reliability Centered Maintenance* (RCM). Hal ini dilakukan supaya sistem yang dinilai memiliki batasan yang jelas, dan tidak terjadi tumpang tindih antara sistem yang lainnya. Adapun beberapa alasan mengapa pendefinisian batasan sistem penting dilakukan, yaitu:

- a. Supaya terdapat batasan antara sistem yang satu dengan sistem yang lainnya dapat dibedakan dengan jelas sehingga daftar komponen yang mendukung sistem menjadi jelas.
 - b. Dapat mendefinisikan apa yang masuk ke dalam sistem dan ke luar sistem (*input* dan *output*) sehingga sistem dapat dianalisis dengan akurat.
- #### 3. Penjelasan Sistem dan Blok Diagram Fungsi

Pada tahap ini sistem yang dikaji diuraikan secara mendetail kemudian digambarkan dalam blok diagram fungsi.

4. Fungsi Sistem dan Kegagalan Fungsi

Pada tahap ini menguraikan fungsi sistem dan menguraikan kegagalan fungsi dari komponen penyusun sistem yang dipilih.

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

FMEA berguna untuk memprediksi komponen mana yang kritis, yang sering rusak dan jika terjadi kerusakan pada komponen tersebut maka sejauh mana pengaruhnya terhadap fungsi sistem secara keseluruhan. Pada FMEA akan dilakukan perhitungan nilai *Risk Priority Number* (RPN) berdasarkan nilai *severity*, *occurrence*, dan *detection*.

6. *Logic Tree Analysis* (LTA)

Penyusunan *logic tree analysis* (LTA) bertujuan untuk memberikan prioritas pada tiap mode kerusakan dan melakukan tinjauan dan fungsi sehingga status mode kerusakan tidak sama.

7. Pemilihan Tindakan

Proses ini akan menentukan tindakan yang tepat untuk *mode* kerusakan berdasarkan *mode* tertentu.

3.5.2 Tahap Analisis

Berdasarkan langkah-langkah yang telah dilakukan dalam pengolahan data, kemudian dianalisis hasil penyusunan FMEA (*Failure Mode and Effect Analysis*) untuk melihat komponen yang memiliki nilai prioritas yang paling tinggi dalam menyebabkan kegagalan dalam sistem.

Setelah analisis tabel FMEA, dilakukan analisis kategori komponen yang telah ditentukan berdasarkan LTA (*Logic Tree Analysis*) untuk melihat kategori kerusakan komponen yang paling besar dalam sistem, apakah bersifat mengancam keselamatan (*safety*), atau hanya mengakibatkan *outage* (kegagalan total), atau *economic problem*, atau *hidden failure*.

Setelah diketahui komponen-komponen dengan kategori berdasarkan LTA (*Logic Tree Analysis*) kemudian akan ditentukan pemilihan tindakan perawatan

berdasarkan *road map* RCM. Kemudian, untuk masing-masing tindakan perawatan (TD, CD, dan FF) diberikan rekomendasi prosedur standar perawatan.

3.6 Penarikan Kesimpulan

Pada tahap kesimpulan dan saran, akan diberikan pemilihan tindakan perawatan berdasarkan metode RCM.

3.6.1 Pengolahan Data

Berikut merupakan langkah-langkah dari metode *Reliability Centered Maintenance* (RCM):

1. Pemilihan Sistem dan Pengumpulan Informasi

Dalam tahap ini akan dilakukan pemilihan terhadap sistem yang ada agar sistem yang dikaji tidak terlalu luas. Setelah sistem dipilih kemudian dilakukan pengumpulan informasi untuk sistem yang terpilih.

2. Pendefinisian Batasan Sistem

Definisi batasan sistem digunakan untuk mendefinisikan batasan-batasan suatu sistem yang di analisis dengan *Reliability Centered Maintenance* (RCM). Hal ini dilakukan supaya sistem yang dinilai memiliki batasan yang jelas, dan tidak terjadi tumpang tindih antara sistem yang lainnya. Adapun beberapa alasan mengapa pendefinisian batasan sistem penting dilakukan, yaitu:

- a. Supaya terdapat batasan antara sistem yang satu dengan sistem yang lainnya dapat dibedakan dengan jelas sehingga daftar komponen yang mendukung sistem menjadi jelas.
- b. Dapat mendefinisikan apa yang masuk ke dalam sistem dan ke luar sistem (*input* dan *output*) sehingga sistem dapat dianalisis dengan akurat.

3. Penjelasan Sistem dan Blok Diagram Fungsi

Pada tahap ini sistem yang dikaji diuraikan secara mendetail kemudian digambarkan dalam blok diagram fungsi.

4. Fungsi Sistem dan Kegagalan Fungsi

Pada tahap ini menguraikan fungsi sistem dan menguraikan kegagalan fungsi dari komponen penyusun sistem yang dipilih.

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

FMEA berguna untuk memprediksi komponen mana yang kritis, yang sering rusak dan jika terjadi kerusakan pada komponen tersebut maka sejauh mana pengaruhnya terhadap fungsi sistem secara keseluruhan. Pada FMEA akan dilakukan perhitungan nilai *Risk Priority Number* (RPN) berdasarkan nilai *severity*, *occurrence*, dan *detection*.

6. *Logic Tree Analysis* (LTA)

Penyusunan *logic tree analysis* (LTA) bertujuan untuk memberikan prioritas pada tiap mode kerusakan dan melakukan tinjauan dan fungsi sehingga status mode kerusakan tidak sama.

7. Pemilihan Tindakan

Proses ini akan menentukan tindakan yang tepat untuk *mode* kerusakan berdasarkan *mode* tertentu.

3.6.2 Analisa

Berdasarkan langkah-langkah yang telah dilakukan dalam pengolahan data, kemudian dianalisis hasil penyusunan FMEA (*Failure Mode and Effect Analysis*) untuk melihat komponen yang memiliki nilai prioritas yang paling tinggi dalam menyebabkan kegagalan dalam sistem.

Setelah analisis tabel FMEA, dilakukan analisis kategori komponen yang telah ditentukan berdasarkan LTA (*Logic Tree Analysis*) untuk melihat kategori kerusakan komponen yang paling besar dalam sistem, apakah bersifat mengancam keselamatan (*safety*), atau hanya mengakibatkan *outage* (kegagalan total), atau *economic problem*, atau *hidden failure*.

Setelah diketahui komponen-komponen dengan kategori berdasarkan LTA (*Logic Tree Analysis*) kemudian akan ditentukan pemilihan tindakan perawatan berdasarkan *road map* RCM. Kemudian, untuk masing-masing tindakan perawatan (TD, CD, dan FF) diberikan rekomendasi prosedur standar perawatan.

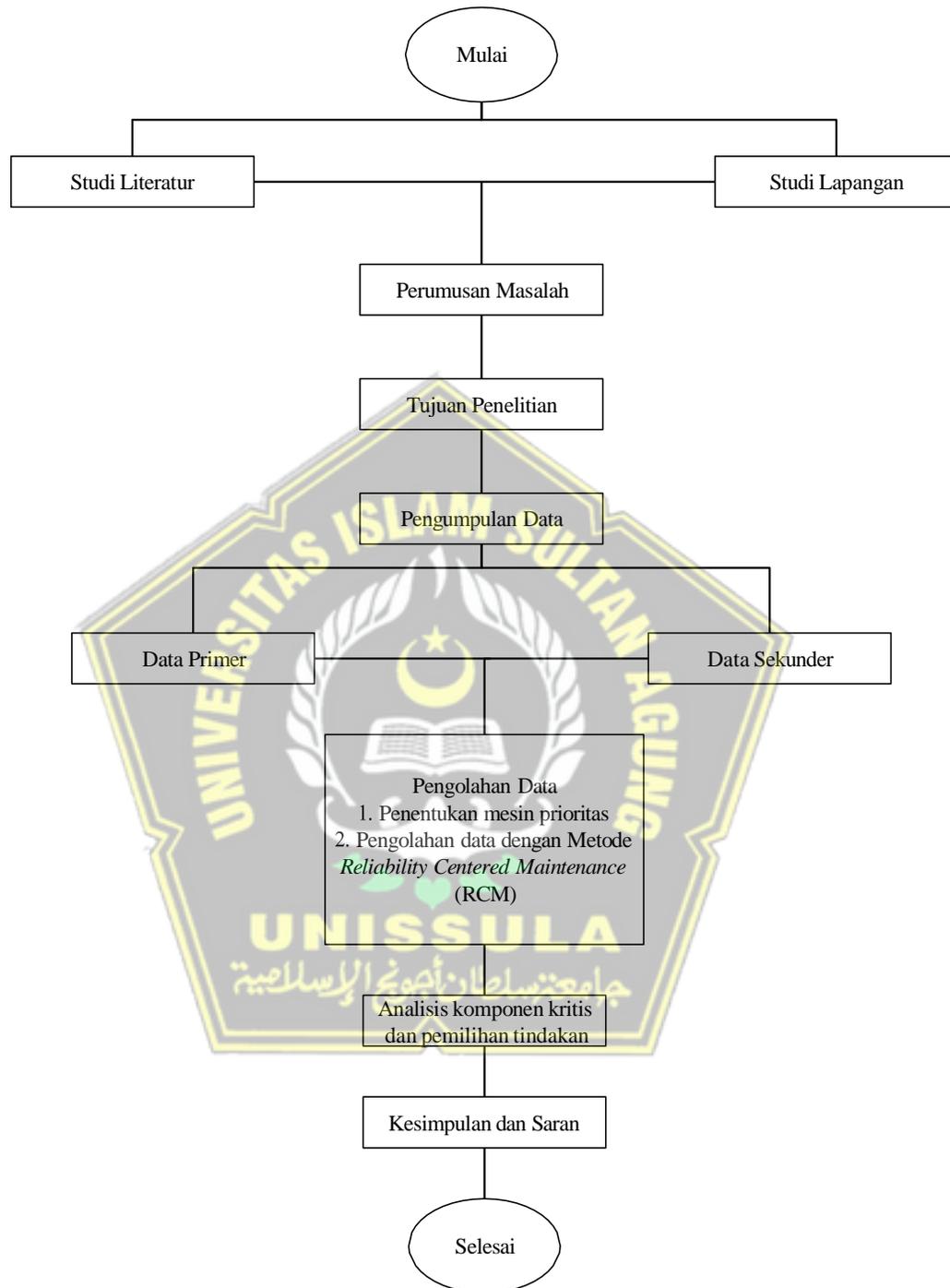
3.6.3 Kesimpulan dan Saran

Tahapan akhir pada penelitian ini dengan menarik kesimpulan dari hasil data yang telah dilakukan penelitian. Kesimpulan adalah sebagai referensi untuk perusahaan dalam penyelesaian masalah. Selain itu, saran dan masukan akan diberikan terkait hasil penelitian.

3.7 Diagram Alir Penelitian

Diagram alir adalah rencana tahapan yang dilakukan pada penelitian yang berbentuk diagram, mulai dari awal hingga selesainya penelitian, berikut adalah diagram alir penelitian pada perawatan mesin sortir uang kertas di PERUM PERURI dengan metode RCM (*Reliability Centered Maintenance*) :





Gambar 3 1 Diagram Alir Sistematika Pemecahan Masalah

Sumber: Amaretya Dwi Din Noor (2023)

BAB IV

PENGUMPULAN DAN PENGOLAHAN DATA

4.1 Pengumpulan Data

4.1.1 Definisi Batasan Sistem

Batasan Sistem bertujuan untuk menghindari tumpang tindih antara satu sistem dengan sistem lainnya. Sistem yang akan dibahas adalah sistem dari *Sorting Machine B*. *Sorting Machine B* terdiri dari 2 sistem yaitu sistem mekanik serta sistem elektrik. Kedua sistem tersebut berjalan sesuai dengan fungsinya sehingga mesin dapat bekerja dengan normal. Jika terjadi kerusakan pada salah satu sistem tersebut, mesin tidak dapat bekerja secara normal.

Sistem Elektrik pada *Sorting Machine B* terdiri dari:

1. *Computer Server* : Berfungsi untuk mengolah data hasil inspeksi dan database mesin.
2. *Strapper Module* : Berfungsi untuk mengikat bilyet.
3. *Camera System* : Berfungsi untuk mengcapture bilyet
4. *Detector System* : Sensor pendeteksi bilyet
5. *Power Distribution* : Sumber energi mesin

Sedangkan sistem mekanik terdiri dari:

1. *Feed Module* : Untuk meletakkan bilyet
2. *Transport Module* : Jalur bilyet
3. *Strapper Module* : Berfungsi untuk mengikat bilyet.
4. *Drive Module* : Penggerak utama mesin

4.1.2 Deskripsi Sistem dan Blok Diagram Fungsi

Sorting Machine B adalah mesin yang berfungsi untuk mensortir lembar uang atau bilyet, memisahkannya sesuai dengan parameter yang telah dibuat. Sistem kerja *Sorting Machine B* secara umum adalah, bilyet ditempatkan pada bagian *Feed Modules*, kemudian feeder akan meneruskan bilyet kedalam *transport belts* di bagian *Transport Module*. Saat memasuki dan selama didalam *transport*, bilyet akan melewati *Detector System* dan *Camera System* yang

berfungsi untuk menginspeksi kondisi bilyet. Pada akhir *transport*, bilyet akan masuk kedalam *Strapper module* dan dipisahkan sesuai hasil pembacaan *Detector* dan *Camera*. Untuk mengetahui komponen-komponen yang ada pada tiap Sub Sistem, dibuatlah *System Work Breakdown Structure* (SWBS) seperti pada tabel berikut.

Tabel 4 1 *System Work Breakdown Structure (SWBS) Sistem Elektrik Sorting Machine B*

Kode	Sub Sistem	Kode	Komponen
A	<i>Computer Server</i>	A.1	<i>BQIS PC</i>
		A.2	<i>ECM PC</i>
		A.3	<i>BMIS PC</i>
B	<i>Strapper Module</i>	B.1	<i>Heater Controller</i>
		B.2	<i>SGM</i>
		B.3	<i>Motor Clamping</i>
		B.4	<i>Motor Vibrator</i>
		B.5	<i>Motor Weld Head</i>
C	<i>Camera System</i>	C.1	<i>Camera</i>
		C.2	<i>Illumination</i>
D	<i>Detector System</i>	D.1	<i>MIPD Detector</i>
		D.2	<i>MITD Detector</i>
		D.3	<i>IPD Detector</i>
		D.4	<i>Magnetic Detector</i>
		D.5	<i>Phosporescence/ Fluorescence Detector</i>
E	<i>Power Distribution</i>	E.1	<i>High Voltage Power Supply</i>
		E.2	<i>Low Voltage Power Supply</i>

Sumber: Amaretya Dwi Din Noor (2023)

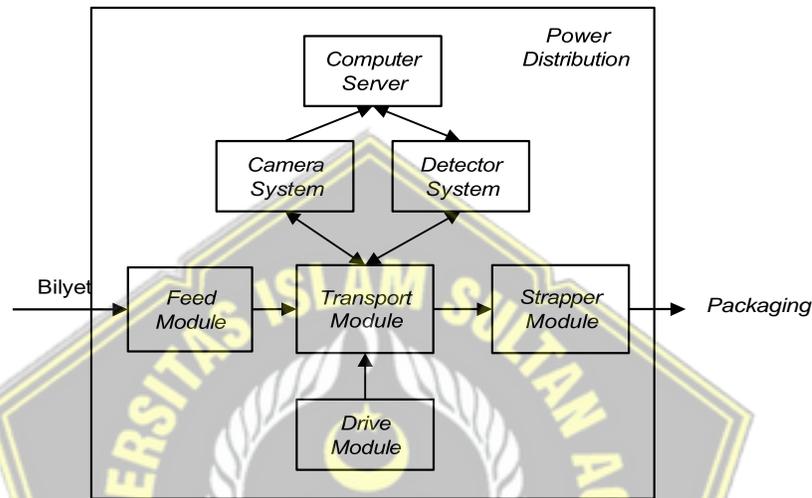
Tabel 4 2 *System Work Breakdown Structure (SWBS) Sistem Mekanik Sorting Machine B*

Kode	Sub Sistem	Kode	Komponen
F	<i>Feed Module</i>	F.1	<i>Feeder Paddle</i>
		F.2	<i>Feeder Shuttle Plate</i>
		F.3	<i>Timing Roller</i>
G	<i>Transport Module</i>	G.1	<i>Belt Transport</i>
		G.2	<i>Rollers</i>
		G.3	<i>Swiching Gate</i>
H	<i>Strapper Module</i>	H.1	<i>Gear Clamping</i>
		H.2	<i>Bandfeed Roller</i>

I	Drive Module	I.1	Gearbox
		I.2	Main Drive

Sumber: Amaretya Dwi Din Noor (2023)

Sedangkan sistem kerja *Sorting Machine B* dalam bentuk *Functional Flow Block Diagram* (FFBD) berdasarkan pada *SWBS* dapat dilihat pada gambar berikut



Gambar 4 1 Functional Flow Block Diagram *Sorting Machine B*

Sumber: Amaretya Dwi Din Noor (2023)

Proses sortir dimulai dari memasukkan bilyet kedalam *feeder* dan berakhir dengan hasil penyortiran antara bilyet *fit*, *unfit*, serta *reject*.

4.1.3 Fungsi Sistem dan Kegagalan Fungsi

Pada tahap ini dikembangkan deskripsi fungsi dan kegagalan fungsi untuk tiap sub sistem mesin. Deskripsi fungsi memperlihatkan bagaimana masukan dan keluaran bekerja sesuai dengan yang diharapkan, sedangkan kegagalan fungsi memperlihatkan bagaimana masukan dan keluaran tidak bekerja sesuai dengan yang diharapkan.

Contoh pendeskripsian fungsi yaitu pendeskripsian fungsi pada sub sistem *Feed Modules*, dengan komponen *Feeder Shuttle Plate* yang memiliki fungsi untuk mentransfer bilyet dari *feeder paddle*.

Contoh kegagalan fungsi yaitu pendeskripsian kegagalan fungsi *Feeder Shuttle Plate*, dengan kegagalan fungsi yaitu gerakan bilyet saat memasuki transport tidak konstan.

Pada tabel berikut ini menampilkan pendeskripsian fungsi dan kegagalan fungsi untuk setiap fungsional sub sistem mesin.



Tabel 4 3 Fungsi Sistem dan Kegagalan Fungsi Sistem Elektrik Sorting Machine B

Kode	Sub Sistem	Kode	Komponen	Function	FF No	Functional Failure
A	Computer Server	A.1	BQIS PC	Mengolah data hasil inspeksi kamera	1	Error Software BQIS PC
		A.2	ECM PC	Antar muka antara mesin dengan operator	1	Error Login ke ECM PC
		A.3	BMIS PC	Sebagai pengolah database antara mesin, ECM PC dan BQIS PC	1	Failure Communication between Server
B	Strapper Module	B.1	Heater Controller	Mengatur dan memanaskan heater untuk mengikat bundle	1	Heater overheat
					2	Heater tidak panas
		B.2	SGM	Menahan bundle sebelum masuk ke proses packaging	1	Strapper gate tidak bergerak
		B.3	Motor Clamping	Menggerakkan clamping sebagai penahan bundle	1	Clamping tidak bergerak
		B.4	Motor Vibrator	Menggerakkan plat untuk merapikan tumpukan bundle	1	Vibrator tidak bergerak
		B.5	Motor Weld Head	Menggerakkan heater untuk mengikat bundle	1	Bilyet tidak terikat

Sumber: Amaretya Dwi Din Noor (2023)

Tabel 4.3 Fungsi Sistem dan Kegagalan Fungsi Sistem Elektrik *Sorting Machine B (Lanjutan)*

Kode	Sub Sistem	Kode	Komponen	Function	FF No	Functional Failure
C	Camera System	C.1	Camera	Menginspeksi bilyet yang masuk di jalur <i>Transport</i>	1	Pembacaan gambar hasil inspeksi tidak jelas
		C.2	Illumination	Sebagai sumber cahaya pada kamera inspeksi	1	Pembacaan gambar hasil inspeksi terlalu terang / terlalu redup
D	Detector System	D.1	MIPD Detector	Mendeteksi ukuran fisik bilyet	1	Error pembacaan MIPD Detector
		D.2	MITD Detector	Mendeteksi ketebalan bilyet	1	Error pembacaan MITD Detector
		D.3	IPD Detector	Mendeteksi posisi bilyet pada jalur <i>Transport</i>	1	Error pembacaan IPD Detector
		D.4	Magnetic Detector	Mendeteksi intensitas <i>magnetic ink</i> pada bilyet	1	Intensitas <i>magnetic ink</i> tidak terbaca
		D.5	Phosphorescence/Fluorescence Detector	Mendeteksi intensitas <i>phosphorescence/fluorescence ink</i> pada bilyet	1	Intensitas <i>phosphorescence/fluorescence ink</i> tidak terbaca
E	Power Distribution	E.1	High Voltage Power Supply	Sebagai suplai power AC utama mesin	1	Suplai power tidak ada
		E.2	Low Voltage Power Supply	Sebagai suplai power DC untuk komponen mesin	1	Suplai power tidak ada

Sumber: Amaretya Dwi Din Noor (2023)

Tabel 4.3 Fungsi Sistem dan Kegagalan Fungsi Sistem Elektrik *Sorting Machine B (Lanjutan)*

Kode	Sub Sistem	Kode	Komponen	Function	FF No	Functional Failure
F	Feed Module	F.1	<i>Feeder Paddle</i>	Tempat meletakkan bilyet yang akan diinspeksi	1	<i>Feeder Paddle</i> tidak bergerak naik
		F.2	<i>Feeder Shuttle Plate</i>	Menghisap bilyet dari <i>feeder paddle</i> menuju jalur <i>transport</i>	1	Gerakan bilyet saat memasuki <i>transport</i> tidak konstan
		F.3	<i>Timing Roller</i>	Menarik bilyet dari <i>feeder shuttle plate</i> menuju jalur <i>transport</i>	1	Tarikan <i>roller</i> pada bilyet saat memasuki <i>transport</i> tidak konstan
		F.4	<i>Solenoid Valve</i>	Membuka dan menutup angin hisap pada <i>feeder</i>	1	Bilyet tidak terhisap oleh <i>Feeder shuttle plate</i>
G	Transport Module	G.1	<i>Belt Transport</i>	Membawa bilyet pada jalur <i>transport</i>	1	<i>Belt Transport</i> tidak bergerak
					2	Pembacaan bilyet pada kamera miring
		G.2	<i>Rollers</i>	Menggerakkan <i>belt transport</i>	1	<i>Roller</i> tidak berputar
					2	Gerakan <i>belt transport</i> goyang
		G.3	<i>Swiching Gate</i>	Memisahkan hasil inspeksi bilyet ke <i>reject, unfit, dan fit</i>	1	<i>Swiching gate</i> tidak bergerak

Sumber: Amaretya Dwi Din Noor (2023)

Tabel 4.3 Fungsi Sistem dan Kegagalan Fungsi Sistem Mekanik *Sorting Machine B* (Lanjutan)

Kode	Sub Sistem	Kode	Komponen	Function	FF No	Functional Failure
H	<i>Strapper Module</i>	H.1	<i>Gear Clamping</i>	Penghubung antara <i>motor clamping</i> dan <i>clamping</i>	1	<i>Clamping</i> tidak bergerak
		H.2	<i>Bandfeed Roller</i>	Mengeluarkan <i>bander</i> saat proses <i>strapping</i>	1	<i>Bander</i> tersangkut
					2	Ukuran panjang <i>bander</i> tidak konstan
I	<i>Drive Module</i>	I.1	<i>Gearbox</i>	Penghubung antar <i>main drive</i> dengan mesin	1	Muncul suara kasar dari <i>gearbox</i>
		I.2	<i>Main Drive</i>	Penggerak utama mesin	2	<i>Main drive</i> tidak berputar

Sumber: Amaretya Dwi Din Noor (2023)

4.2 Pengolahan Data *Reliability Centered Maintenance (RCM)*

4.2.1 Penyusunan *Failure Mode and Effect Analysis (FMEA)*

FMEA merupakan teknik yang banyak digunakan secara luas untuk penilaian yang menyebutkan bentuk penyebab pengaruh kerusakan terhadap keandalan sistem secara keseluruhan. Penilaian kualitatif yang menjadi dasar dari FMEA terkadang menyebabkan perkiraan mengenai kemungkinan terjadinya kerusakan. Kolom *function* menunjukkan fungsi yang dimiliki oleh komponen, kolom *functional failure* menunjukkan jenis kegagalan yang terjadi pada komponen. Kolom *failure mode* menunjukkan mode terjadinya kegagalan, sedangkan kolom *failure effect* menunjukkan apa yang terjadi ketika komponen tersebut gagal memenuhi standar performansinya. Kolom *potential cause* menunjukkan penyebab terjadinya mode kegagalan. Tabel 4.4 memperlihatkan FMEA pada sistem elektrik dan mekanik *Sorting Machine B*. Pemilihan komponen kritis ditentukan menggunakan diagram Pareto berdasarkan nilai *Risk Priority Number (RPN)* tertinggi.

Keterangan :

- TE: TEKNISI ELEKTRIK
- TM: TEKNISI MEKANIK
- S: SEVERITY
- O: OCCURRENCE
- D: DETECTION
- RPN: RISK PRIORITY NUMBER

Tabel 4 4 FMEA Sistem Elektrik

Komponen	Function	Functional Failure	Failure Effect	Failure Mode	Potential Cause	TE1			TE2			TE3			TE4			TOTAL			RATA-RATA			RPN
						S	O	D	S	O	D	S	O	D	S	O	D	S	O	D	S	O	D	
BQIS PC	Mengolah data hasil inspeksi kamera	Error Software BQIS PC	Inspection System tidak bekerja	Data BQIS PC error	Kerusakan Hardisk pada BQIS PC	7	5	5	8	6	5	6	6	8	7	5	5	28	22	23	7	5,5	5,75	221,38
ECM PC	Antar muka antara mesin dengan operator	Error Login ke ECM PC	Mesin tidak dapat beroperasi	Terdapat file error pada PC	Kerusakan Hardisk pada ECM PC	8	6	5	8	5	4	6	5	8	8	7	5	30	23	22	7,5	5,75	5,5	237,19
BMIS PC	Sebagai pengolah database antara mesin, ECM PC dan BQIS PC	Failure Communication between Server	Mesin tidak dapat beroperasi	Error database BMIS PC	Kerusakan Hardisk pada BMIS PC	8	5	5	8	4	5	6	6	8	7	4	6	29	19	24	7,25	4,75	6	206,63
Heater Controller	Mengatur dan memanaskan heater untuk mengikat bundle	Heater overheat	Bander rusak karena suhu heater terlalu panas	Controller rusak	Kerusakan pada komponen Controller	8	4	8	7	5	7	7	5	7	7	3	6	29	17	28	7,25	4,25	7	215,69
		Heater tidak panas	Ikatan bander lepas	Heater rusak	Heater short akibat kabel terkelupas	7	4	6	5	4	5	7	4	4	6	3	5	25	15	20	6,25	3,75	5	117,19
SGM	Menahan bundle sebelum masuk ke proses packaging	Strapper gate tidak bergerak	Bundle tidak dapat turun ke jalur packaging	Relay rusak	Beban daya solenoid terlalu tinggi	8	3	6	5	4	5	7	5	7	5	2	5	25	14	23	6,25	3,5	5,75	125,78
				Solenoid macet	Akumulasi debu pada solenoid	8	4	4	6	4	4	6	4	5	5	2	4	25	14	17	6,25	3,5	4,25	92,97
Motor Clamping	Menggerakkan clamping sebagai penahan bundle	Motor Clamping tidak berputar	Clamping tidak menjepit bundle	Motor Clamping rusak	Umur komponen	7	5	6	5	5	6	7	6	6	7	5	5	26	21	23	6,5	5,25	5,75	196,22
Motor Vibrator	Menggerakkan plat untuk merapikan tumpukan bundle	Motor Vibrator tidak berputar	Vibrator plate tidak bergerak	Motor vibrator rusak	Umur komponen	7	7	6	7	6	6	7	7	8	6	8	6	27	28	26	6,75	7	6,5	307,13
Motor Weld Head	Menggerakkan heater untuk mengikat bundle	Bilyet tidak terikat	Heater tidak bergerak saat proses strapping	Error controller motor weldhead	Kerusakan controller motor weldhead	6	6	6	7	4	7	8	4	8	7	5	6	28	19	27	7	4,75	6,75	224,44
Camera	Menginspeksi bilyet yang masuk di jalur Transport	Pembacaan gambar hasil inspeksi tidak jelas	Bilyet masuk ke reject/unfit pocket	Lensa kamera kotor	Akumulasi debu pada lensa kamera	5	4	3	4	5	3	4	6	3	5	2	3	18	17	12	4,5	4,25	3	57,38

Tabel 4. 4 FMEA Sistem Elektrik (Lanjutan)

<i>Illumination</i>	<i>Sebagai sumber cahaya pada kamera inspeksi</i>	Pembacaan gambar hasil inspeksi terlalu terang / terlalu redup	Bilyet masuk ke <i>reject/unfit pocket</i>	Kaca <i>Illumination</i> kotor akibat debu	Akumulasi debu pada <i>illumination</i>	5	4	3	4	5	3	4	4	3	5	2	3	18	15	12	4,5	3,75	3	50,63
<i>MIPD Detector</i>	Mendeteksi ukuran fisik bilyet	<i>Error</i> pembacaan <i>MIPD Detector</i>	Bilyet terbaca <i>jam</i>	<i>Detector</i> tertutup debu	Akumulasi debu pada <i>detector</i>	6	5	3	4	5	3	4	4	4	4	1	2	18	15	12	4,5	3,75	3	50,63
<i>MITD Detector</i>	Mendeteksi ketebalan bilyet	<i>Error</i> pembacaan <i>MITD Detector</i>	Bilyet terbaca <i>jam</i>	<i>Detector</i> tertutup debu	Akumulasi debu pada <i>detector</i>	6	5	3	4	5	3	4	2	4	4	2	2	18	14	12	4,5	3,5	3	47,25
<i>IPD Detector</i>	Mendeteksi posisi bilyet pada jalur Transport	<i>Error</i> pembacaan <i>IPD Detector</i>	Bilyet terbaca <i>jam</i>	<i>Detector</i> tertutup debu	Akumulasi debu pada <i>detector</i>	5	2	3	3	5	3	4	1	4	3	1	2	15	9	12	3,75	2,25	3	25,31
<i>Magnetic Detector</i>	<i>Mendeteksi intensitas magnetic ink pada bilyet</i>	Intensitas <i>magnetic ink</i> tidak terbaca	Bilyet masuk ke <i>reject pocket</i>	<i>Detector</i> tertutup debu	Akumulasi debu pada <i>detector</i>	5	4	3	3	5	3	4	2	4	3	2	2	15	13	12	3,75	3,25	3	36,56
<i>Phosporescence/ Fluorescence Detector</i>	<i>Mendeteksi intensitas phosphorescence / fluorescence ink pada bilyet</i>	Intensitas <i>phosporescence/ fluorescence ink</i> tidak terbaca	Bilyet masuk ke <i>reject pocket</i>	<i>Detector</i> tertutup debu	Akumulasi debu pada <i>detector</i>	4	4	3	3	5	3	4	2	4	3	1	2	14	12	12	3,5	3	3	31,50
<i>High Voltage Power Supply</i>	Sebagai suplai power AC utama mesin	Suplai <i>power</i> tidak ada	Mesin Mati	Kerusakan komponen <i>High Voltage Power Supply</i>	Akumulasi debu menyebabkan <i>short</i> pada komponen <i>power supply</i>	8	2	4	8	3	3	8	1	5	8	3	6	32	9	18	8	2,25	4,5	81,00
<i>Low Voltage Power Supply</i>	Sebagai suplai power DC untuk komponen mesin	Suplai <i>power</i> tidak ada	Mesin tidak dapat beroperasi	Kerusakan komponen <i>Low Voltage Power Supply</i>	Akumulasi debu menyebabkan <i>short</i> pada komponen <i>power supply</i>	8	2	4	8	3	3	8	1	5	8	3	6	32	9	18	8	2,25	4,5	81,00

Sumber: Amaretya Dwi Din Noor (2023)

Tabel 4 5 FMEA Sistem Mekanik

Komponen	Function	Functional Failure	Failure Effect	Failure Mode	Potential Cause	TM1			TM2			TM3			TM4			TM5			TOTAL			RATA-RATA			RPN
						S	O	D	S	O	D	S	O	D	S	O	D	S	O	D	S	O	D	S	O	D	
Feeder Paddle	Tempat meletakkan bilyet yang akan diinspeksi	Feeder Paddle tidak bergerak naik	Bilyet tidak bisa masuk ke jalur transport	Vacuum sensor tidak membaca tekanan angin hisap	Penurunan sensitivitas akibat umur komponen	5	3	4	6	2	6	6	3	6	7	3	7	6	4	7	30	15	30	6	3	6	108,00
Feeder Shuttle Plate	Menghisap bilyet dari feeder paddle menuju jalur transport	Gerakan bilyet saat memasuki transport tidak konstan	Bilyet masuk ke reject pocket	shaft feeder shuttle plate aus	Gesekan antara shaft dengan bushing	8	4	6	8	4	7	7	4	6	8	4	6	7	5	6	38	21	31	7,6	4,2	6,2	197,90
Timing Roller	Menarik bilyet dari feeder shuttle plate menuju jalur transport	Tarikan roller pada bilyet saat memasuki transport tidak konstan	Bilyet terbaca jam	Position adjustment timing roller tidak tepat	Perubahan posisi akibat getaran mesin	6	7	7	6	7	6	7	6	5	6	7	6	6	6	6	31	33	30	6,2	6,6	6	245,52
Solenoid Valve	Membuka dan menutup angin hisap pada feeder	Bilyet tidak terhisap oleh Feeder shuttle plate	Tidak ada angin hisap pada feeder shuttle plate	As solenoid valve patah	As selalu bergerak terus menerus	7	2	6	7	2	6	7	2	6	7	3	6	7	3	6	35	12	30	7	2,4	6	100,80
Belt Transport	Membawa bilyet pada jalur transport	Belt Transport tidak bergerak	Bilyet jam	Belt Transport putus	Kearifan pada belt	5	6	4	8	7	4	7	7	4	7	5	4	6	6	5	33	31	21	6,6	6,2	4,2	171,86
		Pembacaan bilyet pada kamera miring	Bilyet masuk ke reject pocket	Belt Transport aus	Pemukaan roller aus/tidak rata	7	7	4	6	7	4	6	6	4	6	5	4	6	6	5	31	31	21	6,2	6,2	4,2	161,45
Rollers	Menggerakkan belt transport	Roller tidak berputar	Belt transport terkikis	Bearing roller rusak	Akumulasi debu pada bearing	6	7	5	8	6	6	8	5	4	7	6	4	7	6	6	36	30	25	7,2	6	5	216,00
		Gerakan belt transport goyang	Bilyet sering jam	Pemukaan roller aus	Gesekan antara roller dengan belt transport	5	7	5	6	7	5	6	6	4	6	6	4	6	6	5	29	32	23	5,8	6,4	4,6	170,75
Switching Gate	Memisahkan hasil inspeksi bilyet ke reject, unfit, dan fit	Switching gate tidak bergerak	Bilyet jam	Stopper switching gate rusak	Umur komponen	5	4	7	7	2	7	7	4	7	7	3	6	7	4	7	33	17	34	6,6	3,4	6,8	152,59
Gear Clamping	Penghubung antara motor clamping dan clamping	Clamping tidak bergerak	Bundle tidak terjepit oleh clamping	Gear aus	Terjadi gesekan dengan gear	8	5	5	7	2	5	7	6	3	7	3	5	7	4	5	36	20	23	7,2	4	4,6	132,48
Bandfeed Roller	Mengeluarkan bander saat proses strapping	Bander tersangkut	Bander tidak keluar dari bandfeed	Posisi bandfeed roller tidak tepat	Kesalahan penyetulan	7	5	6	5	5	5	5	4	6	6	3	6	5	4	4	28	21	27	5,6	4,2	5,4	127,01
		Ukuran panjang bander tidak konstan	Bander tidak dapat mengikat bundle	Bandfeed roller aus	Gesekan antara bandfeed roller dengan bander	7	5	4	7	6	5	6	6	6	6	6	3	6	6	4	32	29	22	6,4	5,8	4,4	163,33
Gearbox	Penghubung antar main drive dengan mesin	Muncul suara kasar dari gearbox	Gear pada gearbox rusak	Kebocoran oli pada gearbox	Karet seal gearbox getas akibat umur karet	8	3	3	7	3	5	8	3	3	8	4	6	7	2	4	38	15	21	7,6	3	4,2	95,76
Main Drive	Penggerak utama mesin	Main drive tidak berputar	Transport Belt tidak bergerak	Kerusakan bearing	Bearing rusak akibat suhu motor	8	3	5	8	2	6	8	1	6	8	3	7	7	2	4	39	11	28	7,8	2,2	5,6	96,10

Sumber: Amaretya Dwi Din Noor (2023)

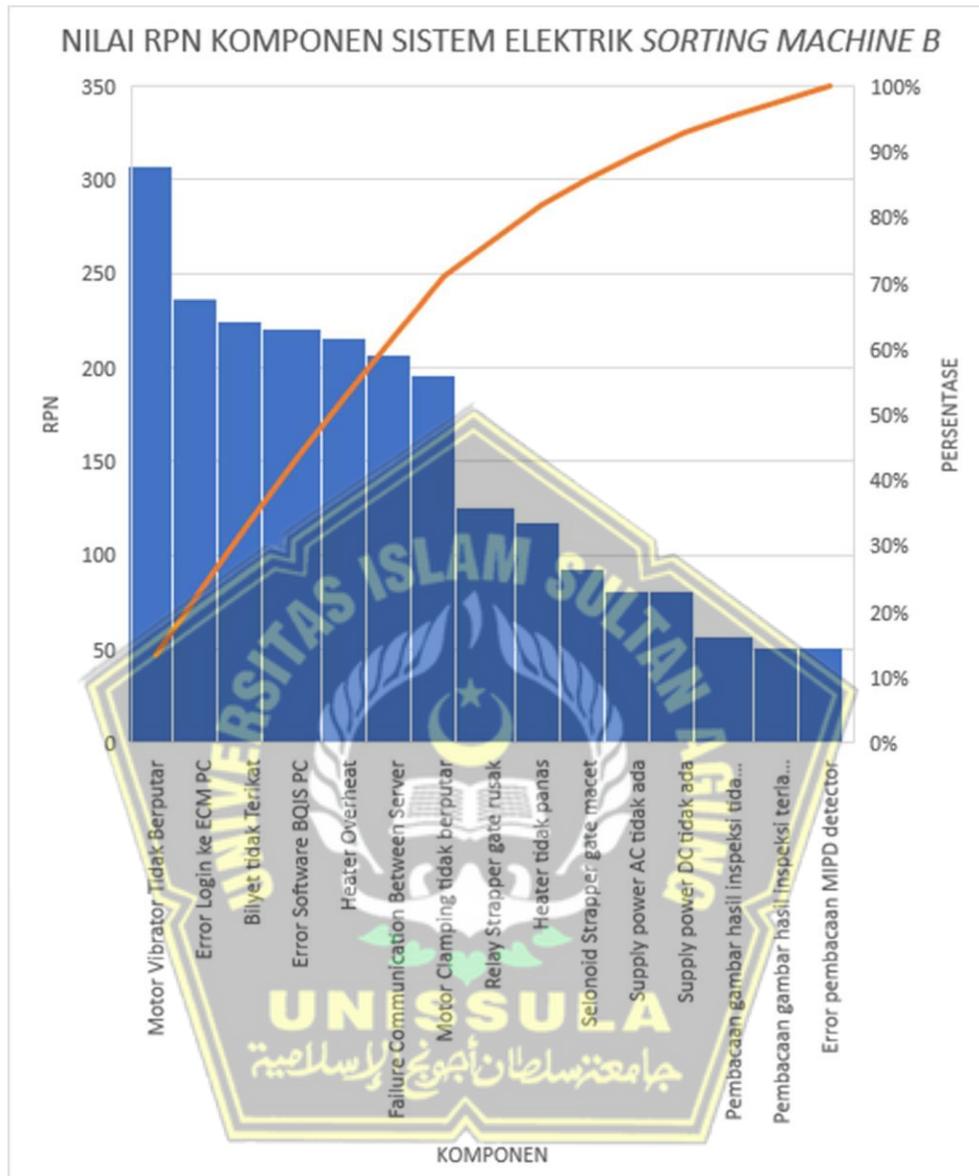


Berdasarkan penyusunan FMEA pada masing-masing sub sistem, terdapat beberapa kerusakan kritis yang menjadi penyebab utama terjadinya kerusakan pada *Sorting Machine B*. Penggolongan kerusakan kritis berdasarkan diagram pareto pada nilai RPN. Diagram pareto mengklasifikasikan data dari data terbesar atau tertinggi hingga ke data terkecil dari kiri ke kanan. Aturan dalam diagram pareto yaitu “80-20” dimana 80% persoalan berasal dari 20% masalah. Kerusakan kritis dikategorikan pada 80% persentase akumulatif pada diagram pareto. Tabel 4.11 dan tabel 4.12 memperlihatkan daftar nilai RPN untuk masing-masing sistem *Sorting Machine B*.



Tabel 4 6 Daftar nilai RPN sistem elektrik Sorting Machine B

Komponen	RPN	PERSENTASE	% Kumulatif
<i>Motor Vibrator Tidak Berputar</i>	307,13	12,77%	12,77%
<i>Error Login ke ECM PC</i>	237,19	9,86%	22,62%
<i>Bilyet tidak Terikat</i>	224,44	9,33%	31,95%
<i>Error Software BQIS PC</i>	221,38	9,20%	41,16%
<i>Heater Overheat</i>	215,69	8,97%	50,12%
<i>Failure Communication Between Server</i>	206,63	8,59%	58,71%
<i>Motor Clamping tidak berputar</i>	196,22	8,16%	66,86%
<i>Relay Strapper gate rusak</i>	125,78	5,23%	72,09%
<i>Heater tidak panas</i>	117,19	4,87%	76,96%
<i>Selonoid Strapper gate macet</i>	92,97	3,86%	80,83%
<i>Supply power AC tidak ada</i>	81,00	3,37%	84,19%
<i>Supply power DC tidak ada</i>	81,00	3,37%	87,56%
<i>Pembacaan gambar hasil inspeksi tidak jelas</i>	57,38	2,38%	89,95%
<i>Pembacaan gambar hasil inspeksi terlalu terang atau terlalu redup</i>	50,63	2,10%	92,05%
<i>Error pembacaan MIPD detector</i>	50,63	2,10%	94,16%
<i>Error pembacaan MITD detector</i>	47,25	1,96%	96,12%
<i>Intensitas magnetik ink tidak terbaca</i>	36,56	1,52%	97,64%
<i>Intesitas Phosporescense/ Fluorescence ink tidak terbaca</i>	31,50	1,31%	98,95%
<i>Error pembacaan IPD detector</i>	25,31	1,05%	100,00%

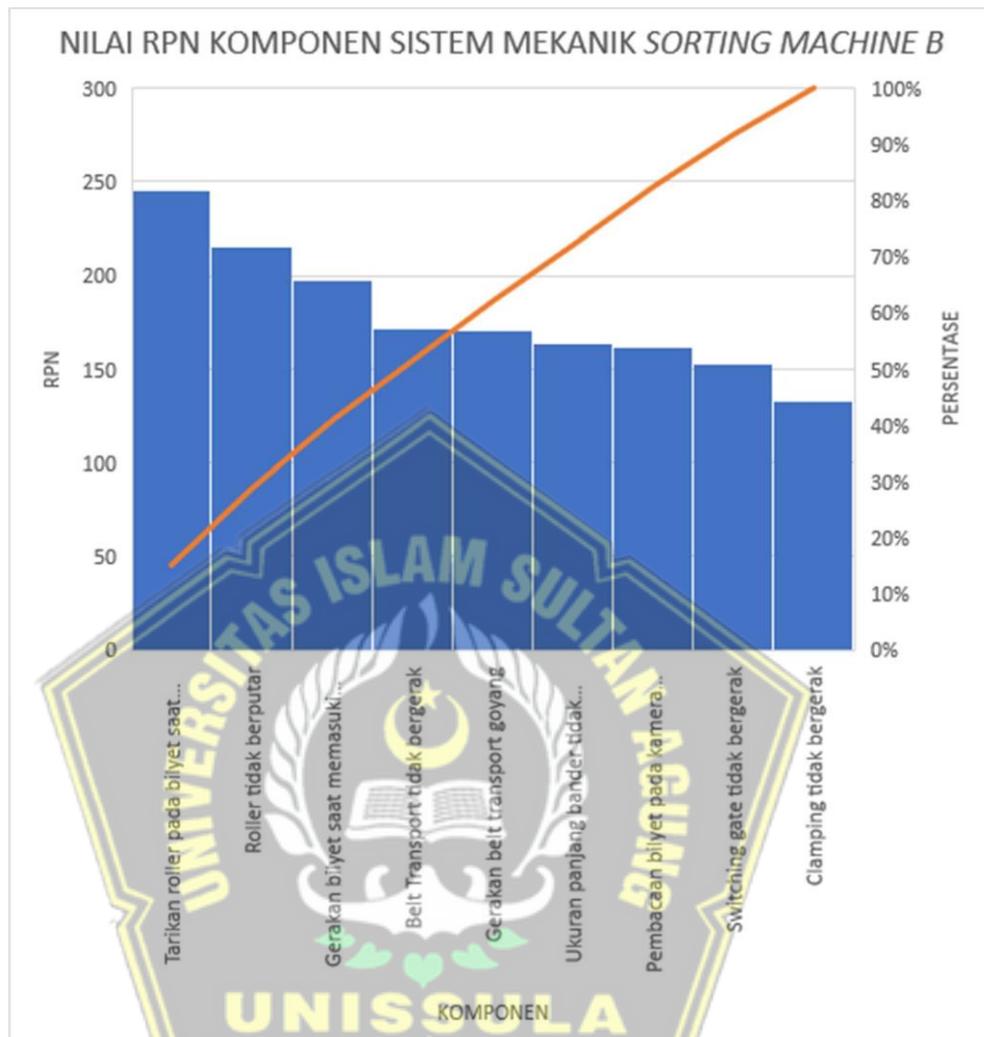


Gambar 4 2 Diagram Pareto komponen sistem elektrik
 Sumber: Pengolahan Data

Tabel 4 7 Daftar nilai RPN sistem mekanik Sorting Machine B

Komponen	RPN	PERSENTASE	% Kumulatif
<i>Tarikan roller pada bilyet saat memasuki transport tidak konstan</i>	245,52	11,48%	11,48%
<i>Roller tidak berputar</i>	216,00	10,10%	21,57%
<i>Gerakan bilyet saat memasuki transport tidak konstan</i>	197,90	9,25%	30,82%
<i>Belt Transport tidak bergerak</i>	171,86	8,03%	38,85%
<i>Gerakan belt transport goyang</i>	170,75	7,98%	46,83%
<i>Ukuran panjang bander tidak konstan</i>	163,33	7,63%	54,47%
<i>Pembacaan bilyet pada kamera miring</i>	161,45	7,55%	62,01%
<i>Switching gate tidak bergerak</i>	152,59	7,13%	69,15%
<i>Clamping tidak bergerak</i>	132,48	6,19%	75,34%
<i>Bander tersangkut</i>	127,01	5,94%	81,27%
<i>Feeder Paddle tidak bergerak naik</i>	108,00	5,05%	86,32%
<i>Bilyet tidak terhisap oleh feeder shuttle plate</i>	100,80	4,71%	91,03%
<i>Main drive tidak berputar</i>	96,10	4,49%	95,52%
<i>Muncul suara kasar dari gearbox</i>	95,76	4,48%	100,00%

Sumber: Amaretya Dwi Din Noor (2023)



Gambar 4.3 Diagram Pareto komponen sistem mekanik
Sumber: Pengolahan Data

Berdasarkan tabel 4.6, tabel 4.7, gambar 4.2 dan gambar 4.3, dapat disimpulkan bahwa yang termasuk dalam kategori kerusakan kritis sistem elektrik *Sorting Machine B* adalah *Motor Vibrator Tidak Berputar*, *Error Login ke ECM PC*, *Bilyet tidak Terikat*, *Error Software BQIS PC*, *Heater Overheat*, *Failure Communication Between Server*, *Motor Clamping tidak berputar*, *Relay Strapper gate rusak*, *Heater tidak panas*, dan *Selonoid Strapper gate macet* seperti data pada tabel 4.13. Sedangkan yang termasuk kerusakan kritis pada sistem mekanik adalah *Roller tidak berputar*, *Gerakan bilyet saat memasuki transport tidak konstan*, *Belt Transport tidak bergerak*, *Gerakan belt transport goyang*, *Ukuran*

panjang bander tidak konstan, Pembacaan bilyet pada kamera miring, Switching gate tidak bergerak, dan Clamping tidak bergerak seperti yang terlihat pada tabel 4.8.

Tabel 4 8 Daftar komponen kritis sistem elektrik Sorting Machine B

Komponen	RPN
<i>Motor Vibrator Tidak Berputar</i>	307,13
<i>Error Login ke ECM PC</i>	237,19
<i>Bilyet tidak Terikat</i>	224,44
<i>Error Software BQIS PC</i>	221,38
<i>Heater Overheat</i>	215,69
<i>Failure Communication Between Server</i>	206,63
<i>Motor Clamping tidak berputar</i>	196,22
<i>Relay Strapper gate rusak</i>	125,78
<i>Heater tidak panas</i>	117,19
<i>Selonoid Strapper gate macet</i>	92,97

Sumber: Amaretya Dwi Din Noor (2023)

Tabel 4 9 Daftar komponen kritis sistem mekanik Sorting Machine B

Komponen	RPN
<i>Tarikan roller pada bilyet saat memasuki transport tidak konstan</i>	245,52
<i>Roller tidak berputar</i>	216,00
<i>Gerakan bilyet saat memasuki transport tidak konstan</i>	197,90
<i>Belt Transport tidak bergerak</i>	171,86
<i>Gerakan belt transport goyang</i>	170,75
<i>Ukuran panjang bander tidak konstan</i>	163,33
<i>Pembacaan bilyet pada kamera miring</i>	161,45
<i>Switching gate tidak bergerak</i>	152,59
<i>Clamping tidak bergerak</i>	132,48

Sumber: Amaretya Dwi Din Noor (2023)

Diharapkan usulan kebijakan perawatan pada *task selection* dapat menghilangkan atau mengurangi kerusakan pada kerusakan kritis tersebut. Daftar kerusakan kritis tersebut juga dapat menjadi acuan dalam melakukan prioritas pengadaan suku cadang, karena dari pengamatan di lapangan, seringkali didapati komponen yang rusak atau sudah saatnya diganti tetapi tidak diganti akibat tidak adanya suku cadang. Dikarenakan tuntutan produksi, maka diputuskan untuk melakukan modifikasi atau *adjustment* agar mesin dapat terus beroperasi walaupun hal tersebut akan menyebabkan kerusakan berulang pada mesin.

4.2.2 Penyusunan *Logic Tree Analysis (LTA)*

Penyusunan *Logic Tree Analysis (LTA)* disusun berdasarkan *Functional failure* dengan nilai RPN tertinggi dan wawancara dengan 5 Teknisi Elektrik maupun Teknisi Mekanik. Tujuan LTA adalah untuk mengklasifikasikan *Functional failure* ke dalam beberapa kategori sehingga nantinya dapat ditentukan

tingkat prioritas dalam penanganan masing-masing *Functional failure* berdasarkan kategorinya. Tabel berikut menunjukkan model LTA pada masing-masing sistem.

Tabel 4 10 *Logic Tree Analysis (LTA) sistem elektrik*

Komponen	<i>Functional Failure</i>	Failure Effect	E	S	O	<i>Category</i>
<i>Motor Vibrator</i>	Motor Vibrator tidak berputar	<i>Motor vibrator rusak</i>	Y	N	Y	B
<i>ECM PC</i>	<i>Error Login ke ECM PC</i>	Mesin tidak dapat beroperasi	Y	N	Y	B
<i>Motor Weld Head</i>	<i>Bilyet tidak Terikat</i>	Heater tidak bergerak saat proses strapping	N	N	Y	D/B
<i>BQIS PC</i>	<i>Error Software BQIS PC</i>	<i>Inspection sistem tidak bekerja</i>	Y	N	Y	B
<i>Heater controller</i>	<i>Heater Overheat</i>	Bander rusak karena suhu heater terlalu panas	N	N	Y	D/B
<i>BMIS PC</i>	<i>Failure Communication Between Server</i>	<i>Mesin tidak dapat beroperasi</i>	Y	N	Y	B
<i>Motor clamping</i>	<i>Motor Clamping tidak berputar</i>	<i>Clamping tidak menjepit bundle</i>	Y	N	Y	B
<i>SGM</i>	<i>Relay Strapper gate rusak</i>	<i>Bundle tidak dapat turun ke jalur packaging</i>	N	N	Y	D/B
<i>Heater controller</i>	<i>Heater tidak panas</i>	<i>Ikatan bander lepas</i>	N	N	Y	D/B
<i>SGM</i>	<i>Selonoid Strapper gate macet</i>	<i>Bandle tidak dapat turun jalur packaging</i>	N	N	Y	D/B

Sumber: Amaretya Dwi Din Noor (2023)



Tabel 4 11 *Logic Tree Analysis (LTA) sistem mekanik*

Komponen	Functional Failure	Failure Effect	E	S	O	Category
Timing Roller	Tarikan roller pada bilyet saat memasuki transport tidak konstan	Bilyet terbaca jam	N	N	Y	D/B
Rollers	Roller tidak berputar	Belt transport terkikis	Y	N	Y	B
Feeder shuttle plate	Gerakan bilyet saat memasuki transport tidak konstan	Bilyet masuk ke reject pocket	N	N	Y	D/B
Belt Transport	Belt Transport tidak bergerak	Bilyet jam	Y	N	Y	B
Rollers	Gerakan belt transport goyang	Bilyet sering jam	Y	N	Y	B
Bandfeed Roller	Ukuran panjang bander tidak konstan	Bander tidak dapat mengikat bundle	N	N	Y	D/B
Belt Transport	Pembacaan bilyet pada kamera miring	Bilyet masuk ke reject pocket	Y	N	Y	B
Swiching Gate	Switching gate tidak bergerak	Bilyet jam	Y	N	Y	B
Gear Clamping	Clamping tidak bergerak	Bundle tidak terjepit oleh clamping	N	N	Y	D/B

Sumber: Amaretya Dwi Din Noor (2023)

Keterangan :

E : *Evident*

S: *Safety*

O : *Outage*

Y : *Yes*

N : *No*

4.2.3 Task Selection

Task Selection dilakukan untuk menentukan kebijakan yang paling mungkin untuk diterapkan dan memilih *task* yang efektif untuk setiap mode kegagalan yang ada. Pada proses *Task Selection* ini dilakukan penentuan hubungan kegagalan dengan jenis *task* yang ada, yaitu *Time Directed* (TD), *Condition Directed* (CD), *Failure Finding* (FF), atau *Run to Failure* (RTF) sehingga akhirnya didapatkan jenis perawatan yang efektif. Penyusunan *Task Selection* ini berdasarkan wawancara dengan 5 Teknisi Elektrik dan 5 Teknisi Mekanik untuk sistem elektrik diperlihatkan pada tabel 4.10, sedangkan untuk sistem mekanik diperlihatkan pada tabel berikut

Tabel 4 12 Task Selection sistem elektrik Sorting Machine B

Komponen	Functional Failure	Failure Effect	Category	Action Plan
Motor Vibrator	Motor Vibrator tidak berputar	Motor vibrator rusak	B	R.T.F
ECM PC	Error Login ke ECM PC	Mesin tidak dapat beroperasi	B	T.D
Motor Weld Head	Bilyet tidak Terikat	Heater tidak bergerak saat proses strapping	D/B	R.T.F
BQIS PC	Error Software BQIS PC	Inspection sistem tidak bekerja	B	T.D
Heater controller	Heater Overheat	Bander rusak karena suhu heater terlalu panas	D/B	R.T.F
BMIS PC	Failure Communication Between Server	Mesin tidak dapat beroperasi	B	T.D
Motor clamping	Motor Clamping tidak berputar	Clamping tidak menjepit bundle	B	R.T.F
SGM	Relay Strapper gate rusak	Bundle tidak dapat turun ke jalur packaging	D/B	R.T.F
Heater controller	Heater tidak panas	Ikatan bander lepas	D/B	F.F
SGM	Selonoid Strapper gate macet	Bandle tidak dapat turun jalur packaging	D/B	F.F

Sumber: Amaretya Dwi Din Noor (2023)

Tabel 4 13 Task Selection sistem mekanik Sorting Machine B

Komponen	Functional Failure	Failure Effect	Category	Action Plan
Timing Roller	Tarikan roller pada bilyet saat memasuki transport tidak konstan	Bilyet terbaca jam	D/B	F.F
Rollers	Roller tidak berputar	Belt transport terkikis	B	C.D
Feeder shuttle plate	Gerakan bilyet saat memasuki transport tidak konstan	Bilyet masuk ke reject pocket	D/B	F.F
Belt Transport	Belt Transport tidak bergerak	Bilyet jam	B	C.D
Rollers	Gerakan belt transport goyang	Bilyet sering jam	B	C.D
Bandfeed Roller	Ukuran panjang bander tidak konstan	Bander tidak dapat mengikat bundle	D/B	F.F
Belt Transport	Pembacaan bilyet pada kamera miring	Bilyet masuk ke reject pocket	B	C.D
Switching Gate	Switching gate tidak bergerak	Bilyet jam	B	C.D
Gear Clamping	Clamping tidak bergerak	Bundle tidak terjepit oleh clamping	D/B	F.F

Sumber: Amaretya Dwi Din Noor (2023)

4.3 Analisa dan Interpretasi

Berikut kebijakan perawatan yang berlaku di perusahaan pada saat ini dibandingkan dengan hasil pengolahan data berdasarkan *task selection* pengolahan RCM guna mendapatkan kebijakan perawatan terbaik. Perbandingan kebijakan perawatan antara keduanya dapat dilihat pada tabel 4.14 dan tabel 4.15.

Tabel 4 14 Perbandingan kebijakan perawatan sistem elektrik

No	Komponen	Functional Failure	Task kebijakan sebelumnya	Action Plan	Usulan Tindakan
1	<i>Motor Vibrator</i>	Motor Vibrator tidak berputar	CM/R.T.F.	R.T.F.	¹ - Melakukan pemesanan suku cadang agar jika terjadi kerusakan dapat segera dilakukan penggantian.
2	<i>ECM PC</i>	<i>Error Login ke ECM PC</i>	CM/R.T.F.	C.D.	- Melaksanakan pengecekan dan <i>defragment</i> pada <i>Hardisk</i> secara berkala. - Melaksanakan <i>backup system</i> dan <i>database</i> secara berkala. - Melakukan pemesanan suku cadang sebelum terjadi kerusakan.
3	<i>Motor Weld Head</i>	<i>Bilyet tidak Terikat</i>	CM/R.T.F.	R.T.F.	¹ - Melakukan pemesanan suku cadang agar jika terjadi kerusakan dapat segera dilakukan penggantian.
4	<i>BQIS PC</i>	<i>Error Software BQIS PC</i>	CM/R.T.F.	C.D.	- Melaksanakan pengecekan dan <i>defragment</i> pada <i>Hardisk</i> secara berkala. - Melaksanakan <i>backup system</i> dan <i>database</i> secara berkala. - Melakukan pemesanan suku cadang sebelum terjadi kerusakan.
5	<i>Heater controller</i>	<i>Heater Overheat</i>	CM/R.T.F.	F.F.	- Melaksanakan pemeriksaan berkala pada komponen. - Melakukan pemesanan suku cadang sebelum terjadi kerusakan.
6	<i>BMIS PC</i>	<i>Failure Communication Between Server</i>	CM/R.T.F.	C.D.	- Melaksanakan pengecekan dan <i>defragment</i> pada <i>Hardisk</i> secara berkala. - Melaksanakan <i>backup system</i> dan <i>database</i> secara berkala. - Melakukan pemesanan suku cadang sebelum terjadi kerusakan.
7	<i>Motor clamping</i>	<i>Motor Clamping tidak berputar</i>	CM/R.T.F.	R.T.F.	¹ - Melakukan pemesanan suku cadang agar jika terjadi kerusakan dapat segera dilakukan penggantian.
8	<i>SGM</i>	<i>Relay Strapper gate rusak</i>	CM/R.T.F.	R.T.F.	¹ - Melakukan pemesanan suku cadang agar jika terjadi kerusakan dapat segera dilakukan penggantian.
9	<i>Heater controller</i>	<i>Heater tidak panas</i>	CM/R.T.F.	R.T.F.	¹ - Melakukan pemesanan suku cadang agar jika terjadi kerusakan dapat segera dilakukan penggantian.
10	<i>SGM</i>	<i>Selonoïd Strapper gate macet</i>	CM/R.T.F.	R.T.F.	¹ - Melakukan pemesanan suku cadang agar jika terjadi kerusakan dapat segera dilakukan penggantian.

Sumber: Amaretya Dwi Din Noor (2023)



Tabel 4 15 Perbandingan kebijakan perawatan sistem mekanik

No	Komponen	Functional Failure	Task kebijakan sebelumnya	Action Plan	Usulan Tindakan
1	Timing Roller	Tarikan roller pada bilyet saat memasuki transport tidak konstan	CM/R.T.F.	FF.	- Melaksanakan pemeriksaan berkala pada komponen. - Melakukan pemesanan suku cadang sebelum terjadi kerusakan.
2	Rollers	Roller tidak berputar	CM/R.T.F.	C.D.	- Pengecekan kondisi fisik belt transport. - Pengecekan kondisi bearing melalui audio visual. - Pengecekan keausan pada roller - Melakukan pemesanan suku cadang sebelum terjadi kerusakan.
3	Feeder shuttle plate	Gerakan bilyet saat memasuki transport tidak konstan	CM/R.T.F.	FF.	- Melaksanakan pemeriksaan berkala pada komponen. - Melakukan pemesanan suku cadang sebelum terjadi kerusakan.
4	Belt Transport	Belt Transport tidak bergerak	CM/R.T.F.	C.D.	- Pengecekan kondisi fisik belt transport. - Pengecekan kondisi bearing melalui audio visual. - Pengecekan keausan pada roller - Melakukan pemesanan suku cadang sebelum terjadi kerusakan.
5	Rollers	Gerakan belt transport goyang	CM/R.T.F.	C.D.	- Pengecekan kondisi fisik belt transport. - Pengecekan kondisi bearing melalui audio visual. - Pengecekan keausan pada roller - Melakukan pemesanan suku cadang sebelum terjadi kerusakan.
6	Bandfeed Roller	Ukuran panjang bander tidak konstan	CM/R.T.F.	FF.	- Melaksanakan pemeriksaan berkala pada komponen. - Melakukan pemesanan suku cadang sebelum terjadi kerusakan.
7	Belt Transport	Pembacaan bilyet pada kamera miring	CM/R.T.F.	C.D.	- Pengecekan kondisi fisik belt transport. - Pengecekan kondisi bearing melalui audio visual. - Pengecekan keausan pada roller - Melakukan pemesanan suku cadang sebelum terjadi kerusakan.
8	Switching Gate	Switching gate tidak bergerak	CM/R.T.F.	C.D.	- Pengecekan kondisi fisik belt transport. - Pengecekan kondisi bearing melalui audio visual. - Pengecekan keausan pada roller - Melakukan pemesanan suku cadang sebelum terjadi kerusakan.
9	Gear Clamping	Clamping tidak bergerak	CM/R.T.F.	FF.	- Melaksanakan pemeriksaan berkala pada komponen. - Melakukan pemesanan suku cadang sebelum terjadi kerusakan.

Sumber: Amaretya Dwi Din Noor (2023)

4.4 Pembuktian Hipotesa

Berdasarkan tabel 4.17 dan tabel 4.18 diatas terdapat 10 *task mode* kegagalan pada setiap komponen elektrik dan 9 *task mode* kegagalan pada setiap komponen mekanik. Kebijakan perawatan yang ada di perusahaan lebih cenderung pada *corrective maintenance* atau *run to failure* dimana mesin dioperasikan hingga rusak kemudian diperbaiki kembali. Dari kebijakan perawatan dengan metode RCM, terdapat adanya perubahan *task*, yaitu pada sistem elektrik terdapat 3 *task condition directed* (CD), 1 *task failure finding* (FF) dan 6 *task run to failure* (RTF). Pada sistem mekanik terdapat 5 *task condition directed* (CD) dan 4 *task failure finding* (FF).

Kebijakan tindakan perawatan *Sorting Machine B* berdasarkan teori RCM didapatkan:

1. 8 *failure mode* menggunakan *task condition directed* (CD).
Hal ini berdasarkan bahwa umur keandalan komponen tidak diketahui secara pasti, sehingga harus dilakukan pengecekan berkala untuk mengetahui kerusakan komponen.
2. 5 *failure mode* menggunakan *task failure finding* (FF).
Hal ini berdasarkan bahwa umur keandalan komponen tidak diketahui secara pasti serta operator tidak mengetahui jika telah terjadi kegagalan fungsi pada komponen tersebut (faktor *hidden failure*).
3. 6 *failure mode* menggunakan *task run to failure* (RTF).
Hal ini berdasarkan bahwa tidak ada tindakan ekonomis yang dapat dilakukan untuk menghindari kerusakan, sehingga komponen digunakan hingga terjadi kegagalan.





BAB V KESIMPULAN DAN SARAN

5.1 Kesimpulan

1. Dari hasil analisa FMEA dan pembobotan nilai RPN, kerusakan kritis penyebab kerusakan tinggi *Sorting Machine B* pada sistem elektrik adalah *Motor Vibrator Tidak Berputar* (307,13), *Error Login ke ECM PC* (237,19), *Bilyet tidak Terikat* (224,44), *Error Software BQIS PC* (221,38), *Heater Overheat* (215,69), *Failure Communication Between Server* (206,63), *Motor Clamping tidak berputar* (196,22), *Relay Strapper gate rusak* (125,78) dan *Heater tidak panas* (117,19). Sedangkan untuk sistem mekanik adalah *Tarikan roller pada bilyet saat memasuki transport tidak konstan* (245,52), *Roller tidak berputar* (216,00), *Gerakan bilyet saat memasuki transport tidak konstan* (197,9), *Belt Transport tidak bergerak* (171,86), *Gerakan belt transport goyang* (170,75), *Ukuran panjang bander tidak konstan* (163,33), *Pembacaan bilyet pada kamera miring* (161,45) serta *Switching gate tidak bergerak* (152,59). Perawatan dan penyediaan *spare part* dapat difokuskan pada kerusakan tersebut untuk mengurangi tingginya *breakdown* dan *downtime*.
2. Terdapat perubahan kebijakan perawatan *Sorting Machine B* berdasarkan metode RCM, yaitu, 8 *failure mode* menggunakan *task condition directed*, 5 *failure mode* menggunakan *task failure finding*, serta 6 *failure mode* menggunakan *task run to failure*, dimana sebelum menggunakan metode RCM, kegiatan perawatan masih menerapkan *task run to failure* atau *corrective maintenance*.

5.2 Saran

1. PERUM PERURI perlu mempertimbangkan diberlakukannya kegiatan perawatan berdasarkan metode RCM, yaitu *Time Directed*, *Condition Directed*, serta *Failure Finding*. Dengan adanya penerapan *maintenance* dengan metode RCM perusahaan dapat mengetahui jenis tindakan perawatan apa yang harus diambil sehingga mesin tersebut dapat beroperasi dengan optimal.
2. Diharapkan kebijakan perawatan menggunakan metode RCM ini dapat diterapkan pada mesin lain untuk mengurangi jumlah *breakdown* serta *downtime* mesin.



DAFTAR PUSTAKA

- Andika, Deny, Shanti Kirana Anggraeni, and Jurusan Teknik Industri Universitas Sultan Ageng Tirtayasa. 2013. "Usulan Pemilihan Supplier Bahan Baku Tetap Menggunakan Vendor Performance Indicator Dan Analytical Hierarchy Process (AHP)." *Jurnal Teknik Industri Untirta* 1 (2): 128–32.
- Arsyadiaga, Duhan. 2016. "Analisis Penentuan Waktu Perawatan Mesin Dengan Metode RCM Di PT Sanmas Dwika Abadi." *Analisis Penentuan Waktu Perawatan Mesin Dengan Metode RCM Di PT Sanmas Dwika Abadi.*, 1–23.
- Asisco, Hendro, Kifayah Amar, and Yandra Rahadian Perdana. 2012. "Usulan Perencanaan Perawatan Mesin Dengan Metode Reliability Centered Maintenance USULAN PERENCANAAN PERAWATAN MESIN DENGAN METODE RELIABILITY CENTERED MAINTENANCE (RCM) DI PT. PERKEBUNAN NUSANTARA VII (PERSERO) UNIT USAHA SUNGAI NIRU KAB.MUARA ENIM." *Kaunia* VIII (2): 78–98.
- Azwir, Hery Hamdi, Arri Ismail Wicaksono, and Hirawati Oemar. 2020. "Manajemen Perawatan Menggunakan Metode RCM Pada Mesin Produksi Kertas." *Jurnal Optimasi Sistem Industri* 19 (1): 12–21. <https://doi.org/10.25077/josi.v19.n1.p12-21.2020>.
- Bloom, N., Jones, C. I., Van Reenen, J., & Webb, M. (2020). Are ideas getting harder to find?. *American Economic Review*, 110(4), 1104-1144. Fiatno, A., & Denur, D. (2018). PENERAPAN RELIABILITY CENTERED MAINTENANCE (RCM) PADA POROS RODA DEPAN ISUZU TYPE cxz-51. *Jurnal Teknik Industri Terintegrasi (JUTIN)*, 1(1), 9-14..
- Fikri Sahal, Muhammad, and Akhmad Syakhroni. 2019. "Prosiding KONFERENSI ILMIAH MAHASISWA UNISSULA (KIMU) 2 PERANCANGAN PENJADWALAN PERAWATAN MESIN SEWING DENGAN METODE RELIABILITY CENTERED MAINTENANCE (RCM II) DI PT APPAREL ONE INDONESIA." *Klaster Engineering*, 180–88.
- Imron, Ali. 2013. "Implementasi Kebijakan Kesehatan." *Kebijakan Kesehatan Indonesia* 02 (01): 107–11.
- Kartasura, Koordinator Statistik Kecamatan, Kata Pengantar Kata Pengantar Kata Pengantar, and Bab Uraian Hal. 2015. "Daftar Isi Daftar Isi Daftar Isi." *Statistik Daerah Kecamatan Kartasura Tahun II* (1): 17–18.
- Makasudede, Yenny. 2018. "Pemeriksaan Dan Perawatan Alat Kesehatan Pelayaran," 8–45.
- Mesra, Trisna, Rizki Amanda, Dosen Program Studi Teknik Industri Sekolah Tinggi Teknologi Dumai, and Mahasiswa Program Studi Teknik Industri

- Sekolah Tinggi Teknologi Dumai. 2018. "Maintenance Pompa Reciprocating 211/212 Pm-4 a/B Menggunakan Metode Rcm Di Pt Pertamina (Persero) Refinery Unit Ii Dumai." *Cetak) Buletin Utama Teknik* 13 (3): 1410–4520.
- Muhammad, M. Sayuti, and Muhammad Siddiq Rifa'i. 2013. "SAYUTI-Perawatan Mesin." *Evaluasi Manajemen Perawatan Mesin Dengan Menggunakan Metode Reliability Centered Maintenance Pada PT. Z* 2 (1).
- Ninny Siregar, Hj, and Sirmas Munthe. 2019. "Analisa Perawatan Mesin Digester Dengan Metode Reliability Centered Maintenance Pada PTPN II Pagar Merbau." *Journal of Industrial and Manufacture Engineering* 3 (2): 87–94. <http://ojs.uma.ac.id/index.php/jime>.
- Prasmoro, Alloysius Vendhi. 2020. "Analisa Sistem Perawatan Pada Mesin Las MIG Dengan Metode Failure Mode and Effect Analysis: Studi Kasus Di PT. TE." *Operations Excellence: Journal of Applied Industrial Engineering* 12 (1): 13. <https://doi.org/10.22441/oe.2020.v12.i1.002>.
- Pratama, Rizqi Aga, Yun Arifatul Fatimah, and Tuessi Ari Purnomo. 2021. "Minimasi Downtime Mesin Dryer Dengan Reliability Centered Maintenance Di PT Papertech Indonesia Unit II." *Borobudur Engineering Review* 1 (1): 1–12. <https://doi.org/10.31603/benr.3166>.
- Rani Rumita, Kurniawan. 2014. "Perencanaan Sistem Perawatan Mesin Urbannye Dengan Menggunakan Metode Reliability Centered Maintenance II (RCM II) (Studi Kasus Di Departmen Produksi PT. Masscom Graphy, Semarang)." *Industrial Engineering Online Journal* 3 (4): 1–8.
- Rasindyo, Muhammad Risen, Kusmaningrum, and Yanti Helianty. 2015. "Analisis Kebijakan Perawatan Mesin Cincinnati Dengan Menggunakan Metode Reliability Centered Maintenance Di PT. Dirgantara Indonesia." *Jurnal Online Institut Teknologi Nasional* 03 (1): 400–410.
- Setiawan, Ari, Y.M. Kinley Aritonang, and Cecillia Iskandar. 2013. "Penerapan Metode Reliability Centered Maintenance (RCM) Untuk Menentukan Strategi Perawatan Fasilitas Produksi Kain." *Jurnal Telematika* 8 (1): 121–27.
- Ibad, H. Z. (2023). ANALISIS PERAWATAN MESIN BLOW FILM HD14 DENGAN MENGGUNAKAN METODE RELIABILITY CENTERED MAINTENANCE (RCM) II (Studi Kasus CV. Panca Gemilang) (Doctoral dissertation, UNIVERSITAS ISLAM SULTAN AGUNG).
- Wibowo, Dzaky, and Nani Kurniati. 2020. "Penentuan Strategi Pemeliharaan Forklift Menggunakan Metode RCM II." *Jurnal Teknik ITS* 8 (2): 26–31. <https://doi.org/10.12962/j23373539.v8i2.47708>.