

**ANALISIS JADWAL PERAWATAN MESIN GENSET DI CV.
SEJATI TEKNIK SEMARANG DENGAN METODE
*RELIABILITY CENTERED MAINTENANCE (RCM)***

LAPORAN TUGAS AKHIR

LAPORAN TUGAS AKHIR 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 :

RACHMAD ARYA TRIANBOWO

NIM 31601800077

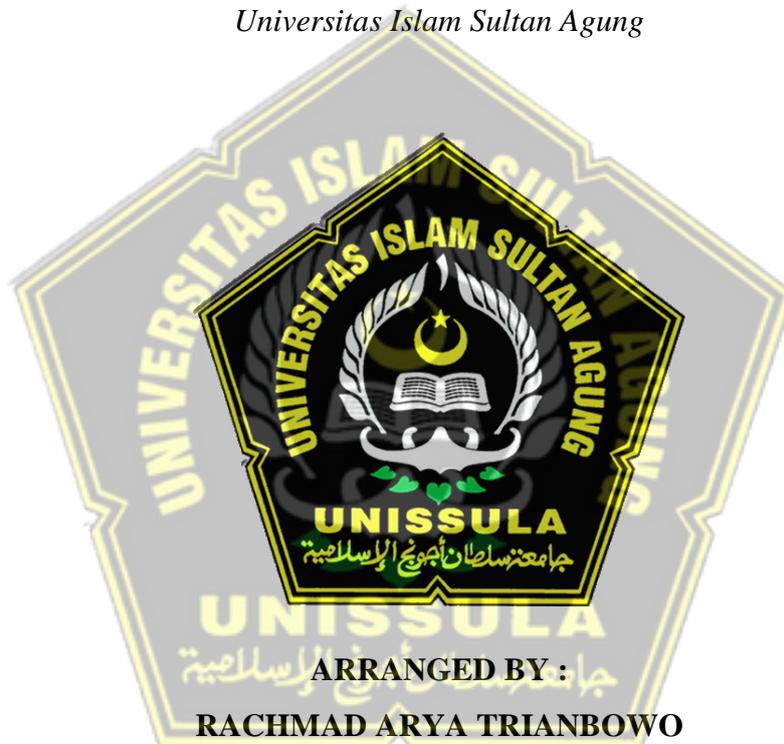
**PROGRAM STUDI TEKNIK INDUSTRI
FAKULTAS TEKNOLOGI INDUSTRI
UNIVERSITAS ISLAM SULTAN AGUNG
SEMARANG**

2023

FINAL PROJECT

***ANALYSIS OF GENSET ENGINE MAINTENANCE SCHEDULE
WITH RELIABILITY CENTERED MAINTENANCE (RCM)
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*



ARRANGED BY:

RACHMAD ARYA TRIANBOWO

NIM 31601800077

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

2023

LEMBAR PENGESAHAN PEMBIMBING

Laporan Tugas Akhir dengan judul “ANALISIS JADWAL PERAWATAN MESIN GENSET DENGAN METODE RELIABILITY CENTERED MAINTENANCE (RCM) (STUDI KASUS CV. SEJATI TEKNIK SEMARANG)” ini disusun oleh :

Nama : Rachmad Arya Trianbowo

NIM : 31601800077

Program Studi : Teknik Industri

Telah disahkan oleh dosen pembimbing pada :

Hari :

Tanggal :

Pembimbing I

Pembimbing II


Dr. Ir. Novi Marlyana, ST, MT IPU


Nuzulia Khoiriyah, ST, MT.

ASEAN Eng.

NIDN. 001 511 7601

NIDN. 062 405 7901

Mengetahui,

Ketua Program Studi Teknik Industri


Nuzulia Khoiriyah, ST., MT

NIDN. 062 405 7901

LEMBAR PENGESAHAN PENGUJI

Laporan Tugas Akhir dengan judul “ANALISIS JADWAL PERAWATAN MESIN GENSET DENGAN METODE RELIABILITY CENTERED MAINTENANCE (RCM) (STUDI KASUS CV. SEJATI TEKNIK SEMARANG)” telah dipertahankan di depan dosen penguji Tugas Akhir pada :

Hari :

Tanggal :

Anggota I

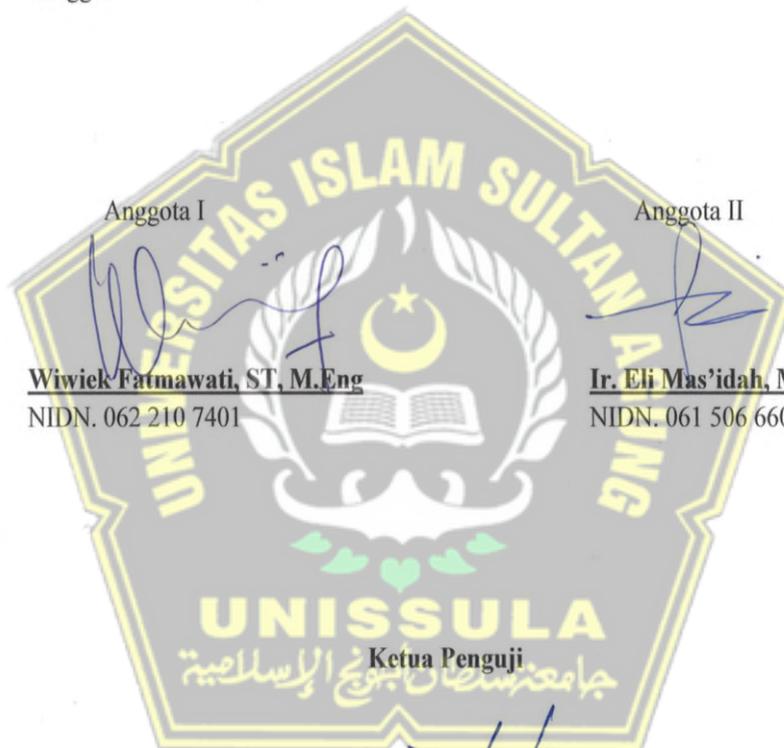


Wiwick Fatmawati, ST, M.Eng
NIDN. 062 210 7401

Anggota II



Ir. Eli Mas'idah, MT
NIDN. 061 506 6601



Ketua Penguji



Akhmad Syakhroni, ST, M.Eng

NIDN. 061 603 7601

SURAT PERNYATAAN KEASLIAN TUGAS AKHIR

Saya yang bertanda tangan dibawah ini :

Nama : Rachmad Arya Trianbowo
NIM : 31601800077
Judul Tugas Akhir : **ANALISIS JADWAL PERAWATAN MESIN
GENSET DENGAN METODE RELIABILITY
CENTERED MAINTENANCE (RCM) (STUDI
KASUS CV. SEJATI TEKNIK**

Dengan 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 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, Januari 2023
Yang Menyatakan



**PERNYATAAN PERSETUJUAN
PUBLIKASI KARYA ILMIAH**

Saya yang bertanda tangan di bawah ini :

Nama : Rachmad Arya Trianbowo

NIM : 31601800077

Program Studi : Teknik Industri

Fakultas : Teknologi Industri

Alamat : Jl. Lamongan Barat IV No. 96 Sampangan Semarang

Dengan ini menyatakan Karya Ilmiah berupa Tugas Akhir dengan judul :

ANALISIS JADWAL PERAWATAN MESIN GENSET DENGAN METODE
RELIABILITY CENTERED MAINTENANCE (RCM) (STUDI KASUS CV.
SEJATI TEKNIK

Menyetujui menjadi hak milik Universitas Islam Sultan Agung serta memberikan Hak bebas Royalti Non-Eksklusif untuk disimpan, dialihmediakan, dikelola dan pangkalan data dan dipublikasikan di internet dan media lain untuk kepentingan akademis selama tahap menyantumkan nama penulis sebagai pemiliki hak cipta. Pernyataan ini saya buat dengan sungguh-sungguh. Apabila dikemudian hari terbukti ada pelanggaran Hak Cipta/Plagiarisme dalam karya ilmiah ini maka segala bentuk tuntutan hukum yang timbul akan saya tanggung secara pribadi tanpa melibatkan Universitas Islam Sultan Agung.

Semarang, Januari 2023.

Yang Menyatakan


Rachmad Arya Trianbowo

HALAMAN PERSEMBAHAN

Alhamdulillah hirobbil'amin, Segala puji bagi Allah SWT yang telah memberikan rahmat, nikmat, berkahnya serta kemudahannya dalam menyelesaikan penelitian dan pembuatan laporan Tugas Akhir ini.

Terima kasih kepada orang tua saya, saudara saya dan keluarga besar saya, mereka selalu mendoakan dan mendukung saya dalam membuat laporan ini.

Terima kasih kepada semua sahabat saya yang selalu memberikan semangat, memberikan motivasi, memberikan doa dan memberikan bantuan dalam membuat laporan ini.



HALAMAN MOTO

بِسْمِ اللَّهِ الرَّحْمَنِ الرَّحِيمِ

Artinya: “Dengan menyebut nama Allah yang Maha Pengasih lagi Maha Penyayang.”

اللَّهُمَّ لَا سَهْلَ إِلَّا مَا جَعَلْتَهُ سَهْلًا وَأَنْتَ تَجْعَلُ الْحَزْنَ إِذَا شِئْتَ سَهْلًا

Artinya: “Ya Allah, tidak ada kemudahan kecuali yang Engkau buat mudah. Dan Engkau menjadikan kesusahan (kesulitan), jika Engkau kehendak pasti akan menjadi mudah.”

(Riwayat Ibn Hibban)



KATA PENGANTAR

Assalamualaikum Wr. Wb

Dengan mengucapkan puji dan syukur kehadirat Allah SWT atas rahmat dan hidayah-Nya, sehingga saya dapat menyelesaikan Laporan Tugas Akhir untuk memperoleh Gelar S1 Prodi Teknik Industri dengan judul “Analisi Jadwal Perawatan Mesin Genset Dengan Metode Reliability Centered Maintenance (RCM) di CV. Sejati Teknik Semarang” dengan lancar. Tidak lupa shalawat serta salam semoga selalu tercurah kepada junjungan Nabi Besar Nabi Muhammad SAW. Selama penyusunan Laporan Tugas Akhir ini, banyak bantuan seperti bimbingan, motivasi, saran serta do’a yang saya dapatkan dari berbagai pihak. Oleh karena itu, pada kesempatan ini dengan segenap kerendahan hati, tak lupa penulis sampaikan rasa hormat dan terima kasih yang mendalam kepada :

1. Allah SWT atas segala karunia-Nya sehingga Laporan Tugas Akhir ini dapat terselesaikan dalam waktu yang diharapkan.
2. Bapak serta Ibu yang sangat saya sayangi, terima kasih atas semua pengorbanan, dukungan, semangat, materi, memfasilitasi, dan do’a yang selalu diberikan serta dipanjatkan setiap saat. Semoga seluruh pengorbanan yang telah Bapak dan Ibu berikan untuk saya dapat dibalas dengan kebaikan dan keberkahan dari Allah SWT. Aamiin.
3. Teruntuk Kakak saya terima kasih atas semangat yang diberikan agar saya dapat segera menyelesaikan Tugas Akhir ini dengan tepat waktu.
4. Ibu Dr. Ir. Novi Marlyana, S.T., M.T, IPU, ASEAN Eng., selaku Dekan Fakultas Teknologi Industri (FTI).
5. Ibu Nuzulia Khoriyah, S.T., M.T., selaku Ketua Jurusan Teknik Industri Fakultas Teknologi Industri Universitas Islam Sultan Agung.
6. Ibu Dr. Ir. Novi Marlyana, S.T., M.T., IPU, ASEAN Eng., selaku dosen pembimbing I serta terima kasih banyak atas bimbingan dan seluruh saran-saran yang diberikan

kepada saya selama proses pengerjaan Laporan Tugas Akhir, sehingga saya dapat menyelesaikan Laporan Tugas Akhir ini.

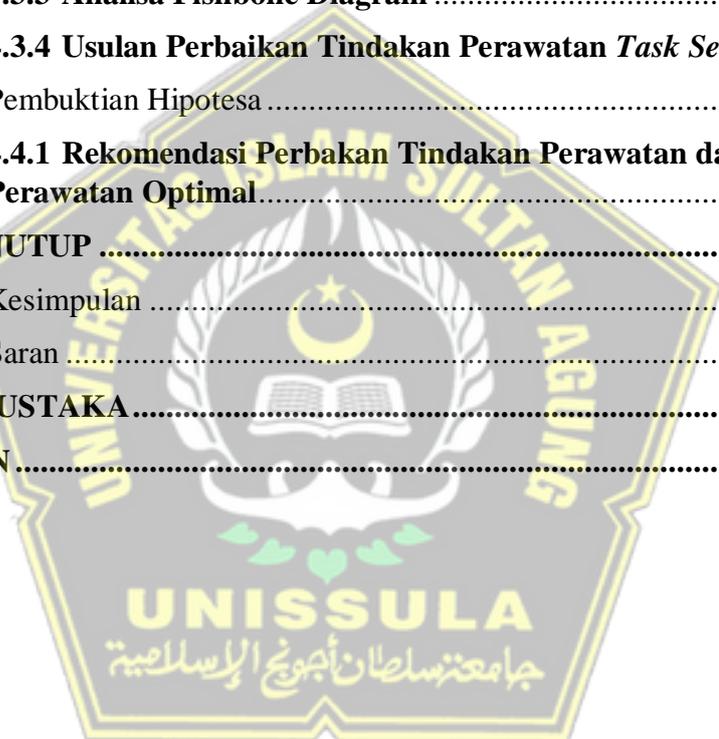
7. Ibu Nuzulia Khoriyah, S.T., M.T., selaku dosen pembimbing II serta terima kasih banyak atas bimbingan dan seluruh saran-saran yang diberikan kepada saya selama proses pengerjaan Laporan Tugas Akhir, sehingga saya dapat menyelesaikan Laporan Tugas Akhir ini.
8. Terima kasih Para Dosen Penguji atas saran dan kritiknya sangat membantu proses pengerjaan Laporan Tugas Akhir.
9. Bapak dan Ibu Dosen Program Studi Teknik Industri Universitas Islam Sultan Agung yang telah membimbing dan mengajar selama perkuliahan.
10. Staff dan Karyawan Fakultas Teknologi Industri yang sudah membantu dalam segala urusan Tugas Akhir mulai dari Surat Permohonan penulisan sampai Sidang Akhir.
11. Terima Kasih kepada Bapak Tanto Manager Operasional CV. Sejati Teknik Semarang yang telah memberikan izin untuk melakukan penelitian di CV. Sejati Teknik Semarang.
12. Terima Kasih kepada Bapak Tanto Manager Operasional CV. Sejati Teknik Semarang yang telah memberikan izin untuk melakukan penulisan di perusahaanya serta karyawan yang telah membantu memberikan data-data untuk keperluan penulisan saya ini.

DAFTAR ISI

HALAMAN SAMPU FINAL PROJECT	x
LEMBAR PENGESAHAN PEMBIMBING.....	i
DAFTAR ISI.....	ix
DAFTAR TABEL	xii
DAFTAR GAMBAR.....	xiii
ABSTRAK.....	xiv
ABSTRACT	xv
BAB I PENDAHULUAN	1
1.1 Latar Belakang	1
1.2 Perumusan Masalah.....	5
1.3 Pembatasan Masalah.....	5
1.4 Tujuan Penelitian.....	5
1.5 Manfaat	6
1.6 Sistematika Penulisan	6
BAB II TINJAUAN PUSTAKA DAN LANDASAN TEORI	8
2.1 Tinjauan Pustaka	8
2.1.1 Reactive Maintenance (Breakdown Maintenance).....	20
2.1.2 Preventive Maintenance (Scheduled Maintenance)	21
2.1.3 Pemeliharaan Prediktif (Predictive Maintenance)	21
2.1.4 Pemeliharaan Berbasis Keandalan (Reliability-Centred Maintenance).....	22
2.1.5 Perbandingan Metode Pemeliharaan.....	22
2.2 Landasan Teori.....	23
2.2.1 Perawatan (Maintenance).....	23
2.2.2 Jenis Perawatan	24
2.2.3 Metode Penjadwalan Perawatan.....	24
2.2.4 Performance Maintenance	Error! Bookmark not defined.
2.2.5 Tujuan Maintenance	24
2.2.6 Reliability Centered Maintenance (RCM).....	25

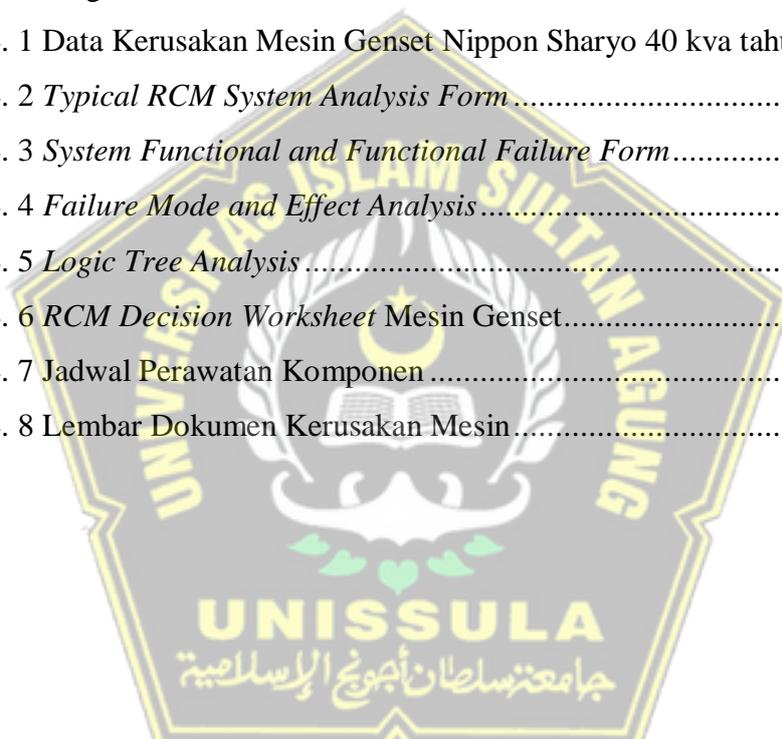
2.2.7	Akibat Kerusakan Menurut RCM.....	25
2.2.8	Karakteristik RCM	25
2.2.9	System Description and Functional Block Diagram (FBD)	26
2.2.10	System Functional and Functional Failure	27
2.2.11	Failure Mode and Effect Analysis (FMEA)	27
2.2.12	Logic Tree Analysis (LTA)	32
2.2.13	Fishbone Diagram	34
2.2.14	Pemilihan Tindakan Perawatan (<i>Task Selection Roadmap</i>) 34	
2.2.15	Teori Downtime	36
2.2.16	Diagram Pareto.....	37
2.3	Hipotesa Dan Kerangka Teoritis	38
2.3.1	Hipotesa	38
2.3.2	Kerangka Teoritis.....	40
BAB III METODE PENELITIAN		41
3.1	Pengumpulan Data.....	41
3.2	Teknik Pengumpulan Data	41
3.3	Pengujian Hipotesa	42
3.4	Metode Analisis	43
3.5	Pembahasan	43
3.6	Penarikan Kesimpulan	44
3.7	Diagram Alir.....	44
BAB IV HASIL PENELITIAN DAN PEMBAHASAN.....		46
4.1	Pengumpulan Data.....	46
4.1.1	CV Sejati Teknik	46
4.1.2	Proses Bisnis Perusahaan	47
4.1.3	Mesin Genset.....	48
4.1.4	<i>Equipment</i> Mesin Genset	49
4.1.5	Proses Kerja Mesin Genset	58
4.1.6	Data Kerusakan Mesin Genset.....	59
4.2	Pengolahan data.....	60
4.2.1	System Description and Functional Block Diagram (FBD)	61

4.2.2	System Functional and Functional Failure	63
4.2.3	Failure Mode and Effect Analysis (FMEA)	64
4.2.4	Logic Tree Analysis (LTA)	71
4.2.5	Fishbone Diagram.....	77
4.2.6	Task Selection	81
4.3	Analisa dan Intrepretasi hasil	86
4.3.1	Analisa Failure Mode and Effect Analysis (FMEA).....	86
4.3.2	Analisa <i>Logic Tree Analysis</i> (LTA).....	87
4.3.3	Analisa Fishbone Diagram	88
4.3.4	Usulan Perbaikan Tindakan Perawatan <i>Task Selection</i>	90
4.4	Pembuktian Hipotesa	92
4.4.1	Rekomendasi Perbakan Tindakan Perawatan dan Jadwal Perawatan Optimal.....	93
BAB V PENUTUP		97
5.1	Kesimpulan	97
5.2	Saran	97
DAFTAR PUSTAKA.....		99
LAMPIRAN.....		103



DAFTAR TABEL

Tabel 2. 1 Tinjauan Pustaka	14
Tabel 2. 2 Perbandingan Metode Perawatan Mesin	23
Tabel 2. 3 <i>Typical RCM System Analysis Form</i>	26
Tabel 2. 4 <i>System Functional and Functional Failure Form</i>	27
Tabel 2. 5 <i>Level Severity</i>	29
Tabel 2. 6 Tingkatan <i>Occurency</i>	31
Tabel 2. 7 Tingkatan <i>Detection</i>	31
Tabel 4. 1 Data Kerusakan Mesin Genset Nippon Sharyo 40 kva tahun 2022	59
Tabel 4. 2 <i>Typical RCM System Analysis Form</i>	61
Tabel 4. 3 <i>System Functional and Functional Failure Form</i>	63
Tabel 4. 4 <i>Failure Mode and Effect Analysis</i>	65
Tabel 4. 5 <i>Logic Tree Analysis</i>	71
Tabel 4. 6 <i>RCM Decision Worksheet</i> Mesin Genset.....	81
Tabel 4. 7 Jadwal Perawatan Komponen	94
Tabel 4. 8 Lembar Dokumen Kerusakan Mesin.....	96



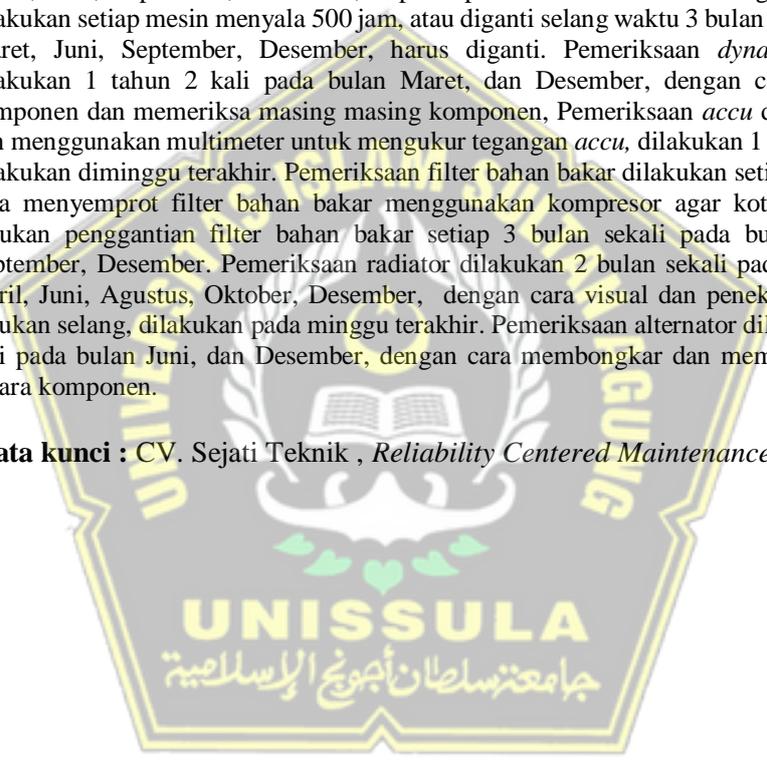
DAFTAR GAMBAR

Gambar 1. 1 Data DownTime	2
Gambar 2. 1 Struktur Logic Tree Analysis.....	33
Gambar 2. 2 Roadmap	36
Gambar 2. 3 Kerangka Teoritis.....	40
Gambar 3. 1 Flow Chart Penelitian Tugas Akhir.....	45
Gambar 4. 1 Alur Proses Penyewaan Genset	47
Gambar 4. 2 Mesin Genset	48
Gambar 4. 3 <i>Equipment</i> Mesin Genset.....	49
Gambar 4. 4 Radiator.....	50
Gambar 4. 5 Water Pump	50
Gambar 4. 6 <i>Dinamo Starter</i>	51
Gambar 4. 7 Alternator Charging.....	52
Gambar 4. 8 <i>Turbo Charger</i>	53
Gambar 4. 9 <i>Injection Pump</i>	54
Gambar 4. 10 <i>Engine Control Panel</i>	54
Gambar 4. 11 <i>Air Filter</i>	55
Gambar 4. 12 Fuel Filter.....	56
Gambar 4. 13 <i>Oil Filter</i>	57
Gambar 4. 14 <i>Prelubrication Pump</i>	57
Gambar 4. 15 <i>Water Separator</i>	58
Gambar 4. 16 Functional Block Diagram (FBD) Mesin Genset.....	61
Gambar 4. 17 <i>Fishbone</i> Diagram Kegagalan <i>Water Pump</i>	77
Gambar 4. 18 <i>Fishbone</i> Diagram Kegagalan Filter Oli	78
Gambar 4. 19 <i>Fishbone</i> Diagram Kerusakan <i>Dynamo Stater</i>	79
Gambar 4. 20 <i>Fishbone</i> Diagram Kegagalan Accu / Baterai	80

ABSTRAK

CV Sejati Teknik adalah perusahaan alat konstruksi bangunan yang telah berdiri sejak tahun 1992. Salah satu provider alat teknik ukuran kecil dan medium sudah terkenal di Semarang dan Jawa Tengah. Pelayanan dan jasa yang diberikan kepada perorangan yang hendak menyewa Genset dan peralatan lainnya. Mesin genset *Nippon sharyo* 40 kva merupakan mesin genset yang sering mengalami kerusakan. Pada tahun 2022 terdapat kerusakan disetiap bulan nya pada komponen *alternator*, *dynamo stater*, *waterpump*, filter solar, *accu*, filter oli, dan radiator. Berdasarkan analisa *Reliability Centered Maintenance* (RCM) pada tahap Failure Mode and Effect Analysis (FMEA) diperoleh nilai Risk Priority Number (RPN) tertinggi pada *equipment waterpump* dengan RPN 96, filter oli dengan RPN 96, *dynamo stater* dengan RPN 96, *accu* / baterai dengan RPN 96. Diperoleh Usulan perbaikan tindakan perawatan Pemeriksaan waterpump dilakukan rutin 1 – 3 bulan sekali pada bulan Januari, Maret, Juni, September, Desember, dapat diperiksa secara visual. Penggantian filter oli dilakukan setiap mesin menyala 500 jam, atau diganti selang waktu 3 bulan sekali pada bulan Maret, Juni, September, Desember, harus diganti. Pemeriksaan *dynamo stater* dapat dilakukan 1 tahun 2 kali pada bulan Maret, dan Desember, dengan cara membongkar komponen dan memeriksa masing masing komponen, Pemeriksaan *accu* dapat e cara visual dan menggunakan multimeter untuk mengukur tegangan *accu*, dilakukan 1 bulan sekali yang dilakukan diminggu terakhir. Pemeriksaan filter bahan bakar dilakukan setiap bulan, dengan cara menyemprot filter bahan bakar menggunakan kompresor agar kotoran keluar, dan lakukan penggantian filter bahan bakar setiap 3 bulan sekali pada bulan Maret, Juni, September, Desember. Pemeriksaan radiator dilakukan 2 bulan sekali pada bulan Febuari, April, Juni, Agustus, Oktober, Desember, dengan cara visual dan penekanan pada setiap tekukan selang, dilakukan pada minggu terakhir. Pemeriksaan alternator dilakukan 1 tahun 2 kali pada bulan Juni, dan Desember, dengan cara membongkar dan memeriksa hubungan antara komponen.

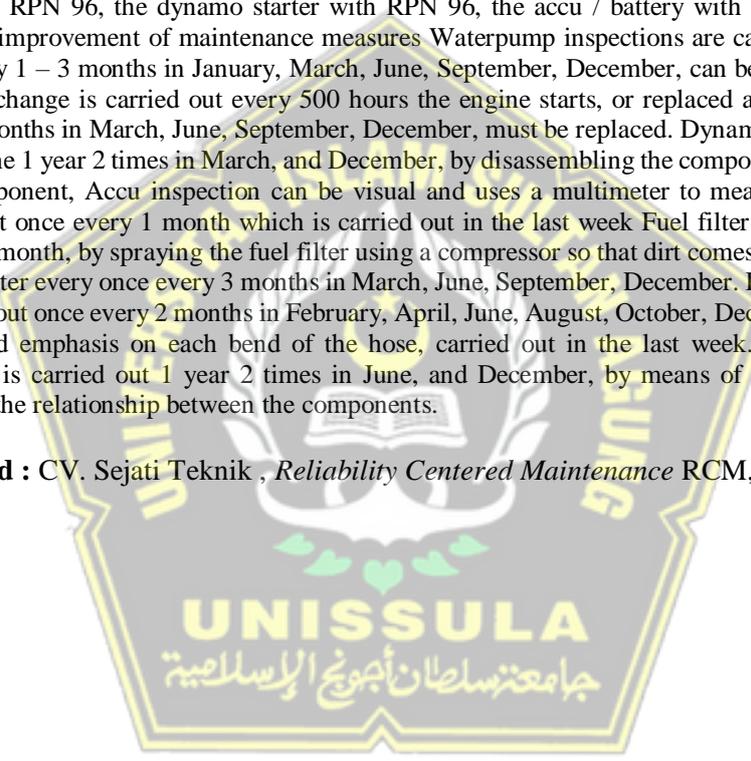
Kata kunci : CV. Sejati Teknik , *Reliability Centered Maintenance* RCM, *Genset*



ABSTRACT

CV Sejati Teknik is a building construction equipment company that has been established since 1992. A well-known provider of small and medium sized technical equipment in Semarang and Central Java. Services and services provided to individuals who wish to rent generators and other equipment. The Nippon sharyo 40 kva generator engine is a generator engine that is often damaged. In 2022 there will be damage every month on the components of the alternator, dynamo starter, waterpump, diesel filter, battery, oil filter and radiator. Based on the Reliability Centered Maintenance (RCM) analysis at the Failure Mode and Effect Analysis (FMEA) stage, the highest Risk Priority Number (RPN) value was obtained for the waterpump equipment with RPN 96, the oil filter with RPN 96, the dynamo starter with RPN 96, the accu / battery with RPN 96. Obtained Proposed improvement of maintenance measures Waterpump inspections are carried out routinely once every 1 – 3 months in January, March, June, September, December, can be checked visually. Oil filter change is carried out every 500 hours the engine starts, or replaced at intervals of once every 3 months in March, June, September, December, must be replaced. Dynamo stater inspection can be done 1 year 2 times in March, and December, by disassembling the components and checking each component, Accu inspection can be visual and uses a multimeter to measure accu voltage, carried out once every 1 month which is carried out in the last week Fuel filter checks are carried out every month, by spraying the fuel filter using a compressor so that dirt comes out, and replacing the fuel filter every once every 3 months in March, June, September, December. Radiator inspection is carried out once every 2 months in February, April, June, August, October, December, with visual means and emphasis on each bend of the hose, carried out in the last week. Inspection of the alternator is carried out 1 year 2 times in June, and December, by means of disassembling and checking the relationship between the components.

Key word : CV. Sejati Teknik , *Reliability Centered Maintenance* RCM, *Genset*





BAB I

PENDAHULUAN

1.1 Latar Belakang

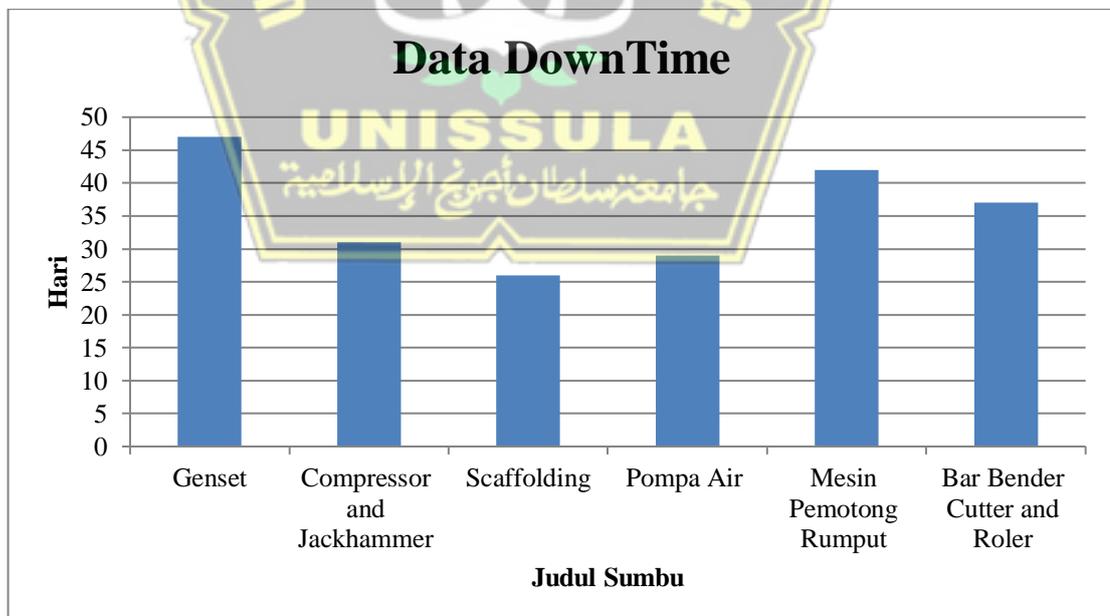
Perekonomian dunia yang tidak stabil serta semakin tingginya tingkat persaingan dunia industri, maka suatu kesadaran bagi perusahaan untuk berusaha lebih dalam meningkatkan efisiensi sistem perusahaannya. Industri tekstil dan garment salah satunya, yang menghasilkan pakaian dimana industri ini menjadi salah satu segmen besar dan tercatat sebagai pertumbuhan produksi paling tinggi di antara sektor lainnya sepanjang tahun 2019 (Tri, Wibowo and Hidayatullah, 2021)

Berdasarkan hal tersebut menuntut perusahaan untuk lebih memperhatikan kesempatan peluang bisnis dipasar agar mencapai hasil maksimal perusahaan harus melakukan program perawatan yang tepat untuk memastikan mesin produksinya dalam kondisi handal. Mesin yang handal akan mendukung pencapaian target produksi baik secara kualitas maupun kuantitas. Perawatan mencakup tindakan mencegah maupun tindakan memperbaiki atas terjadinya kegagalan pada suatu mesin/peralatan. Perawatan merupakan kombinasi semua aspek teknis, administratif dan manajerial selama siklus hidup dari mesin/peralatan (Kemenperin.go.id., 2019).

Proses produksi merupakan hal penting bagi perusahaan karena berkaitan dengan proses bahan baku menjadi barang atau produk jadi. Dalam industri manufaktur, perusahaan membutuhkan mesin, peralatan, transportasi, gudang, dan tenaga kerja atau karyawan. Mesin merupakan salah satu alat yang mempunyai peranan penting dalam produksi. Hal itu menyebabkan mesin digunakan secara terus menerus dan memungkinkan terjadinya penurunan performansi hingga dapat menyebabkan kerusakan apabila tidak dilakukan perawatan tertentu. Menurut (Sinaga et al., 2021) ada dua kerugian yang terjadi apabila mesin mengalami kerusakan. Kerugian yang pertama yaitu perusahaan akan mengalami penurunan keuntungan karena tidak terpenuhinya pesanan konsumen, dan yang kedua akan meningkatkan total biaya produksi karena adanya tambahan biaya perbaikan.

CV Sejati Teknik adalah perusahaan alat konstruksi bangunan yang telah berdiri sejak tahun 1992, berlokasi di Jl. Tanggul Mas Raya A2/ IX, Semarang. Salah satu provider alat teknik ukuran kecil dan medium sudah terkenal di Semarang dan Jawa Tengah. Sejati Teknik telah berpartisipasi dengan kontraktor dari semua level, dari perorangan sampai dengan perusahaan kontraktor BUMN dan swasta top nasional. Pelayanan dan jasa yang diberikan kepada perorangan yang hendak menyewa Genset dan peralatan lainnya misalnya *scaffolding*.

Sebagai perusahaan yang bergerak dibidang rental alat konstruksi, tentunya terdapat beberapa alat rental yang mengalami kerusakan yang disebabkan perawatan yang tidak diperhatikan, kurangnya perawatan disebabkan karena belum terjadwalnya pemeliharaan alat tersebut. Perawatan besar pada mesin genset harus dilakukan setiap 500 jam menyala, supaya tidak terjadi kerusakan komponen yang dapat mempengaruhi fungsi mesin genset. Pada tahun 2022 mesin genset mengalami *downtime* 47 hari, mesin *compressor and jackhammer* mengalami *downtime* 31 hari, *scaffolding* mengalami *downtime* 26 hari, pompa air mengalami *downtime* 29 hari, mesin pemotong rumput mengalami *downtime* 42 hari, mesin *bar bender cutter and roler* mengalami *downtime* 37 hari.



Gambar 1. 1 Data DownTime

Menurut gambar 1.1 diatas, genset merupakan mesin yang mengalami

downtime terbesar. Fokus penelitian ini akan terfokus pada komponen mesin genset yang kerap sekali mengalami kegagalan, dan mesin genset merupakan alat kontruksi yang sangat mempengaruhi efektifitas produksi. Maka jadwal perawatan yang rutin menjadi sangat penting supaya produktifitas dapat berjalan dengan maksimal. Perawatan pada mesin genset dapat membantu untuk meminimalkan *downtime*, serta menjamin proses produksi berjalan dengan maksimal. Maka dari sangat penting nya jadwal perawatan untuk mengatasi masalah – masalah pada proses produksi yang diakibatkan oleh kerusakan pada genset.

Berdasarkan hasil wawancara dengan Bapak Tanto selaku Manager Operasional CV Sejati Teknik, terdapat 10 Genset dengan Merk Mitsubishi dengan alternator Marelli juga terdapat tipe Nippon Sharyo diantaranya adalah Terdapat lima mesin genset untuk tipe 130 KVA, 2 mesin genset type 80 KVA 2 mesin genset 60 KVA 1 mesin genset 40 KVA Nippon sharyo, bahan bakar genset tersebut menggunakan solar. Selama *pandemic Covid-19* intensitas penyewaan Genset sebanyak dua kali dalam satu minggu. Pandemi Covid-19 menyebabkan penurunan jumlah penyewa Genset dikarena pemerintah melakukan Tindakan pencegahan salah satunya dengan PPKM dan melarang seluruh kegiatan yang bersifat berkerumun. Event atau acara masal juga tidak terlepas dari larangan pemerintah. Genset di CV Sejati Teknik dapat disewa sesuai dengan kebutuhan penyewa, termasuk penggunaanya selama menguntungkan bagi perusahaan dan dapat menghasilkan. Dari genset yang dimiliki CV Sejati Teknik, genset Nippon Sharyo 40 kva adalah genset yang sering mengalami kerusakan dikarenakan lebih sering digunakan, dikarenakan harga sewa yang terjangkau menyebabkan konsumen lebih memilih genset dengan tipe Nippon Sharyo.

Untuk langkah yang dilakukan pihak CV Sejati Teknik jika terjadi kerusakan sehingga penyewa tetap dapat mendapatkan manfaat genset maka disediakan unit pengganti untuk mengganti mesin genset yang rusak. Sedangkan sistem perawatan yang CV Sejati terapkan dalam bisnisnya berdasarkan hasil wawancara dengan Bapak Tanto pada tanggal 12 Mei 2022 adalah sebagai berikut: Untuk pemeliharaan atau perawatan jika penyewa menyewa selama 1 bulan atau lebih maka dilakukan perawatan setiap 2 minggu sekali teknisi perusahaan akan datang

untuk melakukan pengecekan mesin genset pada tempat genset di sewa (proyek). Tiap 200 jam CV. Sejati Teknik selalu melakukan perawatan penggantian oli dan filter lebih awal dari prosedur perawatan genset yang seharusnya 500 jam dilakukan perawatan.

Terkadang penyewa yang tidak begitu paham dengan mesin genset terdapat mesin yang tidak dapat menyala langsung diartikan rusak pada CV sejati teknik akan melakukan pengecekan dahulu biasanya genset tidak bisa menyala karena faktor akinya tidak bekerja dengan baik karena bahan bakarnya kotor, radiatornya panas, Filternya tersumbat hal ini menyebabkan rentan terjadinya kerusakan. Untuk sparepart yang rutin diganti atau perawatan, filter oli mesin, filter bensin, filter udara 1000 jam baru ganti Kurang lebih 5 kali ganti oli. Jadwal rutin perawatan genset CV sejati Teknik yaitu penggantian filter setiap 200 jam, jika selain ini yang diganti maka ada kerusakan yang parah.

Dampak yang terjadi akibat dari permasalahan yang ditemukan penulis dapat berupa belum optimalnya jadwal perawatan mesin genset yang mengakibatkan downtime ketika mesin digunakan konsumen (penyewa) alhasil menimbulkan kerugian bagi perusahaan terhadap konsumen. Maka akan berdampak pula pada hilangnya kepercayaan konsumen untuk menyewa genset. Maka untuk menghindari itu terjadi diperlukan jadwal perawatan pencegahan yang dapat memperbaiki kerusakan pada mesin genset.

Perawatan mesin berperan penting dalam mengoptimalkan pengoperasian sistem perusahaan. Dalam kegiatan produksi, masalah pada mesin yang dikarenakan maintenance yang kurang akan berdampak pada banyak hal, mulai dari kerusakan yang terjadi secara tiba-tiba, terhentinya kegiatan produksi, adanya keterlambatan produksi dan keterlambatan pengiriman kepada *customer*.

Dalam hal ini dilakukan suatu pemeliharaan dengan perbaikan maupun pergantian serta pemeriksaan yang dapat meminimalkan biaya dan kerugian apabila terjadi kerusakan mesin. Perawatan sendiri terbagi menjadi beberapa golongan tergantung dasar yang diterapkan. Perawatan yang tidak sesuai dengan kebutuhan atau keadaan perusahaan atau kerusakan yang terjadi akan menyebabkan kerugian yang besar bagi perusahaan, baik hanya untuk biaya perbaikan maupun sampai

pergantian karena kerusakan yang sudah tidak dapat diperbaiki atau mesin tidak dapat lagi digunakan.

1.2 Perumusan Masalah

Berdasarkan latar belakang yang telah dipaparkan sebelumnya, maka didapat rumusan masalah sebagai berikut:

1. Belum diketahui komponen mana yang memiliki nilai prioritas risiko kegagalan paling tinggi serta faktor-faktor kegagalan pada mesin genset?
2. Bagaimana solusi perbaikan jadwal kegiatan perawatan untuk mesin genset yang lebih baik?

1.3 Pembatasan Masalah

Dalam melakukan penelitian ini memerlukan ruang lingkup dan fokus kajian yang terarah. Penelitian ini diberikan batasan agar dapat terfokus dan menghasilkan penelitian terbaik. Agar tujuan penelitian ini tidak menyimpang maka dilakukan pembatasan masalah, yaitu sebagai berikut:

1. Penelitian dilakukan di CV. Sejati Teknik Semarang selama 2 Bulan terhitung sejak tanggal 8 april 2022 – 8 juni 2022. dan tidak membandingkan di perusahaan lain atau diluar ruang lingkup yang telah ditentukan.
2. Mesin dan komponen yang menjadi objek penelitian adalah mesin dan komponen paling sering mengalami kerusakan (kritis).
3. Penelitian menggunakan data kerusakan mesin yang tersedia dan perbaikan mesin dalam periode 9 (sembilan) bulan terhitung dari bulan Januari 2022 sampai dengan September 2022. Selain itu menggunakan data hasil riset lapangan yang terdiri dari dokumentasi, observasi dan interview operator produksi serta engineer.

1.4 Tujuan Penelitian

Adapun tujuan pada penelitian berdasarkan rumusan masalah dan batasan masalah dapat dijelaskan sebagai berikut:

1. Menentukan jadwal perawatan mesin genset pada setiap komponen yang tergolong kritis sebagai upaya perbaikan yang lebih baik
2. Mengetahui nilai prioritas risiko kegagalan dan penyebab suatu kegagalan pada mesin genset.

1.5 Manfaat

Manfaat dari penelitian ini adalah :

1. Bagi Perusahaan

Dengan adanya identifikasi dan analisis menggunakan metode perawatan yang cocok dapat memberikan perawatan yang lebih efektif dan efisien sehingga risiko kerusakan mesin secara tiba-tiba dapat dikurangi serta menurunkan tingkat *downtime machine*.

2. Bagi Peneliti

Menambah wawasan dan kemampuan dalam mengaplikasikan ilmu-ilmu dan memperoleh pengalaman praktis untuk mempraktekkan teori-teori yang pernah didapat dari perkuliahan. Hasil penelitian ini sebagai tambahan penerapan teori maupun terapan dari keilmuan yang diharapkan dapat menambah referensi serta memberikan manfaat.

3. Bagi Universitas

Sebagai bahan pengetahuan di perpustakaan, yang mungkin dapat berguna bagi mahasiswa Jurusan Teknik Industri pada khususnya, terutama memberikan informasi mengenai permasalahan yang dihadapi. Sebagai referensi ilmu pengetahuan dan bahan studi dan bahan pertimbangan dalam melakukan penelitian selanjutnya, khususnya dalam hal perawatan mesin.

1.6 Sistematika Penulisan

Agar dapat memahami isi dari penelitian ini dengan mudah oleh penulis maupun pembaca serta dapat memenuhi syarat dalam pengajuan tugas akhir, maka dari itu secara singkat dapat disusun dalam lima bab yang berkaitan satu dengan yang lainnya, berikut merupakan sistematika penulisan dalam penelitian.

BAB 1 PENDAHULUAN

Pendahuluan menjelaskan mengenai latar belakang permasalahan yang akan dibahas dalam penelitian yang meliputi latar belakang masalah, perumusan masalah, batasan masalah, tujuan penelitian manfaat penelitian serta sistematika penyusunan laporan.

BAB II TINJAUAN PUSTAKA DAN LANDASAN TEORI

Landasan teori merupakan pembahasan mengenai metode-metode yaitu metode RCM, FMEA, FBD, LTA, Task Selection yang akan digunakan serta teori

penunjang yang akan digunakan serta landasan pemecahan masalah yang ada dalam proses penelitian yang akan dilakukan.

BAB III METODOLOGI PENELITIAN

Dalam bab ini menjabarkan tentang metode pengumpulan data serta teknik-teknik pengumpulannya, hipotesa, metode analisis, pembahasan penarikan kesimpulan dan diagram alir yang akan digunakan untuk menyelesaikan permasalahan yang diteliti.

BAB IV HASIL PENELITIAN DAN PEMBAHASAN

Pada metode penelitian membahas tentang hasil penelitian dari pengumpulan data dan pengolahan data serta analisis dan interpretasi sekaligus pembuktian hipotesa.

BAB V PENUTUP

Penutup menjelaskan mengenai kesimpulan dari hasil penelitian yang dilakukan serta saran yang diberikan kepada perusahaan berdasarkan dari hasil penelitian serta untuk perbaikan penelitian di masa yang akan datang.



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 pembandingan atau kajian yang ingin diteliti untuk saat ini, berikut ini merupakan penelitian-penelitian terdahulu sebagai berikut :

Penelitian selanjutnya adalah penelitian yang pernah dilakukan oleh Kurniawan, Rani Rumita., 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 elektromanetik 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, elektromanetik 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, elektromanetik 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, elektromanetik 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. (Kurniawan, 2014)

Penelitian selanjutnya adalah penelitian yang pernah dilakukan oleh Darno, dengan judul Perencanaan Pemeliharaan Motor Diesel Dengan Metode RCM (Reliability Centered Maintenance) Pada PLTG Teluk Lembu Pekanbaru, Berdasarkan pada Failure Modes and Effects Analysis (FMEA), Dari rekapitulasi

data kerusakan mesin pembangkit terdapat 32 kali downtime selama periode 1 tahun dari bulan maret 2019 – februari 2020. Hasil pendefinisian sistem terdapat 10 komponen kritis (downtime) yaitu komponen Motor Diesel, Load Gear, Turbin, Fuel Gas Sistem, IGV, Trafo, Filter, Racet, Radiator, dan PS. Penentuan deskripsi sistem pada mesin pembangkit dilihat dari jumlah downtime kerusakan komponen yaitu komponen motor diesel dengan jumlah sebanyak 13 kerusakan dan total waktu downtime sebanyak 4140 menit. Hasil task selection diambil dari menentukan kebijakan kategori perawatan dimana jumlah downtime sebanyak 4140 menit, jumlah TTR sebanyak 69 jam, dan jumlah TTF sebanyak 4368 jam. Hasil penentuan distribusi kerusakan, terdapat 4 distribusi yaitu distribusi normal, lognormal, eksponensial dan weibull untuk setiap perhitungan Mean Time to Repair (MTTR) dan Mean Time to Failure (MTTF).

Penelitian selanjutnya adalah penelitian yang pernah dilakukan oleh Gray Miller Damanik dengan judul Perancangan Sistem Perawatan Mesin dengan Metode Reliability Centered Maintenance (RCM) dan Maintenance Value Stream Mapping (MVSM) (Studi Kasus PT Perkebunan Sentool Zidam V/Brawijaya Jember) perancangan sistem perawatan mesin menggunakan metode RCM dan MVSM telah berhasil dilakukan dan menghasilkan jadwal pergantian komponen kritis dan urutan aktivitas perawatan mesin yang lebih efisien. Efisiensi perawatan aktual komponen V-Belt yaitu sebesar 9,25% sedangkan efisiensi perawatan usulan sebesar 36,42%. Hasil tersebut meningkat sebesar 27,18% dari perawatan aktual. Perancangan sistem perawatan mesin menggunakan metode MVSM menunjukkan bahwa terjadi peningkatan aktivitas yang memberikan nilai tambah sebesar 18,29% dan penurunan aktivitas yang tidak memberikan nilai tambah sebesar 19,37%. Perancangan perawatan menggunakan metode RCM di PT Perkebunan Sentool Zidam V/Brawijaya menghasilkan downtime yang relatif kecil yaitu V-Belt penghantar daya ke sistem penggerak 0,0066, V-Belt penghantar daya ke mesin finishing 0,0057, V-Belt penghantar daya ke sistem penghancur 0,0066, V-Belt penghantar daya ke mesin six in one 0,0066, dan V-Belt penghantar daya ke mesin GT 0,0069. Interval perawatan optimal pada komponen V-Belt penghantar daya dari sistem penggerak yaitu 437,4 hari, V-Belt penghantar daya ke mesin finishing

527,39 hari, V-Belt penghantar daya ke sistem penghancur 557,73 hari, V-Belt penghantar daya ke mesin six in one 557,73 hari, dan V-Belt penghantar daya ke mesin GT 500,05 hari

Penelitian selanjutnya adalah penelitian yang pernah dilakukan oleh Irawan Harnadi Bangun, Arif Rahman, Zefry Darmawan dengan judul Perencanaan Pemeliharaan Mesin Produksi Dengan Menggunakan Metode Reliability Centered Maintenance (RCM) II Pada Mesin Blowing OM (Studi Kasus: PT Industri Sandang Nusantara Unit Patal Lawang), Hasil pemilihan komponen kritis mesin Blowing OM dapat diketahui bahwa komponen flat belt dan spike lattice merupakan komponen kritis yang menjadi penyebab utama dari masalah breakdown mesin Blowing OM. Komponen flat belt berkontribusi menyebabkan breakdown 176 kali, sedangkan komponen spike lattice sebesar 70 kali dalam kurun waktu 3 tahun.

Penelitian selanjutnya adalah penelitian yang pernah dilakukan Hery Hamdi Azwir, Arri Ismail Wicaksono, Hirawati Oemar, dengan judul Manajemen Perawatan Menggunakan Metode RCM Pada Mesin Produksi Kertas efek jika terjadi kerusakan pada salah satu bagian mesin (FMEA), dan bagian kritis pada mesin yang perlu dilakukan perbaikan yaitu press section (Pareto chart). 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 pernah dilakukan Elisa Nadia Arinta dengan judul Usulan Perencanaan Perawatan Mesin Dengan Metode Reliability Centered Maintenance (Rcm) Dan Age Replacement Pada Mesin Submerged Scraper Chain Conveyor (SSCC) (Studi Kasus : PT. TANJUNG JATI B UNIT 1 PLTU Jepara), Komponen yang tergolong kritis pada mesin Submerged Scraper Chain Conveyor (SSCC) didapat dari Failure Mode Effect and Analysis

(FMEA) dimana dilihat dari Risk Priority Number (RPN) tertinggi pada setiap komponen mesin Submerged Scraper Chain Conveyor (SSCC) bahwa komponen chain yang dimana $\text{severity} \times \text{occurrence} \times \text{number}$ dengan $8 \times 8 \times 3 = 192$

Penelitian selanjutnya adalah penelitian yang pernah dilakukan Agustinus Dwi Susanto, Hery Hamdi Azwir, dengan judul Perencanaan Perawatan Pada Unit Kompresor Tipe Screw Dengan Metode RCM di Industri Otomotif, Dengan melakukan tindakan preventive maintenance menggunakan Metode Reliability Centered Maintenance berdasarkan hasil pengolahan dan analisis data yang telah dilakukan, didapatkan tingkat kehandalan mesin kompresor meningkat yang mana dapat dilihat antara lain sebagai berikut: (1) Komponen kritis adalah: Kompresor 4 komponen motor drive, kompresor 8 komponen screw dan v-belt, kompresor 10 komponen motor fan, kompresor 5 komponen v-belt sparator, kompresor 16 komponen suction regulating valve, piping cooling, sparator, dan kompresor 6 komponen vbelt separator. (2) Menurunnya waktu downtime mesin yang dikarenakan adanya tindakan penggantian komponen dan pemeriksaan sebelum terjadi kerusakan sehingga nilai Availability dan Reliability komponen kritis kompresor mengalami peningkatan. Total downtime mengalami penurunan sebesar 44.59% pertahun setelah dilakukan tindakan preventive maintenance.

Penelitian selanjutnya adalah penelitian yang pernah dilakukan Supriyadi Supriyadi, Resa Miftahul Jannah, Rizal Syarifuddin dengan judul Perencanaan Pemeliharaan Mesin Centrifugal Dengan Menggunakan Metode Reliability Centered Maintenance Pada Perusahaan Gula Rafinasi, Berdasarkan hasil pengolahan data yang dilakukan bahwa komponen kritis yang ada pada mesin centrifugal adalah charge valve no 2 yang mempunyai komponen shaft, blade, EPDM dan akuator. EPDM dan seal kit pada akuator merupakan prioritas perbaikan berdasarkan nilai task selection dalam risk priority number. Nilai tertinggi tersebut masuk dalam tingkat adequate maintenance (336). Perbaikan kebijakan perawatan berdasarkan RCM mendapatkan adanya perubahan task yang signifikan yaitu 2 Condition Directed, dan 4 Failure Finding dari sebelumnya 6 Run to Failure. Penelitian ini dapat diteruskan dengan perancangan jadwal perawatan terencana sehingga potensi kegagalan dapat diidentifikasi sedini mungkin."(Supriyadi, Jannah

and Syarifuddin, 2018)

Penelitian selanjutnya adalah penelitian yang pernah dilakukan Dwi Prasetya, Ika Widya Ardhyani dengan judul Perencanaan Pemeliharaan Mesin Produksi Dengan Menggunakan Metode Reliability Centered Maintenance (RCM) (Studi Kasus: PT. S), Analisa Preventive maintenance didapatkan interval perawatan optimal untuk 11 komponen kritis diatas sebagai berikut: Interval perawatan bearing drive roll accumulator 504,65 jam (21 hari). Interval perawatan komponen selang yaitu 7911,3 jam (329 hari). Interval perawatan komponen shaft gergaji yaitu 956,68 jam (39 hari). Interval perawatan komponen bearing gergaji yaitu 155,16 jam (7 hari). Interval perawatan komponen joint accumulator yaitu 740,44 jam (31 hari). Interval perawatan komponen pulley gergaji yaitu 1074,68 jam (45 hari). Interval perawatan komponen limit switch carriage yaitu 700,17 jam (29 hari). Interval perawatan komponen fitting yaitu 399,65 jam (17 hari). Interval perawatan komponen nepple yaitu 430,05 jam (18 hari). Interval perawatan komponen solenoid kick out yaitu 1079,95 jam (45 hari). Interval perawatan komponen motor run out yaitu 635,82 jam (26 hari). (Prasetya and Ardhyani, 2018)

Penelitian selanjutnya adalah penelitian yang pernah dilakukan Cahyo Purnomo Prasetyo dengan judul Evaluasi Manajemen Perawatan dengan Metode Reliability Centered Maintenance (RCM) II pada Mesin Cane Cutter 1 dan 2 di Stasiun Gilingan PG Meritjan – Kediri, 1. Kebijakan perawatan yang dilakukan untuk mengantisipasi dan mengatasi kegagalan yang terjadi pada komponen mesin Cane Cutter 1 dan 2 adalah proactive task yang meliputi: scheduled restoration task dan scheduled discard task. Rata-rata penurunan biaya perawatan total yang didapatkan dengan mengurangi ‘biaya total pada interval perawatan awal’ dan ‘biaya total pada interval perawatan optimal’ adalah 14,82 %.(Prasetyo, 2017)

Penelitian selanjutnya adalah penelitian yang pernah dilakukan Muhammad Fikri Sahal, Akhmad Syakhroni, ST., M.Eng, Dr. Novi Marlyana, ST., MT, Berdasarkan pada *Failure Mode and Effect Analysis*, terdapat 26 *failure mode* dari keseluruhan komponen mesin. Sedangkan hasil RPN yang memiliki tertinggi dari tiap komponen yaitu, mesin *single needle* (komponen *feed dog* dengan nilai RPN

180) mesin *overlock* (komponen *feed dog* dengan nilai RPN 180), mesin *overdeck* (komponen *feed dog* dengan nilai RPN 180), mesin kansai (komponen *feed dog* dengan nilai RPN 180).

Penelitian selanjutnya adalah penelitian yang pernah dilakukan Arifin Edo, Akhmad Syakhroni, ST., M.Eng, Nuzulia Khoiriyah, ST., MT, Berdasarkan hasil analisa dengan menggunakan metode Failure Mode and Effect Analysis (FMEA) diperoleh data kegagalan yang memiliki nilai Risk Priority Number (RPN) tertinggi antara lain pada equipment coal pipe dengan nilai RPN 105, kedua pada equipment pyrite dengan nilai RPN 105, ketiga pada equipment hydraulic dengan nilai RPN 96, keempat dan kelima adalah equipment upper gate dan lower gate dengan nilai RPN masing-masing 63. Dari hasil analisa FMEA, equipment-equipment tersebut merupakan prioritas untuk dilakukannya tindakan perawatan lebih lanjut. Berdasarkan hasil analisa dengan menggunakan metode Logic Tree Analysis (LTA) diperoleh analisa kekritisannya dari kegagalan pada 5 equipment yang terpilih sebagai prioritas untuk dilakukannya tindakan perawatan antara lain pada equipment coal pipe analisa kekritisannya pada keselamatan dan operator, sedangkan pada pyrite analisa kekritisannya pada operator dan kegagalan lain, pada equipment hydraulic analisa kekritisannya pada operator, keselamatan dan mesin dapat berhenti bekerja. Sedangkan pada upper gate dan lower gate analisa kekritisannya pada operator, keselamatan dan kegagalan lain.

Tabel 2. 1 Tinjauan Pustaka

No	Judul Penelitian	Peneliti	Sumber	Permasalahan	Metode	Hasil Penelitian
1.	Perencanaan Sistem Perawatan Mesin Urbannyte dengan Menggunakan Metode Reliability Centered Maintenance II (RCM II) (Studi Kasus di departmen produksi PT. Masscom Graphy, Semarang)	Kurniawan, Rani Rumita.	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 Urbannyte mempunyai tujuh sub-sistem: Plate Bending, Paper Roll Stand, Auxiliary 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 Urbannyte yang memiliki kategori tingkat resiko yang tinggi atau nilai RPN ≥ 100 .
2.	Perencanaan Pemeliharaan Motor Diesel Dengan Metode RCM (Reliability Centered Maintenance) Pada PLTG Teluk Lembu Pekanbaru	Darno	SURYA TEKNIKA Vol. 7 No. 1, Juni 2020: 77–85	Di PLTG sendiri telah mempunyai jadwal berkaitan dengan pemeliharaan terhadap kedua mesin, akan tetapi masih terjadi mesin rusak sebelum adanya pemeliharaan yang dijadwalkan oleh pihak perusahaan. Akibatnya terjadi corrective maintenance yang akan menimbulkan kerugian yang tidak sedikit.	RCM	Dari rekapitulasi data kerusakan mesin pembangkit terdapat 32 kali downtime selama periode 1 tahun dari bulan maret 2019 – februari 2020. Hasil pendefinisian sistem terdapat 10 komponen kritis (downtime) yaitu komponen Motor Diesel, Load Gear, Turbin, Fuel Gas Sistem, IGV, Trafo, Filter, Racet, Radiator, dan PS. Penentuan deskripsi sistem pada mesin pembangkit dilihat dari jumlah downtime kerusakan komponen yaitu komponen motor diesel dengan jumlah sebanyak 13 kerusakan dan total waktu downtime sebanyak 4140 menit.
3	Perancangan Sistem Perawatan Mesin dengan Metode Reliability Centered Maintenance (RCM) dan Maintenance Value Stream Mapping (MVSM)	Gray Miller Damanik	Fakultas Teknologi Pertanian Universitas Jember	Adapun persoalan teknis meliputi kegiatan-kegiatan yang dapat menimbulkan kemacetan yang disebabkan oleh kondisi fasilitas produksi yang tidak baik, sedangkan persoalan ekonomis menyangkut bagaimana usaha yang harus dilakukan agar kegiatan pemeliharaan dapat dilakukan secara efektif dan efisien.	RCM, MVSM	perancangan sistem perawatan mesin menggunakan metode RCM dan MVSM telah berhasil dilakukan dan menghasilkan jadwal pergantian komponen kritis dan urutan aktivitas perawatan mesin yang lebih efisien. Efisiensi perawatan aktual komponen V-Belt yaitu sebesar 9,25% sedangkan efisiensi perawatan usulan sebesar 36,42%. Hasil tersebut meningkat sebesar 27,18% dari perawatan aktual. Perancangan sistem

No	Judul Penelitian	Peneliti	Sumber	Permasalahan	Metode	Hasil Penelitian
	(Studi Kasus PT Perkebunan Sentool Zidam V/Brawijaya Jember)					perawatan mesin menggunakan metode MVSM menunjukkan bahwa terjadi peningkatan aktivitas yang memberikan nilai tambah sebesar 18,29% dan penurunan aktivitas yang tidak memberikan nilai tambah sebesar 19,37%.
4	Perencanaan Pemeliharaan Mesin Produksi Dengan Menggunakan Metode Reliability Centered Maintenance (RCM) II Pada Mesin Blowing OM (Studi Kasus: PT Industri Sandang Nusantara Unit Patal Lawang)	Irawan Harnadi Bangun, Arif Rahman, Zefry Darmawan	Jurusan Teknik Industri Universitas Brawijaya Jalan MT. Haryono 167, Malang 65145, Indonesia	Mesin-mesin produksi yang sudah tua adalah salah satu penyebab utama tingginya downtime. Tingginya downtime pada mesin merupakan masalah yang rata-rata dihadapi perusahaan sekarang ini. Kondisi ini tentu akan mengakibatkan proses produksi pada perusahaan menjadi tidak efisien (Bangun, Rahman and Darmawan, 2018)	RCM	1. Hasil pemilihan komponen kritis mesin Blowing OM dapat diketahui bahwa komponen flat belt dan spike lattice merupakan komponen kritis yang menjadi penyebab utama dari masalah breakdown mesin Blowing OM. Komponen flat belt berkontribusi menyebabkan breakdown 176 kali, sedangkan komponen spike lattice sebesar 70 kali dalam kurun waktu 3 tahun. 2. Dari hasil analisis interval perawatan optimal dari masing-masing komponen Pada komponen flat belt dengan jenis kerusakan permukaan karet flat belt tidak rata memiliki interval perawatan optimal sebesar 510 jam dengan TC Rp 7.973.519,82.
5	Manajemen Perawatan Menggunakan Metode RCM Pada Mesin Produksi Kertas	Hery Hamdi Azwir, Arri Ismail Wicaksono, Hirawati Oemar	JURNAL OPTIMASI SISTEM INDUSTRI - VOL. 19 NO. 1 (2020) 12-21 ISSN (Print) 2088-4842 ISSN (Online) 2442-8795	Usulan metode RCM dalam penelitian ini menjadi hal yang penting. Tujuan penelitian ini adalah (1) Mengetahui komponen-komponen kritis pada PM2 karena memiliki downtime tertinggi; (2) Mengetahui tingkat reliability suatu komponen berdasarkan data histori perbaikan PM2; (3) Menentukan penjadwalan perawatan mesin yang tepat pada pada PM2; (4) Mengetahui perbandingan biaya jika dilakukan penjadwalan perbaikan mesin.	RCM	Setelah dilakukan analisis menggunakan metode Reliability Centered Maintenance (RCM) maka diperoleh informasi terkait Paper machine 2 seperti bagian-bagian penyusun mesin beserta fungsi dari bagian mesin tersebut (FBD), hubungan antara tiap-tiap bagian mesin (FTA), efek jika terjadi kerusakan pada salah satu bagian mesin (FMEA), dan bagian kritis pada mesin yang perlu dilakukan perbaikan yaitu press section (Pareto chart). Berdasarkan data yang didapatkan, diketahui bahwa press section merupakan bagian kritis dari PM2 yang memiliki kontribusi terbesar terhadap kerusakan mesin yaitu sebesar 35,7 %.
6	Usulan Perencanaan Perawatan Mesin	Elisa Nadia Arinta	Program Studi	PT. Tanjung Jati B Unit 1 PLTU Jepara salah satu pembangkit listrik yang sudah melakukan	RCM, Age	1. (RPN) tertinggi pada setiap komponen mesin Submerged Scraper Chain Conveyor (SSCC) bahwa

No	Judul Penelitian	Peneliti	Sumber	Permasalahan	Metode	Hasil Penelitian
	Dengan Metode Reliability Centered Maintenance (Rcm) Dan Age Replacement Pada Mesin Submerged Scraper Chain Conveyor (SSCC) (Studi Kasus : PT. TANJUNG JATI B UNIT 1 PLTU Jepara)		Teknik Industri Fakultas Teknologi Industri Universitas Islam Indonesia Yogyakarta	perhitungan untuk perawatan berkala tetapi belum menerapkan perawatan secara berkala dengan tindakan (preventive maintenance) dimana pemeliharaan yang dilakukan secara terjadwal dikarenakan tindakan (preventive maintenance) meminimalisir kegagalan. Umumnya secara periodik, dimana sejumlah kegiatan seperti inspeksi dan perbaikan, penggantian, pembersihan, pelumasan, penyesuaian, dan penyamaan dilakukan (Arinta, 2020)	Replace ment	komponen chain yang dimana $severity*occurrence*number$ dengan $8 \times 8 \times 3 = 192$. 2. Time Direct (TD) atau Preventive Maintenance (PM) Time Direct (TD) atau Preventive Maintenance (PM) terdapat 5 komponen mengalami tindakan perawatan yang dilakukan secara langsung terhadap sumber kerusakan dengan didasari umur ataupun waktu dari komponen. 3. Pada interval kerusakan dan perbaikan mesin Submerged Scraper Chain Conveyor (SSCC) bahwa Mean Time To Failure (MTTF) didapat sebesar 161217,4793 menit atau 2.686,96 jam.
7	Perencanaan Perawatan Pada Unit Kompresor Tipe Screw Dengan Metode RCM di Industri Otomotif	Agustinus Dwi Susanto, Hery Hamdi Azwir	JURNAL ILMIAH TEKNIK INDUSTRI ISSN: 1412-6869 (Print), ISSN: 2480-4038 (Online) Journal homepage: http://journals.ums.ac.id/index.php/jiti/index doi: 10.23917/jiti.v17i1.5380	Apabila terjadi kegagalan pada mesin kompresor maka dapat mengganggu kinerja mesin produksi bahkan dapat menyebabkan terhentinya proses produksi.	RCM	(1) Komponen kritis adalah: Kompresor 4 komponen motor drive, kompresor 8 komponen screw dan v-belt, kompresor 10 komponen motor fan, kompresor 5 komponen v-belt sparator, kompresor 16 komponen suction regulating valve, piping cooling, sparator, dan kompresor 6 komponen vbelt separator. (2) Menurunnya waktu downtime mesin yang dikarenakan tindakan penggantian komponen dan pemeriksaan sebelum terjadi kerusakan (3) Interval perawatan dan kebijakan perawatan mengacu pada bahasan Penentuan Interval Perawatan dan Penjadwalan ManPower Utility dan Rancangan Kebijakan Perawatan di bagian Hasil dan Pembahasan. (Susanto and Azwir, 2018)
8	Perencanaan Pemeliharaan Mesin	Supriyadi Supriyadi,	JISI: Jurnal Integrasi	Komponen kritis mesin centrifugal pada perusahaan gula dengan pendekatan Reliability		"Berdasarkan hasil pengolahan data yang dilakukan bahwa komponen kritis yang ada

No	Judul Penelitian	Peneliti	Sumber	Permasalahan	Metode	Hasil Penelitian
	Centrifugal Dengan Menggunakan Metode Reliability Centered Maintenance Pada Perusahaan Gula Rafinasi	Resa Miftahul Jannah, Rizal Syarifuddin	Sistem Industri Volume 5 No 2 Agustus 2018	Centered Maintenance (RCM). (Supriyadi, Jannah and Syarifuddin, 2018)		pada mesin centrifugal adalah charge valve no 2 yang mempunyai komponen shaft, blade, EPDM dan akuator. EPDM dan seal kit pada akuator merupakan prioritas perbaikan berdasarkan nilai task selection dalam risk priority number. Nilai tertinggi tersebut masuk dalam tingkat adequate maintenance (336). Perbaikan kebijakan perawatan berdasarkan RCM mendapatkan adanya perubahan task yang signifikan yaitu 2 Condition Directed , dan 4 Failure Finding dari sebelumnya 6 Run to Failure. Penelitian ini dapat diteruskan dengan perancangan jadwal perawatan terencana sehingga potensi kegagalan dapat diidentifikasi sedini mungkin." (Supriyadi, Jannah and Syarifuddin, 2018)
9	Perencanaan Pemeliharaan Mesin Produksi Dengan Menggunakan Metode Reliability Centered Maintenance (RCM) (Studi Kasus: PT. S)	Dwi Prasetya, Ika Widya Ardhyani	JISO: Journal Of Industrial And Systems Optimization Vol. 1, No.1, Desember 2018, 7-14	Masih tingginya downtime mesin produksi pipa baja sehingga menyebabkan kurang optimalnya hasil produksi dan menimbulkan kerugian bagi perusahaan. (Prasetya and Ardhyani, 2018)	RCM	Analisa Preventive maintenance didapatkan interval perawatan optimal untuk 11 komponen kritis diatas sebagai berikut: a. Interval perawatan komponen bearing drive roll accumulator yaitu 504,65 jam (21 hari). b. Interval perawatan komponen selang yaitu 7911,3 jam (329 hari). c. Interval perawatan komponen shaft gergaji yaitu 956,68 jam.
10	Evaluasi Manajemen Perawatan dengan Metode Reliability Centered Maintenance (RCM) II pada Mesin Cane Cutter 1 dan 2 di Stasiun Gilingan PG Meritjan - Kediri	Cahyo Purnomo Prasetyo	Jurnal Ilmiah Rekayasa Volume 10 No 2, Oktober 2017 Hlm. 99-107 ISSN 0216-9495 (Print) ISSN 2502-	Kondisi mesin produksi yang aus harus segera diatasi. Dan keberadaan sistem perawatan mesin produksi pabrik gula yang baik adalah sangat penting. Karena kerusakan mesin yang dapat terjadi sewaktu-waktu tidak hanya akan dapat menyebabkan berhentinya proses produksi, namun juga mengancam keselamatan kerja karyawan.	RCM II	1.Untuk mengantisipasi dan mengatasi kegagalan yang terjadi pada komponen mesin Cane Cutter 1 dan 2 adalah proactive task yang meliputi: scheduled restoration task dan scheduled discard task. 2. Rata-rata penurunan biaya perawatan total yang didapatkan dengan mengurangi 'biaya total pada interval perawatan awal' dan 'biaya total pada interval perawatan optimal' adalah 14,82 %. (Prasetyo, 2017)

No	Judul Penelitian	Peneliti	Sumber	Permasalahan	Metode	Hasil Penelitian
			5325 (Online)			
11	Perancangan Penjadwalan Perawatan Mesin Sewing Dengan Metode Reliability Centered Maintenance (RCM II) di PT Apparel One Indonesia	Muhammad Fikri Sahal, Akhmad Syakhroni, S T., M.Eng, Dr. Novi Marlyana, S T., MT	Prosiding KONFERE NSI ILMIAH MAHASIS WA UNISSULA (KIMU) 2 Universitas Islam Sultan Agung Semarang, 18 Oktober 2019 ISSN. 2720-9180	Pada proses produksi sering kali mengalami kendala diantaranya mesin jahit mengalami kerusakan ditengah produksi yang mengakibatkan proses selanjutnya mengganggu. hambatan tersebut mengakibatkan tidak terpenuhinya target. Lamanya perbaikan pada satu mesin membuat downtime mesin tinggi. (Fikri Sahal and Syakhroni, 2019)	RCM II	1. Pada mesin <i>sewing</i> terdiri dari 4 mesin diantaranya mesin <i>single needle</i> , mesin <i>overlock</i> , mesin <i>overdeck</i> dan mesin <i>kansai</i> . Berdasarkan dari total <i>downtime</i> , frekuensi, lamanya <i>downtime</i> dan prosentase <i>downtime</i> , dari 4 mesin selama bulan maret 2018 sampai dengan oktober 2018. Pada mesin <i>single needle</i> dengan total <i>downtime</i> sebesar 4794 jam, frekuensi 9267 kali, dan prosentase <i>downtime</i> sebesar 3,9%. Pada mesin <i>overlock</i> dengan total <i>downtime</i> sebesar 4209 jam, frekuensi 9800 kali dan prosentase <i>downtime</i> sebesar 3,6 %. Pada mesin <i>overdeck</i> dengan total <i>downtime</i> sebesar 3195 jam, frekuensi 6458 kali dan prosentase <i>downtime</i> sebesar 2,5 %. Pada mesin <i>kansai</i> dengan total <i>downtime</i> sebesar 2275 jam, frekuensi 5222 kali dan prosentase <i>downtime</i> sebesar 3,1 %.
12	Penentuan Strategi Perencanaan Perawatan Pada Mesin Pulverizer Boiler Dengan Metode Reliability Centered Maintenance (RCM II) (Studi Kasus : PT. TJB Power Services)	ARIFIN EDO KURNIAWAN, Akhmad Syakhroni, ST., M.Eng, Nuzulia Khoiriyah, ST., MT	DEPARTM ENT OF INDUSTRIAL ENGINEERING FACULTY OF INDUSTRIAL TECHNOLOGY UNIVERSITAS ISLAM	Pada tahun 2018 tercatat bahwa tingkat Equivalent Availability Factor (EAF) Unit 1 sebesar 89,45% dan Unit 2 sebesar 93,76% yang semula targetnya 100%. Sedangkan pada tahun 2019 tingkat Equivalent Availability Factor (EAF) pada Unit 1 meningkat menjadi 95,60% dan pada Unit 2 mengalami penurunan menjadi 88,12	RCM II	1. Berdasarkan hasil analisa dengan menggunakan metode Failure Mode and Effect Analysis (FMEA) diperoleh data kegagalan yang memiliki nilai Risk Priority Number (RPN) tertinggi antara lain pada equipment coal pipe dengan nilai RPN 105, kedua pada equipment pyrite dengan nilai RPN 105, ketiga pada equipment hydraulic dengan nilai RPN 96, keempat dan kelima adalah equipment upper gate dan lower gate dengan nilai RPN masing-masing 63. Dari hasil analisa FMEA, equipment-equipment tersebut merupakan prioritas untuk dilakukannya tindakan perawatan lebih lanjut.

No	Judul Penelitian	Peneliti	Sumber	Permasalahan	Metode	Hasil Penelitian
			SULTAN AGUNG SEMARAN G APRIL 2020			

Sumber : Berbagai Jurnal Yang diolah 2022



Pemeliharaan mesin merupakan faktor penting yang menentukan kaandalan suatu mesin untuk dioperasikan dalam jangka waktu tertentu. Produktivitas mesin yang optimal seringkali tidak tercapai jika pemeliharaan mesin tidak dilakukan dengan tepat dan terstruktur. Salah satu hal terpenting dan utama yaitu kompetensi sumber daya manusia memadai, oleh karena itu peningkatan kemampuan SDM harus menjadi perhatian penting.

Adapun tujuan perawatan dan pemeliharaan adalah mengupayakan agar suatu peralatan atau sistem dapat bekerja secara optimal dan mampu dioperasikan dalam jangka waktu tertentu secara kontinu sesuai dengan rencana tanpa mengalami gangguan atau kerusakan. Berbagai sistem manajemen perawatan (Maintenance Management) sudah banyak digunakan dan diaplikasikan sehingga dihasilkan efektifitas perawatan mesin yang tinggi. Dalam pemeliharaan suatu sistem peralatan perlunya memperhatikan jenis dan metode yang digunakan dalam perawatan tersebut. Penentuan jenis perawatan seringkali mempertimbangkan beberapa hal seperti kondisi kerja peralatan, sumber daya manusia, biaya perawatan dan spesifikasi alat itu sendiri.

Berikut ini merupakan jenis metode dan manajemen pemeliharaan pada suatu peralatan dan sistem.

2.1.1 Reactive Maintenance (Breakdown Maintenance)

Reactive maintenance (*breakdown maintenance*) Juga dikenal sebagai *corrective*, *breakdown* atau *run-to-failure*. Pemeliharaan reaktif cukup sederhana yaitu memperbaiki komponen atau mesin saat terjadi kerusakan. Karena perbaikan tidak direncanakan, reactive maintenance adalah metode yang digunakan pada peralatan yang tidak membutuhkan pemeliharaan khusus atau untuk operasi berbiaya rendah (jarang digunakan atau duplikasi fungsi peralatan lain).

Meskipun membutuhkan perencanaan yang sangat minimal, namun kelemahan dari pemeliharaan reaktif dapat menjadi hal serius jika tidak dilakukan dengan tepat. Jika metode pemeliharaan ini digunakan untuk semua peralatan, dapat terjadi masalah sangat besar ketika salah satu bagian penting dari mesin mengalami kegagalan atau rusak.

2.1.2 Preventive Maintenance (*Scheduled Maintenance*)

Pemeliharaan preventif adalah metode pemeliharaan yang melibatkan pemeriksaan atau perbaikan secara berkala pada selang interval waktu yang telah ditentukan (biasanya berbasis waktu atau kondisi tertentu). Tujuan dari metode pemeliharaan preventif adalah untuk memperpanjang masa pakai suatu komponen atau mesin, selain itu mencegah terjadinya kerusakan.

Karena perencanaan dan penjadwalan pemeliharaan sudah dilakukan sebelumnya, sehingga jauh lebih dalam penanganan suatu bagian dan sumber daya yang tepat untuk menyelesaikan setiap tugas pemeliharaan. Seperti halnya semua jenis pemeliharaan, ada potensi kerugian jika hanya mengandalkan pemeliharaan preventif. Jika jadwal pemeliharaan preventif tidak secara teratur dipantau, diaudit, dan ditingkatkan, maka dapat terjadi tugas yang tidak perlu dan menghabiskan waktu serta pengeluaran yang meningkat. Oleh karena itu jika program pemeliharaan preventif digunakan, maka harus sejalan dengan optimalisasi pemeliharaan preventif tersebut.

2.1.3 Pemeliharaan Prediktif (*Predictive Maintenance*)

Pemeliharaan prediktif (*Predictive Maintenance*) adalah metode pemeliharaan sistem yang bertujuan untuk memprediksi kemungkinan terjadinya kegagalan sehingga pemeliharaan yang tepat dapat dilakukan pada waktu yang tepat sebelum terjadinya kegagalan. Pemeliharaan prediktif menggunakan parameter berupa data yang diterima dari sensor mesin dan teknologi pintar untuk memberi peringatan ketika sebuah komponen atau sistem berisiko mengalami kerusakan. Misalnya, sensor yang menggunakan analisa getaran untuk memberi peringatan bahwa terdapat komponen yang berisiko rusak, kemudian akan dimatikan, diperiksa, dan diperbaiki atau dilakukan pemeliharaan sesuai kebutuhan.

Keuntungan dari metode pemeliharaan prediktif adalah potensi penghematan biaya operasional pemeliharaan karena meminimalisir jam kerja yang dihabiskan untuk proses pemeliharaan, dan menambah lebih banyak informasi tentang kinerja dan potensi masalah yang timbul pada sistem sehingga dapat dilakukan antisipasi secara efektif. Selain itu, karena data dan informasi diperoleh dari sensor atau teknologi pintar, sehingga pemeliharaan ditentukan oleh kondisi aktual sistem,

daripada jadwal pemeliharaan atau bahkan sebatas pengamatan.

Karena parameter yang digunakan sangat bergantung pada data dan teknologi tinggi, sehingga dibutuhkan investasi awal yang cukup besar dalam pembuatan sistem dan untuk memastikan pendekatan pemeliharaan prediktif ini dapat berkembang. Hal lain yang perlu diperhatikan dalam pemeliharaan prediktif adalah harus terlebih dahulu membangun proses dan sistem yang disediakan oleh pemeliharaan preventif secara baik untuk membuat rencana sistem pemeliharaan prediktif yang efektif.

2.1.4 Pemeliharaan Berbasis Keandalan (*Reliability-Centred Maintenance*)

Pemeliharaan keandalan (*Reliability-centred maintenance*) atau biasa disebut dengan RCM adalah proses dengan keterlibatan tinggi dengan menganalisis semua mode kegagalan yang mungkin terjadi pada setiap komponen dengan menyesuaikan rencana perawatan untuk setiap mesin. Tujuan akhir dari pemeliharaan RCM adalah untuk meningkatkan ketersediaan atau keandalan suatu peralatan dan sistem.

RCM merupakan metode pemeliharaan yang kompleks karena setiap peralatan harus dianalisis dan diprioritaskan berdasarkan kekritisan dan kemungkinan terburuk yang dapat terjadi. Aset atau komponen yang paling kritis adalah yang cenderung sering mengalami kegagalan atau akan mengakibatkan masalah besar jika terjadi kegagalan dan tidak dilakukan pemeliharaan dengan tepat. Karena setiap komponen dan peralatan dianalisis, kemungkinan hasil akhir dari upaya pemeliharaan RCM adalah memiliki rencana pemeliharaan yang berbeda yang dapat dilakukan pada peralatan.

Metode pemeliharaan RCM sangat canggih dan membutuhkan teknologi dan sistem yang kompleks, karena sistem ini membutuhkan divisi pemeliharaan yang sangat matang yang telah menguasai pencegahan, inspeksi dasar, pemeliharaan preventif, pemeliharaan prediktif, dan memiliki akses ke banyak data yang terdapat pada sistem.

2.1.5 Perbandingan Metode Pemeliharaan

Dalam pemilihan metode dan manajemen pemeliharaan yang tepat perlunya mengkaji kebutuhan, kondisi sistem dan sumber daya yang dimiliki. Untuk memudahkan dalam membandingkan kelebihan, kekurangan dan beberapa aspek

penting dalam manajemen pemeliharaan, berikut ini merupakan tabel perbandingan jenis metode pemeliharaan.

Tabel 2. 2 Perbandingan Metode Perawatan Mesin

No	Metode	Keterangan	Biaya	Kelebihan	Kekurangan
1	<i>Corrective/ Reactive</i>	Pemeliharaan setelah terjadi kerusakan	Rendah diawal tetapi bisa menjadi sangat tinggi jika terjadi kerusakan fatal	Ideal untuk peralatan dengan prioritas rendah	Dapat menyebabkan biaya perbaikan tak terkendali
2	<i>Preventive</i>	Pemeliharaan dengan jadwal yang telah ditentukan	Sedang diawal tetapi mengurangi kemungkinan kerusakan fatal	Strategi terbaik untuk diterapkan tanpa keahlian khusus	Menjadi tidak efektif (waktu dan biaya) jika tidak disertai dengan optimasi
3	<i>Predictive</i>	Pemeliharaan berbasis data kondisi kerja actual	Tinggi diawal tetapi menghindari kerusakan fatal	Pemantauan tepat waktu dan terinformasi. Lebih banyak wawasan tentang penyebab kerusakan	Biaya yang tinggi untuk pengadaan awal
4	RCM	Investigasi mode kegagalan untuk menentukan strategi pemeliharaan terbaik	Sangat Tinggi diawal tetapi kerusakan fatal sangat jarang terjadi	Jika dijalankan dengan benar, merupakan manajemen pemeliharaan yang paling efisien	Membutuhkan waktu, keterampilan, dan sumber daya keuangan yang tinggi

Sumber: Damanik, 2020

2.2 Landasan Teori

2.2.1 Perawatan (*Maintenance*)

Perawatan merupakan kombinasi berbagai tindakan yang dilakukan guna mempertahankan atau memperbaiki hingga mencapai keadaan barang yang dapat

diterima (Corder, 1992). Sedangkan menurut (Assauri, 1993) perawatan merupakan suatu kegiatan memelihara suatu fasilitas dalam perusahaan dan mengadakan perbaikan sesuai dengan apa yang direncanakan. Maintenance atau perawatan menurut (Wati, 2009) adalah semua tindakan teknik dan administratif yang dilakukan untuk menjaga agar kondisi mesin/peralatan tetap baik dan dapat melakukan segala fungsinya dengan baik, efisien, dan ekonomis sesuai dengan tingkat keamanan yang tinggi.

Berdasarkan tersebut, perawatan dapat didefinisikan sebagai kegiatan memelihara suatu fasilitas, mesin dan peralatan di perusahaan. Selain itu juga melakukan perbaikan dan penggantian yang disesuaikan dengan keperluan agar sistem produksi berjalan memuaskan. Perawatan menurut (Ebeling, 1997) dalam jurnal (Rio, 2013) adalah probabilitas bahwa suatu komponen atau sistem yang rusak akan diperbaiki dan penentuan nilai akhir, suatu jangka waktu tertentu, dimana perawatan dilakukan sesuai dengan prosedur yang seharusnya.

2.2.2 Jenis Perawatan

Terdapat 2 jenis tindakan utama pada perawatan ;

1. Pemeliharaan Pencegahan (*Preventive Maintenance*). Pemeliharaan pencegahan dilakukan guna memperpanjang umur sistem atau meningkatkan kehandalan dari sistem tersebut.
2. Pemeliharaan Perbaikan (*Corrective Maintenance*). Pemeliharaan yang terdiri dari tindakan mengembalikan kondisi sistem atau produk yang rusak atau gagal beroperasi kembali ke kondisi beroperasi.

2.2.3 Metode Penjadwalan Perawatan

Sistem penjadwalan yang baik akan menunjang kelancaran dalam penyelesaian suatu pekerjaan. Karena itu jadwal harus dibuat oleh orang yang cermat dalam mempertimbangkan segala sesuatunya yang berkaitan, karena tugasnya adalah menyiapkan susunan pekerjaan, menetapkan waktu dan saat penyelesaian, membuat rencana kerja dan sebagainya.

2.2.4 Tujuan Maintenance

Pada tahun 1996, menurut Hadi secara umum berpendapat bahwa perawatan memiliki tujuan (Hadi, 1996):

1. Terjaminnya mutu produksi serta tingkat kepuasan customer dengan penyesuaian, pelayanan dan pengoperasian peralatan secara tepat.
2. Memaksimalkan kegunaan sistem
3. Menjaga sistem tetap aman dan mencegah dari gangguan keamanan yang terus berkembang.
4. Meminimumkan frekuensi dan tingkat gangguan proses operasi.
5. Meminimumkan biaya produksi secara keseluruhan atau total yang berhubungan dengan service dan perbaikan.
6. Memaksimalkan produksi dengan sistem yang telah ada.
7. Menyediakan tenaga kerja, fasilitas, dan metode agar dapat mengoperasikan kegiatan perawatan.

2.2.5 Reliability Centered Maintenance (RCM)

Metode *Reliability Centered Maintenance* (RCM) menurut (Moubray, 1997) dalam jurnal Rio (2013) adalah metode pemeliharaan yang menentukan langkah-langkah yang harus diambil untuk menjamin peralatan bekerja sesuai dengan fungsinya. Metoda RCM meliputi pembuatan kegagalan fungsi yang kemudian akan dicari mode kerusakannya.

2.2.6 Akibat Kerusakan Menurut RCM

Kegagalan fungsi didefinisikan sebagai ketidakmampuan untuk memenuhi fungsi, poin pertama adalah kegagalan untuk memenuhi fungsi primer. Poin kedua adalah kegagalan untuk fungsi sekunder. Selain dari kedua kegagalan tersebut juga ada yang dinamakan kegagalan tersembunyi. Kegagalan tersembunyi adalah kegagalan yang dalam kondisi kerja normal tidak tampak.

Akibat kerusakan menurut *Reliability Centered Maintenance* dapat dikelompokkan menjadi empat bagian:

- a. Akibat terhadap kerusakan tersembunyi.
- b. Akibat terhadap keselamatan operator dan lingkungan kerja
- c. Akibat terhadap proses produksi
- d. Akibat terhadap non produksi

2.2.7 Karakteristik RCM

Karakteristik RCM yaitu:

- a. Menjaga fungsi sistem peralatan, bukan hanya menjaga peralatan agar tetap bekerja.
- b. Mengetahui fungsi sistem berarti mengetahui keluaran yang menjadi tujuan sistem dan dengan demikian dapat direncanakan tindakan perawatan untuk menjaga keluaran sistem sesuai dengan unjuk kerja yang dimiliki peralatan.
- c. Mengidentifikasi mode kerusakan spesifik dalam bagian-bagian peralatan yang potensial menghasilkan kerusakan fungsi sistem.
- d. Membuat prioritas perawatan dari mode kerusakan yang terjadi. Prioritas ini berdasarkan mode kerusakan yang memberikan kontribusi terbesar dalam sistem akan mendapat prioritas tertinggi

2.2.8 System Description and Functional Block Diagram (FBD)

Functional Block Diagram merupakan diagram yang berbentuk blok-blok yang menjelaskan mengenai fungsi dari setiap komponen beserta hubungan dari komponen satu dengan yang lainnya sehingga dapat terlihat dengan jelas pengaruh antar komponen, diagram ini juga merupakan operasi fungsi logika.

Deskripsi sistem digunakan untuk mengidentifikasi komponen-komponen yang ada dalam desain sistem dan bagaimana komponen-komponen tersebut dapat beroperasi (Prasetya and Ardhyani, 2018). Proses utama dalam pembuatan pipa ERW/HFW dimana Slit Coil atau Strip Coil dibentuk secara bertahap melalui sejumlah rangkaian roll dengan metode cold forming hingga berbentuk silindris kemudian dilakukan pengelasan secara otomatis dengan prinsip Electrical Induction pada frekuensi tinggi. Saat pengelasan, terdapat dua perlakuan terhadap pipa yaitu heating dan pressing. Panas dihasilkan oleh induksi arus listrik berfrekuensi tinggi. Bagian-bagian penting dari proses mill: strip joint, accumulator, forming, welding, sizing, cutt-off & run out.

Tabel 2. 3 Typical RCM System Analysis Form

RCM System Analysis (system description)		
Date:	Plant:	Location:
System Name:	RCM Analyst(s):	
System ID: -	1.	
System Location: Mesin Genset	2.	

Functional Description	
Key Parameters	
Key equipment	
Redundancy	
Safety Features	

Sumber : Smith & Glenn R. Hoinchcliffe, 2004

2.2.9 System Functional and Functional Failure

Function merupakan kinerja yang diharapkan oleh suatu sistem untuk dapat beroperasi. Sedangkan *Functional Failure* adalah ketidak sanggupan suatu komponen untuk memenuhi standard kerja atau tidak bisa bekerja dengan semestinya. Data tersebut kemudian dimasukkan pada tabel *System Functional and Functional Failure* yang ditunjukkan pada tabel 2.4

Tabel 2. 4 *System Functional and Functional Failure Form*

:	<i>system functional and functional failure</i>				
:	<i>functional and functional failure</i>				
:		Analys :			
:		Date :			
:					
No	Nama Item	<i>Functions (F)</i>		<i>Failure Function (FF)</i>	
		Kode	Fungsi	Kode	Kegagalan Fungsi
1.		1.1		1.1.1	
				1.1.2	
2.		1.2		1.2.1	
				1.2.2	

Sumber : Smith & Glenn R. Hoinchcliffe, 2004

2.2.10 Failure Mode and Effect Analysis (FMEA)

Menurut Bangun (2014) *Failure Mode and Effect Analysis* adalah metode yang digunakan untuk mengidentifikasi bentuk kegagalan yang mungkin menyebabkan setiap kegagalan fungsi dan untuk memastikan pengaruh kegagalan

berhubungan dengan setiap bentuk gagasan. Untuk mengidentifikasi penyebab kegagalan tertinggi pada setiap kegagalan yang terjadi pada komponen, maka dilakukan analisa dengan menggunakan metode FMEA dengan beberapa tahapan yaitu:

- a. Identifikasi Kegagalan (*Failure*)
- b. Identifikasi Fungsi Kegagalan Mesin (*Function Failure*)
- c. Identifikasi Penyebab Kegagalan (*Failure Mode*)
- d. Identifikasi Efek dari Kegagalan (*Failure Effect*)
- e. Perhitungan *Severity* (S)
- f. Perhitungan *Occurance* (O)
- g. Perhitungan *Detection* (D)
- h. Perhitungan *Risk Priority Number* (RPN)

Severity berguna sebagai penunjuk dampak buruk yang terjadi karena adanya kegagalan. Dampak dilihat dari tingkat kerusakan alat, lamanya downtime dan seberapa parah cedera yang dialami operator. *Occurency* merupakan suatu penilaian dengan memberikan tingkatan dari suatu sebab kerusakan yang terjadi secara mekanis dari peralatan yang diteliti. Dari tingkatan tersebut dapat diketahui kemungkinan dan tingkat seringnya terjadi kerusakan. *Detection* merupakan tingkat pengukuran terhadap kemampuan dalam pengendalian atas kegagalan yang terjadi. Nilai RPN menunjukkan keseriusan dari potensi kegagalan, semakin tinggi nilai RPN maka menunjukkan semakin bermasalah. Rumus RPN adalah sebagai berikut:

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

Failure mode and effect analysis (FMEA) sebuah metode untuk mengenali mode kerusakan pada setiap sistem dan mengevaluasi desain sistem dan menganalisis dampaknya keandalan dalam suatu komponen. FMEA adalah sebuah metode yang digunakan untuk menganalisis kegunaan dalam komponen dan penyebab terjadinya suatu kegagalan, sehingga dapat mencapai kegunaan dan melindungi desain kompone dan operasi. (Smith and Glenn R. Hoinchcliffe, 2004).

Kegiatan FMEA mencakup banyak hal, seperti menganalisis kerusakan komponen, penyebab kerusakan, dan akibat kerusakan pada setiap komponen suatu

sistem, yang dapat ditulis pada lembar kerja FMEA. Melalui analisis ini, kami dapat menentukan komponen utama yang paling banyak mengalami kegagalan dan dampaknya terhadap fungsi sistem, sehingga kami dapat mengatasi komponen utama melalui perawatan yang tepat. Berikut ini adalah contoh mode kegagalan dan tabel analisis dampak.

Tabel 2.3 *Failure Mode Effect Analysis*

No	Equipment	Function	Kode	Functional Failure	Failure Mode	Effect of Failure	S	O	D	RPN

Sumber : Smith & Glenn R. Hoinchcliffe, 2004

Pada tabel di atas, peralatan dilengkapi sebagai komponen sistem, kolom fungsi dilengkapi dengan fungsi komponen selama operasi, dan kegagalan fungsi selesai pada kegagalan fungsi. Mode kegagalan meliputi penyebab kegagalan yang mungkin terjadi. Efek kerusakan penuh dengan efek atau akibat dari suatu kerusakan. Dan SOD adalah keparahan (S), kejadian (O), dan deteksi (D). Untuk hasil RPN dapat ditentukan dengan rumus :

Nilai RPN dapat menghasilkan tingkat kepentingan dalam komponen

$$\mathbf{RPN = S \cdot O \cdot D} \dots\dots\dots (4)$$

yang memiliki nilai risiko lebih tinggi sehingga perlu perawatan khusus melalui perbaikan. Berikut adalah penyusunan RPN :

1. *Severity*

Mendefinisikan efek terburuk yang disebabkan oleh kerusakan. efek ini dapat dilihat berdasarkan level kegagalan suatu komponen, level cedera pengguna, dan lamanya waktu henti.

Tabel 2. 5 *Level Severity*

Tingkatan Severity	Akibat (Effect)	Kriteria Verbal	Akibat Pada Produksi
1	Tidak ada akibat	Tidak mengakibatkan apapun (tidak ada akibat), penyesuaian diperlukan	Operasi terkendali
2	Akibat sangat ringan	Mesin tetap dapat beroperasi dan keadaan aman, hanya terdapat sedikit gangguan kecil. Serta hanya terdapat gangguan kecil pada peralatan. Akibat dapat diketahui hanya oleh operator yang berpengalaman	Proses terkendali, hanya sedikit penyesuaian
3	Akibat ringan	Mesin tetap dapat beroperasi dan keadaan aman, hanya terdapat sedikit gangguan kecil. Serta hanya terdapat gangguan kecil pada peralatan. Akibat dapat diketahui oleh semua operator	Prosesnya di luar kendali dan membutuhkan cukup adaptasi.
4	Akibat <i>minor</i>	Mesin tetap beroperasi dan dalam keadaan aman, tetapi menimbulkan beberapa kegagalan atau kecacatan pada produk. Operator merasa tidak puas akibat kinerja yang berkurang	<i>Downtime</i> dibawah dari 30 menit atau tidak ada waktu pembuatan yang hilang
5	Akibat <i>Moderat</i>	Mesin tetap beroperasi dan dalam keadaan aman, tetapi menimbulkan beberapa kegagalan atau kecacatan pada produk. Operator merasa tidak puas akibat kinerja yang berkurang	<i>Downtime</i> 30 sampai 60 menit
6	Akibat Signifikan	Mesin tetap beroperasi dan dalam keadaan aman, tetapi menimbulkan kegagalan atau kecacatan pada produk. Operator merasa sangat tidak puas dengan kinerjanya sendiri	<i>Downtime</i> 1 sampai 2 jam
7	Akibat <i>Major</i>	Mesin tetap beroperasi dan dalam keadaan aman, tetapi tidak dapat dijalankan secara penuh. Operator merasa sangat tidak puas	<i>Downtime</i> 2 sampai 4 jam
8	Akibat Ekstrem	Mesin tidak dapat beroperasi, mesin telah kehilangan fungsi utama mesin	<i>Downtime</i> 4 sampai 8 jam

Tingkatan Severity	Akibat (Effect)	Kriteria Verbal	Akibat Pada Produksi
9	Akibat Serius	Mesin gagal dalam beroperasi, dan tidak memenuhi standart keselamatan kerja	Downtime lebih 8 jam
10	Akibat berbahaya	Mesin tidak layak untuk dioperasikan, karena dapat menimbulkan kecelakaan kerja secara tiba-tiba, dan tidak memenuhi standart keselamatan kerja	Downtime lebih 8 jam

Sumber : Smith & Glenn R. Hoinchcliffe, 2004

2. Occurency

Occurency adalah tingkat frekuensi kegagalan komponen.

Tabel 2. 6 Tingkatan *Occurency*

Rangking	Insiden/ Kejadian	Kriteria	Tingkat Insiden Kegagalan
1	Hampir tidak pernah ada	Kerusakan tidak pernah terjadi	6.001 sampai 10.000 jam kerja
2	Remote	Kerusakan mesin jarang terjadi	3.001 sampai 6.000 jam kerja
3	Sangat Sedikit	Kerusakan mesin terjadi sangat sedikit	2.001 sampai 3.000 jam kerja
4	Sedikit	Kerusakan mesin terjadi sedikit	1.001 sampai 2.000 jam kerja
5	Rendah	Kerusakan mesin terjadi dengan tingkat rendah	401 sampai 1.000 jam kerja
6	Medium	Kerusakan mesin terjadi pada tingkat medium	101 sampai 400 jam kerja
7	Agak tinggi	Kerusakan terjadi agak tinggi	11 sampai 100 jam kerja
8	Tinggi	Kerusakan terjadi tinggi	1 sampai 10 jam kerja

Sumber : Smith & Glenn R. Hoinchcliffe, 2004

3. Detection

Detection adalah tingkat pengukuran kemampuan untuk mengontrol terjadinya kesalahan.

Tabel 2. 7 Tingkatan *Detection*

Rangking	Akibat	Kriteria Verbal
1	Hampir pasti	Perawatan <i>preventive</i> akan selalu mendekati penyebab potensial atau mekanisme kegagalan dan mode kegagalan

Rangking	Akibat	Kriteria Verbal
2	Sangat tinggi	Perawatan <i>preventive</i> memiliki kemungkinan sangat tinggi untuk mendeteksi penyebab potensial atau mekanisme kegagalan dan mode kegagalan
3	Tinggi	Perawatan <i>preventive</i> memiliki kemungkinan tinggi untuk mendeteksi penyebab potensial atau mekanisme kegagalan dan mode kegagalan
4	<i>Moderate highly</i>	Perawatan <i>preventive</i> memiliki kemungkinan <i>moderate highly</i> untuk mendeteksi penyebab potensial atau mekanisme kegagalan dan mode kegagalan
5	<i>Moderate</i>	Perawatan <i>preventive</i> memiliki kemungkinan moderate untuk mendeteksi penyebab potensial atau mekanisme kegagalan dan mode kegagalan
6	Rendah	Perawatan <i>preventive</i> memiliki kemungkinan rendah untuk mendeteksi penyebab potensial atau mekanisme kegagalan dan mode kegagalan
7	Sangat Rendah	Perawatan <i>preventive</i> memiliki kemungkinan sangat rendah untuk mendeteksi penyebab potensial atau mekanisme kegagalan dan mode kegagalan
8	Remote	Perawatan <i>preventive</i> memiliki kemungkinan remote untuk mendeteksi penyebab potensial atau mekanisme kegagalan dan mode kegagalan

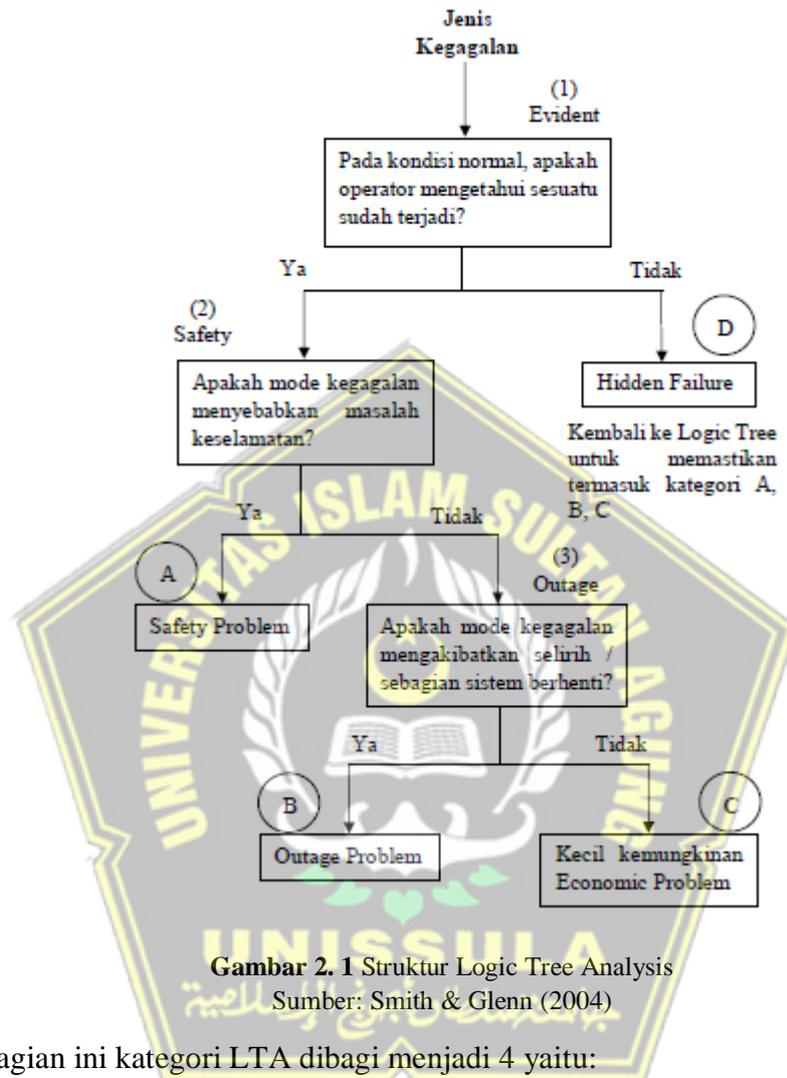
Sumber : Smith & Glenn R. Hoinchcliffe, 2004

2.2.11 Logic Tree Analysis (LTA)

Logic Tree Analysis (LTA) sebagai alat untuk menunjukkan kegiatan perawatan yang layak dan optimal dalam mengatasi *failure mode* setiap komponen (*maintenance task*). Tahapan ini bertujuan memprioritaskan mode tiap kerusakan agar statusnya tidak sama. Metode RCM mempunyai 3 pertanyaan logika atau keputusan yang terstruktur agar mempermudah menganalisis dengan jawaban “Ya” atau “Tidak”. Terdapat empat kategori penting untuk analisis kekritisan dari setiap mode keagalannya yaitu:

1. *Evident*, yaitu apakah operator dalam kondisi normal dapat mengetahui bahwa telah terjadi adanya kegagalan?
2. *Safety*, yaitu apakah adanya kegagalan tersebut dapat membahayakan keselamatan?
3. *Outage*, yaitu apakah mode kegagalan ini dapat mengakibatkan seluruh atau sebagian sistem terhenti?

4. *Category*, yaitu mengklasifikasikan jawaban dari pertanyaan yang diajukan kedalam beberapa kategori.



Gambar 2. 1 Struktur Logic Tree Analysis
Sumber: Smith & Glenn (2004)

Pada bagian ini kategori LTA dibagi menjadi 4 yaitu:

- Kategori A (*Safety problem*) yaitu apabila mode kegagalan mempunyai konsekuensi membahayakan keselamatan bahkan menyebabkan kematian pada seseorang. Kegagalan ini juga mempunyai konsekuensi lingkungan seperti melanggar peraturan lingkungan yang telah ditetapkan dalam hukum sebelumnya.
- Kategori B (*Outage problem*) yaitu mode kegagalan dari suatu komponen dapat menyebabkan sistem kerja komponen terhenti sebagian atau keseluruhan sehingga berpengaruh terhadap terhadap operasional plant seperti kuantitas, kualitas produk terhadap hasil produksi yang dapat membengkakkan biaya.

- c. Kategori C (*Economic problem*) yaitu bila mode kegagalan tidak ada mempunyai konsekuensi safety maupun terkait operasional plant, dan hanya mempengaruhi ekonomi yang relatif kecil meliputi biaya perbaikan.
- d. Kategori D (*Hidden Failure*) yaitu bila mode kegagalan memiliki dampak secara langsung, namun bila perusahaan tidak menanggulanginya resiko ini akan menjadi serius dan dapat memicu kegagalan lainnya

2.2.12 Fishbone Diagram

Dalam mencari akar penyebab permasalahan yang terjadi, maka dibutuhkan analisa untuk mencari penyebab kegagalan tersebut. Diagram *fishbone* / diagram tulang ikan merupakan alat untuk mengidentifikasi secara visual, dengan cara mengobservasi dan menggambarkan secara detail tentang faktor apa saja menyebabkan permasalahan yang akan digambarkan dalam bentuk panah – panah seperti bentuk kerangka ikan. Prinsip yang digunakan untuk membuat diagram ini adalah sumbang saran.

Faktor penyebab kegagalan yang telah dianalisa dengan *fishbone diagram* untuk digunakan sebagai salah satu dasar dalam menentukan tindakan perawatan yang tepat, antara lain sebagai berikut :

- a. **Manusia;** faktor yang dipengaruhi oleh tindakan operator.
- b. **Lingkungan;** faktor yang dipengaruhi oleh kondisi sekitar *equipment*.
- c. **Metode;** faktor yang dipengaruhi oleh suatu sistem.
- d. **Mesin;** faktor yang dipengaruhi oleh *equipment* tersebut maupun yang lain.
- e. **Material;** faktor yang dipengaruhi oleh bahan baku maupun material *equipment*.

2.2.13 Pemilihan Tindakan Perawatan (*Task Selection Roadmap*)

Tahap akhir dari RCM dengan memilih tindakan yang dilakukan melalui daftar tindakan. Pelaksanaan dalam preventive maintenance memiliki syarat sebagai berikut:

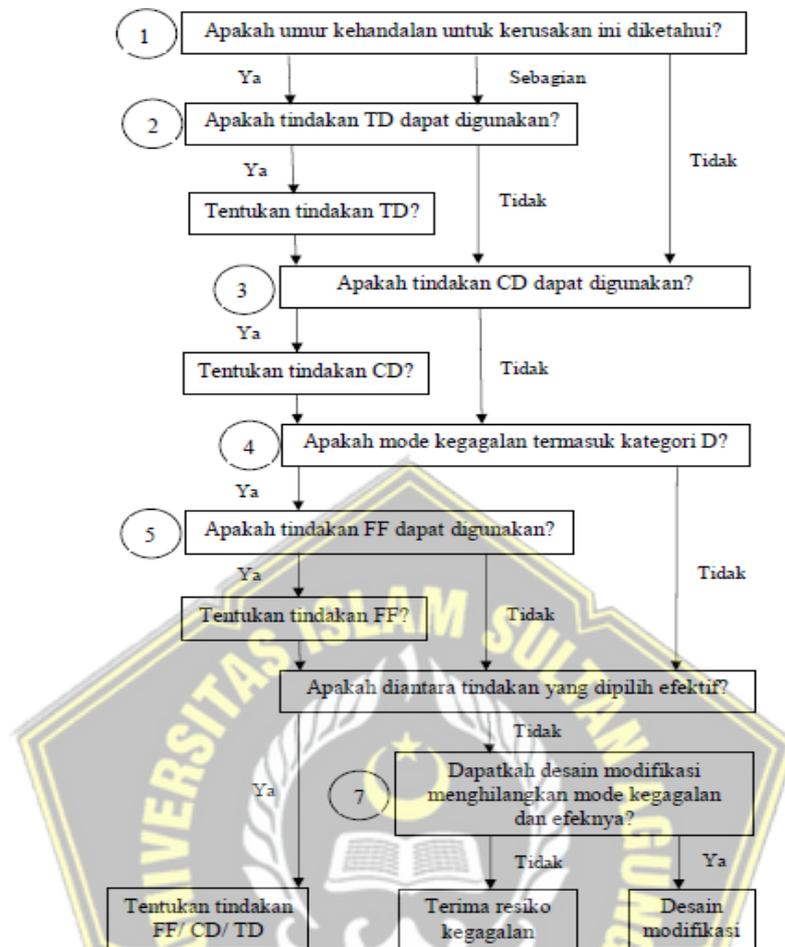
1. Apabila suatu tindakan pencegahan yang dilakukan tidak mengurangi resiko kegagalan hingga batas penerimaan, maka perlu adanya pelaksanaan tahap berkala. Tetapi jika hal tersebut juga tidak dapat mencegah kegagalan, maka harus adanya desain ulang sistem dengan pertimbangan konsekuensi

kegagalan yang terjadi.

2. Apabila tindakan pencegahan telah dilakukan, tetapi menambah biaya proses dibanding tidak dilakukan, sehingga terjadi konsekuensi operasional maka tidak perlu dilakukan maintenance yang terjadwal. Jika hal tersebut masih juga terjadi dan konsekuensinya masih cukup besar, maka dilakukan desain ulang sistem.
3. Apabila tindakan pencegahan dilakukan, tetapi biaya proses total meningkat dibanding tidak dilakukan, sehingga terjadi konsekuensi non-operasional, maka tidak perlu dilakukan maintenance terjadwal. Akan tetapi jika biaya perbaikan terlalu tinggi maka dilakukan lagi desain sistem ulang.

Tindakan perawatan pada road map pemilihan tindakan dapat dibagi menjadi 3 yaitu:

1. *Time Direct* (TD), tindakan perawatan yang dilakukan secara langsung terhadap sumber kerusakan dengan didasari umur ataupun waktu dari komponen.
2. *Condition Direct* (CD), tindakan perawatan yang dilakukan dengan memeriksa dan inspeksi. Apabila didalam inspeksi terdapat tanda kerusakan, maka dilakukan maintenance.
3. *Finding Failure* (FF), tindakan perawatan yang dilakukan agar ditemukannya kerusakan tersembunyi yang dilakukan inspeksi berkala.



Gambar 2.2 Roadmap
Sumber: Smith & Glenn (2004)

2.2.14 Teori Downtime

Downtime menurut (Patton, 1995), adalah keadaan berhentinya mesin pada saat proses produksi sedang berlangsung sehingga menyebabkan mesin yang harus segera diperbaiki dengan melibatkan teknisi atau *engineering* dalam proses perbaikannya. Pendapat lain terkait *downtime* menurut (Gaspersz, 1992) merupakan lamanya waktu mesin atau komponen tidak dapat menjalankan fungsinya dengan baik. Hal ini disebabkan karena adanya mesin atau komponen yang mengalami kegagalan sehingga mengganggu kinerja dan kualitas produksi. Prinsip utama dalam perawatan pada dasarnya adalah minimasi *downtime*, sehingga pergantian komponen mesin atau sistem sangat penting dalam menekan laju kerusakan pada batas minimum.

2.2.15 Diagram Pareto

Diagram Pareto pertama sekali diperkenalkan oleh seorang ahli ekonomi yaitu Alfredo Pareto (1848-1923). Diagram ini merupakan suatu gambar yang mengurutkan klasifikasi data dari kiri ke kanan menurut urutan ranking yang tertinggi hingga terendah. Hal ini dapat membantu dalam menemukan permasalahan yang paling penting untuk segera diselesaikan (ranking tertinggi) sampai dengan masalah yang tidak harus segera diselesaikan (ranking terendah). Diagram Pareto juga dapat mengidentifikasi masalah yang paling penting yang mempengaruhi usaha perbaikan kualitas dan memberi petunjuk dalam mengalokasikan sumber daya yang terbatas untuk menyelesaikan masalah. Selain itu, Diagram Pareto juga dapat digunakan untuk membandingkan kondisi proses, misalnya ketidaksesuaian proses sebelum dan setelah diambil tindakan perbaikan terhadap proses. Penyusunan Diagram Pareto sangat sederhana.

Tondang, A. J. (2016). Perencanaan perawatan mesin menggunakan metode reliability centered maintenance (rcm) dan fmea pada ptpn ii pg kwala madu. Jurnal Universitas Sumatra Utara, 1–243. Proses penyusunan Diagram Pareto meliputi enam langkah, yaitu:

1. Menentukan metode atau arti dari pengklasifikasian data, misalnya berdasarkan masalah, penyebab, jenis ketidaksesuaian, dan sebagainya.
2. Menentukan satuan yang digunakan untuk membuat urutan karakteristik-karakteristik tersebut, misalnya rupiah, frekuensi, unit dan sebagainya.
3. Mengumpulkan data sesuai dengan interval waktu yang telah ditentukan.
4. Merangkum data dan membuat ranking kategori data tersebut dari yang terbesar hingga yang terkecil.
5. Menghitung frekuensi kumulatif atau persentase kumulatif yang digunakan.
6. Menggambar diagram batang, menunjukkan tingkat kepentingan relatif masing-masing masalah.

kejadian masalah secara berurutan. Masalah yang terjadi paling banyak akan ditempatkan pada sisi paling kiri, dan seterusnya sampai masalah yang paling sedikit terjadi pada sisi kanan (Gaspersz, 1992). Pada dasarnya diagram pareto

memiliki fungsi sebagai alat interpretasi untuk:

1. Menentukan frekuensi relatif dan urutan pentingnya suatu masalah atau penyebab yang ada.
2. Memfokuskan pada hal kritis dan penting dengan membuat ranking terhadap masalah atau penyebab permasalahan tersebut dengan bentuk yang signifikan.

Dari hasil observasi dan wawancara, maka data yang didapat, dikumpulkan untuk kemudian diolah. Langkah-langkah yang dilakukan dalam pengolahan data, meliputi penentuan mesin dan komponen kritis berdasarkan pada data kerusakan mesin yang menyebabkan downtime produksi dengan frekuensi terbesar. Pemilihan mesin dan komponen kritis ini menggunakan bantuan diagram Pareto agar lebih memudahkan dalam menentukan frekuensi yang terbesar diantara mesin atau komponen yang satu dengan yang lainnya (Susanto and Azwir, 2018).

2.3 Hipotesa Dan Kerangka Teoritis

Adapun hipotesa dan kerangka teoritis sebagai berikut :

2.3.1 Hipotesa

Hipotesis dalam penelitian ini menggunakan metode *Reliability Centered Maintenance* (RCM) dengan menganalisis mesin genset di perusahaan CV Sejati Teknik, dimana pekerja diminta wawancara oleh peneliti guna untuk mengetahui permasalahan yang dialami mulai dari pejadwalan perawatan hingga pergantian komponen. Metode ini dirancang untuk menjadwalkan kegiatan perawatan dan pergantian komponen yang benar-benar efektif dan efisien yang dikeluarkan perusahaan dengan mesin genset.

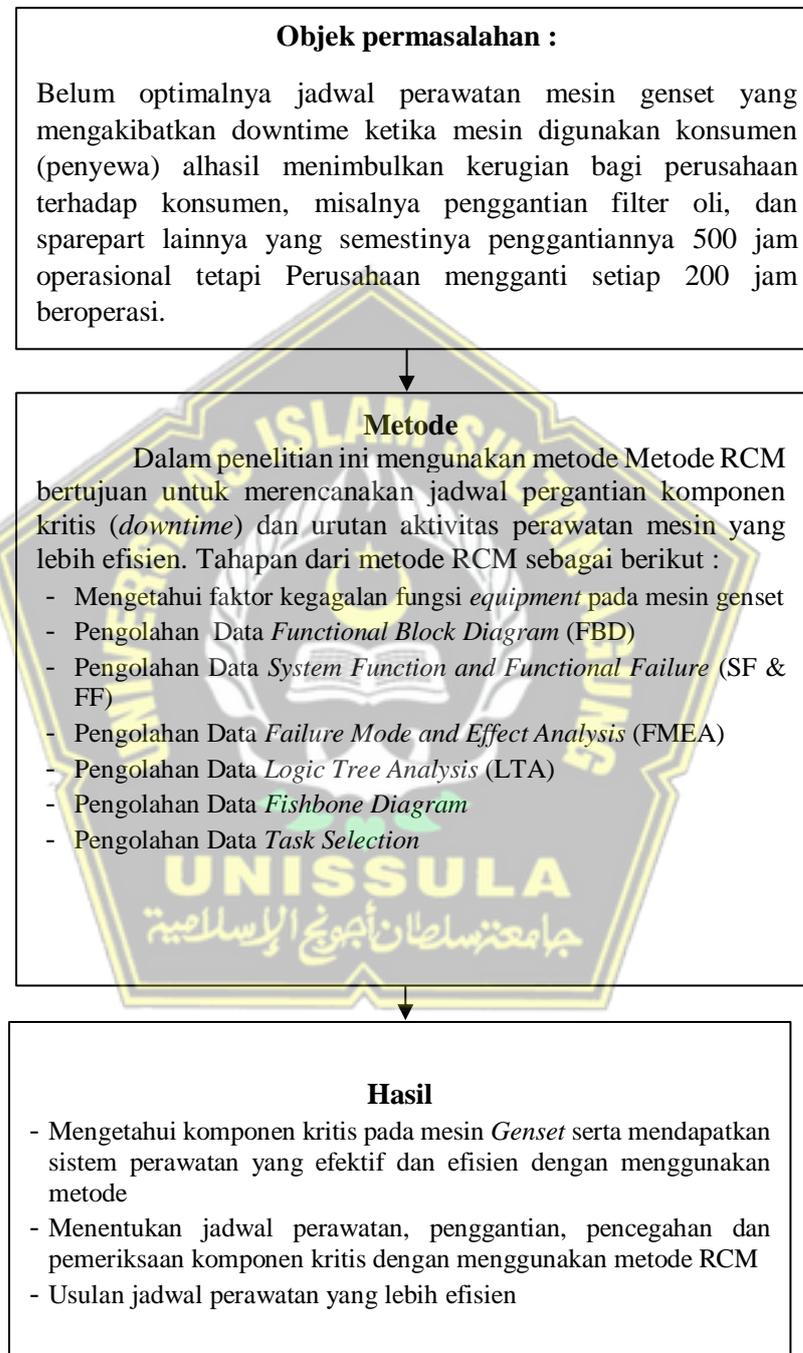
Penelitian tentang menganalisa metode perawatan menggunakan metode *Reliability Centered Maintenance* (RCM) pada mesin genset dan berbagai mesin lainnya telah dilakukan oleh peneliti-peneliti sebelumnya seperti diatas. Metode RCM bertujuan untuk merencanakan jadwal pergantian komponen kritis (*downtime*) dan urutan aktivitas perawatan mesin yang lebih efisien. Data diperoleh dari hasil pengamatan, wawancara dengan engineer dan data historis perawatan dan perbaikan mesin. Oleh karena itu penulis dalam penelitian tugas akhir ini akan

menganalisa Jadwal Perawatan Mesin Genset dengan Pendekatan *Reliability Centered Maintenance* (RCM) Pada CV. Sejati Teknik Semarang.



2.3.2 Kerangka Teoritis

Berikut ini merupakan kerangka teoritis yang digunakan penelitian dalam penulisan tugas akhir sebagai berikut :



Gambar 2. 3 Kerangka Teoritis

BAB III

METODE PENELITIAN

3.1 Pengumpulan Data

Pada tahap pengumpulan data dilakukan untuk mengumpulkan data-data yang dibutuhkan dalam penelitian. Data yang dibutuhkan antara lain :

1. Data Primer

Data primer yaitu data yang didapatkan secara langsung dari sumber aslinya (tanpa perantara). Data tersebut dapat berupa opini subjek (orang) secara individual atau kelompok, hasil observasi terhadap suatu objek (benda fisik), kejadian atau kegiatan hasil pengujian. Data primer diperoleh dari metode-metode wawancara kepada pihak-pihak yang bersangkutan di CV. Sejati Teknik Semarang tentang permasalahan yang terjadi serta sebab dan akibat permasalahan tersebut.

2. Data Sekunder

Data sekunder yaitu data yang didapatkan secara tidak langsung. Data tersebut pada umumnya berbentuk dokumen, file, arsip atau catatan-catatan perusahaannya dapat diperoleh dari dokumentasi perusahaan dan literatur yang berhubungan dengan penelitian selama periode tertentu. Data sekunder dalam penelitian ini adalah data kerusakan atau kegagalan pada mesin yang diteliti selama 1 tahun terakhir.

3.2 Teknik Pengumpulan Data

Dalam teknik pengumpulan data pada penelitian ini dengan cara observasi langsung pada keadaan lapangan, studi pustaka dengan kajian dari literatur dan identifikasi masalah.

1. Observasi

Pada tahap ini bertujuan untuk mengetahui keadaan yang sebenarnya di perusahaan di bagian perencanaan dan perawatan mesin, dengan didatarkannya gambaran tersebut diharapkan dapat mengetahui pendekatan yang sesuai dalam

efektifitas pada mesin saat proses produksi yang sedang berjalan yang dapat diterapkan di perusahaan. Observasi dilakukan pada bulan Januari sampai September pada tahun 2022. Kegiatan observasi bertujuan untuk mendapatkan informasi-informasi yang dibutuhkan dalam penelitian. Dalam penelitian ini yang digunakan sebagai tempat observasi adalah CV. Sejati Teknik Semarang yang berlokasi di Jl. Tanggul Mas Raya IX No. A2, Panggung Lor, Kec Semarang Utara Kota Semarang Jawa Tengah, dengan objek mesin Genset.

2. Studi Pustaka

Pada studi pustaka dilakukan dengan mencari referensi dari berbagai sumber berupa buku-buku, jurnal, artikel ilmiah, dan lain-lain yang dapat mendukung dapat digunakan dalam penelitian untuk menyelesaikan masalah sesuai dengan apa yang sedang dibahas (topik). Studi literatur berguna sebagai acuan penelitian untuk menganalisa permasalahan dan penyelesaian dengan metode- metode analisis.

3. Wawancara

Dalam wawancara ini dilakukan untuk pengumpulan data yang diperoleh dari hasil wawancara dengan *engineer* di Lapangan, serta manajer dan staff di bagian *planning development* CV. Sejati Teknik. Teknik ini didapatkan untuk memperoleh data kegagalan mesin, perawatan mesin, data waktu kerja mesin dan alur kerja mesin pada genset maupun data lainnya.

3.3 Pengujian Hipotesa

Pada pengujian hipotesa dengan studi kasus di CV. Sejati Teknik yang berfokus pada upaya meminimalkan terjadinya kegagalan untuk meningkatkan atau memaksimalkan kinerja mesin genset khususnya tipe 130 kva. Dari penelitian terdahulu sudah banyak metode yang digunakan untuk menyelesaikan permasalahan yang serupa di suatu perusahaan tentang meminimalkan terjadi kegagalan mesin. Maka berdasarkan studi literatur terdahulu, usulan penyelesaian permasalahan yang sesuai dengan studi kasus pada CV. Sejati Teknik adalah menggunakan metode *Reliability Centered Maintenance* (RCM) yang diharapkan dapat berguna untuk menganalisa penyebab dan akibat dari kegagalan yang terjadi

pada mesin *genset* yang pada akhirnya didapatkan solusi perawatan yang sesuai dengan mempertimbangkan berbagai faktor dalam analisa RCM sehingga dapat memaksimalkan produktivitas mesin *genset*.

3.4 Metode Analisis

Untuk mengatasi masalah terjadinya *downtime* dan *breakdown* dengan cara menggunakan metode *Reliability Centered Maintenance* (RCM) karena metode tersebut dapat menganalisa penyebab dan akibat dari kegagalan yang terjadi pada mesin *genset* yang pada akhirnya didapatkan solusi perawatan yang sesuai dengan mempertimbangkan berbagai faktor dalam analisa RCM sehingga meminimalkan terjadinya *downtime* pada mesin *genset*. Identifikasi masalah pada penelitian ini adalah mengidentifikasi dan menganalisa penyebab dan akibat dari kegagalan yang terjadi selama 9 bulan dari bulan Januari sampai September tahun 2022 pada mesin *genset* sehingga didapatkan solusi perawatan yang sesuai dalam bentuk *Task Selection* dengan mempertimbangkan berbagai faktor dengan menggunakan metode *Failure Mode and Effect Analysis* (FMEA) dan *Logic Tree Analysis* (LTA) dalam analisa RCM sehingga memaksimalkan kinerja mesin *genset*.

3.5 Pembahasan

Dari pengujian hipotesa, metode yang akan diterapkan pada studi kasus di CV. Sejati Teknik tentang permasalahan kegagalan mesin yang menyebabkan kerugian ataupun *downtime* yang akibatnya terjadi penurunan kinerja mesin yaitu menggunakan metode *Reliability Centered Maintenance* (RCM) yang ditujukan untuk menganalisa penyebab dan akibat dari kegagalan yang terjadi pada mesin *Genset* yang pada akhirnya didapatkan solusi perawatan yang sesuai dengan mempertimbangkan berbagai faktor dalam analisa RCM sehingga dapat meningkatkan Kinerja mesin *Genset*.

Data yang dibutuhkan pada studi kasus tersebut adalah penyebab dan akibat dari kegagalan yang terjadi atau yang disebut *breakdown* dengan mempertimbangkan berbagai faktor dengan analisisnya menggunakan metode *Failure Mode and Effect Analysis* (FMEA) dan *Logic Tree Analysis* (LTA) dalam

analisa RCM sehingga dapat memaksimalkan kinerja mesin *Genset* yang pada akhirnya didapatkan solusi perawatan yang sesuai dalam bentuk *Task Selection*.

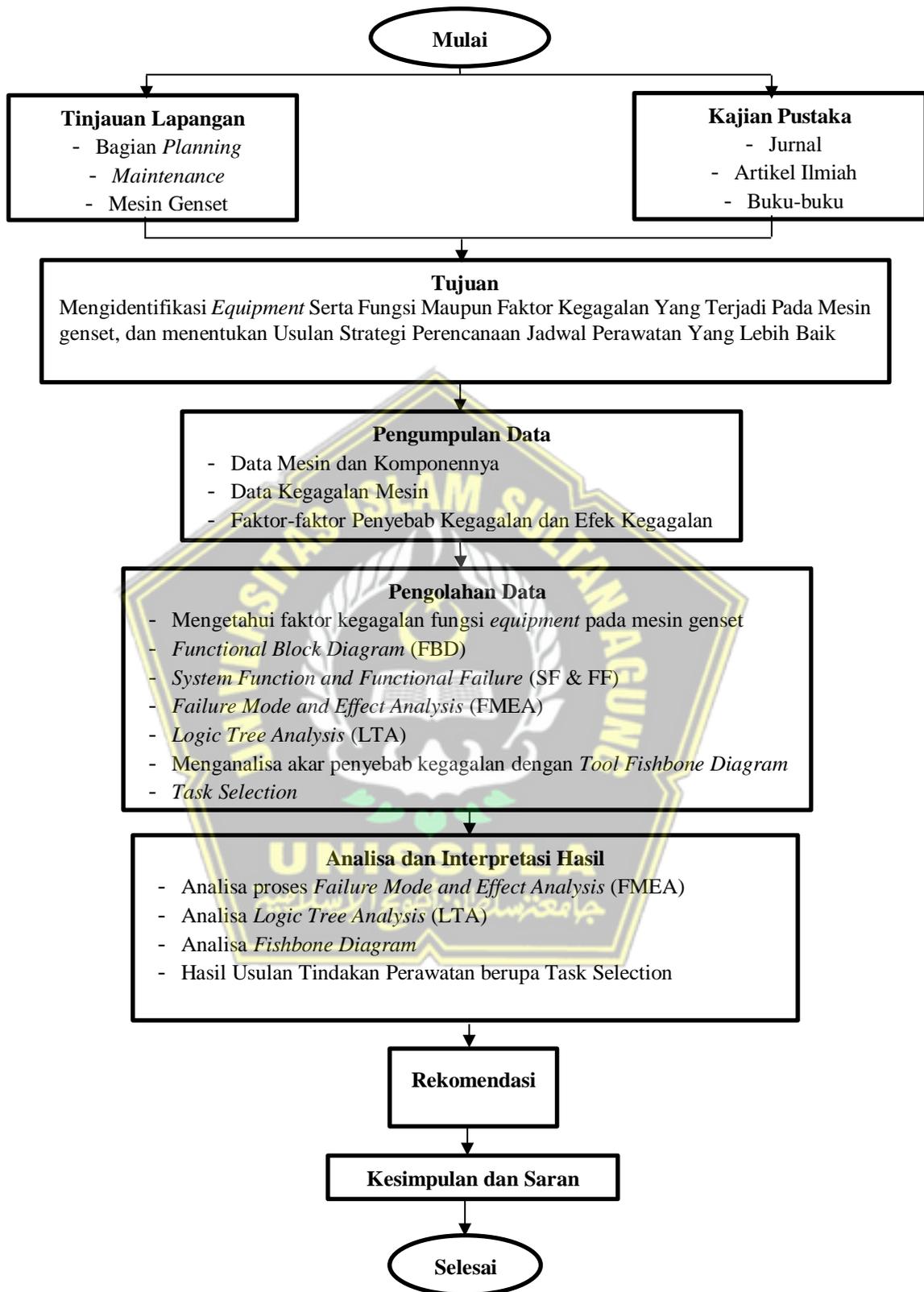
3.6 Penarikan Kesimpulan

Pada penarikan kesimpulan, peneliti dapat menyimpulkan berdasarkan analisis dan interpretasi yang telah dilakukan dalam penelitian ini untuk menjawab hasil dari penelitian dengan memberikan solusi rekomendasi perawatan yang sesuai. Tahap ini merupakan tahap terakhir dari penelitian dengan menghasilkan kesimpulan untuk memberikan gambaran dari hasil penelitian secara keseluruhan dan memberikan saran kepada perusahaan dan peneliti selanjutnya.

3.7 Diagram Alir

Pada diagram alir ini menggambarkan proses penelitian yang dilakukan, dimulai dari peninjauan lapangan di bagian *planning*, *maintenance* serta mengkaji literatur-literatur terkait pada penelitian ini seperti jurnal, artikel ilmiah dan buku-buku. Tahap selanjutnya merumuskan masalah dan tujuan dari hasil observasi tersebut. Setelah itu memulai pengumpulan data-data yang diperlukan dan mengolah data agar dapat menganalisa dan interpretasi hasil. Tahap terakhir adalah penarikan kesimpulan dan saran. Gambaran jelasnya tentang diagram alir terdapat pada Gambar 3.1.





Gambar 3. 1 Flow Chart Penelitian Tugas Akhir

BAB IV

HASIL PENELITIAN DAN PEMBAHASAN

4.1 Pengumpulan Data

Pengumpulan data pada studi kasus di CV Sejati Teknik Semarang antara lain sebagai berikut :

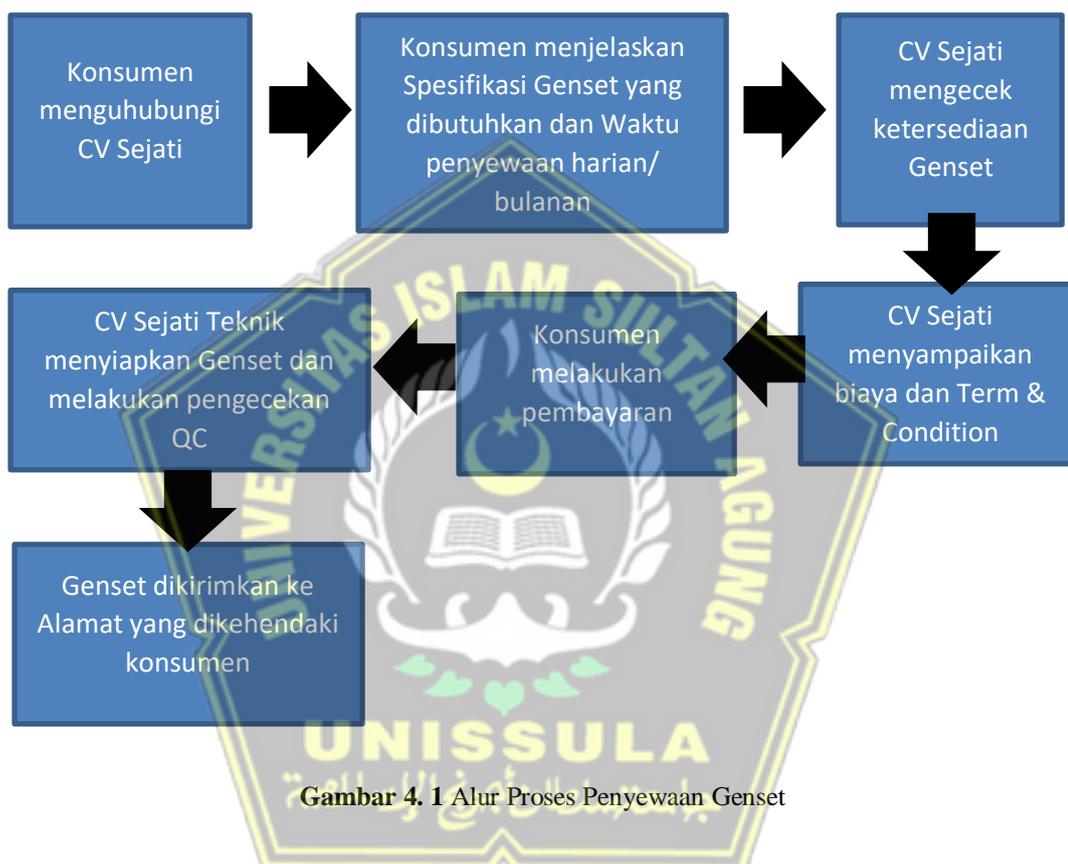
4.1.1 CV Sejati Teknik

CV Sejati Teknik adalah perusahaan alat konstruksi bangunan yang telah berdiri sejak tahun 1992, berlokasi di Jl. Tanggul Mas Raya A2/ IX, Semarang. Salah satu provider alat teknik ukuran kecil dan medium sudah terkenal di Semarang dan Jawa Tengah. Sejati Teknik telah berpartisipasi dengan kontraktor dari semua level, dari perorangan sampai dengan perusahaan kontraktor BUMN dan swasta top nasional. Berlokasi di Semarang, Lumina adalah bagian dari Sejati Teknik, perusahaan alat konstruksi bangunan yang telah berdiri sejak tahun 1992. Kami telah berpartisipasi dengan kontraktor dari semua level, dari perorangan, sampai dengan perusahaan kontraktor BUMN dan swasta top nasional. Pelayanan dan jasa yang diberikan kepada perorangan yang hendak menyewa Genset dan peralatan lainnya misalnya scaffolding, compressor and Jackhammer, bar bender, cutter dan roller dan alat konstruksi kecil. Untuk mengimbangi permintaan produk yang semakin berkembang maka CV Sejati Teknik Semarang terus melakukan inovasi

Sebagai perusahaan jasa penyewaan alat-alat industry khususnya genset CV Sejati Teknik memiliki 25 karyawan yang mengerjakan lebih dari 100 project per tahun dan telah melayani lebih dari 2500 satisfied client. Tidak seperti banyak vendor di luar sana yang tidak memiliki alat atau armada mereka sendiri, Sejati Teknik adalah perusahaan jasa sewa alat lengkap. Kami memiliki alat, armada pengiriman, dan teknisi lengkap, agar dukungan kami terhadap proyek anda lebih optimal. Beberapa klien CV Sejati Teknik Semarang antara lain Mitra Kontruksi, WIKA, Waskita, Brantas Abipraya dan Total Bangun Persada.

4.1.2 Proses Bisnis Perusahaan

Proses Bisnis merupakan kumpulan suatu aktivitas dalam sebuah pekerjaan yang terstruktur atau suatu susunan aktivitas yang saling berkaitan satu sama lain dalam menghasilkan produk yang diawali konsumen melakukan order sampai dengan konsumen menerima produk yang dipesannya. Berikut adalah alur proses bisnis di CV Sejati Teknik Semarang:



Gambar 4. 1 Alur Proses Penyewaan Genset

Diawali dari penerimaan pesanan dari konsumen oleh devisi *marketing* (pemasaran). Dalam tahap ini konsumen akan menentukan produk yang diinginkan beserta spesifikasinya, kemudian spesifikasi genset yang dibutuhkan tersebut dibawa ke devisi penyewaan. CV Sejati Teknik akan mengecek ketersediaan Genset pada waktu sewa tersebut. Jika tersedia maka akan disampaikan syarat dan ketentuan penyewaan. Apabila sudah ada kesepakatan harga dan waktu sewa apakah akan sewa harian/bulanan, maka konsumen melakukan pembayaran. Lalu CV Sejati Teknik akan menyiapkan Genset dan melakukan pengecekan QC

sebelum dikirim ke alamat yang dikehendaki konsumen. Pada saat pengembalian Genset CV sejati mengambil ke alamat sebelumnya.

4.1.3 Mesin Genset

Genset (*generator set*) adalah sebuah perangkat yang berfungsi menghasilkan daya listrik. Disebut sebagai generator set dengan pengertian adalah satu set peralatan gabungan dari dua perangkat berbeda yaitu engine dan generator atau alternator.

Generator Set terdiri atas Mesin *Engine* (Motor Penggerak) dan juga *Generator / Alternator*, seperti yang telah di jelaskan sebelumnya. Mesin Engine yang satu ini menggunakan bahan bakar berupa Solar (Mesin Diesel) atau dapat juga menggunakan Bensin, sedangkan untuk Generatornya sendiri merupakan sebuah gulungan kawat yang di buat dari tembaga yang terdiri atas kumparan statis atau stator dan di lengkapi pula dengan kumparan berputar atau rotor. Dalam proses kerjanya, menurut ilmu fisika, *Engine* memutar *Rotor* dalam sebuah Generator yang selanjutnya hal ini menimbulkan adanya Medan Magnet pada bagian kumparan *Generator*. Selanjutnya Medan Magnet ini kemudian akan melakukan interaksi dengan *Rotor* yang kemudian akan berputar dan akan menghasilkan sebuah arus listrik dimana hal ini sesuai dengan hukum Lorentz (Saputro, 2017).

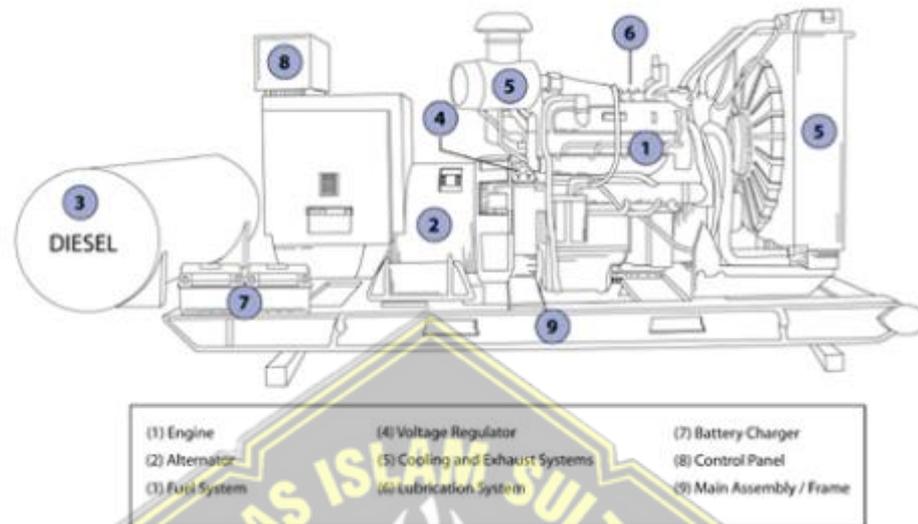


Gambar 4. 2 Mesin Genset

Sumber : www.sejatiteknik.com

4.1.4 Equipment Mesin Genset

Equipment dari mesin genset antar lain sebagai berikut :



Gambar 4. 3 *Equipment* Mesin Genset

Sumber : arsip CV Sejati Teknik

Equipment mesin genset:

1. *Radiator*

Radiator Radiator adalah bagian dari Diesel Genset yang berfungsi sebagai pemindah / pelepas kalor mesin. Dalam pengecekan genset, konstruksi radiator terdiri dari pipa pipa tipis yang disusun sejajar dan satu sama lain dan dilekatkan sirip sirip plat tipis. Konstruksi ini berfungsi untuk memperluas bidang permukaan dari air yang lewat pipa radiator, dibantu dengan hembusan angin dari kipas radiator yang melewati kisi kisi dan sirip sirip radiator proses perpindahan/pembuangan berlangsung, hal ini dapat dirasakan bahwa udara yang keluar dari radiator terasa hangat atau panas.



Gambar 4. 4 Radiator

Sumber : arsip CV Sejati Teknik

2. *Water Pump*

Water pump adalah bagian dari *Diesel Genset* yang berfungsi mensirkulasikan air pendingin (*cooling water*) dari engine ke radiator dan kembali ke engine lagi. Dalam pengecekan *genset*, *Water pump* ini digerakkan oleh putaran mesin itu sendiri melewati mekanisme pulley yang disambung dengan *V-belt*.



Gambar 4. 5 Water Pump

Sumber : Gambar Internal CV Sejati Teknik

3. *Dinamo starter*

Dinamo starter ini bagian dari *Diesel Genset* yang berfungsi sebagai penggerak awal dari mesin. Dimana melalui mekanisme roda gigi dan pinion *dinamo starter* ini menggerakkan *Flywheel*. Dari awal putaran diporos ini akan menghasilkan kompresi diruang bakar dan putaran *injection pump* yang akan mengabutkan bahan bakar. Setelah terjadi pembakaran dan menghasilkan gerakan berputar sendiri, *dynamo* akan lepas dari gigi *flywheel*.

Karena arus start yang tinggi hingga sampai 100 Ampere atau lebih maka diperlukan *solenoid*, *solenoid* ini terdapat kontak yang mempunyai rating yang cukup besar hingga mampu mengalirkan arus sesaat smpai 200 A atau lebih. Seporos dengan *solenoid* ini terdapat mekanisme penggerak *pinion* yang akan tersambung dengan *flywheel* di awal start dan akan terlepas di akhir start.



Gambar 4. 6 *Dinamo Starter*

Sumber : arsip CV Sejati Teknik

4. *Alternator Charging*

Alternator charging adalah bagian dari *Diesel Genset* yang berfungsi sebagai pengisi *battery accu* sewaktu mesin jalan. *Alternator charging* ini dilihat dari

konstruksinya menyerupai generator 3 phase dimana statornya terlilit kumparan 3 Phase namun tegangannya kecil antara 12 – 15 V atau 24 – 28 V.

Keluaran 3 *phase* ini di searahkan dengan 6 buah dioda sehingga terbentuk terminal positif dan negative. Tegangan DC ini dikontrol oleh *regulator*. Keluaran dari *regulator* ini akan mengatur eksitasinya. *Regulator* ini berfungsi untuk mengatur arus *charging* agar tidak berlebihan, apabila aki belum penuh alternator ini akan mengisi dengan laju arus yang cukup besar dan akan mengurangi laju arus pengisian jika aki sudah akan penuh. Didalam terminal *alternator* terdapat terminal yang dapat dipakai untuk indikasi sinyal bahwa *alternator* dalam keadaan mengisi.



Gambar 4. 7 Alternator Charging

Sumber : arsip CV Sejati Teknik

5. *Turbocharger*

Turbocharger adalah bagian dari *Diesel Genset* yang berfungsi untuk membantu menaikkan tekanan udara didalam saluran udara masuk, Karena turbocharger tidak lain adalah sebuah compressor yang digerakkan oleh turbin gas buang. Dengan naikknya tekanan didalam saluran udara masuk kandungan udara yang berarti kandungan oksigen akan lebih padat. Dengan kandungan oksigen yang lebih padat maka jumlah bahan bakar yang dapat terbakar akan lebih banyak, sehingga tenaga mesin yang menggunakan *turbocharger* ini akan meningkat dari 20 sampai 35 % dari daya sebelum menggunakan *turbocharger*.



Gambar 4. 8 Turbo Charger

Sumber : arsip CV Sejati Teknik

6. *Injection Pump*

Injection pump adalah bagian dari *Diesel Genset* yang berfungsi sebagai pompa injeksi ke ruang bakar melalui nozel. Dalam pengecekan *genset*, pompa injeksi ini mempunyai tekanan kerja yang tinggi hingga mencapai bar. Tekanan kerja yang tinggi inilah hingga bahan bakar solar dapat dikabutkan diruang bakar.

Injection pump terdiri dari *plunger – plunger* yang digerakkan melalui mekanisme cam yang berputar. *Plunger – plunger* ini yang memompa bahan bakar ke ruang silinder sesuai urutan firing order. *Injection pump* ini diputar oleh mesin melalui mekanisme roda gigi. Didalam *injection pump* ini terdapat pengaturan pemasukan bahan bakar sehingga kecepatan/*speed* dapat diatur.



Gambar 4.9 *Injection Pump*

Sumber : Gambar Internal CV Sejati Teknik

7. *Engine Control Panel*

Engine Control Panel adalah bagian dari *Diesel Genset* yang berfungsi sebagai Proteksi, *Monitoring*, *command*. Dalam pengecekan genset perlu diperiksa proteksinya, proteksi yang dimaksud adalah memberikan pengamanan terhadap mesin antara lain *high water temperature switch*, *low oil pressure switch*, *overspeed relay*. Pada genset yang kapasitas besar proteksi didalamnya lebih banyak dan komplik karena sdh dalam bentuk modul kontrol. *Monitoring* yang dimaksud adalah pembacaan parameter *Volt*, *Ampere*, Frekuensi, jam kerja, suhu air dan tekanan oli. *Command* yang dimaksud adalah untuk perintah *start engine*, *stop engine* dan *emergency stop*.



Gambar 4.10 *Engine Control Panel*

Sumber : arsip CV Sejati Teknik

8. *Air Filter*

Air filter adalah bagian dari *Diesel Genset* yang berfungsi untuk menyaring atau memfilter udara yang masuk. Udara yang ada disekitar kita mengandung partikel partikel debu, jika debu – debu ini dibiarkan masuk kedalam ruang bakar tanpa difilter terlebih dahulu maka akan mengakibatkan ruang bakar cepat kotor dan hitam karena sebagian dari debu ini akan melekat dan hangus menempel di kepala silinder. Lama kelamaan performa mesin akan cepat turun karena ruang bakar kotor dan saluran masuk serta buang akan terhambat. Dalam pengecekan genset, filter – filter hal utama yang wajib di cek bisa berdasarkan kondisi pemakaian (250 jam) ataupun waktu interval pergantian (4-6 bulan sekali).



Gambar 4. 11 *Air Filter*

Sumber : arsip CV Sejati Teknik

9. *Fuel Filter*

Fuel filter adalah bagian dari *Diesel Genset* yang berfungsi untuk menyaring kotoran kotoran yang ikut terbawa dalam bahan bakar bisa berupa pasir, serbuk serbuk besi atau kotoran lain yang berbahaya bagi mesin. Akibat jika terdapat kotoran yang tidak tersaring adalah mesin akan turun performanya karena saluran *injeksi pump* ke *nosel injector* akan buntu dan akan mengganggu kelancaran pengabutan bahan bakar. Dalam pengecekan *genset*, filter – filter hal utama yang

wajib di cek bisa berdasarkan kondisi pemakaian (250 jam) ataupun waktu *interval* pergantian (4-6 bulan sekali).



Gambar 4. 12 Fuel Filter

Sumber : arsip CV Sejati Teknik

10. *Oil Filter*

Oil Filter adalah bagian dari *Diesel Genset* untuk menyaring kotoran-kotoran yang bersirkulasi, karena pemakaian oli akan menjadi hitam dan serbuk – serbuk yang ikut terbawa akibat perputaran mesin. Hal ini untuk menghindari dari kerusakan mesin terutama pada dinding silinder agar tidak tergores. Dalam pengecekan genset, filter – filter hal utama yang wajib di cek bisa berdasarkan kondisi pemakaian (250 jam) ataupun waktu *interval* pergantian (4-6 bulan sekali).



Gambar 4. 13 Oil Filter

Sumber : arsip CV Sejati Teknik

11. *Prelubrication Pump*

Prelubrication pump atau disebut *priming pump* adalah perlengkapan tambahan untuk *Diesel Genset* yang berfungsi untuk memberikan pelumasan pada mesin dalam keadaan berhenti/ standby. Pelumasan yang dimaksud adalah mensirkulasikan minyak pelumas keseluruhan bagian mesin dengan mekanisme pompa oli yang digerakkan oleh motor listrik. Biasanya pompa ini disetting bahwa setiap 6 jam sekali pompa oli akan hidup selama 6 menit. Dengan kondisi bahwa keadaan mesin sudah terlumasi maka jika suatu saat dibutuhkan untuk hidup bisa segera dibebani dan tidak khawatir kerusakan pada mesin karena oli belum melumasi. Selain untuk itu juga untuk mengkonidisikan bahwa oli tidak mengendap dan mengembun dibandingkan jika tidak dipakai dalam jangka waktu yang lama.



Gambar 4. 14 Prelubrication Pump

Sumber : Gambar Internal CV Sejati Teknik

12. *Water Separator*

Water Separator adalah peralatan tambahan bagi *Diesel Genset* sebagai pemisah antara bahan bakar dan kandungan air. Kandungan air jika ikut masuk dalam system bahan bakar akan membahayakan terhadap mesin itu sendiri dan bisa rusak. Tangki tangki penampungan bahan bakar yang dibiarkan terlalu lama bisa mengakibatkan pengembunan baik pagi maupun malam, peristiwa ini memungkinkan terbentuk tetes tetes air yang akan mengendap ditangki bahan bakar. Untuk menghindari air sampai masuk ke engine maka saluran bahan bakar sebelum ke engine ditambahkan *water separator*.



Gambar 4. 15 *Water Separator*

Sumber : arsip CV Sejati Teknik

4.1.5 Proses Kerja Mesin Genset

Proses kerja mesin genset pada dasarnya, prinsip kerja genset sendiri adalah mengubah tenaga mekanis menjadi tenaga listrik melalui proses induksi elektromagnetik. *Alternator* atau penghasil arus bolak-balik (AC) menyuplai tenaga listrik saat terjadinya gangguan yang tidak diinginkan. Suplai tersebut nantinya akan digunakan untuk beban prioritas, sedangkan genset merupakan bagian dari generator. Sistem *generator* terdiri dari panel, yang memiliki energi yang berasal dari bahan bakar seperti solar, diesel atau kincir angin.

4.1.6 Data Kerusakan Mesin Genset

Berdasarkan kesimpulan dari latar belakang terdapat kerusakan pada mesin genset, maka dalam pengumpulan data ini yang ditampilkan pada bab ini adalah data kerusakan mesin genset pada bulan Januari sampai September tahun 2022. Data kerusakan genset didapat dari hasil wawancara dengan Pak Tanto selaku Manajer, serta catatan kerusakan mesin genset tipe *Nippon Sharyo* 40 kva di CV. Sejati Teknik. Data waktu kerusakan meliputi waktu penanganan kerusakan, tidak termasuk pengadaan komponen genset, Data tersebut terdapat di **Tabel 4.1**.

Tabel 4. 1 Data Kerusakan Mesin Genset Nippon Sharyo 40 kva tahun 2022

No.	Bulan Kerusakan	Kerusakan Komponen	Deskripsi	Efek Kegagalan	Waktu Kerusakan
1.	Januari	Alternator	<ul style="list-style-type: none"> • <i>Ampere</i> tidak dapat mengisi • Pemeriksaan kekencangan <i>belt</i> alternator 	<ul style="list-style-type: none"> • Jika berlangsung lama maka Aki drop sehingga tidak bisa menghidupkan mesin (Starter) • Jika <i>belt</i> terlalu kendur atau terlalu kencang, putaran alternator tidak maksimal, sehingga mempengaruhi dari kinerja alternator 	4 jam
2.	Februari	<i>Dynamo Stater</i>	<ul style="list-style-type: none"> • <i>Brush</i> pada <i>dynamo stater</i> habis 	<ul style="list-style-type: none"> • Jika <i>brush</i> sudah habis akan mengakibatkan arus dari kumparan medan tidak dapat mengalir menuju komutator, sehingga <i>dynamo starter</i> tidak dapat berputar 	6 jam
3.	Maret	<i>Waterpump</i>	<ul style="list-style-type: none"> • <i>Waterpump</i> rembes 	<ul style="list-style-type: none"> • Jika terdapat rembesan pada <i>waterpump</i>, akan menyebabkan air pendingin akan berkurang dan habis, yang mengakibatkan sistem pendingin tidak bekerja 	6 jam
4.	April	Filter bahan bakar Solar	<ul style="list-style-type: none"> • Kotor dan harus diganti 	<ul style="list-style-type: none"> • Biasanya akan sering terjadi ketika bahan bakar kotor. Akan menyebabkan mesin brebet saat rpm mesin bertambah, karena solar yang terlambat masuk ke ruang bakar 	1 jam
5.	Mei	<i>Accu</i>	<ul style="list-style-type: none"> • Tegangan berkurang 	<ul style="list-style-type: none"> • Walaupun terdapat sistem pengisian, masa pergantian aki bisa 2 tahun sekali. 	2 jam
6.	Juni	Filter Oli	<ul style="list-style-type: none"> • Kotor dan harus diganti 	<ul style="list-style-type: none"> • Filter oli harus rutin diganti selama 250 jam genset 	4 jam

No.	Bulan Kerusakan	Kerusakan Komponen	Deskripsi	Efek Kegagalan	Waktu Kerusakan
				menyala, dengan waktu interval 4 – 6 bulan, jika tidak diganti dapat menyebabkan sirkulasi oli terganggu karena pori – pori filter yang tersumbat kotoran.	
7.	Juli	<i>Dynamo Stater</i>	<ul style="list-style-type: none"> • Solenoid rusak 	<ul style="list-style-type: none"> • Solenoid yang rusak akan mengakibatkan terminal 30 dan terminal c tidak dapat terhubung, dan <i>pinion gear</i> tidak dapat keluar bersinggungan dengan <i>fly wheel</i> 	6 jam
8.	Agustus	<i>Radiator</i>	<ul style="list-style-type: none"> • Selang radiator bocor 	<ul style="list-style-type: none"> • Selang radiator yang bocor dapat mengurangi volume air pendingin. 	4 jam
9.	September	Accu	<ul style="list-style-type: none"> • Terminal <i>accu</i> berkerak 	<ul style="list-style-type: none"> • Kerak pada terminal <i>accu</i> dapat menyebabkan tahanan pada terminal menjadi besar, sehingga arus yang mengalir tidak maksimal 	2 jam

Sumber : Data Internal CV Sejati Teknik yang telah diolah 2022

4.2 Pengolahan data

Dalam pengolahan data terdiri dari kegagalan-kegagalan yang terjadi kemudian di analisa menggunakan metode *Reliability Centered Maintenance* (RCM) untuk mencari solusi pemeliharaan yang lebih baik. Langkah pertama dalam analisa RCM ini adalah *selecting systems and collecting information* untuk memilih sistem yang akan dianalisa, sistem yang dipilih untuk dianalisa adalah jadwal perawatan pada genset sebab terjadi kerusakan pada genset yang dijelaskan di latar belakang. Kemudian mengumpulkan informasi terkait dengan sistem yang dipilih, informasi tersebut terdapat pada pengumpulan data. Langkah selanjutnya adalah *system boundary definition* (SBD) yang hanya berfokus pada proses perawatan genset. Data yang sudah diperoleh kemudian dianalisa mulai dari *functional block diagram* (FBD) sehingga akan menghasilkan solusi perawatan yang lebih baik dalam bentuk *task selection*.

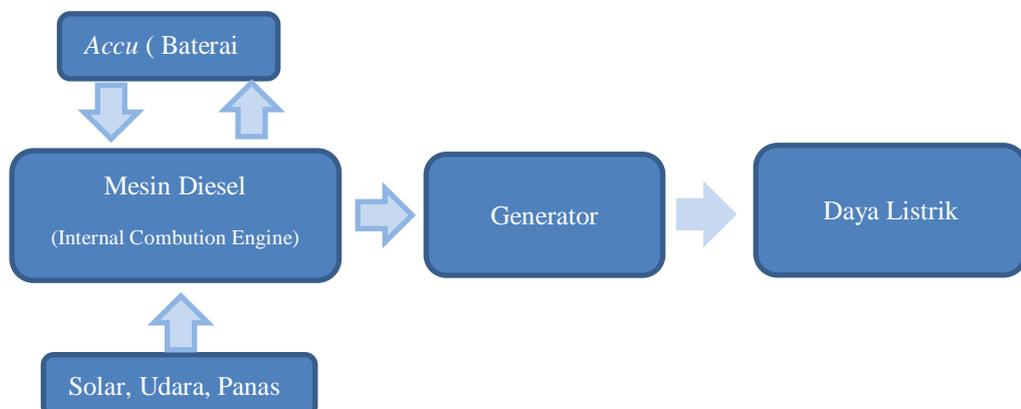
4.2.1 System Description and Functional Block Diagram (FBD)

Setelah semua data terkumpul, maka dapat dianalisa dengan *system description* seperti pada **Tabel 4.2**.

Tabel 4. 2 Typical RCM System Analysis Form

RCM System Analysis (system description)		
Date: Jan-Sep	Plant: Pembangkit Listrik	Location: Genset
System Name: Proses Pembangkit Listrik (Generator)	RCM Analyst(s): 1. 2.	
System ID: -		
Functional Description	Mesin yang digunakan untuk pembangkit listrik (Generator) dengan mesin penggerak disusun menjadi satu kesatuan untuk menghasilkan suatu tenaga listrik dengan daya tertentu,	
Key Parameters	Mencari solusi perawatan yang lebih baik untuk mengurangi terjadi kerusakan pada mesin genset.	
Key equipment	Komponen-komponen mesin genset.	
Redundancy	Kerusakan yang sering terjadi.	
Safety Features	Menjaga mesin genset agar tetap bekerja saat dibutuhkan, supaya proses produksi di industri tidak berhenti.	

Berikut ini merupakan *Functional Block Diagram* (FBD) seperti pada **Gambar 4.16** :



Gambar 4. 16 Functional Block Diagram (FBD) Mesin Genset

- a. *Accu* (Baterai) : Sebagai sumber tegangan bagi genset pada saat mesin genset keadaan mati, *accu* mengalirkan arus listrik pada komponen yang membutuhkan tegangan listrik pada genset dan mengalirkan arus yang besar menuju ke motor stater guna untuk memutar *fly wheel* sehingga mesin dapat melakukan langkah kompresi, usaha, buang, sehingga mesin genset dapat menyala.
- b. Solar, Udara, Panas : Sebagai bahan bakar dan syarat terjadinya pembakaran pada mesin genset. Mesin genset merupakan Internal combustion Engin berjenis diesel, mesin diesel memerlukan bahan bakar solar, udara, dan panas untuk proses pembakaran.
- c. Mesin Diesel : Mesin diesel berfungsi merubah energy panas menjadi energi mekanik. Gerak putar yang dihasilkan oleh mesin diesel dimanfaatkan untuk mengisi daya listrik pada *accu* dan memutar generator.
- d. Generator : Generator berfungsi untuk merubah energy mekanik menjadi energy listrik, generator memanfaatkan putaran yang dihasilkan mesin diesel untuk menghasilkan tegangan listrik *alternating current* (Bolak balik). Tegangan listrik tersebut yang kemudian dimanfaatkan untuk kebutuhan komponen diluar genset.
- e. Daya Listrik : Output daya listrik yang dihasilkan dari generator yaitu tegangan arus *alternating current* (AC).

4.2.2 System Functional and Functional Failure

Dalam *system functional and functional failure* ini untuk menganalisa fungsi serta kegagalan fungsi dari komponen-komponen mesin genset yang dianalisa dalam **Tabel 4.3** Berikut :

Tabel 4.3 *System Functional and Functional Failure Form*

:	<i>system functional and functional failure</i>				
:	<i>functional and functional failure</i>				
:	Pembangkit Listrik	Analys	:	Kegagalan Fungsi	
:	Proses Jadwal Perawatan	Date	:	Januari-September 2022	
:	Mesin Genset				
No	Nama Item	<i>Functions (F)</i>		<i>Failure Function (FF)</i>	
		Kode	Fungsi	Kode	Kegagalan Fungsi
1.	<i>Alternator</i>	1.1	Untuk pengisian <i>accu</i>	1.1.1	<i>Ampere</i> tidak dapat mengisi
				1.1.2	Kekencangan <i>Belt</i>
2.	<i>Dynamo Stater</i>	1.2	Untuk mengawali putaran mesin, sehingga mesin dapat menyala dengan mudah.	1.2.1	<i>Brush</i> Habis
				1.2.2	<i>Solenoid</i> rusak.
3	<i>Water Pump</i>	1.3	Untuk memompa air pendingin agar dapat bersirkulasi	1.3.1	<i>Water pump</i> rembes
4.	<i>Filter Bahan Bakar</i>	1.4	Untuk menyaring kotoran yang terdapat pada bahan bakar solar	1.4.1	Filter bahan bakar kotor
5.	<i>Accu / Baterai</i>	1.5	Sebagai sumber tegangan listrik pada sistem kelistrikan genset	1.5.1	Tegangan berkurang (<i>Drop</i>) Terminal positif dan negatif berkerak
6	Filter Oli	1.6	Untuk menyaring kotoran yang terdapat pada oli <i>engine</i>	1.6.1	Filter oli kotor

7	Radiator	1.7	Sebagai sistem pendingin <i>engine</i>	1.7.1	Selang radiator bocor
---	----------	-----	--	-------	-----------------------

4.2.3 Failure Mode and Effect Analysis (FMEA)

Setelah diketahui fungsi dan kerusakan dari setiap mesin genset, maka tahap selanjutnya menganalisa fungsi dan kegagalan fungsi tersebut dengan melakukan wawancara dan *brainstorming* yang terdapat pada lampiran 1 yang dimasukkan ke dalam analisa metode FMEA pada Tabel 4.4 sebagai berikut :



Tabel 4. 4 Failure Mode and Effect Analysis

No	Equipment	Function	Kode	Functional Failure	Failure Mode	Effect of Failure	S	O	D	RPN
1.	Alternator	Untuk pengisian accu	1.1.1	Ampere tidak dapat mengisi	Penggunaan yang berkelanjutan dan usia elastisitas karet belt	Tegangan accu lebih cepat drop	7	3	3	63
			1.1.2	Kekencangan Belt			7	3	3	63
2.	Dynamo Stater	Untuk mengawali putaran mesin, sehingga mesin dapat menyala dengan mudah.	1.2.1	Brush habis	Gesekan antara brush dengan komutator dan plat kontak pada solenoid yang aus karena usia penggunaan	Dynamo stater tidak dapat berputar	8	3	4	96
			1.2.2	Solenoid rusak			8	3	4	96
3.	Water Pump	Untuk memompa air pendingin supaya dapat bersirkulasi	1.3.1	Water pump rembes	Pengisian air pendingin yang salah menyebabkan water pump berkarat	Volume air pendingin berkurang, mengakibatkan temperature panas naik	8	3	4	96
4.	Filter Bahan Bakar	Untuk menyaring kotoran yang terdapat pada bahan bakar solar	1.4.1	Filter bahan bakar kotor	Kotoran yang terlarut dalam solar tersaring oleh filter dan menyumbat pori - pori pada filter	Menyebabkan bahan bakar telat naik, dan engine kekurangan bahan bakar	6	4	3	72

No	Equipment	Function	Kode	Functional Faillure	Failure Mode	Effect of Failure	S	O	D	RPN
5.	Accu / Baterai	Sebagai sumber tegangan listrik pada sistem kelistrikan genset	1.5.1	Tegangan berkurang (<i>Drop</i>)	Usia pemakaian baterai dan pengisian cairan baterai yang melebihi batas maksimal.	Tegangan baterai yang dihasilkan kurang dari 12 <i>volt</i> .	8	4	3	96
			1.5.2	Terminal positif dan negatif berkerak			8	4	3	96
6.	Filter Oli	Untuk menyaring kotoran yang terdapat pada oli <i>engine</i>	1.6.1	Filter oli kotor	Kotoran yang larut pada oli menyumbat pori pori <i>filter</i> oli.	Sirkulasi oli tidak baik, jumlah oli yang melumasi komponen kurang.	8	3	4	96
7	Radiator	Sebagai sistem pendingin <i>engine</i>	1.7.1	Selang radiator bocor	Selang tertekuk dan berkerut	Mengurangi volume air pendingin, proses pendinginan <i>engine</i> tidak baik	8	3	3	72

Berdasarkan analisa FMEA diperoleh dari data nilai prioritas resiko kegagalan atau yang disebut RPN pada mesin genset tahun 2022, nilai RPN dihasilkan dari $Severity(S) * Occurrence(O) * Detection(D)$. Pada mesin genset Nippon Sharyo dalam masing-masing *equipment* terdapat kegagalan *equipment* yang sama sehingga pada analisa FMEA untuk setiap *functional failure* nilai tingkat keparahan/*severity*, untuk menentukan nilai *severity* terdapat pada **Tabel 2.2 Level Severity**, tingkat keseringan kejadian/*occurrence*, untuk menentukan nilai *occurrence* terdapat pada **Tabel 2.3 Level occurrence**, serta tingkat deteksi/*detection*, untuk menentukan nilai *detection* terdapat pada **Tabel 2.4 Level detection**. Hasil analisa terdapat 4 nilai RPN tertinggi, hanya saja berbeda waktu kejadian. Nilai RPN terbesar dihasilkan karena kegagalan tersebut yang paling berdampak parah bagi kinerja genset. Oleh karena itu 4 nilai RPN tertinggi menjadi prioritas utama, pada masing-masing *functional failure* di setiap *equipment*. Terdapat 4 nilai RPN antara lain sebagai berikut :

Tabel 4. 5 Hasil Level Severity

Equipment	Akibat (Effect)	Kriteria Verbal	Akibat Pada Produksi	Tingkat Serverity
Water Pump	Akibat Ekstrem	Mesin tidak dapat beroperasi, mesin telah kehilangan fungsi utama mesin	Downtime 4 sampai 8 jam	8
Filter Oli	Akibat Ekstrem	Mesin tidak dapat beroperasi, mesin telah kehilangan fungsi utama mesin	Downtime 4 sampai 8 jam	8
Dynamo Stater	Akibat Ekstrem	Mesin tidak dapat beroperasi, mesin telah kehilangan fungsi utama mesin	Downtime 4 sampai 8 jam	8
Accu / Baterai	Akibat Ekstrem	Mesin tidak dapat beroperasi, mesin telah kehilangan fungsi utama mesin	Downtime 4 sampai 8 jam	8

Severity tingkat keparahan/*severity*, untuk menentukan nilai *serverity* untuk menentukan nilai *serverity* ini terdapat pada **Tabel 2.2 Level Severity** pada halaman 30.

Tabel 4. 6 Hasil Tingkatan Occurence

Rangking	Equipment	Kriteria	Tingkat Insiden Kegagalan
3	Water Pump	Kerusakan mesin terjadi sangat sedikit	2.001 sampai 3.000 jam kerja
3	Filter Oli	Kerusakan mesin terjadi sangat sedikit	2.001 sampai 3.000 jam kerja
3	Dynamo Stater	Kerusakan mesin terjadi sangat sedikit	2.001 sampai 3.000 jam kerja
4	Accu / Baterai	Kerusakan mesin terjadi sedikit	1.001 sampai 2.000 jam kerja

Occurence tingkat keseringan kejadian/*occurence*, untuk menentukan nilai *occurence* terdapat pada **Tabel 2.3 Level *occurrence*** pada halaman 31.

Tabel 4. 8 Hasil Tingkatan Detection

Rangking	Rangking	Kriteria Verbal
Water Pump	4	Perawatan <i>preventive</i> memiliki kemungkinan <i>moderate highly</i> untuk mendeteksi penyebab potensial atau mekanisme kegagalan dan mode kegagalan
Filter Oli	4	Perawatan <i>preventive</i> memiliki kemungkinan <i>moderate highly</i> untuk mendeteksi penyebab potensial atau mekanisme kegagalan dan mode kegagalan
Dynamo Stater	4	Perawatan <i>preventive</i> memiliki kemungkinan <i>moderate highly</i> untuk mendeteksi penyebab potensial atau mekanisme kegagalan dan mode kegagalan
Accu / Baterai	3	Perawatan <i>preventive</i> memiliki kemungkinan tinggi untuk mendeteksi penyebab potensial atau mekanisme kegagalan dan mode kegagalan

Detection tingkat deteksi/*detection*, untuk menentukan nilai *detection* terdapat pada **Tabel 2.4 Level *detection*** pada halaman 31.

1. *Water Pump* (*Water pump* rembes) RPN : 96

Waterpump memiliki nilai tingkat *effect* keparahan (S) 8, karena menyebabkan Mesin tidak dapat beroperasi, mesin telah kehilangan fungsi, serta memiliki nilai tingkat frekwensi kegagalan (O) 3, karena kerusakan terjadi sangat

sedikit, dan memiliki tingkat detection (D) 4, karena membutuhkan Perawatan *preventive* memiliki kemungkinan *moderate highly* untuk mendeteksi penyebab potensial atau mekanisme kegagalan dan mode kegagalan.

$$RPN = S * O * D$$

$$RPN : 8 * 3 * 4 = 96$$

Sebab : Disebabkan oleh Pengisian air pendingin yang salah menyebabkan *water pump* berkarat dan keropos.

Akibat : Mengkibat terbuangnya cairan pendingin sehingga volume cairan pendingin berkurang, yang mengakibatkan *engine* menjadi panas.

2. Filter Oli (Filter oli kotor) RPN : 96

Filter Oli memiliki nilai tingkat *effect* keparahan (S) 8, karena menyebabkan Mesin tidak dapat beroperasi, mesin telah kehilangan fungsi, serta memiliki nilai tingkat frekwensi kegagalan (O) 3, karena kerusakan terjadi sangat sedikit, dan memiliki tingkat detection (D) 4, karena membutuhkan Perawatan *preventive* memiliki kemungkinan *moderate highly* untuk mendeteksi penyebab potensial atau mekanisme kegagalan dan mode kegagalan.

$$RPN = S * O * D$$

$$RPN : 8 * 3 * 4 = 96$$

Sebab : Disebabkan oleh Kotoran yang larut pada oli menyumbat pori pori *filter* oli. Sehingga oli tidak bisa bersirkulasi dengan baik.

Akibat : Mengakibatkan volume oli yang melumasi *engine* akan kurang, Keausan akan lebih banyak karena kurangnya pelumasan pada *engine*.

3. Dynamo Stater (Brush habis, Solenoid rusak) RPN : 96

Dynamo Stater memiliki nilai tingkat *effect* keparahan (S) 8, karena menyebabkan Mesin tidak dapat beroperasi, mesin telah kehilangan fungsi, serta memiliki nilai tingkat frekwensi kegagalan (O) 3, karena kerusakan terjadi sangat sedikit, dan memiliki tingkat detection (D) 4, karena membutuhkan Perawatan *preventive* memiliki kemungkinan *moderate highly* untuk mendeteksi penyebab potensial atau mekanisme kegagalan dan mode kegagalan.

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

$$\text{RPN} : 8 * 3 * 4 = 96$$

Sebab : Disebabkan oleh Gesekan antara brush dengan komutator dan plat kontak pada solenoid yang aus karena usia penggunaan.

Akibat : Mengakibatkan *Dynamo stater* tidak dapat berputar.

4. *Accu* / Baterai (Drop, Terminal berkerak) RPN : 96

Accu / Baterai memiliki nilai tingkat *effect* keparahan (S) 8, karena menyebabkan Mesin tidak dapat beroperasi, mesin telah kehilangan fungsi, serta memiliki nilai tingkat frekwensi kegagalan (O) 4, Kerusakan mesin terjadi sedikit, dan memiliki tingkat detection (D) 3, karena membutuhkan Perawatan *preventive* memiliki kemungkinan tinggi untuk mendeteksi penyebab potensial atau mekanisme kegagalan dan mode kegagalan.

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

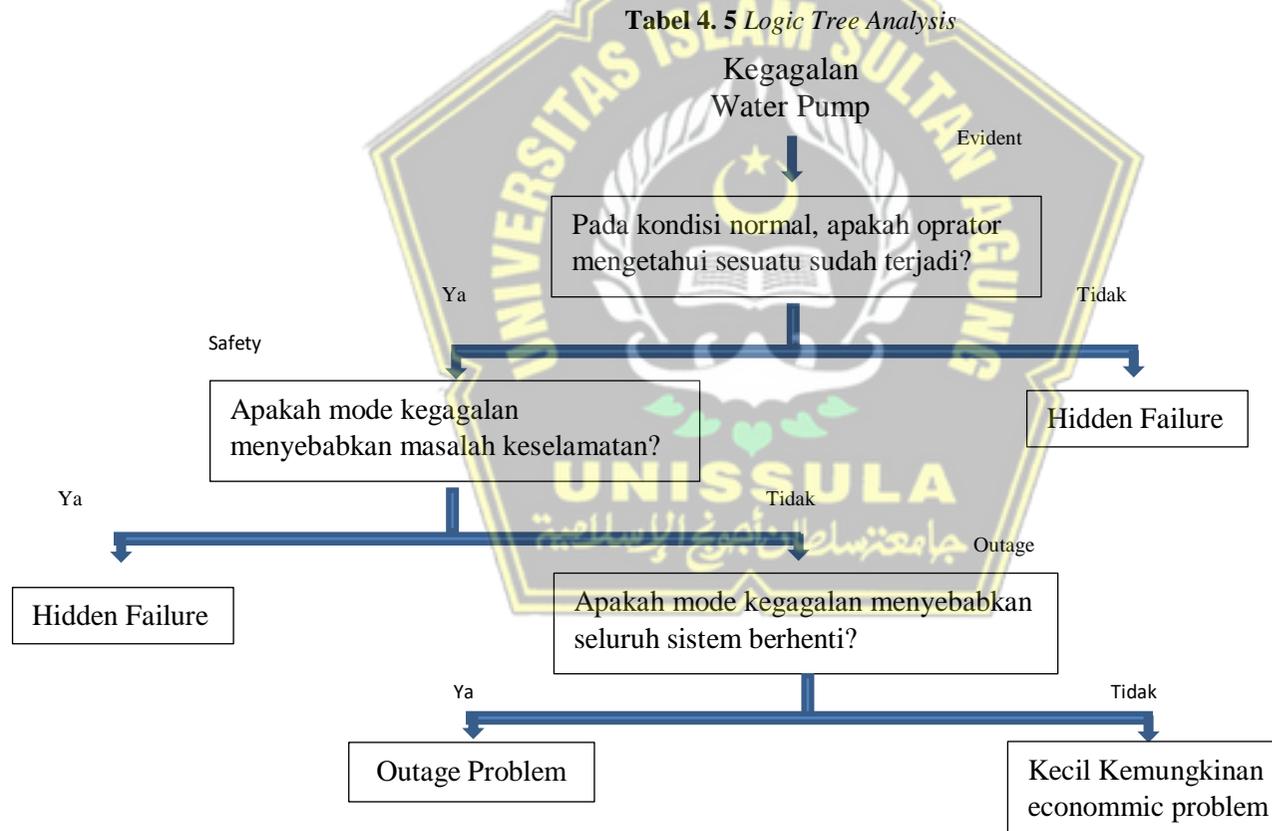
$$\text{RPN} : 8 * 4 * 3 = 96$$

Sebab : Disebabkan oleh Usia pemakaian baterai dan pengisian cairan baterai yang melebihi batas maksimal.

Akibat : Tegangan baterai yang dihasilkan kurang dari 12 *volt*. Sehingga komponen dan engine genset kekurangan tegangan listrik untuk bekerja.

4.2.4 Logic Tree Analysis (LTA)

Setelah melakukan analisa menggunakan metode FMEA, langkah selanjutnya dianalisa menggunakan metode LTA. Berdasarkan Gambar 2.1 Struktur *Logic Tree Analysis*, serta kesimpulan analisa dari FMEA maka diperoleh 4 kegagalan prioritas yang terjadi pada mesin genset. Berikut ini merupakan analisa menggunakan metode LTA berdasarkan data pada lampiran 2 yang dimasukkan ke dalam pada tabel 4.5 berikut :



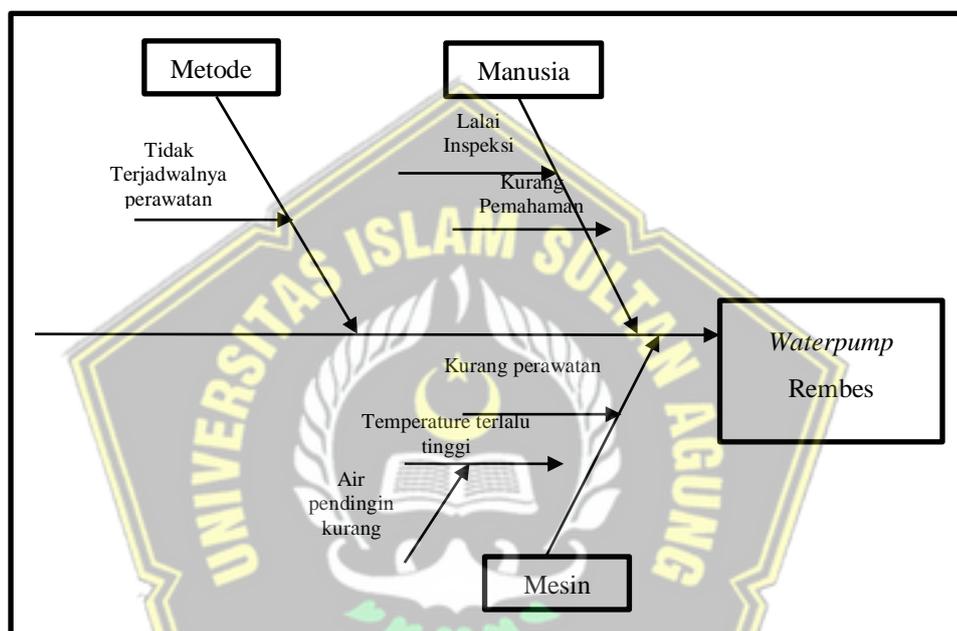
Keterangan :

1. *Evident*, adalah dapatkah pekerja dalam keadaan normal untuk memahami terjadinya kesalahan?
 - *WaterPump* : Pekerja dapat mengetahui / memahami terjadinya kerusakan pada *waterpump* ditandai dengan *waterpump* yang selalu basah saat mesin hidup. (Y)
 - Filter Oli : Pekerja mengetahui / memahami terjadinya kerusakan pada filter oli, ditandai dengan tekanan oli menurun, dapat dilihat melalui indikator tekanan oli. (Y)
 - *Dynamo Stater* : Pekerja mengetahui / memahami terjadinya kerusakan pada *dynamo stater*, ditandai dengan *dynamo stater* yang tidak bias berputar dan panjang *brush* yang berkurang. (Y)
 - *Accu / Baterai* : Pekerja mengetahui / memahami terjadinya kerusakan pada *Accu / Baterai*, ditandai dengan indikator pada genset tidak menyala saat kunci kontak posisi *ON* (Y)
2. *Safety*, adalah dapatkah insiden ini menimbulkan bahaya keamanan?
 - *WaterPump* : *Waterpump* yang rusak tidak menimbulkan bahaya keamanan bagi pekerja. (N)
 - Filter Oli : Filter Oli yang rusak tidak menimbulkan bahaya keamanan bagi pekerja. (N)
 - *Dynamo Stater* : *Dynamo Stater* yang rusak tidak menimbulkan bahaya keamanan bagi pekerja. (N)
 - *Accu / Baterai* : *Accu / Baterai* yang rusak tidak menimbulkan bahaya keamanan bagi pekerja. (N)
3. *Outage*, adalah Dapatkah mode kerusakan ini merusak semua atau setengah sistem?
 - *WaterPump* : Kerusakan *waterpump* dapat merusak semua atau setengah dari system genset. Dikarenakan cairan pendingin akan berkurang dan menyebabkan *overheat*. (Y)

- Filter Oli : Kerusakan filter oli dapat merusak semua atau setengah dari system genset. Dikarenakan oli tidak bisa melumasi komponen yang perlu dilumasi, sehingga komponen akan lebih cepat aus. (Y)
 - *Dynamo Stater* : Kerusakan *dynamo stater* tidak dapat merusak semua atau setengah dari system genset, namun jika motor stater tidak dapat bekerja, maka mesin genset pun tidak dapat hidup. (N)
 - *Accu* / Baterai : Kerusakan pada *accu* / baterai tidak dapat merusak semua atau setengah dari system genset, namun jika tegangan baterai berkurang mesin genset pun tidak dapat hidup. (N)
4. Ada empat kategori LTA di bagian ini yaitu:
- a. Kategori A (*Safety problem*)
Adalah Mode kerusakan yang memiliki dampak mengerikan bagi keamanan sampai-sampai menimbulkan kematian bagi seseorang. Kesalahan ini juga memiliki efek bagi lingkungan meliputi pelanggaran peraturan lingkungan yang telah ditetapkan dalam undang-undang sebelumnya.
 - b. Kategori B (*Outage problem*)
Adalah Mode kerusakan suatu suku cadang yang mengakibatkan penghentian sebagian atau seluruhnya dari sistem operasi suku cadang tersebut, sehingga mempengaruhi operasi pabrik seperti nilai, keunggulan produk, dan hasil produk. dapat meningkatkan pengeluaran.
 - c. Kategori C (*Economic problem*)
Adalah Mode kerusakan tidak memiliki dampak untuk keselamatan atau operasi pabrik dan memiliki dampak perdagangan yang relatif rendah, termasuk biaya pemulihan .
 - d. Kategori D (*Hidden Failure*)
Adalah Mode kerusakan memiliki efek langsung, tetapi jika perusahaan tidak memenuhinya, risiko ini menjadi parah dan bahkan dapat menyebabkan kegagalan lebih lanjut

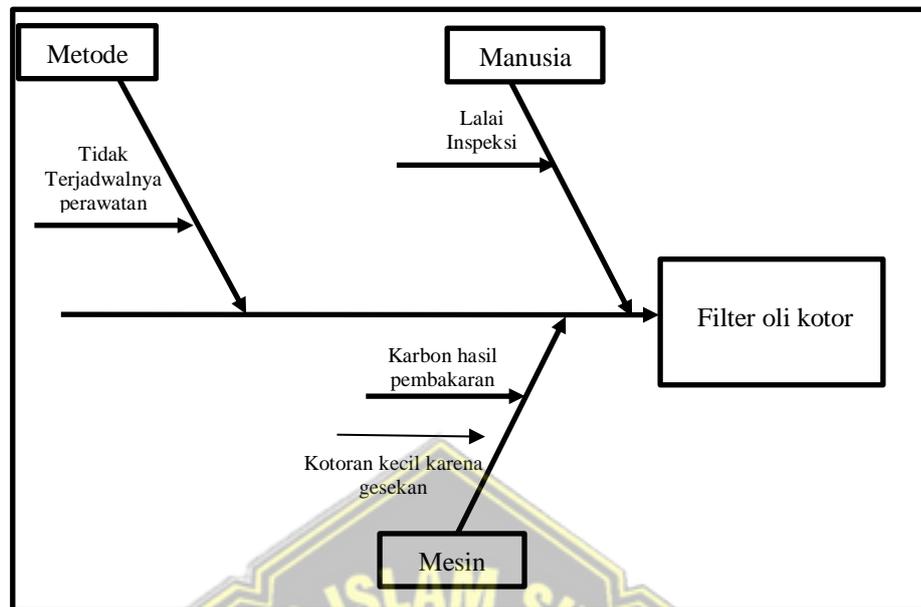
4.2.5 Fishbone Diagram

Dari analisa kegagalan yang sudah dilakukan, ada beberapa kegagalan yang masih belum dianalisa akar penyebabnya. Berdasarkan hasil observasi, interview dengan teknisi, dan teori *fishbone*, maka menganalisa akar penyebab kegagalan dengan menggunakan *fishbone diagram* yang digunakan sebagai salah satu dasar dalam menentukan tindakan perawatan yang tepat antara lain sebagai berikut



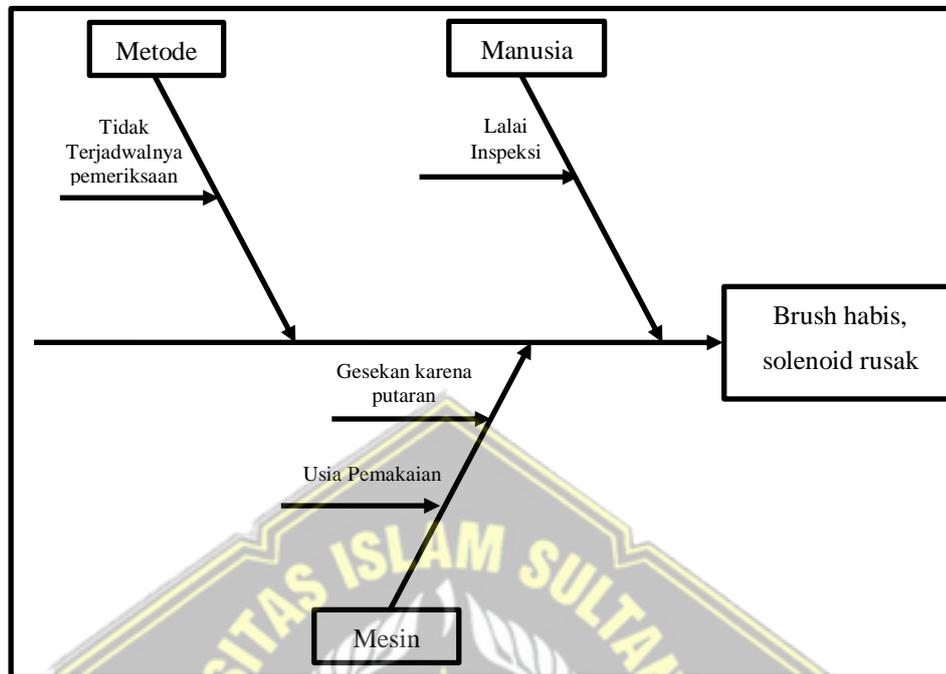
Gambar 4. 17 Fishbone Diagram Kegagalan Water Pump

Pada Gambar 4.17 Fishbone Diagram Kegagalan Waterpump terdapat beberapa faktor yang menyebabkan kegagalan waterpump. Pertama metode, metode perawatan yang salah dengan tidak terjadwal nya perawatan yang dibutuhkan mesin genset dapat menjadi faktor penyebab kerusakan waterpump. Kedua manusia, manusia berperan penting dalam proses perawatan mesin genset, kurangnya pengetahuan perawatan dapat mengakibatkan kerusakan pada komponen komponen mesin genset. Ketiga mesin, mesin memiliki batasan usia penggunaan, karena temperature yang selalu berubah dan bersifat mudah korosi menjadi faktor kerusakan waterpump.



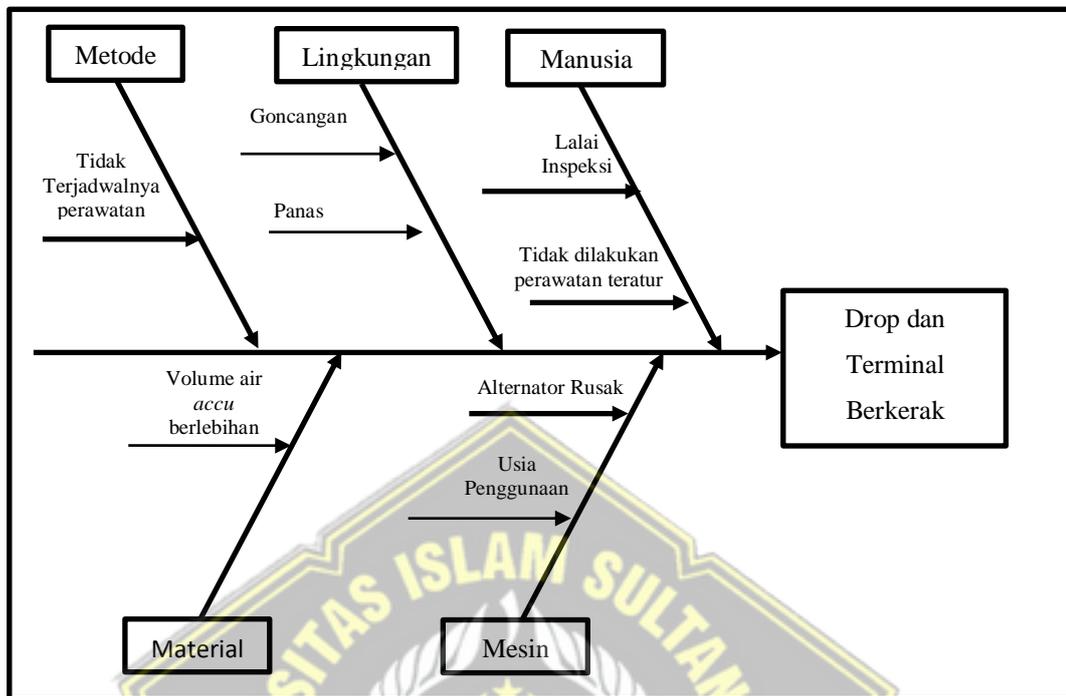
Gambar 4.18 Fishbone Diagram Kegagalan Filter Oli

Pada **Gambar 4.18** Fishbone Diagram Kegagalan filter oli terdapat beberapa faktor yang menyebabkan kegagalan filter oli. Pertama metode, metode perawatan yang salah dengan tidak terjadwal nya perawatan yang dibutuhkan mesin genset dapat menjadi faktor penyebab kerusakan filter oli. Kedua mesin, kinerja mesin dalam proses pembakaran akan meninggalkan sisa karbon pembakaran, karbon tersebut akan dibilas oleh oli dan larut dalam oli, yang menyebabkan filter oli kotor dan pori – pori pada filter oli tersumbat. Ketiga manusia, manusia berperan penting dalam proses perawatan mesin genset, kurang nya pengetahuan perawatan dapat mengakibatkan kerusakan pada komponen komponen mesin genset.



Gambar 4. 19 Fishbone Diagram Kerusakan *Dynamo Stater*

Pada Gambar 4.19 Fishbone Diagram Kegagalan *Dynamo Stater* terdapat beberapa faktor yang menyebabkan kegagalan *Dynamo Stater*. Pertama metode, metode perawatan yang salah dengan tidak terjadwal nya perawatan yang dibutuhkan mesin genset dapat menjadi faktor penyebab kerusakan *dynamo Stater* material, material air pendingin yang salah dapat menyebabkan karat pada filter oli yang mengakibatkan kerusakan pada filter oli. Kedua mesin, kinerja motor stater yang berputar menyebabkan gesekan antara komutator dengan brush, sehingga brush menjadi habis. Ketiga manusia, manusia berperan penting dalam proses perawatan mesin genset, kurangnya pengetahuan perawatan dapat mengakibatkan kerusakan pada komponen komponen mesin genset



Gambar 4. 20 Fishbone Diagram Kegagalan Accu / Baterai

Pada Gambar 4.20 Fishbone Diagram Kegagalan Accu / Baterai terdapat beberapa faktor yang menyebabkan kegagalan Accu / Baterai. Pertama metode, metode perawatan yang salah dengan tidak terjadwal nya perawatan yang dibutuhkan mesin genset dapat menjadi faktor penyebab kerusakan Accu / Baterai. Kedua material, volume air Accu / Baterai yang berlebihan dapat menyebabkan cairan keluar dan menyebabkan kerak pada terminal baterai. Ketiga lingkungan, Lingkungan yang panas dan getaran / guncangan menjadi factor utama cairan Accu / Baterai keluar mengotori permukaan dan terminal Accu / Baterai . Keempat mesin, mesin memiliki batasan usia penggunaan, serta kerusakan alternator menjadi factor utama baterai cepat drop. Kelima manusia, manusia berperan penting dalam proses perawatan mesin genset, kurang nya pengetahuan perawatan dapat mengakibatkan kerusakan pada komponen komponen mesin genset.

4.2.6 Task Selection

Berdasarkan analisa RCM yang sudah dilakukan, maka diperoleh usulan strategi perencanaan perawatan sebagai berikut :

Tabel 4.9 RCM Decision Worksheet Mesin Genset

No.	Equipment	Function (F)	Functional Failure (FF)	Failure Mode (FM)	Consequence Evaluation				Faktor Proses	Maintenance Task	Maintenance Category						
					H	S	E	O									
1.	Water Pump	Untuk memompa air pendingin supaya dapat bersirkulasi	Water Pump rembes	Pengisian air pendingin yang salah menyebabkan water pump berkarat	Y	N	N	Y	Manusia	Dilakukan inspeksi secara berkala dan teratur untuk mencari indikasi kegagalan yang mungkin dapat terjadi, dan dilakukan pelatihan dalam beberapa bulan sekali, agar operatornya mahir dalam menggunakan mesin tidak melakukan kesalahan waktu beroperasi	PdM						
												Metode	Dilakukan pengecekan secara berkala apakah waterpump dalam keadaan yang sesuai atau tidak agar dapat diketahui sebelum terjadi kerusakan yang lebih besar.	PdM			
															Mesin	Melakukan optimalisasi proses pemompaan pada system pendingin, agar engine dapat bekerja dengan suhu normal yang stabil.	PM
2.	Filter Oli	Untuk Menyaring kotoran pada oli mesin.	Filter Oli kotor	Kotoran yang larut pada oli menyumbat pori pori pada filter oli	Y	N	N	N	Manusia	Dilakukan inspeksi secara berkala dan teratur untuk mencari indikasi kegagalan yang mungkin dapat terjadi dan memakai APD lengkap	PdM						

											agar tidak terjadi kecelakaan kerja dalam tindakan perawatan	
										Metode	Dilakukan tindakan perawatan secara berkala dan mencatat tanggal pemasangan filter oli, agar dapat diketahui waktu pergantian yang paling tepat. Supaya sirkulasi oli dapat bekerja dengan baik.	PdM
										Mesin,	Dilakukan penggantian filter oli dengan rutin pada waktu yang tepat agar pelumasan pada engine dapat bekerja dengan baik,	PM
3.	<i>Dynamo Stater</i>	Untuk mengawali putaran mesin, sehingga mesin dapat menyala dengan mudah.	Brush habis dan Solenoid rusak	Gesekan antara brush dengan komutator, dan plat kontak pada solenoid yang aus karena usia pemakaian	Y	N	N	Y		Manusia	Dilakukan inspeksi secara berkala dan teratur untuk mencari indikasi kegagalan yang mungkin dapat terjadi dan memakai APD lengkap agar tidak terjadi kecelakaan kerja dalam tindakan perawatan	PdM
										Metode	Dilakukan pengecekan / pemeriksaan secara berkala apakah <i>dynamo stater</i> dalam keadaan yang sesuai atau tidak agar dapat diketahui sebelum terjadi kerusakan yang lebih merugikan.	PdM
										Mesin	Dilakukan perbaikan atau pergantian komponen <i>dynamo stater</i> , agar dapat kembali normal.	PM
4.	<i>Accu / Baterai</i>	Sebagai sumber tegangan listrik pada system kelistrikan genset	Tegangan <i>accu</i> drop, dan terminal <i>accu</i> berkerak	Usia penggunaan baterai dan pengisian air <i>accu</i> yang melebihi batas maksimal	Y	N	Y	Y		Manusia	Dilakukan inspeksi secara berkala dan teratur untuk mencari indikasi kegagalan yang mungkin dapat terjadi	PdM

										Lingkunan dan Metode	Dilakukan tindakan <i>Cleaning</i> secara berkala dan terature pada terminal <i>accu</i> agar tidak terdapat kotoran / kerak yang dapat menimbulkan tahanan yang besar. Serta menempatkan posisi <i>accu</i> dengan aman, sehingga tetap diposisi yang semestinya saat terjadi guncangan.	PdM
										Mesin dan Material	Dilakukan pemeriksaan volume cairan <i>accu</i> , pastikan tidak kurang dan tidak lebih. Agar fungsi <i>accu</i> dapat bekerja dengan baik.	CM



Keterangan :

1. **Consequence Evaluation;** merupakan konsekuensi atau dampak yang timbul karena adanya kegagalan pada *equipment*. Ada 4 macam antara lain yaitu :
 - a. **Hidden Failure (H);** merupakan mode kegagalan yang memiliki dampak secara langsung, tetapi jika tidak dilakukan tindakan maka dapat menjadi kegagalan yang serius bahkan memicu kegagalan lainnya.
 - b. **Safety Problem (S);** merupakan mode kegagalan yang dapat membahayakan keselamatan bahkan kematian seseorang.
 - c. **Economic Problem (E);** merupakan mode kegagalan yang mempengaruhi ekonomi perusahaan meliputi biaya perbaikan.
 - d. **Outage Problem (O);** merupakan mode kegagalan yang dapat menyebabkan penghentian sebagian atau seluruh sistem operasi komponen, yang memengaruhi pengoperasian pembangkit
2. **Faktor Proses;** merupakan faktor penyebab kegagalan yang telah dianalisa dengan *fishbone diagram* untuk digunakan sebagai salah satu dasar dalam menentukan tindakan perawatan yang tepat.
 - f. **Manusia;** faktor yang dipengaruhi oleh tindakan operator.
 - g. **Lingkungan;** faktor yang dipengaruhi oleh kondisi sekitar *equipment*.
 - h. **Metode;** faktor yang dipengaruhi oleh suatu sistem.
 - i. **Mesin;** faktor yang dipengaruhi oleh *equipment* tersebut maupun yang lain.
 - j. **Material;** faktor yang dipengaruhi oleh bahan baku maupun material *equipment*.
3. **Maintenance Category :** *Maintenance Category* dapat ditetapkan sesuai dengan kerusakan, penyebab kegagalan, dan proses perawatan. Tindakan perawatan. Ada 3 kategori *maintenance* antara lain sebagai berikut :
 - a. **Preventive Maintenance (PM);** Tindakan pemeliharaan dilakukan langsung pada sumber kegagalan tergantung pada umur suatu komponen
 - b. **Predictive Maintenance (PdM);** Tindakan perawatan dengan melakukan pemeriksaan dan inspeksi.

- c. **Corrective Maintenance (CM)**; Tindakan perawatan yang dilakukan dengan tujuan untuk menemukan kerusakan yang tersembunyi dengan pemeriksaan berkala.

Untuk maintenance Category dapat ditetapkan sesuai dengan kerusakan dan penyebab kegagalan sebagai berikut :

1. *Water Pump* :

Manusia : Dilakukan inspeksi secara berkala dan teratur untuk mencari indikasi kegagalan yang mungkin dapat terjadi, dan dilakukan pelatihan dalam beberapa bulan sekali, agar operatornya mahir dalam menggunakan mesin tidak melakukan kesalahan waktu beroperasi (PdM)

Metode : Dilakukan pengecekan secara berkala apakah *waterpump* dalam keadaan yang sesuai atau tidak agar dapat diketahui sebelum terjadi kerusakan yang lebih besar (PdM)

Mesin : Melakukan optimalisasi proses pemompaan pada system pendingin, agar engine dapat bekerja dengan suhu normal yang stabil. (PM)

2. Filter Oli :

Manusia : Dilakukan inspeksi secara berkala dan teratur untuk mencari indikasi kegagalan yang mungkin dapat terjadi dan memakai APD lengkap agar tidak terjadi kecelakaan kerja dalam tindakan perawatan (PdM)

Metode : Dilakukan tindakan perawatan secara berkala dan mencatat tanggal pemasangan filter oli, agar dapat diketahui waktu pergantian yang paling tepat. Supaya sirkulasi oli dapat bekerja dengan baik. (PdM)

Mesin : Dilakukan penggantian filter oli dengan rutin pada waktu yang tepat agar pelumasan pada engine dapat bekerja dengan baik. (PM)

3. *Dynamo Stater* :

Manusia : Dilakukan inspeksi secara berkala dan teratur untuk mencari indikasi kegagalan yang mungkin dapat terjadi dan memakai APD lengkap agar tidak terjadi kecelakaan kerja dalam tindakan (PdM)

Metode : Dilakukan pengecekan / pemeriksaan secara berkala apakah *dynamo stater* dalam keadaan yang sesuai atau tidak agar dapat diketahui sebelum terjadi kerusakan yang lebih merugikan. (PdM)

Mesin : Dilakukan perbaikan atau pergantian komponen *dynamo stater*, agar dapat kembali normal.. (PM)

4. *Accu* / Baterai :

Manusia : Dilakukan inspeksi secara berkala dan teratur untuk mencari indikasi kegagalan yang mungkin dapat terjadi (PdM)

Lingkungan dan Metode : Dilakukan tindakan *Cleaning* secara berkala dan terature pada terminal *accu* agar tidak terdapat kotoran / kerak yang dapat menimbulkan tahanan yang besar. Serta menempatkan posisi *accu* dengan aman, sehingga tetap diposisi yang semestinya saat terjadi guncangan.(PdM)

Mesin dan Material : Dilakukan pemeriksaan volume cairan *accu*, pastikan tidak kurang dan tidak lebih. Agar fungsi *accu* dapat bekerja dengan baik. (CM)

Metode : Dilakukan perawatan berkala apakah alternator dalam keadaan yang sesuai atau tidak agar dapat diketahui sebelum terjadi kerusakan yang lebih merugikan. (PdM)

Mesin : Dilakukan perbaikan atau pergantian komponen tertentu agar dapat bekerja dengan normal. (PM)

4.3 Analisa dan Intrepretasi hasil

Berikut merupakan analisa dari metode *reliability centered maintenance* (RCM) :

4.3.1 Analisa Failure Mode and Effect Analysis (FMEA)

Berdasarkan hasil pengolahan data memakai metode *Failure Mode and Effect Analysis* (FMEA) diperoleh data nilai prioritas resiko kegagalan atau yang disebut RPN pada mesin genset tahun 2022, ada 4 nilai RPN antara lain pada *water pump*, filter oli, *Dynamo stater*, dan *accu* yang mempunyai tingkat RPN sebesar 96.

Pada *water pump* disebabkan pengisian air pendingin yang salah, dapat menyebabkan kerak dan karat pada *water pump*, yang akan mengakibatkan *water pump* krops dan rembes. *Water pump* yang rembes akan mengurangi volume air pendingin, sehingga proses pendinginan mesin tidak akan maksimal, bahkan dapat menyebabkan *over heat*. Sedangkan pada filter oli disebabkan oleh kotoran yang

terlarut dalam oli, atau dihasilkan dari karbon sisa pembakaran yang menyumbat pori-pori pada filter oli, yang menyebabkan sirkulasi oli terganggu. Pada *dynamo stater* disebabkan oleh gesekan antara *brush* dan komutator yang menyebabkan *brush* terkikis dan habis, sedangkan pada solenoid diakibatkan karena usia penggunaan. Pada *accu* disebabkan oleh pengisian cairan *accu* yang berlebihan, sehingga jika ada guncangan atau getaran air *accu* meluap dan membasahi terminal yang berakibat menjadi kerak. Rata-rata usia penggunaan *accu* yaitu 2 tahun.

4.3.2 Analisa *Logic Tree Analysis* (LTA)

Berdasarkan hasil pengolahan data menggunakan metode *Logic Tree Analysis* (LTA) diperoleh data analisa kekritisan dari setiap mode kegagalan masing-masing *equipment* pada mesin genset tahun 2020. Analisa kekritisan dari mode kegagalan tersebut mempunyai 4 klasifikasi yaitu pertama *evident* yang artinya dapatkah operator dalam kondisi normal untuk mengetahui terjadinya kesalahan, kedua *safety* yang artinya dapatkah insiden ini menimbulkan bahaya keselamatan, ketiga *outage* yang artinya dapatkah kegagalan ini merusak seluruh atau sebagian sistem, yang terakhir adalah konsekuensi yang dibagi 4 kategori yaitu kategori A (*safety problem*) yang artinya mode kegagalan yang memiliki dampak mengerikan bagi keamanan, kategori B (*outage problem*) yang artinya kegagalan suatu suku cadang dapat mengakibatkan penghentian sebagian atau seluruhnya, kategori C (*economic problem*) yang artinya Mode kerusakan tidak memiliki dampak untuk keselamatan atau operasi pabrik dan memiliki dampak perdagangan yang relatif rendah, termasuk biaya pemulihan, kategori D (*hidden failure*) yang artinya Mode kerusakan memiliki efek langsung, tetapi jika perusahaan tidak memenuhinya, risiko ini menjadi parah dan bahkan dapat menyebabkan kegagalan lebih lanjut.

Pada *water pump* terdapat kegagalan yang diketahui operator (*evidents*), dan tidak dapat membahayakan keselamatan (*safety*) dan tidak menyebabkan sistem komponen kerja terhenti (*outage*), dan kategorinya D atau mempunyai konsekuensi membahayakan memicu kegagalan lainnya (*hidden failure*). Pada *equipment filter oli* terdapat kegagalan yang diketahui operator (*evidents*), dan tidak dapat membahayakan keselamatan (*safety*), dan tidak menyebabkan sistem komponen

terhenti (*outage*), dan kategorinya D atau mempunyai konsekuensi membahayakan memicu kegagalan lainnya (*hidden failure*). Pada *dynamo stater* terdapat kegagalan yang diketahui operator (*evidents*), dan tidak dapat membahayakan keselamatan (*safety*) selain itu juga menyebabkan sistem kerja komponen terhenti (*outage*), dan kategorinya B atau mempunyai konsekuensi menyebabkan sistem terhenti (*outage problem*). Pada *accu / baterai* terdapat kegagalan yang diketahui operator (*evidents*), dan tidak dapat membahayakan keselamatan (*safety*) selain itu juga menyebabkan sistem kerja komponen terhenti (*outage*), dan kategorinya B atau mempunyai konsekuensi menyebabkan sistem terhenti (*outage problem*). Pada *filter bahan bakar* terdapat kegagalan yang diketahui operator (*evidents*), dan tidak dapat membahayakan keselamatan (*safety*) dan tidak menyebabkan sistem komponen kerja terhenti (*outage*), dan kategorinya C Atau kerusakan tidak memiliki dampak untuk keselamatan atau operasi pabrik dan memiliki dampak perdagangan yang relatif rendah, termasuk biaya pemulihan (*hidden failure*). Pada *radiator* terdapat kegagalan yang diketahui operator (*evidents*), dan tidak dapat membahayakan keselamatan (*safety*) dan tidak menyebabkan sistem komponen kerja terhenti (*outage*), dan kategorinya D atau mempunyai konsekuensi membahayakan memicu kegagalan lainnya (*hidden failure*). Pada *alternator* terdapat kegagalan yang diketahui operator (*evidents*), dan tidak dapat membahayakan keselamatan (*safety*) dan tidak menyebabkan sistem komponen kerja terhenti (*outage*), dan kategorinya B atau mempunyai konsekuensi menyebabkan sistem terhenti (*outage problem*).

4.3.3 Analisa Fishbone Diagram

Berdasarkan analisa *fishbone diagram* untuk mencari akar penyebab dari kegagalan yang terjadi dapat diketahui ada 4 faktor penyebab kegagalan antara lain faktor manusia, metode, mesin dan material. Pada kegagalan *water oump* pertama disebabkan oleh faktor manusia adanya kelalaian inspeksi dan kurangnya pelatihan. Yang kedua disebabkan oleh faktor metode karena tidak ada jadwal perawatan berkala. Yang ketiga disebabkan oleh material karena material atau cairan pendingin tidak sesuai yang kandungannya dapat memicu kerak dan bersifat korosi. Yang keempat disebabkan oleh faktor mesin itu sendiri, sebab adanya cairan

pendingin yang salah dan panas yang dihasilkan oleh mesin sehingga dapat menimbulkan kerak pada *wate pump*.

Pada kegagalan *filter oli* pertama disebabkan oleh faktor manusia karena adanya kelalaian inspeksi dan pergantian teruatur. Yang kedua disebabkan oleh metode karena tidak ada jadwal pemeriksaan bertujuan agar fungsi dari filter oli dapat bekerja dengan baik. Yang ketiga faktor mesin, karena engine genset menggunakan jenis pembakaran *internal combustion engine*, hasil gesekan *ring piston* dengan dinding silinder akan menyebabkan terkikisnya dinding silinder, serta pembakaran akan menyebabkan karbon yang terlarut pada oli mesin, kotoran tersebut yang akan menyumbat pori – pori pada filter oli mesin. Pada kegagalan pada *dynamo stater* pertama disebabkan oleh faktor manusia karena adanya kelalaian inspeksi. Yang kedua disebabkan oleh faktor metode karena tidak ada jadwal perawatan berkala, perawatan berkala dapat membantu mengetahui gejala awal sebelum *dynamo stater* mengalami kerusakan. Yang ketiga disebabkan mesin itu sendiri, sebab putaran yang dihasilkan motor stater akan menimbulkan gesekan antara brush dengan komutator, gesekan tersebut akan menyebabkan brush berkurang dan habis, kemudian gerak maju mundurnya plat kontak pada solenoid akan menyebabkan plat kontak pada solenoid aus, sehingga solenoid mengalami kerusakan.

Pada kegagalan *Accu / baterai* disebabkan oleh faktor manusia karena adanya kelalaian inspeksi dan tidak dilakukan pembersihan dan pemeriksaan secara visual secara teruatur. Yang kedua disebabkan oleh faktor lingkungan karena adanya guncangan / getaran serta panas yang dihasilkan saat genset bekerja dapat menyebabkan cairan batrai keluar dan menjadi kerak yang akan mengotori permukaan batrai, Yang ketiga metode karena tidak ada jadwal pembersihan dan pemeriksaan berkala untuk mencegah terjadinya kerak pada permukaan *accu*. Yang keempat disebabkan oleh mesin itu sendiri karena factor usia penggunaan *accu* akan drop dengan sendirinya, walaupun pada genset terdapat sistem pengisian, usia penggunaan *accu* rata rata hanya 2 tahun penggunaan. Pada kegagalan *filter* bahan bakar disebabkan oleh faktor manusia karena adanya kelalaian inspeksi, tidak dilakukannya pembersihan secara berkala yang mengakibatkan kotoran menumpuk dan menyumbat pori – pori filter bahan bakar. Yang kedua disebabkan

oleh faktor metode karena disebabkan oleh faktor metode karena tidak adanya jadwal pembersihan berkala. Yang ketiga disebabkan oleh material itu sendiri tangki penyimpanan bahan bakar pada SPBU belum tentu bersih dari kotoran, ditambah lagi kotoran yang berada pada tanki bahan bakar genset, kotoran tersebut yang akan menyumbat dan membuat kegagalan pada filter bahan bakar solar. Pada kegagalan radiator disebabkan oleh faktor manusia karena adanya kelalaian inspeksi, tidak dilakukannya pemeriksaan visual secara berkala. Yang kedua disebabkan oleh faktor metode, karena tidak adanya jadwal pemeriksaan berkala, yang bertujuan agar tidak terjadi kerusakan yang lebih parah. Yang ketiga disebabkan oleh material itu sendiri usia penggunaan pada selang radiator sangat mempengaruhi ketahanan selang radiator dari panas dan tekukan, yang berakibat selang radiator berkerut dan beresiko bocor.

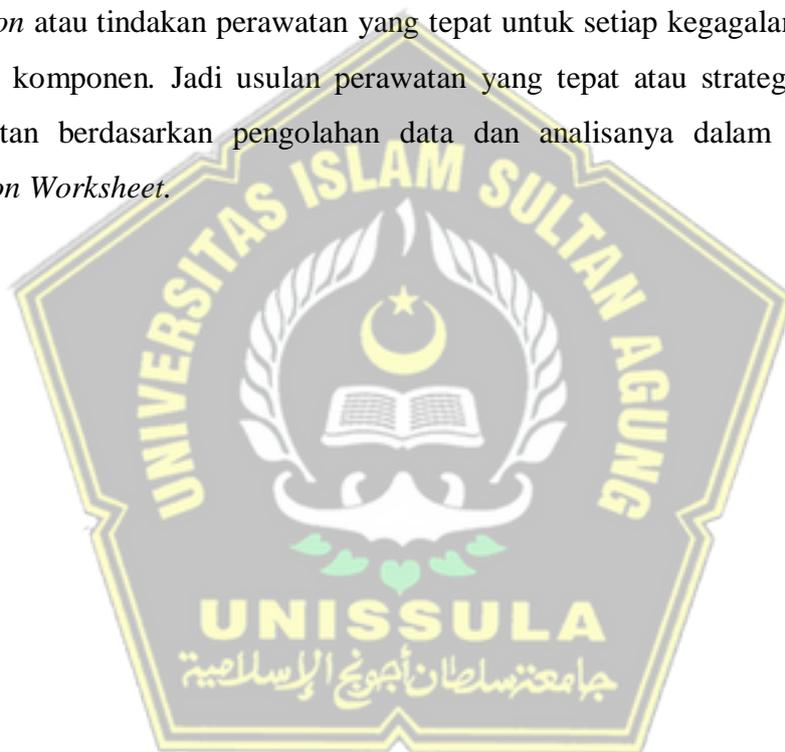
Pada kegagalan alternator disebabkan oleh faktor manusia karena adanya kelalaian inspeksi, tidak dilakukannya pemeriksaan secara berkala. Yang kedua disebabkan oleh faktor metode, karena tidak adanya jadwal pemeriksaan berkala, yang bertujuan agar tidak terjadi kerusakan yang lebih parah. Yang ketiga disebabkan oleh mesin itu sendiri usia penggunaan serta guncangan dan putaran yang dihasilkan mesin akan menyebabkan kekencangan *belt* akan berubah.

4.3.4 Usulan Perbaikan Tindakan Perawatan *Task Selection*

Setelah dianalisa dengan memakai metode Reliability Centered Maintenance (RCM), langkah selanjutnya yaitu interpretasi hasil data yang bertujuan membandingkan hasil pengolahan data atau analisa data dengan konsep yang digunakan dalam penelitian. Berdasarkan analisa RCM, langkah pertama adalah menentukan sistem yang akan dianalisa beserta *functional block diagram* (FBD) dari sistem mesin yang dianalisa tersebut. Kedua menganalisa fungsi dan kegagalan fungsi dari sistem yang dianalisa. Setelah teridentifikasi sistem yang akan dianalisa beserta fungsi dan kerusakan fungsi dalam sistem tersebut, maka diidentifikasi memakai metode *Failure mode and effect analysis* (FMEA) untuk menganalisa mode kegagalan dan efek kegagalan dari setiap kegagalan yang terjadi di masing-masing komponen, serta dicari tingkat prioritas risiko atau *Risk Priority Number*

(RPN) yang tertinggi yang akan dilakukan tindakan perawatan karena merupakan komponen yang kritis.

Selanjutnya berdasarkan hasil analisa FMEA akan dianalisa dengan menggunakan metode *Logic Tree Analysis* (LTA) untuk menganalisa kekritisan kegagalan dan yang terakhir menggunakan *tool fishbone diagram* untuk mengidentifikasi akar penyebab kegagalan secara detail yang akan digunakan sebagai salah satu dasar menentukan tindakan perawatan yang tepat pada setiap komponen. Kemudian setelah dilakukan analisa RCM maka dihasilkan *Task Selection* atau tindakan perawatan yang tepat untuk setiap kegagalan dari masing-masing komponen. Jadi usulan perawatan yang tepat atau strategi perencanaan perawatan berdasarkan pengolahan data dan analisisnya dalam bentuk *RCM Decision Worksheet*.



4.4 Pembuktian Hipotesa

Berdasarkan hasil analisa dengan memakai metode *Failure Mode and Effect Analysis* (FMEA) diperoleh data kegagalan dengan memiliki nilai *Risk Priority Number* (RPN) tertinggi antara lain pada *Water Pump* dengan nilai RPN 96, kedua pada *filter oli* dengan nilai RPN 96, ketiga pada *dynamo stater* dengan nilai RPN 96 keempat adalah *accu / baterai* dengan nilai RPN 96. Dari hasil analisa FMEA, maka komponen - komponen tersebut merupakan prioritas untuk dilakukannya tindakan perawatan lebih lanjut. Setelah diperoleh komponen yang akan dilakukan tindakan perawatan, langkah selanjutnya yaitu dianalisa menggunakan metode *Logic Tree Analysis* (LTA) untuk menganalisa kekritisitas dan dampak kerusakan yang telah ditimbulkan agar bisa dijadikan salah satu dasar dalam menentukan tindakan perawatan.

Analisa terakhir menggunakan *tool fishbone diagram* untuk mengidentifikasi akar penyebab kegagalan secara detail. Setelah dilakukan analisa, ternyata terdapat akar penyebab kegagalan yang sebenarnya antara lain yaitu penyebab *water pump* rembes karena pengisian air pendingin yang salah akan menyebabkan *water pump* berkarat dan keropos, mengakibatkan volume cairan pendingin akan berkurang kemudian akan mengakibatkan engine menjadi *over heat* serta tidak adanya inspeksi maupun perawatan mesin secara berkala pada *water pump*. Sedangkan pada *Filter oli*, karena kotoran yang dihasilkan dari gesekan antara ring piston dengan dinding silinder dan karbon yang dihasilkan dari pembakaran mesin genset akan terlarut pada oli mesin, yang mengakibatkan kotoran tersebut akan menyumbat pori – pori pada filter oli, hal tersebut dapat mengakibatkan volume oli mesin yang bertugas melumasi komponen mesin akan berkurang, sehingga keausan akan semakin besar.

Setelah dilakukan analisa RCM maka diperoleh usulan perbaikan tindakan perawatan untuk strategi perencanaan perawatan dalam bentuk *Task Selection RCM Decision Worksheet*. Mengusulkan tindakan perawatan yang tepat dan sesuai berdasarkan analisa dengan metode *Reliability Centered Maintenance (RCM)* sebagai upaya meningkatkan produktivitas mesin yang sebelumnya belum optimal atau maksimal pada saat mesin beroperasi sebab terjadinya kegagalan yang menyebabkan hal tersebut terjadi. Dengan usulan ini diasumsikan dapat meningkatkan kinerja Mesin genset.

4.4.1 Rekomendasi Perbaikan Tindakan Perawatan dan Jadwal Perawatan

Optimal

Dari besarnya nilai Severity, Occurance, Detection menghasilkan rekomendasi tindakan perawatan berupa kegiatan pemeriksaan membersihkan filter atau melakukan pemeriksaan komponen secara berkala menggunakan jadwal perawatan lebih cepat dan lebih rutin, sehingga mampu menurunkan resiko kegagalan dan menimalkan terjadinya *downtime*. Kemudian melakukan pembersihan atau bahkan penggantian filter oli dan filter bahan bakar secara rutin, dan usulan pembuatan *chek list* pemeriksaan dan pencatatan setiap terjadi kerusakan untuk komponen yang belum bisa diidentifikasi dengan jelas potensi kapan akan terjadi kegagalan, serta pembuatan Standar Operasional Prosedur penanganan jika terjadi kerusakan mesin. Keuntungan dari adanya lembar kontrol tersebut adalah dapat meminimalkan terjadinya resiko kegagalan pada komponen.

Tabel 4. 10 Jadwal Perawatan Komponen

Bulan	Minggu	Komponen						
		Water Pump	Filter Oli	Dynamo Stater	Accu / Baterai	Filter Bahan Bakar	Radiator	Alternator
Januari	1	Cek Kondisi & Catat Kondisi						
	2							
	3							
	4					Periksa&catat kondisi	Cleaning,cek kondisi	
Februari	1							
	2							
	3							
	4				Periksa&catat kondisi	Cleaning,cek kondisi	Periksa&catat kondisi	
Maret	1	Cek Kondisi & Catat Kondisi						
	2							
	3							
	4		Penggantian (500 jam)	Periksa&catat kondisi	Periksa&catat kondisi	Ganti Filter Bahan Bakar		
April	1							
	2							
	3							
	4				Periksa&catat kondisi	Cleaning,cek kondisi	Periksa&catat kondisi	
Mei	1							
	2							
	3							
	4				Periksa&catat kondisi	Cleaning,cek kondisi		
Juni	1	Cek Kondisi & Catat Kondisi						
	2							
	3							
	4		Penggantian (500 jam)		Periksa&catat kondisi	Ganti Filter Bahan Bakar	Periksa&catat kondisi	Periksa&catat kondisi
Juli	1							
	2							
	3							
	4				Periksa&catat kondisi	Cleaning,cek kondisi		
Agustus	1							
	2							
	3							
	4				Periksa&catat kondisi	Cleaning,cek kondisi	Periksa&catat kondisi	
September	1	Cek Kondisi & Catat Kondisi						
	2							
	3							
	4		Penggantian (500 jam)		Periksa&catat kondisi	Ganti Filter Bahan Bakar		
Oktober	1							
	2							
	3							
	4				Periksa&catat kondisi	Cleaning,cek kondisi	Periksa&catat kondisi	
November	1							
	2							
	3							

Bulan	Minggu	Komponen						
		<i>Water Pump</i>	<i>Filter Oli</i>	<i>Dynamo Stater</i>	<i>Accu / Baterai</i>	<i>Filter Bahan Bakar</i>	<i>Radiator</i>	<i>Alternator</i>
	4				Periksa&catat kondisi	Cleaning,cek kondisi		
Desember	1	Cek Kondisi & Catat Kondisi						
	2							
	3							
	4		Penggantian (500 jam)	Periksa&catat kondisi	Periksa&catat kondisi	Ganti Filter Bahan Bakar	Periksa&catat kondisi	Periksa&catat kondisi

Pemeriksaan waterpump dilakukan rutin 1 – 3 bulan sekali pada bulan Januari, Maret, Juni, September, Desember, dapat diperiksa secara visual. Penggantian filter oli dilakukan setiap mesin menyala 500 jam, atau diganti selang waktu 3 bulan sekali pada bulan Maret, Juni, September, Desember, harus diganti. Pemeriksaan *dynamo stater* dapat dilakukan 1 tahun 2 kali pada bulan Maret, dan Desember, dengan cara membongkar komponen dan memeriksa masing masing komponen, Pemeriksaan *accu* dapat e cara visual dan menggunakan multimeter untuk mengukur tegangan *accu*, dilakukan 1 bulan sekali yang dilakukan diminggu terakhir. Pemeriksaan filter bahan bakar dilakukan setiap bulan, dengan cara menyemprot filter bahan bakar menggunakan kompresor agar kotoran keluar, dan lakukan penggantian filter bahan bakar setiap 3 bulan sekali pada bulan Maret, Juni, September, Desember. Pemeriksaan radiator dilakukan 2 bulan sekali pada bulan Febuari, April, Juni, Agustus, Oktober, Desember, dengan cara visual dan penekanan pada setiap tekukan selang, dilakukan pada minggu terakhir. Pemeriksaan alternator dilakukan 1 tahun 2 kali pada bulan Juni, dan Desember, dengan cara membongkar dan memeriksa hubungan antara komponen.

Usulan pembuatan dokumen kerusakan mesin:

Tabel 4. 11 Lembar Dokumen Kerusakan Mesin

No	Kerusakan Mesin	Kondisi Komponen	Penyebab Kerusakan	Tanggal	Jam Terjadinya Kerusakan	Jam Mesin Kembali Beroperasi	Lama Perbaikan (jam)	Ketersediaan Spare Part	Action
1	Filter Bahan Bakar	Rusak parah/sedang	Usia pakai komponen	15/1/2023	08.30	10.00	1.30	√	Teknisi melakukan penggantian Filter Bahan Bakar
2									
3									
4									

Keterangan:

Ketersediaan diisi dengan √ = Ada ; X = Spare part kosong

CATATAN :

BAB V PENUTUP

5.1 Kesimpulan

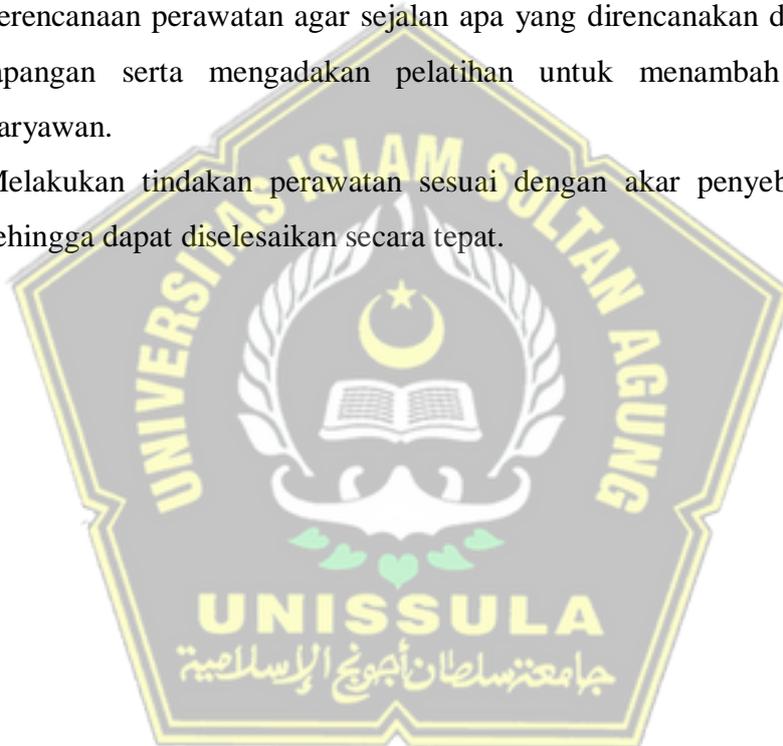
Dari penelitian yang dilakukan di CV. Sejati Teknik Semarang terdapat kesimpulan sebagai berikut :

1. Diperoleh data kegagalan yang memiliki nilai *Risk Priority Number* (RPN) antara lain pada *water pump* dengan nilai RPN 96, pada *filter* oli terdapat nilai RPN 96, pada *dynamo stater* terdapat nilai RPN 96, pada *accu* / baterai dengan nilai RPN 96, Dari analisa FMEA, equipment – equitmet tersebut merupakan prioritas untuk dilakukannya tindakan lebih lanjut.
2. Diperoleh Usulan perbaikan tindakan perawatan untuk strategi perencanaan perawatan dalam bentuk *Task Selection Reliability Centered Maintenance* (RCM) *Decision Worksheet*, dan usulan pembuatan tabel jadwal perawatan genset Pemeriksaan waterpump dilakukan rutin 1 – 3 bulan sekali pada bulan Januari, Maret, Juni, September, Desember, dapat diperiksa secara visual. Penggantian filter oli dilakukan setiap mesin menyala 500 jam, atau diganti selang waktu 3 bulan sekali pada bulan Maret, Juni, September, Desember, harus diganti. Pemeriksaan *dynamo stater* dapat dilakukan 1 tahun 2 kali pada bulan Maret, dan Desember, dengan cara membongkar komponen dan memeriksa masing masing komponen, Pemeriksaan *accu* dapat ecara visual dan menggunakan multimeter untuk mengukur tegangan *accu*, dilakukan 1 bulan sekali yang dilakukan diminggu terakhir. Pemeriksaan filter bahan bakar dilakukan setiap bulan, dengan cara menyemprot filter bahan bakar menggunakan kompresor agar kotoran keluar, dan lakukan penggantian filter bahan bakar setiap 3 bulan sekali pada bulan Maret, Juni, September, Desember. Pemeriksaan radiator dilakukan 2 bulan sekali pada bulan Febuari, April, Juni, Agustus, Oktober, Desember, dengan cara visual dan penekanan pada setiap tekukan selang, dilakukan pada minggu terakhir. Pemeriksaan alternator dilakukan 1 tahun 2 kali pada bulan Juni, dan Desember, dengan cara membongkar dan memeriksa hubungan antara komponen.

5.2 Saran

Adapun saran dari penelitian ini untuk CV. Sejati Teknik Semarang sebagai berikut:

1. Untuk data histori kegagalan perlu adanya sinkronisasi dalam tata bahasa penamaan komponen yang terjadi kegagalan dan perlu pencatatan secara detail mode kegagalannya atau penyebab kegagalan serta lamanya kegagalan itu berlangsung dalam satuan jam.
2. Perlu adanya koordinasi antar operator atau teknisi dengan staff dalam bidang perencanaan perawatan agar sejalan apa yang direncanakan dengan kondisi lapangan serta mengadakan pelatihan untuk menambah pengetahuan karyawan.
3. Melakukan tindakan perawatan sesuai dengan akar penyebab kegagalan sehingga dapat diselesaikan secara tepat.



DAFTAR PUSTAKA

- Ahmadi Noor dan Nur Yulianti Hidayah. 2017. Analisis Pemeliharaan Mesin Blowmould Dengan Metode RCM Di PT. CCAI
- Arinta, E. N. (2020). Usulan Perencanaan Perawatan Mesin Dengan Metode Reliability Centered Maintenance (Rcm) dan Age Replacement Pada Mesin Submerged Scraper Chain Conveyor (SSCC). *Universitas Islam Indonesia*.
- Arsyadiaga, dan Duhan, 2017, Analisis Penentuan Waktu Pemeliharaan Mesin Dengan Metode RCM (Reliability Centered Maintenance) Di PT Sanmas Dwika Abadi, Jakarta.
- Asisco Hendro, Kifayah Amar dan Yandra Rahadian Perdana. 2012. Usulan Perencanaan Perawatan Mesin Dengan Metode Reliability Centered Maintenance (Rcm) Di Pt. Perkebunan Nusantara VII (Persero) Unit Usaha Sungai Niru Kab.Muara Enim
- Assauri. 2008. Manajemen produksi dan operasi. Jakarta : Universitas Indonesia
- Azwir, H. H., Wicaksono, A. I., & Oemar, H. (2020). Manajemen Perawatan Menggunakan Metode RCM di Mesin Produksi Kertas. *Jurnal Optimasi Sistem Industri*, 19(1), 12. <https://doi.org/10.25077/josi.v19.n1.p12-21.2020>
- Bangun, I. H., Rahman, A., & Darmawan, Z. (2018). Perencanaan Pemeliharaan Mesin Produksi Menggunakan Metode Reliability Centered Maintenance (RCM) II Pada Mesin Blowing OM (Studi Kasus : PT Industri Sandang Nusantara Unit Patal Lawang). *Jurnal Rekayasa Dan Manajemen Sistem Industri (JRMSI)*, 2(5), 997–1008.
- D.H. Stamatis. 1995. Failure Mode and Effect Analysis: FMEA from Theory to Execution. Milwaukee: ASQC Quality Press.
- Darno. (2020). Perencanaan Pemeliharaan Motor Diesel Dengan Metode Rcm (Reliability Centered Maintenance) Pada Pltg Teluk Lembu Pekanbaru. *Jurnal Surya Teknika*, 7(1), 77–85. <https://doi.org/10.37859/jst.v7i1.2353>
- Kurniawan, R. A., & Kholik, H. M. (2017). Usulan Perawatan Mesin Stitching Dengan Metode Reliability Centered Maintenance. *Jurnal Teknik Industri*, 16(2), 83. <https://doi.org/10.22219/jtiumm.vol16.no2.83-91>

- Kusnadi, Wahyudin, Nugraha Billy (2020). Usulan Kebijakan Pemeliharaan Mesin Untuk Mengurangi Frekuensi Breakdown Menggunakan Reliability Centered Maintenance. *Jurnal Infotekmesin* Vol. 11, No.02. Cilacap.
- Lukodono R, Pratikno, dan R. Soenoko. Analisis Penerapan Metode RCM dan MVSM untuk Meningkatkan Keandalan Pada Sistem Maintenance (Studi Kasus PG. X). *Jurnal Rekayasa Mesin*, Volume IV
- Moubray dan John, 1997, *Reliability-centred Maintenance II*, Second Edition, Butterworth- Heinemann, Oxford.
- Nuraidin, Y. H., Arina, F., & Ferdinant, P. F. (2017). Usulan Perawatan Mesin Compressor Unit C Dengan Metode Reliability Centered Maintenance (RCM) Di PT. XYZ. *Jurnal Teknik Industri Untirta*.
<http://jurnal.untirta.ac.id/index.php/jti/article/view/1391>
- Otaya dan Lian G. 2016, *Distribusi Probabilitas Weibull Dan Aplikasinya (Pada Persoalan Keandalan (Reliability) Dan Analisis Rawatan (Mantainability)*, Vol. 4, Institut Agama Islam Negeri Sultan Amai, Gorontalo.
- Prasetya, D., & Ardhyani, I. W. (2018). PERENCANAAN PEMELIHARAAN MESIN PRODUKSI DENGAN MENGGUNAKAN METODE RELIABILITY CENTERED MAINTENANCE (RCM) (Studi Kasus: PT. S). *JISO : Journal of Industrial and Systems Optimization*, 1(1), 7–14.
<https://doi.org/10.51804/jiso.v1i1.7-14>
- Puspitasari, N. B., Arianie, G. P., & Wicaksono, P. A. (2017). Analisis Identifikasi Masalah Menggunakan FMEA dan RPN Pada Sub Assembly Line. *J@ti Undip : Jurnal Teknik Industri*, 12(2), 77.
- Raharja, I. P., Suardika, I. B., & Galuh W, H. (2021). Analisis Sistem Perawatan Mesin Bubut Menggunakan Metode Rcm (Reliability Centered Maintenance) Di Cv. Jaya Perkasa Teknik. *Industri Inovatif : Jurnal Teknik Industri*, 11(1), 39–48. <https://doi.org/10.36040/industri.v11i1.3414>
- Sari Puspita Diana dan Mukhammad Faizal Ridho. 2016, *Evaluasi Manajemen Perawatan Dengan Metode Reliability Centered Maintenance (RCM) II Pada Mesin Blowing I di Plant I PT. Pisma Putra Textile*.

- Sayuti, M., Muhammad, & Rifa'i, M. S. (2013). Evaluasi Manajemen Perawatan Mesin Dengan Menggunakan Metode Reliability Centered Maintenance Pada PT.Z. Malikussaleh Industrial Engineering Journal, 2(1), 9-13.
- Sianturi, D.C., Wisnubroto, P., dan Winarni. (2014). Analisis Metode 5-S dan Metode RCM pada Sistem Maintenance Guna Meningkatkan Keandalan pada Mesin Minami (Studi Kasus PT Betawimas Cemerlang). Jurnal REKAVASI. ISSN: 2338-7750.
- Sinaga, Z., Solihin, S., & Ardan, M. (2021). Perencanaan Perawatan Mesin Welding Mig Pada Produksi Sub Frame Di PT. XYZ Dengan Metode Reliability Centered Maintenance (RCM). *Jurnal Kajian Teknik Mesin*, 6(1), 26–38. <https://doi.org/10.52447/jktm.v6i1.4328>
- Smith Anthony. 1999. Ilmu peluang statistika untuk insinyur dan ilmuan, Edisi ke-4, Bandung : ITB
- Smith, A. M. and Hinchcliffe, G. R. (2004) Rcm-gateway to world class maintenance, Butterworth Heinemann.
- Supriyadi, S., Jannah, R. M., & Syarifuddin, R. (2018). Perencanaan Pemeliharaan Mesin Centrifugal dengan Menggunakan Metode Reliability Centered Maintenance pada Perusahaan Gula Rafinasi. *JISI: Jurnal Integrasi Sistem Industri*, 5 (2) ,139–147
<https://jurnal.umj.ac.id/index.php/jisi/article/view/3285>
- Susanto, A. D., & Azwir, H. H. (2018). Perencanaan Perawatan Pada Unit Kompresor Tipe Screw Dengan Metode RCM di Industri Otomotif. *Jurnal Ilmiah Teknik Industri*, 17(1), 21. <https://doi.org/10.23917/jiti.v17i1.5380>
- Syahrudin. (2012). Analisis Sistem Perawatan Mesin Menggunakan Metode Reliability Centered Maintenance (RCM) Sebagai Dasar Kebijakan Perawatan yang Optimal di PLTD “X.” *Jurnal Tekhologi Terpadu*, 1(7), 42–49.
- Taufik, & Septyani, S. (2015). Penentuan Interval Waktu Perawatan Komponen Kritis Pada Mesin Turbian DI Pt PLN (Perero) Sektor Pembangkit Ombilin. *Jurnal Optimasi INdustri*, 14(02), 238-258.

- Tondang, A. J. (2016). Perencanaan perawatan mesin menggunakan metode Reliability Centered Maintenance (RCM) dan fmea pada ptpn ii pg kwala madu. *Jurnal Universitas Sumatra Utara*, 1–243.
- Widyoadi, M. A., Saptadi, S., & Purwaningsih, R. (2017). Perencanaan Sistem Pemeliharaan Mesin Roller Head Dengan Menggunakan Metode Reliability Centered Maintenance II (RCM II) (Studi Kasus di departmen maintenance PT. Bando Indonesia). *Industrial Engineering Online Journal*, 6(2), 1–10. <https://ejournal3.undip.ac.id/index.php/ieoj/article/view/16488>
- Zhang, T., Chen, Y., Wang, C., & Zhang, S. (2017). Application of Reliability-centered Maintenance Method in Maintenance and Control Optimization in NPPs. *DEStech Transactions on Engineering and Technology Research*, icca. <https://doi.org/10.12783/dtetr/icca2016/6068>

