

**PERENCANAAN PERAWATAN MESIN *TRISODIUM PHOSPATE*
METERING PUMP MENGGUNAKAN METODE *OVERALL EQUIPMENT
EFFECTIVENESS & RELIABILITY CENTERED MAINTENANCE*
(STUDI KASUS: PT KALTIM METHANOL INDUSTRI)**



**CHAERUNNISYAH
D071201041**



**PROGRAM STUDI TEKNIK INDUSTRI
FAKULTAS TEKNIK
UNIVERSITAS HASANUDDIN
GOWA
2024**

**PERENCANAAN PERAWATAN MESIN *TRISODIUM PHOSPATE METERING PUMP* MENGGUNAKAN METODE *OVERALL EQUIPMENT EFFECTIVENESS & RELIABILITY CENTERED MAINTENANCE*
(STUDI KASUS: PT KALTIM METHANOL INDUSTRI)**

**CHAERUNNISYAH
D071201041**



**PROGRAM STUDI SARJANA TEKNIK INDUSTRI
FAKULTAS TEKNIK
UNIVERSITAS HASANUDDIN
GOWA
2024**

**PERENCANAAN PERAWATAN MESIN *TRISODIUM PHOSPATE METERING PUMP* MENGGUNAKAN METODE *OVERALL EQUIPMENT EFFECTIVENESS & RELIABILITY CENTERED MAINTENANCE*
(STUDI KASUS: PT KALTIM METHANOL INDUSTRI)**

CHAERUNNISYAH
D071201041

Skripsi
sebagai salah satu syarat mencapai gelar sarjana
Program Studi Teknik Industri

pada

**PROGRAM STUDI TEKNIK INDUSTRI
DEPARTEMEN TEKNIK INDUSTRI
FAKULTAS TEKNIK
UNIVERSITAS HASANUDDIN
MAKASSAR
2024**

SKRIPSI
PERENCANAAN PERAWATAN MESIN *TRISODIUM PHOSPATE*
METERING PUMP* MENGGUNAKAN METODE *OVERALL EQUIPMENT
EFFECTIVENESS & RELIABILITY CENTERED MAINTENANCE
(STUDI KASUS: PT KALTIM METHANOL INDUSTRI)

CHAERUNNISYAH
D071201041

Skripsi,

telah dipertahankan di depan Panitia Ujian Sarjana pada 20 Agustus 2024 dan
dinyatakan telah memenuhi syarat kelulusan

pada

Program Studi Teknik Industri
Departemen Teknik Industri
Fakultas Teknik
Universitas Hasanuddin
Makassar

Mengesahkan:
Pembimbing tugas akhir,



Ir. A. Besse Riyani Indah S.T.,M.T.
NIP. 19891201 201903 2 013

Mengetahui:
Ketua Program Studi



Ir. Kifayah Amar, S.T.,M.Sc.,Ph.D.,IPU
NIP. 1970621 200604 2 001

PERNYATAAN KEASLIAN SKRIPSI DAN PELIMPAHAN HAK CIPTA

Dengan ini saya menyatakan bahwa, skripsi berjudul "Perencanaan Perawatan Mesin *Trisodium Phospate Metering Pump* Menggunakan Metode *Overall Equipment Effectiveness & Reliability Centered Maintenance* (Studi Kasus: PT Kaltim Methanol Industri)" adalah benar karya saya dengan arahan dari pembimbing (Ir. A. Besse Riyani Indah, S.T., M.T.). Karya ilmiah ini belum diajukan dan tidak sedang diajukan dalam bentuk apapun kepada perguruan tinggi mana pun. Sumber informasi yang berasal atau dikutip dari karya yang diterbitkan maupun tidak diterbitkan dari penulis lain telah disebutkan dalam teks dan dicantumkan dalam Daftar Pustaka skripsi ini. Apabila di kemudian hari terbukti atau dapat dibuktikan bahwa sebagian atau keseluruhan skripsi ini adalah karya orang lain, maka saya bersedia menerima sanksi atas perbuatan tersebut berdasarkan aturan yang berlaku.

Dengan ini saya melimpahkan hak cipta (hak ekonomis) dari karya tulis saya berupa skripsi ini kepada Universitas Hasanuddin.

Gowa, 20 Agustus 2024



Chaerunnisyah
D071201041

UCAPAN TERIMA KASIH

Assalamu'alaikum Warahmatullahi Wabarakatuh. Puji dan syukur dipanjatkan kepada Tuhan yang Maha Esa atas segala rahmat, perlindungan, karunia dan hidayah-Nya sehingga penulis dapat menyelesaikan Tugas Akhir dengan judul "Perencanaan Perawatan Mesin *Trisodium Phospate Metering Pump* Menggunakan Metode *Overall Equipment Effectiveness & Reliability Centered Maintenance* (Studi Kasus: PT Kaltim Methanol Industri)" yang mana adalah salah satu syarat yang harus dipenuhi untuk memperoleh gelar sarjana Teknik pada Departemen Teknik Industri Fakultas Teknik Universitas Hasanuddin.

Pada pelaksanaan seluruh kegiatan penyusunan Tugas Akhir ini, penulis menyampaikan ucapan terima kasih kepada seluruh pihak atas dukungan, bantuan, bimbingan dan kerjasamanya sehingga penulisan Tugas Akhir ini dapat diselesaikan dengan baik, antara lain:

1. Ibu Ir. A. Besse Riyani Indah, S.T., M.T. selaku dosen pembimbing, terima kasih atas segala bimbingannya selama penyelesaian Tugas Akhir ini.
2. Ibu Ir. Kifayah Amar, S.T., M.Sc., Ph.D., IPU selaku Ketua Departemen Teknik Industri Fakultas Teknik Universitas Hasanuddin dan selaku dosen penguji, terima kasih atas segala saran dan masukan selama penyelesaian Tugas Akhir ini.
3. Bapak Dr. Ir. Eng. Irwan Setiawan, S.T., M.T., IPM selaku dosen penguji, terima kasih atas segala saran dan masukan selama penyelesaian Tugas Akhir ini.
4. Bapak dan Ibu dosen serta staf Departemen Teknik Industri Fakultas Teknik Universitas Hasanuddin.
5. Bapak dan Ibu saya yang senantiasa mendukung dan mendoakan saya selama kuliah hingga penyusunan Tugas Akhir ini.
6. Adik-adik saya Dzahwan Arrafi, Afiqah Azwa Safrina dan Aydan Bahir yang selalu memberi saya semangat dalam menjalani penyusunan laporan Tugas Akhir ini.
7. Bapak Indra Prahmadi Hakim selaku *Deputy Logistic Manager* yang senantiasa memberikan arahan kepada saya dalam melaksanakan magang.
8. Bapak Ir. Rachmat Fachlul Chamdi S.T., IPM selaku *Supervisor Warehouse Management* serta mentor MSIB di PT Kaltim Methanol Industri, yang senantiasa memberikan arahan kepada saya dalam melaksanakan magang dan penyusunan Tugas Akhir.
9. Seluruh *staff* dan karyawan *warehouse* PT Kaltim Methanol Industri yaitu Pak Andi, Pak Agus, Pak Imam, Pak Fandi, Pak Dodi, Pak Siswanto, Pak Salam, dan Pak Aris yang turut memberikan arahan dan bimbingan terkait ilmu-ilmu yang ada di divisi logistik.
10. Teman-teman RE20URCE, terima kasih telah kebersamai selama 4 tahun ini.
11. Terkhusus pemilik NIM 191101003, terima kasih atas dukungan dan motivasinya.

Penyusunan laporan Tugas Akhir ini tentu saja masih terdapat beberapa kekurangan, oleh karena itu penulis memohon maaf atas kekurangan tersebut sehingga kritik dan saran sangat dibutuhkan agar penyusunan laporan kedepannya dapat lebih baik lagi. Harapan penulis agar laporan Tugas Akhir ini dapat menjadi bahan pembelajaran dan berguna bagi pembaca.

Gowa, 20 Agustus 2024

Penulis

ABSTRAK

CHAERUNNISYAH. Perencanaan Perawatan Mesin *Trisodium Phosphate Metering Pump* Menggunakan Metode *Overall Equipment Effectiveness & Reliability Centered Maintenance* (dibimbing oleh Ir. A. Besse Riyani Indah, S.T., M.T.).

Latar Belakang. Banyaknya frekuensi kerusakan pada mesin pompa unit 150 dengan jumlah kerusakan sebesar 26 kali dengan biaya perbaikan sebesar 12026,29 USD. Tujuan. Penelitian ini bertujuan merencanakan interval perawatan pada mesin TSP *metering pump*. Metode. Penelitian ini menggunakan dua metode, yaitu metode *Overall Equipment Effectiveness* (OEE) yang merupakan alat untuk mengukur tingkat efektifitas suatu mesin atau peralatan dan metode *Reliability Centered Maintenance* (RCM), penggunaan RCM dapat meningkatkan efektivitas kegiatan perawatan dengan mengurangi waktu henti dan meningkatkan waktu penggunaan mesin. Hasil. Hasil dari penelitian ini ialah hasil perhitungan *overall equipment effectiveness* pada mesin TSP *metering pump* periode Mei 2023 hingga April 2024 sebesar 62,95% yang dimana hasil tersebut tidak memenuhi atau masih dibawa standar OEE *world class*. Adapun jenis tindakan pemeliharaan pada komponen *sealing system* yaitu FF (*Failure Finding*) yang dimana tindakan ini ditujukan untuk menemukan malfungsi komponen tersembunyi melalui inspeksi rutin, dan pada komponen *drive and clutch* yaitu CD (*Conditional Intruction*) yang dimana tindakan ini adalah tindakan yang ditujukan untuk mendeteksi kerusakan dengan memeriksa alat. Adapun analisa interval perawatan pada komponen *sealing system* dilakukan setiap 66 hari dan pada komponen *drive and clutch* dilakukan setiap 61 hari.

Kata kunci: TSP *metering pump*, *overall equipment effectiveness*, *reliability centered maintenance*

ABSTRACT

CHAERUNNISYAH. *Maintenance Planning for Trisodium Phosphate Metering Pump Machine Using Overall Equipment Effectiveness & Reliability Centered Maintenance Method (supervised by Ir. A. Besse Riyani Indah, S.T., M.T.).*

Background. The frequency of damage to the pumping machine unit 150 with a total damage of 26 times with a repair cost of 12026.29 USD. Aim. This study aims to plan the maintenance interval on the TSP metering pump machine. Methods. This study uses two methods, namely the Overall Equipment Effectiveness (OEE) method which is a tool to measure the level of effectiveness of a machine or equipment and the Reliability Centered Maintenance (RCM) method, the use of RCM can increase the effectiveness of maintenance activities by reducing downtime and increasing machine usage time. Results. The results of this study are the results of the calculation of overall equipment effectiveness on the TSP metering pump machine for the period May 2023 to April 2024 of 62.95%, where these results do not meet or are still carried by world class OEE standards. The type of maintenance action on the sealing system component is FF (Failure Finding) where this action is aimed at finding hidden component malfunctions through routine inspections, and on the drive and clutch components, namely CD (Conditional Intruction) where this action is an action aimed at detecting damage by checking the tool. The analysis of maintenance intervals on sealing system components is carried out every 66 days and on drive and clutch components every 61 days.

Keywords: TSP metering pump, overall equipment effectiveness, reliability centered maintenance

DAFTAR ISI

	Halaman
SAMPUL	i
PERNYATAAN KEASLIAN SKRIPSI	v
UCAPAN TERIMA KASIH	vi
ABSTRAK	viii
DAFTAR ISI	x
DAFTAR TABEL	xi
DAFTAR GAMBAR	xiii
DAFTAR RUMUS	xiv
DAFTAR LAMPIRAN	xv
BAB I PENDAHULUAN.....	1
1.1 Latar Belakang	1
1.2 Rumusan Masalah	4
1.3 Tujuan Penelitian.....	4
1.4 Manfaat Penelitian.....	4
1.5 Batasan Masalah.....	5
1.6 Landasan Teori	5
BAB II METODE PENELITIAN.....	29
2.1 Lokasi Penelitian	29
2.2 Data Penelitian	29
2.3 Tahapan Penelitian	30
2.4 Diagram Alur Penelitian.....	34
2.5 Kerangka Pikir Penelitian	35
BAB III HASIL	37
3.1 Gambaran Umum Perusahaan	37
3.2 Pengumpulan Data.....	49
3.3 Pengolahan Data.....	54
BAB IV PEMBAHASAN	80
4.1 <i>Overall Equipment Effectiveness</i>	80
4.2 <i>Reliability Centered Maintenance</i>	81
BAB V KESIMPULAN DAN SARAN	84
5.1 Kesimpulan	84
5.2 Saran.....	85
DAFTAR PUSTAKA.....	87
LAMPIRAN	89

DAFTAR TABEL

Nomor	Halaman
1. Unit pompa.....	2
2. Penelitian terdahulu	22
3. Perbandingan penelitian	27
4. Susunan komisioner PT Kaltim Methanol Industri.....	36
5. Data produksi.....	49
6. Data <i>downtime</i>	49
7. Data komponen pompa.....	50
8. Data penggantian material.....	50
9. Data frekuensi kerusakan	51
10. Data waktu kerusakan dan perbaikan mesin	52
11. Data <i>downtime</i> komponen	53
12. Data total <i>downtime</i>	53
13. <i>Availability rate</i>	54
14. <i>Performance rate</i>	55
15. <i>Quality rate</i>	55
16. Perhitungan <i>overall equipment effectiveness</i>	56
17. OEE <i>standard world class</i>	56
18. <i>Failure mode and effect analysis</i> (FMEA)	57
19. Hasil FMEA.....	59
20. <i>Logic tree analysis</i> (LTA)	60
21. <i>Task selection</i>	62
22. Data TTF.....	63
23. Distribusi <i>weibull</i> TTF komponen <i>sealing system</i>	65
24. Distribusi lognormal TTF komponen <i>sealing system</i>	65
25. Distribusi eksponensial TTF komponen <i>sealing system</i>	66
26. Distribusi normal TTF komponen <i>sealing system</i>	66
27. Distribusi <i>weibull</i> TTF komponen <i>drive and clutch</i>	68
28. Distribusi lognormal TTF komponen <i>drive and clutch</i>	68
29. Distribusi eksponensial TTF komponen <i>drive and clutch</i>	69
30. Distribusi normal TTF komponen <i>drive and clutch</i>	69
31. Data TTR	70
32. Distribusi <i>weibull</i> TTR komponen <i>sealing system</i>	71
33. Distribusi lognormal TTR komponen <i>sealing system</i>	72
34. Distribusi eksponensial TTR komponen <i>sealing system</i>	72
35. Distribusi normal TTR komponen <i>sealing system</i>	73
36. Distribusi <i>weibull</i> TTR komponen <i>drive and clutch</i>	74
37. Distribusi lognormal TTR komponen <i>drive and clutch</i>	75
38. Distribusi eksponensial TTR komponen <i>drive and clutch</i>	75
39. Distribusi normal TTR komponen <i>drive and clutch</i>	76
40. Parameter dan <i>mean time to failure</i> (MTTF) komponen kritis.....	76
41. Parameter dan <i>mean time to repair</i> (MTTR) komponen kritis	77
42. Rekapitulasi <i>reliability</i> komponen kritis	78

43. Rekomendasi waktu perbaikan	79
44. Hasil perhitungan OEE	80
45. <i>Severity of The Failure Mode Effect</i>	96
46. <i>Failure Mode Occurance Probability</i>	97
47. <i>Failure Detection Ranking</i>	98

DAFTAR GAMBAR

Nomor	Halaman
1. Histori data frekuensi kerusakan pompa unit 015-G	3
2. Jenis-jenis perawatan	8
3. Klasifikasi strategi pemeliharaan.....	8
4. Langkah dari kinerja FMEA.....	13
5. Pompa 015-G04-I-A.....	19
6. <i>V-belt</i>	20
7. <i>Grub screw</i>	20
8. <i>O-ring</i>	20
9. <i>Parker O-Lube</i>	21
10. Piston ring.....	21
11. <i>Pressure spring</i>	21
12. <i>Threebond/Gasket</i>	22
13. <i>Diaphragm</i>	22
14. Lokasi penelitian	29
15. Diagram alur penelitian	34
16. Kerangka pikir penelitian.....	35
17. <i>Process flow diagram</i> produksi methanol	39
18. <i>Process flow diagram</i> tahap <i>pre-reforming</i> unit 100.....	40
19. <i>Process flow diagram</i> tahap <i>steam reforming</i> unit 100	40
20. <i>Process flow diagram</i> <i>autothermal reforming</i>	41
21. <i>Process flow diagram</i> unit 200 <i>synthesis methanol</i>	42
22. <i>Process flow diagram</i> <i>degassing</i>	43
23. <i>Process flow diagram</i> <i>prerun column</i>	44
24. <i>Process flow diagram</i> <i>pressure column</i>	45
25. <i>Intermediate methanol tanks</i>	45
26. <i>process flow diagram</i> unit 150	46
27. Alur sederhana pompa TSP.....	48
28. Hasil pengujian penentuan distribusi TTF komponen	64
29. Hasil <i>goodnes-of-fit</i> distribusi TTF komponen <i>sealing system</i>	64
30. Hasil distribusi <i>weibull</i> TTF komponen <i>sealing system</i>	64
31. Hasil pengujian penentuan distribusi TTF komponen	67
32. Hasil <i>goodnes-of-fit</i> distribusi TTF komponen <i>drive and clutch</i>	67
33. Hasil distribusi lognormal TTF komponen <i>drive and clutch</i>	67
34. Hasil pengujian penentuan distribusi TTR komponen.....	70
35. Hasil <i>goodnes-of-fit</i> distribusi TTR komponen	70
36. Hasil distribusi <i>weibull</i> TTR komponen <i>sealing system</i>	71
37. Hasil pengujian penentuan distribusi TTR	73
38. Hasil <i>goodnes-of-fit</i> distribusi TTR komponen	73
39. Hasil distribusi <i>weibull</i> TTF komponen <i>drive and clutch</i>	74
40. Grafik hasil perhitungan OEE.....	80
41. Wawancara.....	89

DAFTAR RUMUS

Nomor	Halaman
1. Persamaan (1)	11
2. Persamaan (2)	11
3. Persamaan (3)	11
4. Persamaan (4)	11
5. Persamaan (5)	12
6. Persamaan (6)	15
7. Persamaan (7)	15
8. Persamaan (8)	15
9. Persamaan (9)	15
10. Persamaan (10)	15
11. Persamaan (11)	15
12. Persamaan (12)	16
13. Persamaan (13)	16
14. Persamaan (14)	16
15. Persamaan (15)	16
16. Persamaan (16)	16
17. Persamaan (17)	16
18. Persamaan (18)	17
19. Persamaan (19)	17
20. Persamaan (20)	17
21. Persamaan (21)	17
22. Persamaan (22)	17
23. Persamaan (23)	17
24. Persamaan (24)	17
25. Persamaan (25)	17
26. Persamaan (26)	17
27. Persamaan (27)	17
28. Persamaan (28)	18
29. Persamaan (29)	18
30. Persamaan (30)	18
31. Persamaan (31)	18
32. Persamaan (32)	18
33. Persamaan (33)	18
34. Persamaan (34)	18
35. Persamaan (35)	18
36. Persamaan (36)	18
37. Persamaan (37)	18
38. Persamaan (38)	31
39. Persamaan (39)	31
40. Persamaan (40)	31
41. Persamaan (41)	31
42. Persamaan (42)	32
43. Persamaan (43)	32

DAFTAR LAMPIRAN

Nomor	Halaman
1. Dokumentasi.....	89
2. Kuisisioner.....	90
3. Tabel Z.....	106
4. Fungsi Gamma.....	107

BAB I PENDAHULUAN

1.1 Latar Belakang

Seiring kemajuan ilmu pengetahuan dan teknologi, industri manufaktur saat ini berkembang secara terus menerus. Dapat dilihat pada masa sekarang persaingan dalam industri manufaktur kian hari makin ketat. Hal yang dilakukan oleh perusahaan ialah memberikan yang terbaik bagi konsumen untuk bertahan dalam persaingan tersebut. Salah satu yang dapat dilakukan adalah dengan memastikan kebutuhan konsumen terpenuhi dengan harga yang bersahabat dan tepat waktu.

Salah satu aspek yang paling penting untuk dipertimbangkan adalah kelancaran proses manufaktur dalam menghadapi persaingan produk yang meningkat. Oleh karena itu, sangat penting untuk benar-benar mempertimbangkan cara menjaga fasilitas manufaktur atau mesin agar tetap berfungsi dengan baik. Ketika sebuah mesin atau komponen rusak, proses produksi akan terganggu dan dapat terhenti, sehingga target tidak tercapai dan membahayakan perusahaan. Kejadian yang merusak ini dapat mengakibatkan penilaian terhadap ketidakmampuan perusahaan untuk memberikan kepuasan pelanggan dalam bentuk barang yang rusak atau pengiriman barang yang salah. Hal ini akan menyebabkan konsumen berpindah ke produk alternatif.

Dalam upaya meningkatkan kualitas, sering kali terdapat kendala seperti kerusakan mesin dan fasilitas produksi, yang dapat menyebabkan kegagalan sistem, serta faktor risiko yang membahayakan. Penggantian komponen mesin yang rusak sebagai bagian dari upaya peremajaan dan *overhaul* untuk memperpanjang usia mesin, serta operasi *Preventive Maintenance* (PM) untuk menjaga agar mesin tidak mengalami kerusakan atau gangguan saat beroperasi. Dengan meningkatnya produktivitas dan pemanfaatan peralatan berteknologi tinggi serta fasilitas industri, permintaan akan tugas pemeliharaan akan semakin meningkat. Tindakan pemeliharaan dijadwalkan untuk terus menggunakan fasilitas manufaktur dan memastikan kelangsungan produksi.

PT Kaltim Methanol Industri adalah salah satu perusahaan industri manufaktur yang memiliki prioritas pada bidang *project* yaitu pengolahan limbah. PT Kaltim Methanol Industri ini merupakan satu-satunya industri manufaktur kimia penghasil metanol di Indonesia. PT Kaltim Methanol Industri ini memproduksi metanol dengan memanfaatkan bahan baku gas alam dan menghasilkan metanol dengan proses produksinya yang menggunakan sistem lurgi lisensi Jerman. PT Kaltim Methanol Industri dibangun dengan pencapaian kapasitas produksi rancangan 2000 metrik ton/hari atau setara dengan 660.000 metrik ton/tahun. Metanol yang dihasilkan PT KMI memiliki *grade* AA yaitu dengan indeks 99,85% kemurniannya. Perusahaan tersebut memiliki dampak yang sangat besar terhadap kesejahteraan Masyarakat dan ekonomi makro Indonesia.

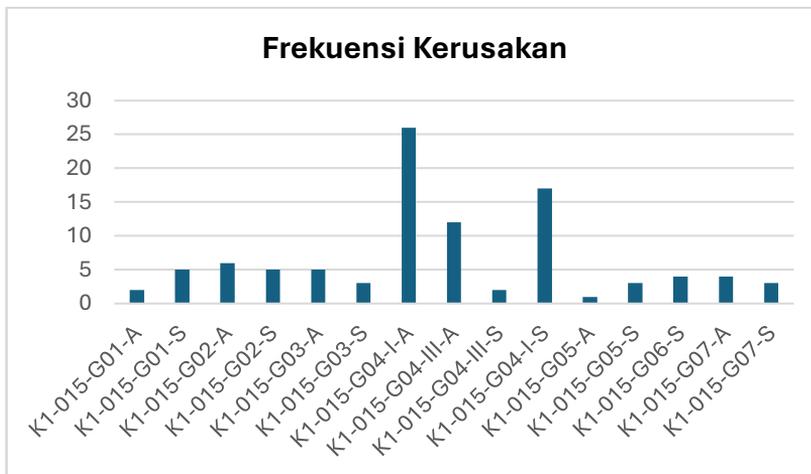
Salah satu penunjang keberlangsungan hidup perusahaan pada PT Kaltim Methanol ialah mesin pompa. Mesin pompa pada perusahaan tersebut berbagai macam fungsinya yaitu seperti memindahkan cairan dari suatu tempat ke tempat yang lain, melalui media pipa (saluran) yang berlangsung secara terus menerus, berfungsi untuk memurnikan *raw methanol* dan lain sebagainya. Salah satu mesin pompa yang ada pada perusahaan tersebut ialah mesin pompa unit 150 yang dimana mesin pompa tersebut berfungsi untuk memindahkan atau mengalirkan bahan kimia *phospat* ke *storage tank* melalui pipa-pipa yang tersedia, yang dimana bahan kimia tersebut berfungsi untuk menjaga kadar Ph pada air *steam* agar menghindari terjadinya korosi. Pompa unit 150 ini terbagi dalam beberapa bagian yang disajikan pada tabel 1 berikut ini:

Tabel 1. Unit pompa

Unit Pompa	Nama Pompa	Frekuensi Kerusakan
K1-015-G01-A	HP-BFW Pumps	2
K1-015-G01-S	HP-BFW Pumps	5
K1-015-G02-A	Strip Process Condensate Pump	6
K1-015-G02-S	Strip Process Condensate Pump	5
K1-015-G03-A	Hydrazine Metering Pump	5
K1-015-G03-S	Hydrazine Metering Pump	3
K1-015-G04-I-A	TSP Metering Pump	26
K1-015-G04-III-A	TSP Metering Pump	12
K1-015-G04-III-S	TSP Metering Pump	2
K1-015-G04-I-S	TSP Metering Pump	17
K1-015-G05-A	HP-BFW Pump Start Up Boiler	1
K1-015-G05-S	HP-BFW Pump Start Up Boiler	3
K1-015-G06-S	MP-BFW Pump	4
K1-015-G07-A	MP-BFW Pump	4
K1-015-G07-S	Hydrazine Drum Pump	3

Sumber: Data perusahaan (2024)

Berdasarkan tabel diatas, frekuensi kerusakan mesin pompa yang terjadi pada unit 150 tersebut disajikan dalam bentuk grafik pada gambar 1 berikut ini:



Gambar 1. Histori data frekuensi kerusakan pompa unit 015-G
Sumber: Data historis perusahaan (2024)

Berdasarkan grafik diatas, dapat dilihat bahwa frekuensi kerusakan mesin pompa unit 150 tersebut kerusakan terbanyak terdapat pada mesin pompa K1-015-G04-I-A dengan jumlah kerusakan sebesar 26 kali dengan biaya perbaikan sebesar 12026,29 USD. Dapat dikatakan bahwa pada mesin pompa K1-015-G04-I-A dengan frekuensi kerusakan terbesar. Karena hal tersebut, peneliti merasa perlu untuk melakukan penelitian terkait nilai keandalan dari mesin pompa tersebut dengan menggunakan metode *overall equipment effectiveness* dan metode *reliability centered maintenance* yang dimana untuk menunjang keberlangsungan hidup pabrik melalui perhitungan terkait manajemen perawatan pada mesin.

Model *Overall Equipment Effectiveness* (OEE) merupakan alat yang digunakan untuk menghitung tingkat efektifitas suatu mesin atau peralatan dengan mempertimbangkan beberapa perspektif selama proses perhitungan, seperti ketersediaan mesin (*availability*), kinerja mesin (*performance efficiency*), dan kualitas produk. Metode *Reliability Centered Maintenance* (RCM) adalah prosedur yang digunakan untuk menilai apa yang perlu dilakukan untuk menjamin bahwa setiap aset fisik terus berfungsi dengan baik, atau proses untuk menentukan pemeliharaan yang efektif. Adapun pemilihan metode OEE karena metode tersebut unggul dalam memberikan pemantauan secara menyeluruh dan mengidentifikasi masalah kinerja peralatan, sementara RCM efektif dalam meningkatkan keandalan dan mengoptimalkan biaya pemeliharaan dengan fokus pada komponen kritis dan risiko. Penelitian menggunakan metode tersebut diharapkan dapat mengatasi terkait manajemen pemeliharaan dan menurunkan angka *downtime* yang terjadi pada mesin pompa unit 150 di PT Kaltim Methanol Industri ini.

1.2 Rumusan Masalah

Berdasarkan latar belakang masalah diatas, berikut rumusan masalah dalam penelitian ini:

- a. Bagaimana nilai efektivitas pada mesin TSP *metering pump*?
- b. Bagaimana komponen yang tergolong kritis pada mesin TSP *metering pump* berdasarkan frekuensi kerusakan?
- c. Bagaimana tingkat kerusakan dan penyebab kegagalan pada komponen mesin TSP *metering pump* dengan metode *Failure Mode and Effect Analysis* (FMEA)?
- d. Bagaimana hasil analisa jenis tindakan pemeliharaan pada komponen kritis mesin TSP *metering pump*?

1.3 Tujuan Penelitian

Berikut adalah tujuan dari penelitian ini:

- a. Menghitung nilai efektivitas pada mesin TSP *metering pump*.
- b. Mengidentifikasi komponen yang tergolong kritis pada mesin TSP *metering pump* berdasarkan frekuensi kerusakannya.
- c. Mengidentifikasi tingkat kerusakan dan penyebab kegagalan pada komponen mesin TSP *metering pump* dengan metode *Failure Mode and Effect Analysis* (FMEA).
- d. Menganalisa jenis tindakan pemeliharaan pada komponen kritis mesin TSP *metering pump*.

1.4 Manfaat Penelitian

Penelitian ini diharapkan dapat memberikan gambaran melalui penerapan metode *reliability centered maintenance* dalam bidang akademik, bagi peneliti maupun pembaca yang menerapkan ilmu yang telah dipelajari di perkuliahan. Untuk memusatkan upaya pemeliharaan pada elemen-elemen yang penting bagi operasi sistem, penggunaan metode *Overall Equipment Effectiveness* (OEE) merupakan alat untuk mengukur tingkat efektifitas suatu mesin atau peralatan dengan mengikutsertakan beberapa sudut pandang dalam proses perhitungannya diantaranya ketersediaan mesin (*availability*), kinerja mesin (*performance efficiency*), dan kualitas produk (*quality*) dan metode *Reliability Centered Maintenance* (RCM) lebih menekankan pada fungsi sistem daripada komponen individual. RCM akan memutuskan apa yang harus dilakukan agar setiap aset fisik dapat memenuhi keinginan penggunaannya saat digunakan. Penggunaan RCM dapat meningkatkan efektivitas kegiatan perawatan dengan mengurangi waktu henti dan meningkatkan waktu penggunaan mesin.

Penelitian ini diharapkan dapat menjadi gambaran bagi perusahaan PT Kaltim Methanol Industri khususnya dalam melakukan manajemen perawatan dengan mempertimbangkan dari beberapa faktor lainnya.

1.5 Batasan Masalah

Berikut batasan masalah pada penelitian ini agar penelitian ini dapat terfokus pada permasalahan yang ada:

- a. Penelitian ini dilakukan di PT Kaltim Methanol Industri yang berlokasi di Kota Bontang, Provinsi Kalimantan Timur.
- b. Mesin yang menjadi objek penelitian ini berfokus pada mesin TSP *metering pump*.
- c. Metode yang digunakan dalam penelitian ini adalah metode *Overall Equipment Effectiveness* (OEE) dan *Reliability Centered Maintenance* (RCM).
- d. Penggunaan data frekuensi kerusakan dan lain-lain berasal dari data histori dari tahun 2017 hingga 2023.

1.6 Landasan Teori

1.6.1 Manajemen Perawatan

Istilah *maintenance* sering digunakan dan diartikan sebagai "perawatan" atau "pemeliharaan". Pemeliharaan atau perawatan adalah jenis tindakan yang dilakukan untuk mengembalikan atau mempertahankan kondisi mesin agar tetap dapat berfungsi dengan baik dalam kondisi normalnya. Pemeliharaan juga merupakan kegiatan pendukung yang menjamin bahwa mesin dan peralatan tetap berfungsi dengan baik dan dapat digunakan sesuai harapan saat dibutuhkan. Oleh karena itu, pemeliharaan mencakup seluruh rangkaian aktivitas yang dilakukan untuk menjaga mesin dan peralatan dalam kondisi operasional dan aman, serta untuk mengendalikan kerusakan apabila terjadi (Pranowo, 2019).

Menurut Corder (1992), perawatan adalah gabungan berbagai tindakan yang dilakukan untuk mempertahankan suatu barang dalam atau memperbaikinya sampai suatu kondisi yang dapat diterima. Menurut Assauri (1999), perawatan adalah proses menjaga fasilitas peralatan pabrik dalam kondisi baik dan melakukan perbaikan atau penggantian yang memadai sesuai dengan rencana. Menurut Dhillon (1997), perawatan adalah semua tindakan penting yang bertujuan untuk menghasilkan produk yang baik atau mengembalikan keadaan yang memuaskan.

Berdasarkan teori di atas, perawatan didefinisikan sebagai kegiatan menjaga atau mempertahankan fasilitas, mesin, dan peralatan pabrik serta melakukan perbaikan. Untuk memastikan keadaan operasi produksi yang diharapkan, diperlukan penyesuaian atau penggantian. Pengorganisasian operasi perawatan untuk memberikan gambaran umum tentang perawatan fasilitas industri disebut manajemen perawatan. Organisasi ini mencakup penerapan metode manajemen, dan metode yang mendukung keberhasilan manajemen ini adalah penguraian sederhana yang dapat diperluas melalui ide dan tindakan (Arinta, 2020).

Proses produksi membutuhkan kegiatan pemeliharaan seperti pembersihan, inspeksi, pelumasan, dan pengadaan suku cadang untuk memastikan

konsistensinya. Salah satu hubungan antara pemeliharaan dan tindakan pencegahan dan perbaikan adalah sebagai berikut:

- a. *Inspection* adalah tindakan pemeriksaan yang dilakukan pada sistem, atau mesin, untuk mengetahui apakah sistem dalam kondisi normal atau tidak.
- b. *Service* adalah tindakan yang ditujukan untuk sistem, atau mesin, yang biasanya diatur dalam buku pemeliharaan mesin.
- c. *Replace* adalah tindakan untuk mengganti bagian yang rusak dapat dilakukan secara tiba-tiba atau dengan perencanaan sebelumnya.
- d. *Repair* adalah langkah-langkah perbaikan yang diambil saat terjadi kerusakan kecil.
- e. *Overhaul* adalah langkah-langkah perbaikan ekstensif yang sering kali dilaksanakan pada akhir jangka waktu tertentu.

(Pranowo, 2019).

Tujuan utama melakukan system manajemen pemeliharaan menurut *Japan Institute of Plan Maintenance and Consultant TPM India* dalam Pranowo (2019), sebagai berikut:

- a. Untuk meningkatkan umur pakai fasilitas produksi.
- b. Menjaga fasilitas produksi dengan tingkat ketersediaan terbaik.
- c. Menjamin kesiapan operasi seluruh fasilitas untuk penggunaan darurat.
- d. Menjaga keselamatan operator dan orang yang menggunakan fasilitas.
- e. Mendukung kemampuan mesin untuk memenuhi fungsinya.
- f. Membantu mengurangi jumlah suku cadang yang digunakan dan disimpan di luar batas.
- g. Menjaga biaya pemeliharaan serendah mungkin dengan melakukan perawatan yang efektif dan efisien.
- h. Bekerja sama secara efektif dengan bidang-bidang penting lainnya untuk mencapai tujuan utama perusahaan, yaitu keuntungan maksimum dan biaya keseluruhan yang minimal.

Menurut Duffuaa et al (1999) dalam Pranowo (2019), karena sistem pemeliharaan dapat membantu mencapai tujuan dengan meningkatkan keuntungan dan kepuasan pelanggan. Tujuan tersebut dicapai dengan melihat nilai fungsi dari fasilitas produksi saat ini dengan cara:

- a. Meminimasi *downtime*.
- b. Memperbaiki kualitas.
- c. Meningkatkan produktivitas.
- d. Menyerahkan pesanan tepat waktu.

1.6.2 Jenis-Jenis Perawatan

Menurut IR. Ating Sudrajat (2011), jenis-jenis perawatan terdiri atas dua jenis, yaitu:

- a. *Planned Maintenance* (perawatan yang direncanakan)

Sebelum pemeliharaan perencanaan, pemeliharaan perencanaan mengacu pada rangkaian proses produksi. Pemeliharaan terencana adalah jenis

pemeliharaan yang direncanakan, direncanakan, dilaksanakan, dan dicatat sesuai jadwal. Maintenance yang direncanakan terdiri dari:

1) *Preventive Maintenance*

Kebijakan ini dapat mencegah penundaan mesin yang tidak direncanakan. Perawatan pencegahan adalah perawatan mesin yang dilakukan sebelum terjadi kerusakan.

2) *Scheduled Maintenance*

Pemeliharaan preventif mencakup pemeliharaan terjadwal. Pemeliharaan ini dilakukan secara teratur dalam jangka waktu tertentu dengan tujuan mencegah kerusakan. Pemeliharaan berbasis waktu adalah nama lain dari pendekatan pemeliharaan ini.

3) *Predictive Maintenance*

Pemeliharaan preventif juga mencakup pemeliharaan prediktif. Teknik pemeliharaan yang dikenal sebagai "pemeliharaan prediktif" adalah teknik yang penerapannya ditentukan oleh kondisi aktual alat berat.

b. *Unplanned Maintenance* (perawatan yang tidak direncanakan)

Pemeliharaan tidak terencana dilakukan ketika ada petunjuk atau tanda-tanda bahwa aktivitas proses produksi akan terjadi yang mungkin memberikan hasil yang tidak sesuai. Pemeliharaan tidak terencana biasanya bersifat mendesak dan dilakukan sebagai respons terhadap keadaan dan kondisi tertentu. Dalam keadaan ini, diperlukan perbaikan tidak terjadwal pada peralatan. Termasuk dalam pemeliharaan tidak terjadwal adalah:

1) *Emergency Maintenance*

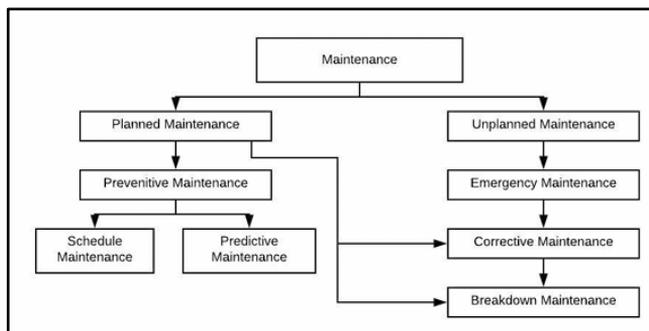
Kegiatan perawatan mesin yang memerlukan penanggulangan darurat untuk mencegah hasil yang lebih parah.

2) *Breakdown Maintenance*

"Perawatan kerusakan" adalah istilah yang mengacu pada prosedur perawatan di mana mesin atau peralatan dioperasikan hingga mengalami kerusakan sebelum diperbaiki atau diganti.

3) *Corrective Maintenance*

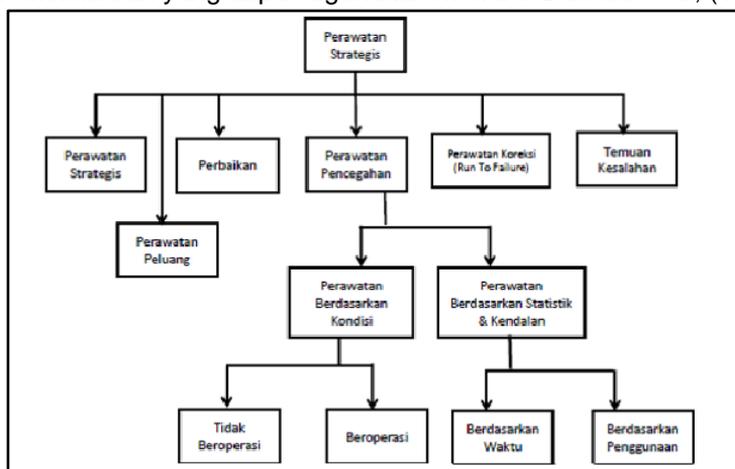
Pemeliharaan dilakukan ketika produk (setengah jadi maupun barang jadi) tidak memenuhi rencana secara kualitas, biaya, atau ketepatan waktu. Misalnya, jika kualitas atau bentuk produk tidak sesuai dengan rencana, tahap proses produksi harus diperbaiki.



Gambar 2. Jenis-jenis perawatan
Sumber: Pranowo (2019)

1.6.3 Strategi Pemeliharaan

Mempertahankan tingkat konsistensi dalam memaksimalkan output dan kesiapan fasilitas tanpa mengorbankan keselamatan adalah landasan pemeliharaan fasilitas produksi. Untuk melakukan hal ini, diperlukan rencana pemeliharaan. Pemeliharaan terjadwal dan tidak terjadwal adalah dua kategori dasar yang menjadi bagian dari proses pemeliharaan. Gambar 3 menunjukkan strategi pemeliharaan yang dapat digunakan menurut Duffuaa et al, (1999):



Gambar 3. Klasifikasi strategi pemeliharaan
Sumber: Pranowo (2019)

a. Pemeliharaan Penggantian (*Replacement*)

Komponen sistem diganti seluruhnya atau sebagian karena menjadi kurang andal akibat utilitas alat berat yang rendah atau ketergantungan fasilitas manufaktur yang memburuk. Pendekatan pemeliharaan penggantian bertujuan untuk menjamin operasi sistem dalam keadaan umum.

b. Pemeliharaan Peluang (*Opportunity Maintenance*)

Ketika ada kesempatan, pemeliharaan kesempatan dilakukan ketika peralatan dimatikan. Tujuan dari pemeliharaan kesempatan adalah untuk menjaga agar staf pemeliharaan dan operator tidak menganggur. Dari yang paling

dasar, seperti pembersihan, hingga yang lebih kompleks, seperti memperbaiki fasilitas sistem produksi, pemeliharaan dapat dilakukan.

c. Pemeliharaan Perbaikan Besar (*Overhaul*)

Pemeliharaan perbaikan besar adalah pemeliharaan terencana dan proses yang dilakukan secara menyeluruh terhadap sistem sehingga diharapkan sistem atau sebagian besar subsistem berada dalam kondisi yang handal. Ini mencakup pengujian dan perbaikan secara menyeluruh pada beberapa atau sebagian besar komponen sampai pada kondisi normal yang dapat diterima.

d. Pemeliharaan Pencegahan (*Preventive Maintenance*)

Pemeliharaan pencegahan adalah pemeliharaan yang dilakukan untuk mengidentifikasi sumber kerusakan dan mencegah kerusakan yang tidak terduga. Dalam praktiknya, perawatan pencegahan dibedakan menjadi:

1) *Routine Maintenance*

Routine maintenance adalah kegiatan rutin untuk menjaga kondisi dasar mesin dengan mengganti suku cadang yang rusak atau aus dan menggantinya secara berkala. Contoh kegiatan pemeliharaan rutin termasuk pembersihan peralatan, pelumasan atau pengecekan oli, pengecekan suplai bahan bakar dan angin kompresor.

2) *Periodic Maintenance*

Merupakan pemeliharaan yang dilakukan secara berkala dalam jangka waktu tertentu, seperti seminggu atau sebulan sekali, dengan pengecekan rutin dan penggantian komponen yang rusak atau tidak berfungsi. Contoh perawatan rutin adalah pengaturan sensor, pengecekan silinder pneumatik.

3) *Running Maintenance*

Running maintenance adalah pekerjaan pemeliharaan yang dilakukan untuk memastikan bahwa fasilitas produksi tetap beroperasi. Pemeliharaan ini mencakup pemeliharaan yang dimaksudkan untuk diterapkan pada mesin atau peralatan yang sedang beroperasi. Biasanya digunakan pada mesin yang harus terus dibuat. Pemeliharaan dilakukan melalui pengawasan aktif.

4) *Shutdown Maintenance*

Merupakan tindakan pemeliharaan yang hanya dapat dilakukan saat mesin produksi sengaja dihentikan atau dimatikan.

Pemeliharaan pencegahan berdasarkan penggunaan peralatan dibagi menjadi dua, *time-based* dan *used-based*:

1) *Time-based* adalah pemeliharaan yang dilakukan setelah menggunakan peralatan sampai satu satuan waktu tertentu.

2) *Used-based* adalah pemeliharaan yang dilakukan berdasarkan berapa kali penggunaan, untuk menentukan frekuensi perlu mengetahui distribusi kerudakan atau keandalan suatu peralatan.

e. Modifikasi Desain (*Design Modification*)

Sebagian kecil peralatan diperbarui untuk mempertahankan kondisi yang dapat diterima dan meningkatkan kapasitas. Biasanya, modifikasi desain dilakukan untuk meningkatkan kapasitas dan kinerja peralatan.

f. Pemeliharaan Koreksi (*Breakdown/Corrective Maintenance*)

Pemeliharaan ini termasuk dalam pemeliharaan yang tidak terencana karena dilakukan setelah kerusakan terjadi. Pemeliharaan koreksi adalah pemeliharaan yang dilakukan setelah peralatan rusak sehingga tidak dapat berfungsi dengan baik lagi. Kegiatan perbaikan koreksi yang disebut *maintenance breakdown* memerlukan persiapan suku cadang dan perlengkapan lain untuk dilakukan.

Pemeliharaan korektif adalah proses mengembalikan kondisi sistem dari keadaan rusak hingga dapat digunakan kembali. *Mean Time to Repair* (MTTR) adalah istilah yang digunakan untuk menggambarkan waktu yang diperlukan untuk perbaikan. Waktu perbaikan ini terdiri dari beberapa aktivitas. Waktu persiapan meliputi waktu tenaga kerja untuk melakukan pekerjaan, seperti menyiapkan perjalanan dan alat dan peralatan ukur; waktu pemeliharaan aktif, yang meliputi kegiatan rutin pemeliharaan; dan waktu keterlambatan dan logistik, yang meliputi waktu menunggu persediaan.

Untuk perbaikan dan perbaikan komponen elektronik, pendekatan *breakdown/corrective maintenance* sering disebut sebagai *run to failure* (RTF). Jika pemeliharaan tidak dilakukan, keputusan untuk mengoperasikan peralatan hingga rusak tidak menguntungkan. Hal tersebut disebabkan oleh fakta bahwa biaya pemeliharaan pencegahan lebih mahal daripada mengganti peralatan yang rusak.

g. Temuan Kesalahan (*Fault Finding*)

Merupakan prosedur pemeliharaan yang melibatkan pengecekan untuk mengukur tingkat kerusakan. Tujuan *fault finding* adalah untuk menemukan kerusakan yang tersembunyi saat mesin beroperasi. Kerusakan tersembunyi adalah situasi yang sulit diperkirakan dan sangat mungkin menyebabkan kecelakaan saat mesin dioperasikan. Salah satu cara untuk menemukan kerusakan tersembunyi adalah dengan melakukan pemeriksaan dengan mengoperasikan mesin dan memeriksa dengan seksama dan teliti apakah mesin atau peralatan tersebut berfungsi dengan semestinya.

h. Pemeliharaan Berbasis Kondisi (*Condition-based Maintenance*)

Pemeliharaan berbasis kondisi dilakukan dengan mengawasi tanda-tanda vital mesin yang berdampak pada kondisi keseluruhannya. Pemeliharaan prediktif adalah jenis pemeliharaan yang melibatkan pengawasan terhadap hal-hal seperti getaran mesin dan tingkat pelumas. Salah satu opsi terbaik untuk mengidentifikasi timbulnya kerusakan dan menentukan kapan suatu peralatan akan berhenti bekerja adalah pemeliharaan. Pemeliharaan ini menggunakan dua metode pengukuran yang berbeda, khususnya:

- 1) Mengukur parameter, seperti suhu dan tekanan angin, secara langsung.
- 2) Mengukur efek yang ditimbulkan oleh pengoperasian peralatan dengan melakukan pengamatan, seperti getaran mesin.

Kegiatan pemeliharaan berbasis kondisi dikategorikan menurut bentuk pengukuran:

- 1) Identifikasi dan pengukuran faktor-faktor yang berkontribusi pada awal kerusakan.

2) Jika memungkinkan, tentukan nilai parameter tersebut dan tindakan segera sebelum terjadi kerusakan yang lebih parah.

i. Pemeliharaan Penghentian (*Shutdown Maintenance*)

Proses pemeliharaan hanya dilakukan saat fasilitas produksi dihentikan secara sengaja. Pemeliharaan dilakukan secara terjadwal dan terencana dengan fokus pada mengontrol periode penghentian produksi. Pengelolaan sumber daya yang ada, termasuk tenaga kerja, peralatan, material, dan lain-lain, sangat penting untuk mengurangi *downtime* dan biaya.

1.6.4 Overall Equipment Effectiveness

Menurut Nakajima (1988) dalam Prabowo et al, (2020), *Overall Equipment Effectiveness* (OEE) merupakan alat yang digunakan untuk menghitung tingkat efektifitas suatu mesin atau peralatan dengan mempertimbangkan beberapa perspektif selama proses perhitungan, seperti ketersediaan mesin (*availability*), kinerja mesin (*performance efficiency*), dan kualitas produk. Tujuan OEE adalah untuk memaksimalkan keefektifan peralatan dan untuk mengevaluasi peralatan produksi melalui perbaikan. Berikut rumus yang digunakan dalam perhitungan OEE:

a) *Availability*

Menurut Nakajima (1989) dalam Arifin (2020), *availability* adalah suatu rasio yang menggambarkan jumlah waktu yang tersedia untuk kegiatan operasional mesin atau peralatan. Rumus *availability* adalah sebagai berikut:

$$Availability = \frac{Operation\ Time}{Loading\ Time} \times 100\% \quad (1)$$

Loading time didefinisikan sebagai waktu yang tersedia untuk mesin untuk melakukan proses.

Operation time didefinisikan sebagai keseluruhan waktu efektif yang dipakai mesin untuk melakukan suatu proses. Berikut persamaan dari *operation time*:

$$Operation\ Time = Loading\ Time - Planned\ Downtime \quad (2)$$

b) *Performance Efficiency*

Menurut Nakajima (1989) dalam Arifin (2020), efektivitas kerja adalah suatu rasio yang menggambarkan seberapa baik suatu mesin atau peralatan dapat menghasilkan suatu produk. Berikut persamaan dari *Performance Efficiency*:

$$Performance\ Efficiency = \frac{Processed\ Amount \times Ideal\ Cycle\ Time}{Operation\ Time} \times 100\% \quad (3)$$

Data tentang jumlah yang diproses, waktu siklus ideal, dan waktu operasional diperlukan untuk mengukur efisiensi kinerja. Jumlah yang diproses adalah jumlah total yang diproses, dan waktu siklus ideal adalah waktu siklus ideal yang dibutuhkan untuk memproses suatu item atau produk.

$$Ideal\ Cycle\ Time = Waktu\ Siklus \times Presentase\ Jam\ Kerja \quad (4)$$

c) *Quality Rate*

Menurut Nakajima (1989) dalam Arifin (2020), tingkat kualitas adalah rasio yang menyatakan seberapa baik sebuah mesin memproduksi barang dalam

kaitannya dengan jumlah total produk yang diprosesnya. Berikut ini adalah rumus tingkat kualitas:

$$Quality\ Rate = \frac{Processed\ Amount - Defect\ Amount}{Processed\ Amount} \times 100\% \quad (5)$$

Pengukuran nilai *quality rate* membutuhkan data *processed amount* dan *defect amount*. *Processed amount* adalah jumlah atau total yang diproses sedangkan *defect amount* jumlah produk cacat atau gagal proses.

1.6.5 Reliability Centered Maintenance

Menurut Moubray (1991) *Reliability Centered Maintenance* (RCM) merupakan suatu prosedur yang digunakan untuk memastikan bahwa setiap aset fisik tetap dapat melakukan fungsinya yang diinginkan selama pengoperasiannya. Tujuan utama RCM adalah untuk menjaga fungsi sistem. Ini dicapai dengan menemukan mode kegagalan, atau mode kegagalan, memberikan prioritas pada kepentingannya, dan kemudian menentukan tindakan perawatan pencegahan yang efektif dan dapat diterapkan.

Menurut Anderson (1990) dalam menggunakan RCM, dapat diimplementasikan dengan langkah-langkah berikut:

a. *Functional Block Diagram* (FBD)

Functional Block Diagram (FBD) adalah diagram yang berbentuk blok yang menjelaskan fungsi setiap komponen dan bagaimana mereka berhubungan satu sama lain, sehingga dapat menggambarkan pengaruh antar komponen. Menurut Rausand (2004), FBD berfungsi untuk mengidentifikasi dan mencatat detail penting seperti data historis sistem, cara kerjanya, input dan output, dan lain-lain.

Functional Block Diagram (FBD) menunjukkan hubungan dari masing-masing fungsi aset untuk mempermudah analisis fungsi dengan *Reliability Centered Maintenance* (RCM) dan mencegah perbedaan persepsi antar anggota tim. Selain itu, *Functional Block Diagram* (FBD) juga menjelaskan hubungan dan aliran kerja antar fungsi yang membentuk sistem dan batasan.

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

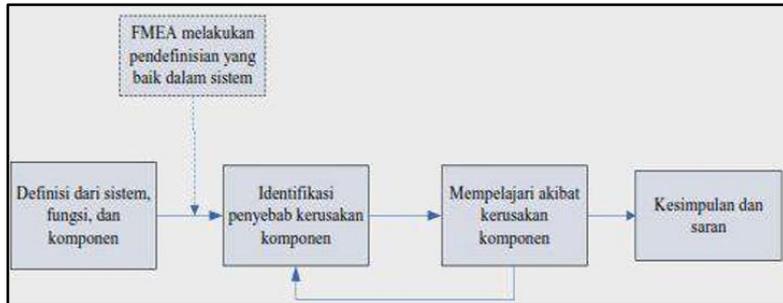
Mode kegagalan adalah keadaan yang dapat menyebabkan kegagalan fungsional. Ketika mode kegagalan diketahui, itu memungkinkan untuk mengetahui dampak kegagalan, yang menunjukkan apa yang akan terjadi ketika mode kegagalan terjadi, dan kemudian digunakan untuk menentukan konsekuensi dan memutuskan cara untuk mengantisipasi, mencegah, mendeteksi, atau memperbaikinya.

Failure Modes and Effects Analysis (FMEA) diperkenalkan ke dunia penerbangan pada tahun 1960. Sejak saat itu, FMEA telah digunakan di berbagai industri. FMEA mencoba mencapai peningkatan dengan:

- 1) Menentukan mode kegagalan pada komponen, peralatan, dan sistem.
- 2) Menentukan dampak peralatan dan sistem untuk setiap model kegagalan.
- 3) Membuat rekomendasi untuk meningkatkan keandalan komponen dan sistem.

Failure Modes and Effects Analysis (FMEA) memiliki empat langkah sebagai berikut:

- a) Mendefinisikan sistem dan komponennya,
 - b) Mengidentifikasi sumber kerusakan komponen,
 - c) Mempelajari konsekuensi dari kerusakan komponen,
 - d) Menarik kesimpulan dan membuat saran
- (Pranowo, 2019).



Gambar 4. Langkah dari kinerja FMEA
Sumber: Pranowo (2019)

c. *Logic Tree Analysis (LTA)*

Logic tree analysis merupakan pengukuran kualitatif yang berfungsi mengklasifikasikan mode kegagalan. Berikut klasifikasi mode kegagalan berdasarkan LTA:

- 1) *Safety problem*
Mode kegagalan memiliki konsekuensi dapat melukai atau mengancam jiwa seseorang.
- 2) *Outage problem*
Mode kegagalan dapat mematikan sistem.
- 3) *Minor to investigation economic problem*
Mode kegagalan tidak berdampak pada keamanan maupun mematikan sistem. Dampaknya tergolong kecil dan dapat diabaikan.
- 4) *Hidden failure*
Kegagalan yang terjadi karena tidak dapat diketahui oleh operator.

d. *Task Selection*

Seleksi tugas dilakukan untuk menentukan kebijakan-kebijakan yang dapat digunakan dan memilih tugas yang paling efektif untuk setiap mode kegagalan. Kebijakan perawatan yang ekonomis jika dibandingkan dengan total biaya perawatan, dimaksudkan sebagai efektif, sementara kebijakan perawatan yang dapat mencegah, mendeteksi, atau menemukan kegagalan yang tersembunyi dimaksudkan sebagai efisien.

1.6.6 Keandalan (*Reliability*)

Menurut Blischke dan Murthy (2000), kita dapat menggambarkan apakah suatu fasilitas atau peralatan tertentu beroperasi atau tidak dengan mengacu pada keandalannya. Gagasan tentang operasi atau kinerja yang sukses dan kurangnya kerusakan dinyatakan dengan keandalan. Teori keandalan menjelaskan bagaimana menganalisis berbagai elemen keandalan dengan menggabungkan pengetahuan teknik tentang desain dan pemahaman ilmiah tentang proses kerusakan dengan model multidisiplin, probabilistik, statistik, dan stokastik.

Menurut Alkaf Kamdi (1992), keandalan adalah kemungkinan sebuah mesin atau sistem mesin akan berfungsi dengan baik dan tetap berada dalam kondisi standar dalam jangka waktu yang lama. Kemungkinan suatu peralatan dapat menjalankan fungsi yang dimaksudkan dikenal sebagai keandalan. Ada dua kondisi untuk sistem alat: "baik" dan "rusak". Karena keandalan adalah proses probabilistik (stokastik), maka dapat ditentukan apakah sistem dalam kondisi sangat baik atau tidak jika keandalan bernilai 1, dan tidak diragukan lagi bahwa sistem akan rusak jika keandalan bernilai 0. Nilai keandalan bervariasi dari $0 \leq R(t) \leq 1$ jika harga keandalan adalah $R(t)$. Jadi dalam selang waktu tersebut suatu peralatan dapat melaksanakan tugasnya dengan baik.

Berdasarkan pengertian diatas, maka ada beberapa hal yang perlu diperhatikan, sebagai berikut:

- a. Probabilitas, dengan nilai kepercayaan berkisar antara 0 dan 1.
- b. Kemampuan yang diharapkan harus dijelaskan dengan jelas. Setiap unit memiliki standar untuk menilai kemampuan yang diharapkan.
- c. Tujuan yang diinginkan, di mana kegunaan peralatan harus spesifik karena ada beberapa tingkatan produksi barang konsumen.
- d. Parameter penting untuk menilai kemungkinan sukses suatu sistem adalah waktu.
- e. Faktor lingkungan, seperti suhu, kelembaban, dan kecepatan gerak, mempengaruhi umur sistem atau peralatan. Ini menjelaskan bagaimana perawatan yang diterima sistem dapat memberikan tingkat keandalan yang berbeda dalam kondisi operasionalnya.

Kebutuhan akan mesin dan peralatan yang sangat andal telah didorong oleh meningkatnya permintaan pelanggan akan pengiriman yang cepat dan produk berkualitas tinggi serta meningkatnya persaingan di antara bisnis.

1.6.7 Fungsi Distribusi Kerusakan

Menurut Ebeling (1997), data mendasar mengenai masa pakai peralatan dalam suatu populasi adalah distribusi kerusakan. Ada beberapa cara peralatan dapat mengalami kerusakan. Distribusi *weibull*, normal, dan lognormal adalah distribusi kerusakan yang sering digunakan yang dapat memenuhi fase kerusakan yang berbeda.

a. Distribusi *Weibull*

Distribusi *weibull* dapat memenuhi beberapa periode kerusakan yang terjadi, yaitu periode awal (*early failure*), periode normal, dan periode pengausan, yang masing-masing tergantung pada nilai parameter bentuk fungsi distribusi *weibull*, distribusi ini merupakan distribusi yang paling sering digunakan untuk menganalisa data kerusakan. Distribusi *weibull* memiliki laju kerusakan menurun untuk nilai $\beta < 1$, laju kerusakan konstan untuk nilai $\beta = 1$ dan laju kerusakan naik untuk nilai $\beta > 1$. Beberapa fungsi yang digunakan dalam distribusi *weibull* dapat dilihat sebagai berikut:

- 1) Fungsi kepadatan probabilitas $f(t)$

Merupakan probabilitas terjadinya kerusakan pada setiap satuan waktu.

$$f(t) = \frac{\beta}{\alpha} \left(\frac{t}{\alpha}\right)^{\beta-1} e^{-\left(\frac{t}{\alpha}\right)^\beta} \quad (6)$$

- 2) Fungsi keandalan distribusi *weibull* adalah:

Merupakan probabilitas suatu alat/komponen dapat berfungsi sampai suatu periode t .

$$R(t) = e^{-\left(\frac{t}{\alpha}\right)^\beta} \quad (7)$$

- 3) Laju kegagalan distribusi *weibull* adalah:

Merupakan gambaran laju kerusakan dalam selang waktu tertentu.

$$r(t) = \frac{f(t)}{R(t)} = \frac{\beta}{\alpha} \left(\frac{t}{\alpha}\right)^{\beta-1} \quad (8)$$

b. Distribusi Lognormal

Dua parameter digunakan oleh distribusi lognormal: s sebagai parameter bentuk (*shape parameter*) dan t_{med} sebagai parameter lokasi (*location parameter*). Nilai tengah distribusi kerusakan adalah t_{med} . Karena distribusi ini dapat bervariasi, data yang sesuai dengan distribusi *weibull* juga sesuai dengan distribusi lognormal. Fungsi reliabilitas distribusi lognormal adalah:

Karakteristik distribusi lognormal memiliki dua parameter, yaitu parameter lokasi (μ) dan parameter skala (σ), sama dengan standar deviasi. Jika distribusi waktu antar kegagalan mengikuti distribusi lognormal, maka:

- 1) Fungsi kepadatan probabilitas $f(t)$

$$f(t) = \frac{1}{\sigma\sqrt{2\pi}} \exp\left[-\frac{1}{2}\left(\frac{\ln t - \mu}{\sigma}\right)^2\right] \quad (9)$$

- 2) Fungsi keandalan distribusi lognormal adalah:

$$R(t) = 1 - \int_0^t \frac{1}{\sigma\sqrt{2\pi}} \exp\left[-\frac{1}{2}\left(\frac{\ln t - \mu}{\sigma}\right)^2\right] dt \quad (10)$$

- 3) Laju kegagalan distribusi lognormal adalah:

$$\lambda(t) = \frac{f(t)}{R(t)} \quad (11)$$

(Soesetyo dkk., 2014)

c. Distribusi Eksponensial

Menurut Walpole, dkk (2003), baik dalam teori antrian maupun masalah keandalan, distribusi eksponensial sangat penting. Komponen atau sistem dengan laju kerusakan konstan menggunakan distribusi ini. Jika ada peralatan dengan laju kerusakan konstan, maka komponen atau sistem tersebut mungkin termasuk dalam distribusi eksponensial. Parameter distribusi eksponensial didefinisikan sebagai λ , yang nilainya tidak berubah seiring berjalannya waktu. Dalam kasus di mana distribusi waktu antar kegagalan sistem mengikuti distribusi eksponensial, maka:

- 1) Fungsi kepadatan probabilitas
- $f(t)$

$$f(t) = \lambda e^{-\lambda(t-\gamma)}, t > 0, \lambda > 0, t \geq \gamma \quad (12)$$

- 2) Fungsi keandalan distribusi eksponensial adalah:

$$R(t) = e^{-\lambda(t\gamma)} \quad (13)$$

- 3) Laju kegagalan distribusi eksponensial adalah:

$$\lambda(t) = \lambda \quad (14)$$

d. Distribusi Normal

Salah satu jenis distribusi yang paling sering digunakan untuk menjelaskan penyebaran data adalah distribusi normal, juga dikenal sebagai distribusi Gaussian. *Probability Density Function* (PDF) distribusi normal simetris terhadap nilai rata-rata (*mean*). Dispersi terhadap nilai rata-rata distribusi normal dihitung dengan menggunakan nilai standar deviasi. Jika pengaruh kerandoman disebabkan oleh sejumlah besar variasi random yang tidak bergantung (saling bebas/*independent*) yang kecil atau sedikit, kontribusi ini digunakan. Variable acak T diwakili sebagai distribusi normal dengan rata-rata μ dan varian standar deviasi σ . Dengan kata lain parameter distribusi normal adalah *mean* dan standar deviasi. Jika distribusi waktu antar kegagalan suatu system mengikuti distribusi normal, maka:

- 1) Fungsi kepadatan probabilitas
- $f(t)$

$$f(t) = \frac{1}{\sigma\sqrt{2\pi}} \exp\left[-\frac{1}{2}\left(\frac{t-\mu}{\sigma}\right)^2\right] \quad (15)$$

- 2) Fungsi keandalan distribusi normal adalah:

$$R(t) = 1 - \Phi\left(\frac{t-\mu}{\sigma}\right) \quad (16)$$

- 3) Laju kegagalan distribusi normal adalah:

$$\lambda(t) = \frac{\exp\left[-\frac{(t-\mu)^2}{2\sigma^2}\right]}{\int_t^{\infty} \exp\left[-(t-\mu)^2 2\sigma^2\right] dt} \quad (17)$$

(D.K. dan T.D., 2014)

1.6.8 Penentuan Distribusi *Time to Failure* dan *Time to Repair*

Menurut Ebeling (1997), distribusi yang digunakan untuk menentukan durasi waktu perbaikan untuk waktu kerusakan dapat diidentifikasi dengan menggunakan dua metode: *fitting* kurva kuadrat terkecil dan plot probabilitas.

Memplot data waktu kerusakan dan waktu perbaikan menghasilkan grafik probabilitas. Metode ini dapat diterapkan pada data yang tidak mencukupi atau jumlah sampel yang terbatas. Nilai indeks kecocokan terbesar akan digunakan dalam pendekatan kurva *least-square fitting* untuk menentukan distribusi komponen.

Menurut Walpole (1995) terdapat metode umum dalam perhitungan metode *least-square curve fitting* yaitu:

- a. Nilai Tengah Kerusakan (*Medium Rank*)

$$F(t_i) = \frac{i-0,3}{n+0,4} \quad (18)$$

Keterangan:

i = data waktu ke-i

n = jumlah data kerusakan

- b. *Index of fit*

$$r = \frac{n \sum_{i=1}^n X_i Y_i - (\sum_{i=1}^n X_i \sum_{i=1}^n Y_i)}{\sqrt{[n \sum_{i=1}^n X_i^2 - (\sum_{i=1}^n X_i)^2]} \sqrt{[n \sum_{i=1}^n Y_i^2 - (\sum_{i=1}^n Y_i)^2]}} \quad (19)$$

Menurut Walpole (1995) perhitungan identifikasi distribusi awal untuk masing-masing distribusi adalah sebagai berikut:

- a. Distribusi *Weibull*

$$X_i = \ln(t_i) \quad (20)$$

$$Y_i = \ln\left(\ln\left(\frac{1}{1-F(t_i)}\right)\right) \quad (21)$$

- b. Distribusi Normal

$$X_i = t_i \quad (22)$$

$$Y_i = Z_i = \Phi^{-1}[F(t_i)] = \frac{t_i - \mu}{\sigma} \quad (23)$$

Keterangan:

t_i = data ke-i

Z_i = dari tabel *standard normal probabilities*

- c. Distribusi Lognormal

$$X_i = \ln(t_i) \quad (24)$$

$$Y_i = Z_i = \Phi^{-1}[F(t_i)] = \Phi^{-1}\left[\left(\frac{1}{s}\right) \ln t_i - \left(\frac{1}{s}\right) \ln t_{med}\right] \quad (25)$$

- d. Distribusi Eksponensial

$$X_i = t_i \quad (26)$$

$$Y_i = \left(\frac{1}{1-F(t_i)}\right) \quad (27)$$

1.6.9 Mean Time to Failure (MTTF)

Menurut IR. Ating Sudrajat (2011), *Mean Time To Failure* (MTTF) adalah Waktu rata-rata sebuah mesin atau peralatan mengalami kerusakan, atau dengan kata lain, jumlah waktu mesin atau peralatan tersebut dapat berfungsi. *Mean Time To Failure* (MTTF) mesin biasanya digunakan untuk menghitung berapa lama mesin dapat bekerja sebelum rusak. Dengan menghitung waktu surplus tipikal yang terus menerus digunakan untuk penjadwalan produksi:

$$MTTF = \frac{\text{waktu total-downtime-waktu yang tidak dimanfaatkan}}{\text{jumlah kerusakan}} \quad (28)$$

Berikut ini adalah perhitungan MTTF berdasarkan masing-masing distribusi, yaitu:

a. Distribusi *Weibull*

$$MTTF = \theta \cdot \Gamma\left(1 + \frac{1}{\beta}\right) \quad (29)$$

Nilai $\theta \cdot \Gamma\left(1 + \frac{1}{\beta}\right)$ dapat dilihat pada tabel dari fungsi Gamma.

b. Distribusi Normal

$$MTTF = \mu \quad (30)$$

c. Distribusi Lognormal

$$MTTF = \text{tmed. } e^{\frac{s^2}{2}} \quad (31)$$

d. Distribusi Eksponensial

$$MTTF = \frac{1}{\lambda} \quad (32)$$

1.6.10 Mean Time to Repair (MTTR)

Menurut IR. Ating Sudrajat (2011), *Mean Time To Repair* (MTTR) adalah Jumlah rata-rata waktu yang dibutuhkan untuk perbaikan. Durasi rata-rata yang diperlukan untuk memperbaiki peralatan untuk memulihkan fungsinya, mencakup waktu pemberitahuan dan pelepasan. Waktu yang dihabiskan untuk perbaikan, diagnostik, dan menunggu (untuk komponen pengganti). Mean Time To Repair (MTTR), yang memperhitungkan waktu pengujian dan perakitan serta lamanya suatu operasi tidak berproduksi, menunjukkan bagaimana pemeliharaan akan memengaruhi tingkat produksi.

$$MTTR = \frac{\text{total waktu terhentinya alat akibat kerusakan (tidak terjadi)}}{\text{jumlah kerusakan}} \quad (33)$$

Berikut ini adalah perhitungan MTTR berdasarkan masing-masing distribusi, yaitu:

a. Distribusi *Weibull*

$$MTTR = \theta \cdot \Gamma\left(1 + \frac{1}{\beta}\right) \quad (34)$$

Nilai $\theta \cdot \Gamma\left(1 + \frac{1}{\beta}\right)$ dapat dilihat pada tabel dari fungsi Gamma.

b. Distribusi Normal

$$MTTR = \mu \quad (35)$$

c. Distribusi Lognormal

$$MTTR = \text{tmed. } e^{\frac{s^2}{2}} \quad (36)$$

d. Distribusi Eksponensial

$$MTTR = \frac{1}{\lambda} \quad (37)$$

1.6.11 Pompa 015-G04-I-A (*Trisodium Phospat Metering Pump*)



Gambar 5. Pompa 015-G04-I-A
Sumber: PT kaltim methanol industri (2024)

Pompa adalah mesin atau alat yang memindahkan cairan dari satu tempat ke tempat yang lain melalui media perpipaan dengan menambahkan energi pada cairan yang dipindahkan secara terus menerus. Pompa dosing, juga dikenal sebagai pompa metering, memiliki kemampuan untuk mengontrol volume zat cair yang akan diinjeksikan ke zat pelarut lainnya dengan dosis yang telah ditetapkan sebelumnya (Panigas, dkk., 2023).

a. Fungsi

Fungsi utama pompa *trisodium phospate* adalah melakukan injeksi bahan kimia pospat ke dalam *boiled feed water*, yang kemudian diolah menjadi *steam* dalam industri kimia. Proses ini sangat penting untuk memastikan kualitas air yang digunakan dalam sistem boiler, mengoptimalkan efisiensi operasi, serta mencegah terjadinya korosi dan pembentukan kerak pada peralatan.

b. Material pada komponen pompa

1) *V-Belt*

V-belt adalah sabuk transmisi daya berbentuk trapezoidal (V) yang digunakan untuk mentransfer tenaga antara dua atau lebih poros. Bentuk V ini membantu meningkatkan gesekan antara sabuk dan puli.



Gambar 6. V-belt

Sumber: dealeryamaha.co.id (2024)

2) *Grub Screw*

Grub screw adalah sekrup tanpa kepala yang umumnya digunakan untuk menahan objek di dalam atau terhadap objek lain, biasanya melalui gaya gesekan yang dihasilkan oleh ujung sekrup yang menekan.



Gambar 7. Grub screw

Sumber: id.made-in-china.com (2024)

3) *O-Ring*

O-ring adalah cincin elastomer berbentuk torus yang digunakan sebagai seal atau penyegel untuk mencegah kebocoran cairan atau gas.



Gambar 8. O-ring

Sumber: lazada.co.id (2024)

4) *Parker O-Lube*

Parker O-Lube adalah pelumas yang dirancang khusus untuk digunakan pada O-ring dan seal lainnya.



Gambar 9. *Parker O-Lube*
Sumber: stl.com.my (2024)

5) *Piston Ring*

Piston ring adalah cincin logam elastis yang terletak di alur piston dalam mesin pembakaran dalam atau kompresor.



Gambar 10. Piston ring
Sumber: id.made-in-china.com (2024)

6) *Pressure Spring*

Pressure spring, atau pegas tekanan, adalah pegas yang dirancang untuk memberikan gaya dengan merespon terhadap tekanan atau beban yang diterapkan.



Gambar 11. *Pressure spring*
Sumber: amazon.com (2024)

7) *Threebond/Gasket*

Threebond digunakan untuk membuat gasket cair, sementara gasket adalah material yang digunakan untuk menyegel antara dua permukaan yang bersentuhan.



Gambar 12. *Threebond/Gasket*
Sumber: lazada.co.id (2024)

8) *Diaphragm*

Diaphragm adalah membran fleksibel yang digunakan untuk memisahkan dua ruang atau media, dan sering digunakan dalam pompa atau katup.



Gambar 13. *Diaphragm*
Sumber: indiamart.com (2024)

1.6.12 Penelitian Terdahulu

Penelitian terdahulu dapat menjadi referensi bagi penulis dalam melakukan penelitian, karena penelitian terdahulu bertujuan untuk dapat melihat perbedaan dan persamaan penelitian yang terdapat dalam hasil penelitian sebelumnya. Berikut penelitian terdahulu dapat dilihat pada tabel 2:

Tabel 2. Penelitian terdahulu

No	Peneliti	Judul	Objek	Metode	Hasil
1.	Haslinda dkk., (2024)	Analisis Perawatan Mesin Bubut Menggunakan	Mesin bubut	<i>Reliability Centered Maintenance</i>	Hasil penelitian ini menyarankan interval pemeliharaan untuk

No	Peneliti	Judul	Objek	Metode	Hasil
		Metode <i>Reliability Centered Maintenance</i> (RCM) Pada CV. Sumber Jaya Makassar			komponen sistem kelistrikan mesin bubut setiap 223,11 jam, eretan mesin bubut setiap 401,6 jam, kepala tetap mesin bubut setiap 508 jam, kepala lepas mesin bubut setiap 401,6 jam, kepala tetap mesin bubut setiap 508 jam, kepala lepas mesin bubut setiap 669,33 jam dan <i>chuck</i> mesin bubut 1004 jam.
2.	Nurhidayat & Wahyuridho (2022)	Analisis Perawatan Mesin Dengan Menggunakan Metode <i>Reliability Centered Maintenance</i> (RCM) Dan <i>Fuzzy Failure Mode And Effect Analysis</i>	Mesin press SEYI SN-110 Ton	<i>Reliability Centered Maintenance & Fuzzy Failure Mode And Effect Analysis</i>	Hasil penelitian ini menyarankan melakukan perawatan mesin untuk mengatasi <i>downtime selama</i> 47 hari agar tidak terjadi <i>downtime</i> yang lebih parah dari sebelumnya.
3.	Pusakaningwati & Ismail (2023)	Manajemen Perawatan Panel <i>Distribution Control</i> Dengan Metode <i>Reliability Centered Maintenance</i> (RCM) di PT. Tung Cia Tekhnology Indonesia	Panel <i>Distribution Control</i>	<i>Reliability Centered Maintenance</i>	Hasil penelitian ini menghasilkan penurunan nilai RPN dari 540 menjadi 126.
4.	Maryadi dkk., (2023)	Aplikasi <i>Failure Mode and Effect Analysis</i> dan	Pompa distribusi dan penyaring	<i>Reliability Centered Maintenance & Failure</i>	Hasil perhitungan menunjukkan untuk perawatan mesin dilakukan

No	Peneliti	Judul	Objek	Metode	Hasil
		<i>Reliability Centered Maintenance</i> pada <i>Preventive Maintenance</i> Kendaraan	bahan bakar	<i>Mode and Effect Analysis</i>	pemeriksaan yang dilakukan secara berkala terhadap komponen bahan bakar setiap 180 hari dan penyaring bahan bakar setiap 120 hari.
5.	Nurhidayat & Fajar (2022)	Optimalisasi Dengan Metode <i>Reliability Centered Maintenance</i> (RCM) dan <i>Reliability Centered Spares</i> (RCS)	Eskalator	<i>Reliability Centered Maintenance & Reliability Centered Spares</i>	Hasil penelitian ini menunjukkan interval penggantian optimum pada <i>bearing roller axe</i> setiap 60 hari, <i>as pen brushing</i> setiap 55 hari, <i>bushing roller</i> setiap 76 hari.
6.	Joumil & Lestari (2021)	Analisis Efektivitas Mesin Pada Stasiun Ketel dengan Menggunakan Metode <i>Overall Equipment Effectiveness</i> (OEE) di PT. XYZ	Mesin Stasiun Ketel	<i>Overall Equipment Effectiveness</i>	Hasil penelitian ini nilai OEE mesin di mencapai nilai OEE stasiun ketel PT. XYZ selama masa giling tahun 2020 terdapat 4 mesin yang belum mencapai nilai OEE yang ideal 85% yaitu boiler KCC sebesar 78,21%, boiler FCB sebesar 79,72%, <i>bagasse carrier</i> IV sebesar 83,06% dan <i>bagasse carrier</i> I sebesar 84,51%.
7.	Wibisono (2021)	Analisis <i>Overall Equipment Effectiveness</i> (OEE) Dalam Meminimasi <i>Six Big Losses</i> Pada Mesin Bubut (Studi Kasus di Pabrik Parts PT XYZ)	Mesin Bubut	<i>Overall Equipment Effectiveness</i>	Hasil penelitian ini menunjukkan bahwa rata-rata tingkat efektivitas mesin bubut sebesar 77,28%, dengan rata-rata nilai <i>availability</i> 88,82%, <i>performance</i> 91,31%, dan <i>quality</i> 95,45%.

Haslinda dkk., (2024), melakukan penelitian yang berfokus pada penentuan metode perawatan dan interval penggantian komponen mesin bubut dengan menggunakan *Reliability Centered Maintenance* (RCM) di CV. Sumber Jaya Makassar. Hasil penelitian menunjukkan bahwa komponen sistem kelistrikan mesin bubut mengalami kegagalan dengan laju 0,0044 kegagalan per jam, dengan *Mean Time Between Failures* (MTBF) sebesar 227,2727 jam. Perawatan preventif diyakini diperlukan untuk memastikan mesin bubut beroperasi dengan baik. Hasil penelitian ini menyarankan interval pemeliharaan untuk komponen sistem kelistrikan mesin bubut setiap 223,11 jam, eretan mesin bubut setiap 401,6 jam, kepala tetap mesin bubut setiap 508 jam, kepala lepas mesin bubut setiap 401,6 jam, kepala tetap mesin bubut setiap 508 jam, kepala lepas mesin bubut setiap 669,33 jam dan *chuck* mesin bubut 1004 jam.

Nurhidayat dan Wahyuridho (2022), melakukan penelitian menjelaskan penerapan *Reliability Centered Maintenance* (RCM) dan *Fuzzy Failure Mode and Effect Analysis* untuk mengatasi masalah *downtime* pada mesin press di PT. Padma Soode Indonesia. Analisis ini menyoroti komponen-komponen penting dan menggarisbawahi relevansi metode pemeliharaan untuk menghindari waktu henti yang besar dan meningkatkan efisiensi produksi. Masalah penundaan pada mesin press SEYI SN-110 Ton PT. Padma Soode Indonesia menjadi subjek penelitian ini. Mesin bagian dalam, dengan tingkat kerusakan 77%, merupakan bagian terpenting yang ditemukan. Dengan metode ini, diharapkan dapat mengurangi jumlah *downtime* mesin dan meningkatkan efisiensi perawatan. Selain itu, analisis perawatan mesin selama 47 hari diperlukan untuk mencegah *downtime* yang parah, dan pembuatan SOP perawatan mesin juga sangat penting untuk memaksimalkan proses produksi.

Pusakaningwati dan Ismail (2023), penelitian tersebut menguraikan bagaimana PT. Tung Cia Tekhnology Indonesia menggunakan strategi *Reliability Centered Maintenance* (RCM) untuk mengelola pemeliharaan panel-panel Kontrol Distribusi. Dengan menggunakan analisis risiko dan deteksi kemungkinan kegagalan, alokasi sumber daya dioptimalkan, efisiensi sistem, keamanan, dan keandalan semuanya ditingkatkan dengan RCM. Setelah tindakan perbaikan dan penggantian komponen, Angka Prioritas Risiko (RPN) menurun dari 540 menjadi 126, menurut temuan penelitian. Untuk menjaga agar sistem kelistrikan di industri tetap tersedia dan dapat diandalkan, pendekatan RCM sangat penting.

Maryadi dkk., (2023), penelitian ini membahas penggunaan *Failure Mode and Effect Analysis* (FMEA) dan *Reliability Centered Maintenance* (RCM) untuk mengurangi kegagalan sistem bahan bakar pada mobil. Penelitian ini menekankan betapa pentingnya menjadwalkan operasi pemeliharaan pada interval yang tepat untuk suku cadang seperti pompa distribusi bensin dan filter bahan bakar. Penelitian ini menggunakan teknik termasuk perhitungan *Mean Time to Failure* (MTTF), *Logic Tree* (LTA) untuk kegagalan komponen sistem bahan bakar, dan menjalankan prosedur pemeliharaan preventif berdasarkan hasil. Hasil perhitungan menunjukkan untuk perawatan mesin dilakukan

pemeriksaan yang dilakukan secara berkala terhadap komponen bahan bakar setiap 180 hari dan penyaring bahan bakar setiap 120 hari.

Nurhidayat dan Fajar (2022), penelitian ini membahas bagaimana PT. Rekan Sukses Sejahtera mengoptimalkan pemeliharaan eskalator melalui penerapan *Reliability Centered Maintenance* (RCM) dan *Reliability Centered Spares* (RCS). Untuk menyarankan pemeliharaan yang diarahkan pada waktu pada komponen eskalator tertentu, penelitian ini menggunakan tindakan untuk menganalisis data historis kerusakan, data waktu henti eskalator, dan data waktu perbaikan komponen. Perancangan metode optimasi pemeliharaan yang efisien menjadi lebih mudah dengan penerapan metodologi RCM. Hasil penelitian ini menunjukkan interval penggantian optimum pada *bearing roller axe* setiap 60 hari, *as pen brushing* setiap 55 hari, *bushing roller* setiap 76 hari.

Joumil dan Lestari (2021), melakukan penelitian mengenai membahas faktor-faktor *Six Big Losses* yang menghambat pencapaian efektivitas mesin untuk mencapai nilai *Overall Equipment Effectiveness* (OEE) yang ideal. *Six Big Losses* akibat *downtime* meliputi *breakdown losses*, *set up and adjustment losses*, *idling and minor stoppages losses*, *reduced speed losses*, *rework losses*, dan *scrap losses*. Metodologi penelitian yang digunakan adalah OEE dengan langkah-langkah pemecahan masalah yang terstruktur. Data yang digunakan meliputi data mesin, waktu operasi, waktu henti yang direncanakan, waktu henti, jumlah yang diproses, dan jumlah cacat. Pengolahan data meliputi perhitungan *availability* dan *performance efficiency*. Hasil penelitian ini nilai OEE mesin di mencapai nilai OEE stasiun ketel PT. XYZ selama masa giling tahun 2020 terdapat 4 mesin yang belum mencapai nilai OEE yang ideal 85% yaitu boiler KCC sebesar 78,21%, boiler FCB sebesar 79,72%, *bagasse carrier* IV sebesar 83,06% dan *bagasse carrier* I sebesar 84,51%.

Wibisono (2021), melakukan penelitian mengenai *Overall Equipment Effectiveness* (OEE) mesin bubut di PT XYZ untuk meminimalkan *Six Big Losses*. Penelitian ini menemukan bahwa kegagalan peralatan, *idling* dan penghentian kecil, dan penurunan kecepatan merupakan faktor signifikan yang mempengaruhi efektivitas mesin. Metode OEE digunakan untuk mengukur efektivitas mesin dan mengidentifikasi faktor-faktor yang menyebabkan inefisiensi. Data menunjukkan tingkat kinerja terendah pada bulan Mei 2019 (78,57%) dan tertinggi pada bulan Februari 2019 (99,5%), dengan tingkat kinerja rata-rata 91,305% dari Januari hingga Juni 2019. Perhitungan tingkat kualitas juga dilakukan untuk menilai kemampuan mesin dalam menghasilkan produk sesuai standar. Hasil penelitian ini menunjukkan bahwa rata-rata tingkat efektivitas mesin bubut sebesar 77,28%, dengan rata-rata nilai *availability* 88,82%, *performance* 91,31%, dan *quality* 95,45%.

Pada tabel diatas, dapat dilihat bahwa metode yang digunakan peneliti terdahulu dan peneliti yang sekarang memiliki perbedaan yaitu pada keterbaruan penelitian yang sekarang. Penelitian yang sekarang yaitu mengimplementasikan metode *Overall Equipment Effectiveness* (OEE) dan *Reliability Centered Maintenance* (RCM) pada objek dan lokasi penelitian yang berbeda dengan

peneliti terdahulu, yaitu penelitian ini diharapkan dapat mengatasi terkait manajemen pemeliharaan pada objek mesin pompa unit 150 di PT Kaltim Methanol Industri.

Berdasarkan penelitian terdahulu di atas, perbandingan penelitian ini dengan penelitian terdahulu pada tabel 3 berikut ini:

Tabel 3. Perbandingan penelitian

No	Peneliti	Aspek Penelitian			
		Tujuan Penelitian	Objek	Metode Analisis	Output Penelitian
1.	Haslinda dkk., (2024)	Penentuan terhadap sistem perawatan dan interval waktu pergantian komponen	Mesin bubut	<i>Mean Time Between Maintenance (MTBF)</i>	Interval waktu pemeliharaan mesin untuk meningkatkan kinerja mesin bubut sesuai performansinya
2.	Nurhidayat & Wahyuridho (2022)	Mengetahui tindakan pemeliharaan yang tepat pada sistem yang terpilih	Mesin press SEYI SN-110 Ton	<i>Fuzzy Failure Mode and Effect Analysis & Worksheet RCM</i>	Interval waktu pemeliharaan mesin dan Standar Operasional Prosedur (SOP) perawatan mesin
3.	Pusakaningwati & Ismail (2023)	Meningkatkan keandalan, efisiensi, dan keselamatan sistem, serta mengoptimalkan alokasi sumber daya dan mengurangi biaya pemeliharaan	Panel <i>Distribution Control</i>	<i>Failure Mode and Effect Analysis (FMEA) & Logic Tree Analysis</i>	Penurunan nilai RPN pada panel <i>distribution control</i> .
4.	Maryadi dkk., (2023)	Melakukan tindakan pencegahan kerusakan melalui identifikasi sistem bahan bakar	Pompa distribusi dan penyaring bahan bakar	<i>Failure Mode and Effect Analysis (FMEA)</i>	Rekomendasi jadwal pemeriksaan secara berkala
5.	Nurhidayat & Fajar (2022)	Menghasilkan jasa yang optimal dari perawatan escalator yang baik dan tepat	Eskalator	<i>System Work Breakdown Structur (SWBS), Failure Mode and Effect</i>	Interval waktu penggantian komponen

No	Peneliti	Tujuan Penelitian	Objek	Aspek Penelitian	
				Metode Analisis	Output Penelitian
6.	Joumil & Lestari (2021)	Mengukur efektivitas mesin pada stasiun ketel	Mesin Stasiun Ketel	<i>Analysis (FMEA)</i> <i>Overall Equipment Effectiveness</i>	Nilai <i>availability, performance efficiency, quality rate</i>
7.	Wibisono (2021)	Mengevaluasi efektivitas mesin bubut	Mesin Bubut	<i>Overall Equipment Effectiveness & Six Big Losses</i>	Nilai <i>availability, performance efficiency, quality rate</i> dan mengidentifikasi <i>six big losses</i>

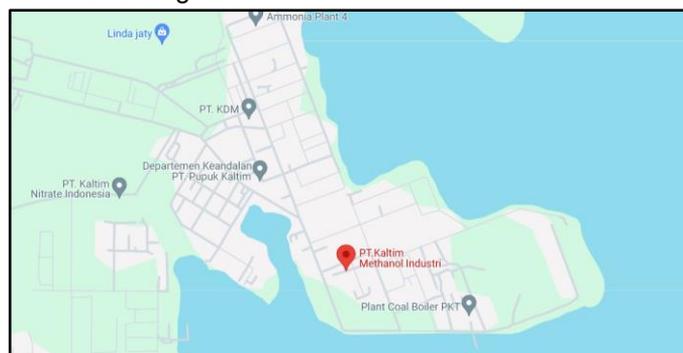
BAB II METODE PENELITIAN

Metodologi penelitian merupakan langkah-langkah atau tahapan penelitian yang harus ditetapkan terlebih dahulu yang bertujuan untuk memberikan kerangka penelitian secara jelas dan sistematis sehingga sesuai dengan tujuan dan rumusan masalah yang akan menjadi pembahasan dalam penelitian.

Metodologi penelitian kali ini berisikan langkah-langkah yang akan dilakukan, mulai dari studi pendahuluan, perumusan masalah, penentuan tujuan, manfaat, dan batasan masalah, pengolahan data sampai dengan analisa pembahasan, serta kesimpulan dan saran. Pengolahan data pada penelitian ini menggunakan metode *Overall Equipment Effectiveness* (OEE) dan metode *Reliability Centered Maintenance* (RCM).

2.1 Lokasi Penelitian

Penelitian ini dilakukan di *Plant Site* PT Kaltim Methanol Industri pada divisi *Purchasing, Scheduler and Cost Controller* yang berlokasi di Bontang, Kalimantan Timur. PT Kaltim Methanol Industri dibangun dengan pencapaian kapasitas produksi rancangan 2000 metrik ton/hari atau setara dengan 660.000 metrik ton/tahun. Pembangunan PT KMI dilaksanakan oleh LURGI (Lurgi Oel Gas Chemi GmbH) sebagai kontraktor utama sekaligus pemegang lisensi proses. Peta lokasi penelitian dapat dilihat sebagai berikut:



Gambar 14. Lokasi penelitian

2.2 Data Penelitian

Data yang diperlukan untuk penelitian ini adalah sebagai berikut:

a. Data Primer

Data primer merupakan data yang diperoleh secara langsung dari pengamatan dilapangan. Adapun metode yang digunakan adalah:

1. Wawancara

Wawancara merupakan teknik pengambilan data dengan cara memberikan beberapa pertanyaan secara langsung kepada instansi terkait.

2. Observasi

Observasi merupakan teknik pengambilan data dengan melakukan pengamatan dan pencatatan semua kegiatan selama operasional perusahaan sesuai dengan batasan masalah yang diteliti.

b. Data Sekunder

Data sekunder merupakan data yang diperoleh peneliti secara tidak langsung. Data sekunder bisa berasal dari data historis yang dimiliki oleh perusahaan serta sumber pustaka atau literatur yang berhubungan dengan penelitian.

2.3 Tahapan Penelitian

a. Tahap Pendahuluan

Tahap pendahuluan merupakan tahap awal dalam penelitian. Tahap pendahuluan dalam penelitian ini terdiri dari studi lapangan, studi literatur, identifikasi masalah, dan penentuan tujuan.

1. Studi lapangan

Pada studi lapangan, peneliti melakukan observasi mengenai kondisi awal PT Kaltim Methanol Industri untuk mengamati keadaan dan aktivitas *purchasing, scheduler, and cost controller* pada perusahaan, khususnya pada bidang *maintenance* sehingga peneliti dapat mengetahui gambaran mengenai kondisi *purchasing, scheduler, and cost controller* di PT Kaltim Methanol Industri.

2. Studi literatur

Studi literatur dilakukan dengan mencari teori pendukung yang berkaitan erat dengan kondisi lapangan. Pada tahap ini, literatur yang digunakan berupa jurnal, *thesis* (skripsi), dan buku.

3. Identifikasi masalah

Setelah studi lapangan dan studi literatur, peneliti melakukan identifikasi masalah, yaitu mendefinisikan dan menentukan masalah yang ditemukan di lapangan.

4. Perumusan masalah

Pada tahap ini peneliti menyusun rumusan masalah berupa pertanyaan yang menjadi acuan dalam penelitian. Pertanyaan disusun secara terstruktur untuk menjadi kerangka dalam penyelesaian keseluruhan penelitian mulai dari tahap proses identifikasi masalah hingga hasil dan kesimpulan.

b. Identifikasi masalah, tujuan, dan manfaat penelitian

Setelah dilakukan perumusan masalah, maka langkah selanjutnya dilakukan penentuan tujuan penelitian dan manfaat penelitian yang hendak dicapai dalam penelitian ini. Adapun tujuan yang akan dicapai dalam penelitian ini adalah dapat mengukur interval waktu penggantian komponen kritis pada mesin TSP *metering pump* dengan harapan dapat meminimumkan biaya penggantian dan perawatan komponen kritis mesin TSP *metering pump*. Kemudian dilakukan penentuan batasan masalah dan asumsi yang berisi batasan-batasan dalam melakukan penelitian.

c. Pengumpulan Data

Pada tahap pengumpulan data terdiri atas manajemen perawatan dan mengukur nilai efektivitas mesin. Pada proses pengumpulan data, terdapat dua jenis data yang diambil yaitu:

1. Data primer

Data primer adalah data yang didapatkan melalui proses pengambilan data secara langsung.

Data primer dalam penelitian ini adalah:

a) Wawancara bersama *supervisor* departemen *maintenance* terkait kerusakan yang terjadi pada mesin TSP *metering pump*.

b) Data produksi mesin.

2. Data sekunder

Data sekunder adalah data yang diperoleh peneliti secara tidak langsung, yaitu dari sumber lain. Data sekunder untuk penelitian ini adalah data historis frekuensi kerusakan mesin TSP *metering pump*.

d. Pengolahan Data

Setelah dilakukan pengumpulan data, selanjutnya dilakukan pengolahan data. Proses pengolahan data terdiri atas pengolahan data dengan metode *Overall Equipment Effectiveness* dan metode *Reliability Centered Maintenance* (RCM).

1. Pengolahan data dengan metode *Overall Equipment Effectiveness* (OEE)

a) *Availability*

Menurut Nakajima (1989) dalam Arifin (2020), *availability* adalah suatu rasio yang menggambarkan jumlah waktu yang tersedia untuk kegiatan operasional mesin atau peralatan. Rumus *availability* adalah sebagai berikut:

$$Availability = \frac{Operation\ Time}{Loading\ Time} \times 100\% \quad (38)$$

Loading time didefinisikan sebagai waktu yang tersedia untuk mesin untuk melakukan proses.

Operation time didefinisikan sebagai keseluruhan waktu efektif yang dipakai mesin untuk melakukan suatu proses. Berikut persamaan dari *operation time*:

$$Operation\ Time = Loading\ Time - Planned\ Downtime \quad (39)$$

b) *Performance Efficiency*

Menurut Nakajima (1989) dalam Arifin (2020), efektivitas kerja adalah suatu rasio yang menggambarkan seberapa baik suatu mesin atau peralatan dapat menghasilkan suatu produk. Berikut persamaan dari *Performance Efficiency*:

$$Performance\ Efficiency = \frac{Processed\ Amount \times Ideal\ Cycle\ Time}{Operation\ Time} \times 100\% \quad (40)$$

Data tentang jumlah yang diproses, waktu siklus ideal, dan waktu operasional diperlukan untuk mengukur efisiensi kinerja. Jumlah yang diproses adalah jumlah total yang diproses, dan waktu siklus ideal adalah waktu siklus ideal yang dibutuhkan untuk memproses suatu item atau produk.

$$Ideal\ Cycle\ Time = \frac{Jumlah\ jam\ kerja\ tersedia}{total\ produksi} \times jam\ kerja\ mesin \quad (41)$$

c) *Quality Rate*

Menurut Nakajima (1989) dalam Arifin (2020), tingkat kualitas adalah rasio yang menyatakan seberapa baik sebuah mesin memproduksi barang dalam kaitannya dengan jumlah total produk yang diprosesnya. Berikut ini adalah rumus tingkat kualitas:

$$Quality\ Rate = \frac{Processed\ Amount - Defect\ Amount}{Processed\ Amount} \times 100\% \quad (42)$$

Pengukuran nilai *quality rate* membutuhkan data *processed amount* dan *defect amount*. *Processed amount* adalah jumlah atau total yang diproses sedangkan *defect amount* jumlah produk cacat atau gagal proses.

2. Pengolahan data dengan metode *Reliability Centered Maintenance* (RCM)

- a) Mengidentifikasi kegagalan fungsi pada komponen yang terjadi pada mesin TSP *metering pump*.
- b) Mengumpulkan data kerusakan mesin dan menentukan *significant item* dengan indeks kekritisan.
- c) Membuat analisis *Failure Mode and Effect Analysis* (FMEA) untuk analisis kegagalan, yang menekankan pada analisis kualitatif melalui identifikasi efek mode kegagalan dan metode untuk menemukannya. Dalam FMEA, dilakukan perhitungan *Risk Priority Number* (RPN) untuk menentukan tingkat prioritas dari suatu kegagalan. RPN merupakan hubungan antara tiga buah variabel yaitu *severity* (keparahan), *occurrence* (frekuensi kejadian), dan *detection* (deteksi kegagalan) yang menunjukkan tingkat risiko yang mengarah pada tindakan perbaikan.

Rumus dalam perhitungan FMEA yaitu:

$$RPN = S \times O \times D \quad (43)$$

Dimana:

S = *Severity*

O = *Occurrence*

D = *Detection*

- d) Membuat analisis *Logic Tree Analysis* (LTA) tujuan dari LTA adalah untuk mengkategorikan mode kegagalan sehingga aktivitas pemeliharaan dapat dipilih yang sesuai dan efisien. Analisis kekritisan ada empat kategori sebagai berikut:

- 1) *Evident*, yaitu apakah operator mengetahui dalam kondisi normal, telah terjadi gangguan dalam sistem?
- 2) *Safety*, yaitu apakah mode kerusakan ini menyebabkan masalah keselamatan?
- 3) *Outage*, yaitu apakah mode kerusakan ini mengakibatkan seluruh atau Sebagian mesin terhenti?
- 4) *Category*, yaitu pengkategorian yang diperoleh setelah menjawab pertanyaan-pertanyaan yang diajukan. Pada bagian ini komponen terbagi ke dalam 4 kategori, yaitu:
 - (a) Kategori A (*Safety Problem*)
 - (b) Kategori B (*Outage Problem*)

(c) Kategori C (*Economic Problem*)

(d) Kategori D (*Hidden Failure*)

- e) Menganalisa *task selection* untuk melakukan pemilihan tindakan terhadap analisis sebelumnya. Daftar tindakan yang dapat dilakukan sebagai berikut:
- 1) *Time Direct* (TD) adalah tindakan yang ditujukan untuk menghindari langsung sumber kerusakan peralatan berdasarkan waktu komponen.
 - 2) *Conditional Instructions* (CD) adalah tindakan untuk mendeteksi kerusakan dengan memeriksa alat.
 - 3) *Failure Finding* (FF) adalah tindakan untuk menemukan malfungsi perangkat tersembunyi melalui inspeksi rutin.
 - 4) *Run to Failure* (RTF) adalah tindakan untuk digunakan sampai peralatan rusak karena tidak ada tindakan finansial yang diambil untuk mencegah kerusakan.
- f) Menghitung tingkat keandalan (*reliability*) berdasarkan pada kemampuan perawatan (*maintainability*) dengan menggunakan perhitungan *Time to Failure* (TTF), *Time to Repair* (TTR), *Mean Time to Failure* (MTTF), dan *Mean Time to Repair* (MTTR).
- 1) *Time to Failure* (TTF) adalah interval waktu antar kerusakan yang dihitung dari selisih waktu saat komponen/mesin yang telah selesai diperbaiki dengan waktu kerusakan komponen berikutnya.
 - 2) *Time to Repair* (TTR) adalah lamanya waktu perbaikan hingga mesin dapat berfungsi kembali.
 - 3) *Mean Time to Failure* (MTTF) adalah jumlah rata-rata waktu sebuah mesin atau peralatan mengalami kerusakan.
 - 4) *Mean Time to Repair* (MTTR) adalah jumlah rata-rata waktu yang dibutuhkan untuk melakukan perbaikan.
- g) Menentukan strategi perencanaan perawatan optimal pada mesin TSP *metering pump*.

e. Analisis dan Pembahasan

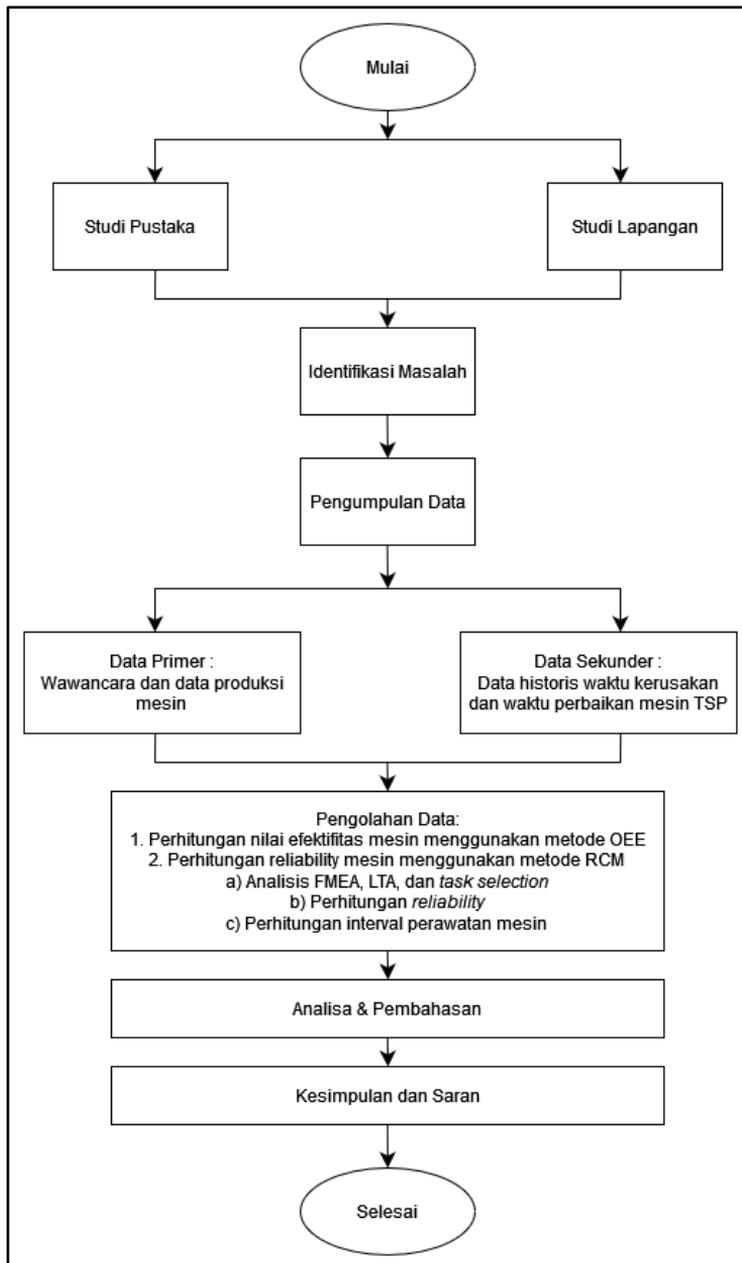
Pada tahap analisis dan pembahasan dilakukan diskusi mengenai analisis dan penjelasan tentang hasil pengukuran dari metode *overall equipment effectiveness* dan *reliability centered maintenance*.

f. Kesimpulan

Pada tahap kesimpulan dan saran berisi kesimpulan dari hasil perhitungan *overall equipment effectiveness* dan *reliability centered maintenance* yang telah didapatkan dari proses penelitian. Kesimpulan ditarik berdasarkan dengan rumusan masalah dan tujuan penelitian yang ingin dicapai. Saran berisi masukan yang berkaitan dengan hasil penelitian yang ditujukan.

2.4 Diagram Alur Penelitian

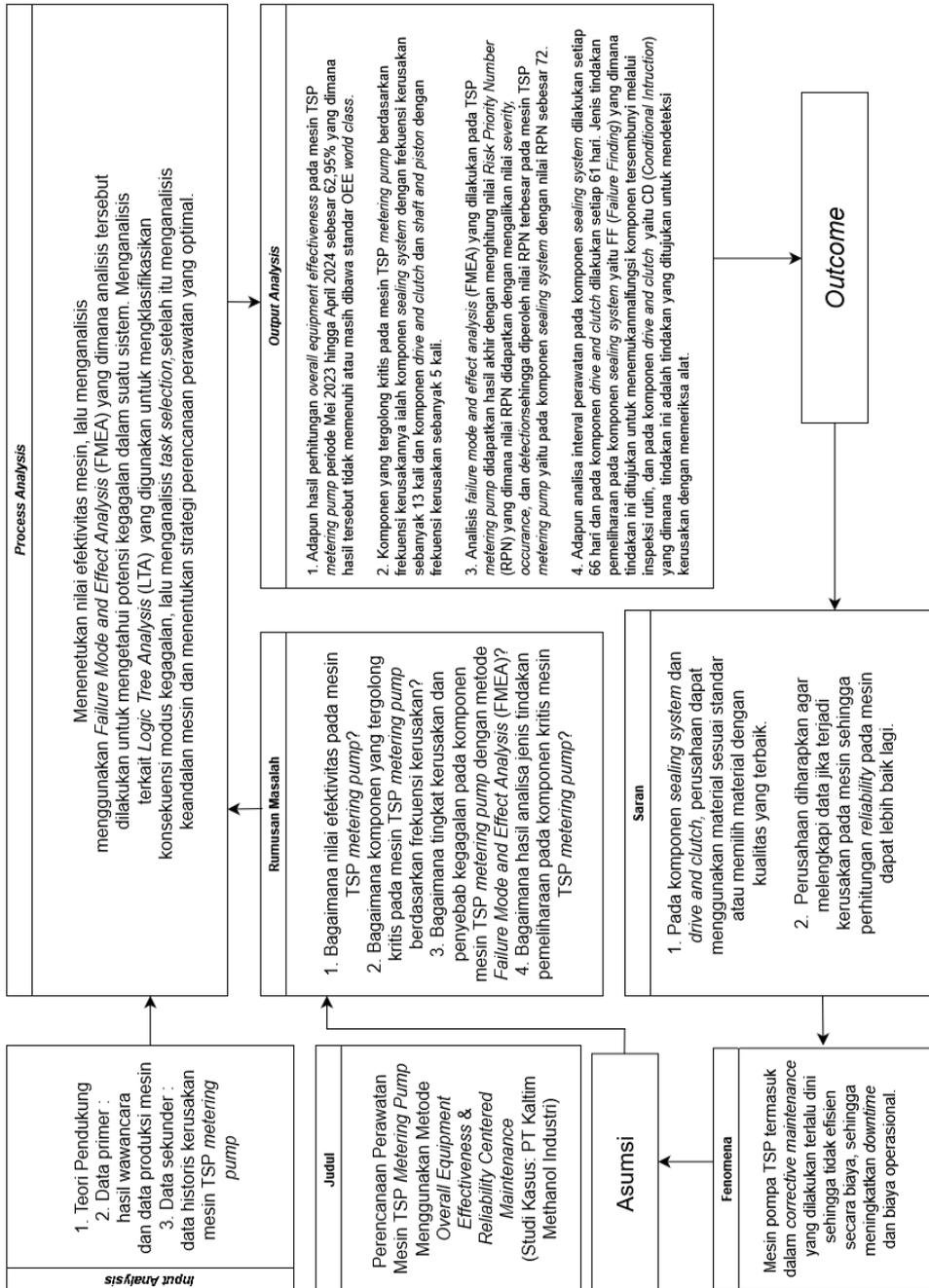
Berikut diagram alur penelitian yang akan dilakukan pada divisi *purchasing*, *scheduler and cost controller* di PT Kaltim Methanol Industri dapat dilihat pada gambar 15:



Gambar 15. Diagram alur penelitian

2.5 Kerangka Pikir Penelitian

Berikut pada gambar 16, kerangka penelitian yang dilakukan pada penelitian kali ini:



Gambar 16. Kerangka pikir penelitian