

**PERENCANAAN KEBIJAKAN PERAWATAN PADA MESIN POMPA
MENGUNAKAN METODE *RELIABILITY CENTERED MAINTENANCE*
(RCM)**

TUGAS AKHIR

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



Nama : Laras Mega Kalpita

No. Mahasiswa : 14522274

**PROGRAM STUDI TEKNIK INDUSTRI
FAKULTAS TEKNOLOGI INDUSTRI
UNIVERSITAS ISLAM INDONESIA
YOGYAKARTA
2021**



**TUGAS
AKHIR**

**PERENCANAAN KEBIJAKAN PERAWATAN PADA MESIN POMPA
MENGUNAKAN METODE RELIABILITY MAINTENANCE (RCM)**

**LARAS MEGA KALPITA
14 522 274**

2021

**PERENCANAAN KEBIJAKAN PERAWATAN PADA MESIN POMPA
MENGUNAKAN METODE *RELIABILITY CENTERED
MAINTENANCE* (RCM)**

TUGAS AKHIR

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



Nama : Laras Mega Kalpita

No. Mahasiswa : 14522274

**PROGRAM STUDI TEKNIK INDUSTRI
FAKULTAS TEKNOLOGI INDUSTRI
UNIVERSITAS ISLAM INDONESIA
YOGYAKARTA
2021**

PERNYATAAN KEASLIAN

Demi Allah, saya akui karya ini adalah hasil karya saya sendiri kecuali nukilan dan ringkasan yang setiap satunya telah saya jelaskan sumbernya. Jika dikemudian hari ternyata terbukti pengakuan saya ini tidak benar dan melanggar peraturan yang sah dalam karya tulis dan hak kekayaan intelektual maka saya bersedia ijazah yang telah saya terima untuk ditarik Kembali oleh Universitas Islam Indonesia.

Yogyakarta, Agustus 2021



Laras Mega Kalpita

14522274

**PERENCANAAN KEBIJAKAN PERAWATAN PADA MESIN POMPA
DENGAN MENGGUNAKAN METODE *RELIABILITY CENTERED
MAINTENANCE* (RCM)**

TUGAS AKHIR



Nama : Laras Mega Kalpita
No. Mahasiswa : 14522274

Yogyakarta, 17 Agustus 2021

Pembimbing

A handwritten signature in blue ink, appearing to read 'Winda Nur Cahyo', is positioned above the name.

Winda Nur Cahyo, S.T., M.T., Ph.D.

**PERENCANAAN KEBIJAKAN PERAWATAN PADA MESIN POMPA
DENGAN MENGGUNAKAN METODE *RELIABILITY CENTERED
MAINTENANCE* (RCM)**

TUGAS AKHIR

Oleh

Nama : Laras Mega Kalpita
No. Mahasiswa : 14522274

Telah dipertahankan di depan sidang penguji sebagai satu syarat untuk memperoleh gelar Sarjana Strata-1 Teknik Industri

Tim Penguji

Winda Nur Cahyo, S.T., M.T., Ph.D.
Ketua

Andrie Pasca Hendradewa, S.T., M.T.
Anggota I

Abdullah 'Azzam, S.T., M.T.
Anggota II

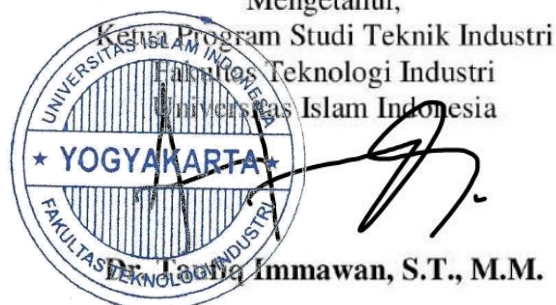


WNC

Andrie

Abdullah

Mengetahui,



Immawan, S.T., M.M.

HALAMAN PERSEMBAHAN

Tugas akhir ini adalah bagian ibadahku kepada Allah SWT, sekaligus sebagai bentuk terimakasih kepada kedua orang tua, keluarga, dan semua pihak yang selalu mendo'akan, memberi dukungan, bantuan, serta do'a dalam penulisan tugas akhir ini.



HALAMAN MOTTO

“Tidak ada manusia yang diciptakan gagal, yang ada hanyalah mereka gagal memahami potensi diri dan gagal merencanakan kesuksesannya”



KATA PENGANTAR

Bismillahirrahmaanirrahim.

Assalamu'alaikum Warrahmatullahi Wabarakatuh.

Alhamdulillah, puji syukur kehadirat Allah SWT yang telah melimpahkan rahmat, taufiq dan hidayah-Nya, sehingga penulis dapat menyusun dan menyelesaikan tugas akhir yang berjudul “Perencanaan Kebijakan Perawatan Pada Mesin Pompa Dengan Menggunakan Metode *Reliability Centered Maintenance (RCM)*” sebagai salah satu syarat yang harus dipenuhi dalam menyelesaikan jenjang strata satu di Jurusan Teknik Industri, Fakultas Teknologi Industri, Universitas Islam Indonesia. Shalawat serta salam semoga selalu tercurah kepada Nabi Muhammad SAW beserta sahabat dan para pengikutnya yang senantiasa menjaga keimanan hingga akhir zaman.

Penyelesaian tugas akhir ini tidak terlepas dari dukungan, arahan, dan bimbingan, dan bantuan baik materi maupun non materi dari berbagai pihak. Untuk itu penulis ingin mengucapkan terimakasih kepada :

1. Bapak Prof. Dr. Ir. Hari Purnomo, M.T., selaku Dekan Fakultas Teknologi Industri Universitas Islam Indonesia.
2. Bapak Dr. Taufiq Immawan, S.T., M.M., selaku Ketua Program Studi Teknik Industri Universitas Islam Indonesia.
3. Bapak Winda Nur Cahyo, S.T., M.T., Ph.D., selaku dosen pembimbing yang selalu sabar dalam membimbing dalam penyelesaian tugas akhir ini.
4. Seluruh staf pengajar Program Teknik Industri Universitas Islam Indonesia yang telah memberikan ilmu yang luar biasa banyak dan Insya Allah bermanfaat.
5. Kedua orang tua tercinta dan kakak adik kandung saya, yang telah memberikan do'a dan dukungan sehingga penulis dapat menyelesaikan tugas akhir ini dengan baik.
6. Terimakasih kepada teman-teman satu angkatan, yang telah mendukung dan membantu dalam kelancaran proses penyusunan tugas akhir ini.
7. Teman-teman satu bimbingan tugas akhir atas ilmu dan bantuan yang telah diberikan dalam penyusunan tugas akhir ini.
8. Pihak – pihak lain yang mungkin belum disebutkan, yang telah membantu dalam penyusunan tugas akhir ini.

Penulis menyadari bahwa tugas akhir ini masih belum sempurna sehingga penulis mengharapkan kritik dan saran dari pembaca demi melengkapi kekurangan dalam karya ini. Semoga karya ini dapat bermanfaat bagi semua pihak. Aamiin.

Wassalamu'alaikum Warrahmatullahi Wabarakatuh.

ABSTRAK

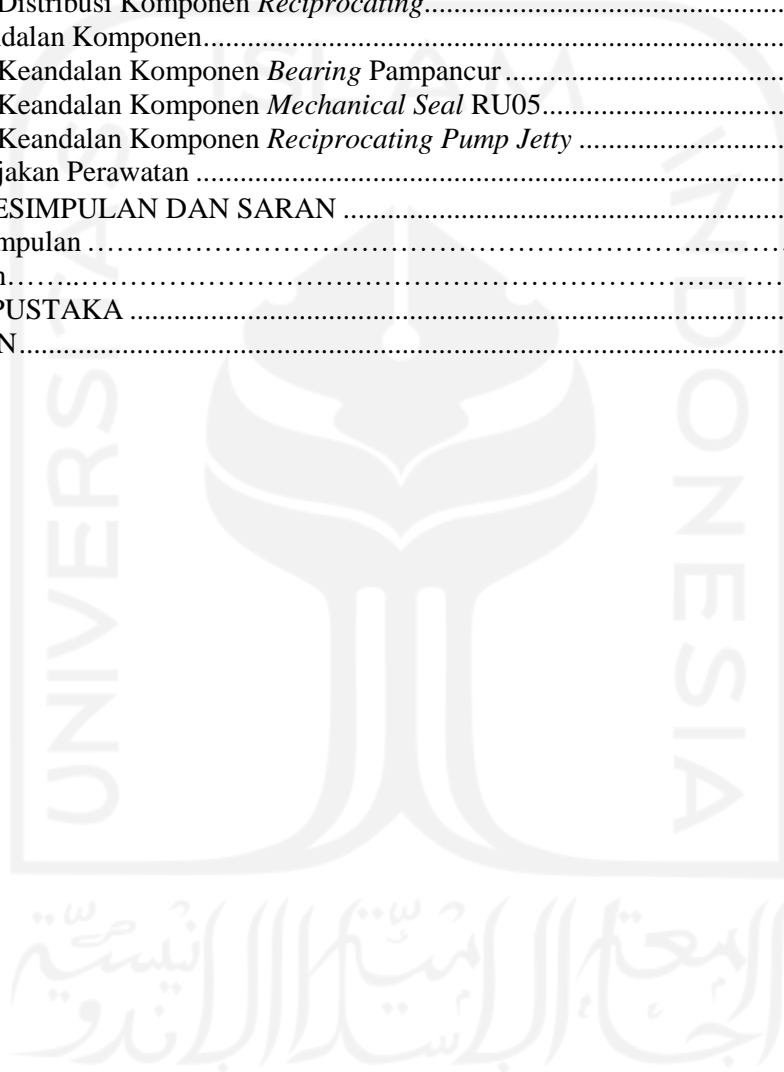
Kebijakan perawatan yang baik penting dilakukan untuk mencegah terjadinya kegagalan mesin pada perusahaan pengolahan bahan bakar minyak. Penelitian dilakukan pada mesin pompa di maintenance area 4, karena sering terjadi kerusakan pada mesin tersebut. Metode Reliability Centered Maintenance (RCM) digunakan untuk membantu dalam penilaian keandalan komponen mesin dan interval waktu pengoperasian mesin sebelum terjadinya kerusakan serta memberikan kebijakan perawatan yang dapat diterapkan perusahaan untuk mengurangi waktu downtime. Hasil identifikasi pada mesin pompa di maintenance area 4 yang menjadi komponen kritis adalah bearing pampancar, mechanical seal RU05, dan reciprocating pump jetty. Komponen kritis tersebut memiliki jenis distribusi waktu kegagalan lognormal. Perencanaan kebijakan perawatan preventive maintenance perlu dilakukan karena hasil simulasi preventive maintenance pada ketiga komponen tersebut mengalami kenaikan nilai keandalan. Kebijakan perawatan akan lebih optimal apabila perawatan dilakukan pada waktu keandalan komponen diatas 70 %. Kebijakan perawatan preventive maintenance dapat diterapkan pada ketiga komponen dengan pemeriksaan komponen rutin sesuai dengan SOP perusahaan pada saat keadaan normal mesin. Perencanaan kebijakan perawatan baru yang diusulkan pada perusahaan dapat mengurangi waktu downtime sebesar 33 jam dalam satu tahun.

Kata Kunci: Perawatan, Reliability Centered Maintenance, Downtime

DAFTAR ISI

HALAMAN JUDUL.....
PERNYATAAN KEASLIAN.....	ii
LEMBAR PENGESAHAN PEMBIMBING.....	iii
LEMBAR PENGESAHAN PENGUJI.....	iv
HALAMAN PERSEMBAHAN.....	v
HALAMAN MOTTO.....	vi
KATA PENGANTAR.....	vii
ABSTRAK.....	viii
DAFTAR ISI.....	ix
DAFTAR TABEL.....	xi
DAFTAR GAMBAR.....	xii
BAB I PENDAHULUAN.....	1
1.1 Latar Belakang.....	1
1.2 Rumusan Masalah.....	3
1.3 Batasan Masalah.....	3
1.4 Tujuan Penelitian.....	3
1.5 Manfaat Penelitian.....	4
1.6 Sistematika Penelitian.....	4
BAB II KAJIAN LITERATUR.....	7
2.1 Kajian Induktif.....	7
2.2 Kajian Deduktif.....	16
2.2.1 Perawatan.....	16
2.2.2 <i>Reliability Centered Maintenance (RCM)</i>	17
2.2.3 Distribusi Kegagalan.....	17
2.2.4 Keandalan.....	21
2.2.5 <i>Preventive Maintenance</i>	21
BAB III METODE PENELITIAN.....	23
3.1 Obyek Penelitian.....	23
3.2 Diagram Alir Penelitian.....	23
3.2.1 Identifikasi Masalah.....	24
3.2.2 Studi Pustaka.....	25
3.2.3 Penentuan Metode Penelitian.....	25
3.2.4 Pengumpulan Data.....	26
3.2.5 Pengolahan Data.....	26
3.2.6 Hasil dan Pembahasan.....	29
3.2.7 Kesimpulan dan Saran.....	29
BAB IV PENGUMPULAN DAN PENGOLAHAN DATA.....	30
4.1 Mesin Pompa Produksi.....	30
4.2 Identifikasi Komponen Kritis.....	30
4.3 Penentuan Distribusi Waktu Kegagalan.....	34
4.3.1 Distribusi Waktu Kegagalan <i>Bearing</i> Pampancur.....	35

4.3.2	Distribusi Waktu Kegagalan <i>Mechanical Seal</i> RU05	39
4.3.3	Distribusi Waktu Kegagalan <i>Reciprocating Pump Jetty</i>	43
4.4	Analisis Reliabilitas	47
4.4.1	Reliabilitas <i>Bearing</i> Pampancur.....	47
4.4.2	Reliabilitas <i>Mechanical Seal</i> RU05	48
4.4.3	Reliabilitas <i>Reciprocating Pump Jetty</i>	50
BAB V HASIL DAN PEMBAHASAN.....		52
5.1	Jenis Distribusi Komponen.....	52
5.1.1	Distribusi Komponen <i>Bearing</i>	52
5.1.2	Distribusi Komponen <i>Mechanical Seal</i>	53
5.1.3	Distribusi Komponen <i>Reciprocating</i>	54
5.2	Keandalan Komponen.....	55
5.2.1	Keandalan Komponen <i>Bearing</i> Pampancur	55
5.2.2	Keandalan Komponen <i>Mechanical Seal</i> RU05.....	56
5.2.3	Keandalan Komponen <i>Reciprocating Pump Jetty</i>	57
5.3	Kebijakan Perawatan	58
BAB VI KESIMPULAN DAN SARAN		61
6.1	Kesimpulan	61
6.2	Saran.....	61
DAFTAR PUSTAKA		62
LAMPIRAN.....		1

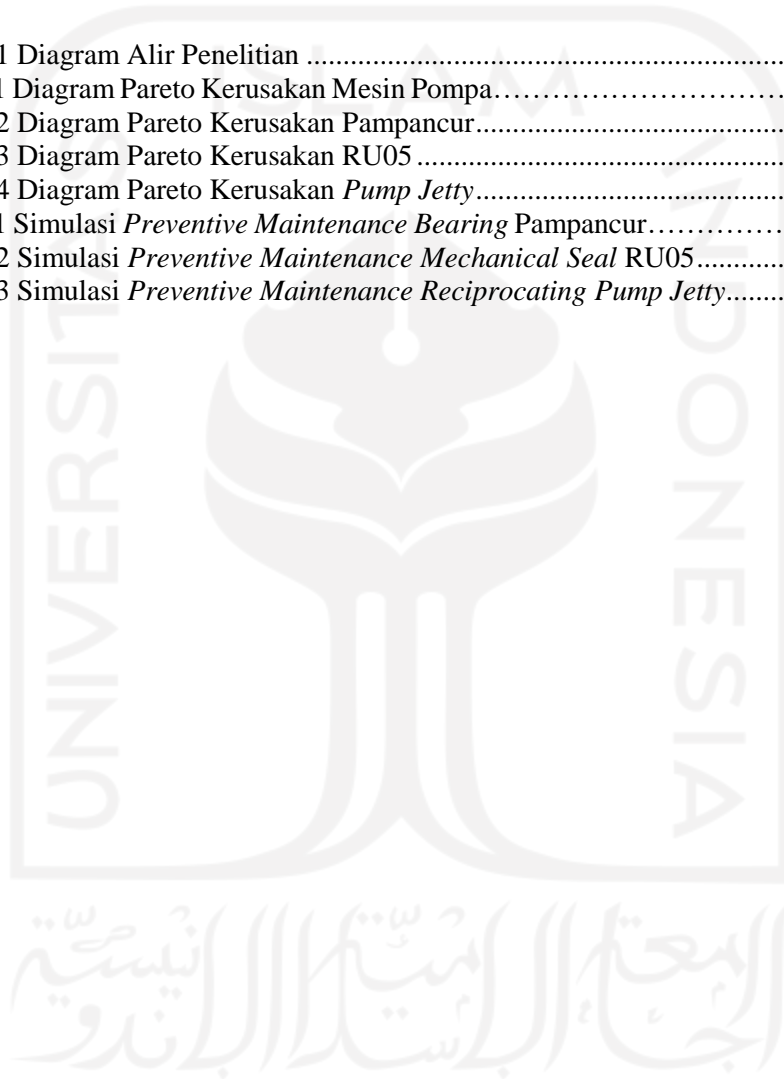


DAFTAR TABEL

Tabel 2. 1 Penelitian Terdahulu	12
Tabel 4. 1 Persentase kerusakan tiap <i>tag number</i>	31
Tabel 4. 2 Jumlah Kerusakan Komponen Kritis	34
Tabel 4. 3 Perhitungan Distribusi Normal <i>Bearing</i>	35
Tabel 4. 4 Perhitungan Distribusi Lognormal <i>Bearing</i>	36
Tabel 4. 5 Perhitungan Distribusi Weibull <i>Bearing</i>	37
Tabel 4. 6 Perhitungan Distribusi Eksponensial <i>Bearing</i>	38
Tabel 4. 7 Hasil <i>Index of Fit</i> Komponen <i>Bearing</i>	38
Tabel 4. 8 Perhitungan Distribusi Normal <i>Mechanical Seal</i>	39
Tabel 4. 9 Perhitungan Distribusi Lognormal <i>Mechanical Seal</i>	40
Tabel 4. 10 Perhitungan Distribusi Weibull <i>Mechanical Seal</i>	41
Tabel 4. 11 Perhitungan Distribusi Eksponensial <i>Mechanical Seal</i>	41
Tabel 4. 12 Hasil <i>Index of Fit</i> Komponen <i>Mechanical Seal</i>	42
Tabel 4. 13 Perhitungan Distribusi Normal <i>Reciprocating</i>	43
Tabel 4. 14 Perhitungan Distribusi Lognormal <i>Reciprocating</i>	44
Tabel 4. 15 Perhitungan Distribusi Weibull <i>Reciprocating</i>	45
Tabel 4. 16 Perhitungan Distribusi Eksponensial <i>Reciprocating</i>	45
Tabel 4. 17 Hasil <i>Index of Fit</i> Komponen <i>Reciprocating</i>	46
Tabel 4. 18 Reliabilitas <i>Bearing</i> Pampancur	48
Tabel 4. 19 Reliabilitas <i>Mechanical Seal</i> RU05	49
Tabel 4. 20 Reliabilitas <i>Reciprocating Pump Jetty</i>	51
Tabel 5. 1 Nilai <i>Index of Fit</i> Komponen <i>Bearing</i> Pampancur	52
Tabel 5. 2 Hasil <i>Index of Fit</i> Distribusi Lognormal <i>Bearing</i> Pampancur	53
Tabel 5. 3 Nilai <i>Index Of Fit</i> Komponen <i>Mechanical Seal</i> RU05	53
Tabel 5. 4 Hasil <i>Index of Fit</i> Distribusi Lognormal <i>Mechanical Seal</i> RU05	54
Tabel 5. 5 Nilai <i>Index Of Fit</i> Komponen <i>Reciprocating Pump Jetty</i>	54
Tabel 5. 6 Hasil <i>Index of Fit</i> Distribusi Lognormal <i>Reciprocating Pump Jetty</i>	55
Tabel 5. 7 Usulan Kebijakan <i>Preventive Maintenance</i>	58
Tabel 5. 8 Waktu <i>Breakdown</i> Sebelum Kebijakan <i>Preventive Maintenance</i>	59
Tabel 5. 9 Waktu <i>Breakdown</i> Setelah Kebijakan <i>Preventive Maintenance</i>	60

DAFTAR GAMBAR

Gambar 3. 1 Diagram Alir Penelitian	24
Gambar 4. 1 Diagram Pareto Kerusakan Mesin Pompa.....	31
Gambar 4. 2 Diagram Pareto Kerusakan Pampancur.....	32
Gambar 4. 3 Diagram Pareto Kerusakan RU05	33
Gambar 4. 4 Diagram Pareto Kerusakan <i>Pump Jetty</i>	33
Gambar 5. 1 Simulasi <i>Preventive Maintenance Bearing</i> Pampancur.....	56
Gambar 5. 2 Simulasi <i>Preventive Maintenance Mechanical Seal</i> RU05.....	57
Gambar 5. 3 Simulasi <i>Preventive Maintenance Reciprocating Pump Jetty</i>	58



BAB I

PENDAHULUAN

1.1 Latar Belakang

Perkembangan zaman yang semakin modern mendorong perusahaan untuk selalu berinovasi untuk menjadi lebih baik. Untuk mencapai tujuan tersebut, perusahaan melakukan berbagai macam cara dengan mengubah strategi perusahaan seperti meningkatkan aspek kualitas, sumber daya manusia, dan keandalan fasilitas. Strategi yang dapat digunakan perusahaan adalah melalui perawatan. Perawatan merupakan kegiatan untuk memelihara atau menjaga fasilitas dengan mengadakan perbaikan atau penggantian yang diperlukan agar sesuai dengan yang direncanakan. Dengan adanya perawatan maka mesin dapat digunakan sesuai dengan rencana dan tidak mengalami kerusakan selama proses produksi atau sebelum jangka waktu yang telah direncanakan tercapai (Atmaji 2015).

Reliability Centered Maintenance (RCM) merupakan salah satu manajemen perawatan terencana untuk mencegah terjadinya kegagalan. Konsep *Reliability Centered Maintenance (RCM)* difokuskan pada aktivitas yang paling memberikan dampak terhadap performa dari sistem berdasarkan ketersediaan dan keselamatan operasional sistem. *Reliability Centered Maintenance* adalah suatu proses yang digunakan untuk menentukan apa yang harus dilakukan untuk menjamin beberapa aset fisik dan peralatan secara terus menerus berfungsi sesuai dengan apa yang pemakai inginkan dalam kondisi

pengoperasiannya (Moubray 1997). *Reliability Centered Maintenance (RCM)* adalah suatu teknik yang dipakai untuk mengembangkan *preventive maintenance* agar perawatan sistem dapat terjadwal dan mengurangi kegagalan sistem. Perawatan dilakukan untuk mempertahankan fungsi dari sistem serta memastikan sistem dan peralatannya dapat beroperasi. *Preventive Maintenance (PM)* yang baik akan menjamin terlaksananya desain keandalan dari sistem.

Sistem produksi bahan bakar minyak memiliki fasilitas yang memadai untuk memaksimalkan proses produksi bahan bakar minyak, salah satunya adalah mesin pompa. Demi menjaga ketahanan mesin pompa serta lamanya penggunaan dibutuhkan sistem perawatan yang baik. Selain itu fungsi dari pompa sangat penting yang dapat mengganggu proses produksi sehingga dapat dikategorikan dalam mesin kritis. Mesin pompa yang sering mengalami kerusakan dapat membuat kerugian waktu dalam proses produksi bahan bakar minyak yang dapat menyebabkan keterlambatan pengiriman pasokan bahan bakar minyak. Karena banyaknya mesin pompa yang sering mengalami kerusakan, maka perlu dilakukan perencanaan kebijakan perawatan yang efektif agar dapat meningkatkan keandalan dan mengurangi waktu *downtime* pada mesin pompa.

Penelitian akan berfokus pada perencanaan kebijakan perawatan *preventive maintenance* pada komponen mesin pompa berdasarkan jumlah kerusakan mesin pompa yang terjadi sebanyak 81 kali kerusakan pada *maintenance area 4* menggunakan metode *Reliability Centered Maintenance (RCM)*. Pengolahan data dimulai dengan penentuan komponen kritis pada mesin pompa. Kemudian masing-masing komponen dianalisis interval waktu kerusakan dan jumlah frekuensi kerusakannya. Berdasarkan hasil tersebut, selanjutnya mencari distribusi waktu kegagalan dan nilai keandalan pada saat komponen mesin mengalami kerusakan. Perencanaan kebijakan perawatan *preventive maintenance* dilakukan berdasarkan hasil nilai keandalan masing-masing komponen, selanjutnya menentukan bentuk kebijakan perawatan yang diperlukan dan menghitung waktu *downtime* untuk setiap perawatan komponen. Oleh karena itu, perencanaan kebijakan perawatan *preventive maintenance* dan bentuk perawatan yang diperlukan dapat dijadikan pertimbangan dalam penerapan perawatan pada perusahaan dikemudian hari.

1.2 Rumusan Masalah

Berdasarkan latar belakang yang telah dijabarkan, permasalahan dalam penelitian ini adalah bagaimana bentuk perencanaan kebijakan perawatan yang dapat diterapkan untuk meningkatkan keandalan dan mengurangi waktu *downtime* pada komponen mesin pompa?

1.3 Batasan Masalah

Dalam pelaksanaan penelitian ini diperlukan pembatasan ruang lingkup penelitian sehingga dalam pengerjaan dan penarikan kesimpulan menjadi terarah. Beberapa batasan masalah dalam penelitian ini adalah sebagai berikut:

- 1) Penelitian dilakukan pada data *maintenance area* 4
- 2) Obyek penelitian adalah mesin pompa
- 3) Data yang diperoleh hanya dari observasi serta dokumentasi
- 4) Perencanaan perawatan hanya untuk perawatan ringan
- 5) Perencanaan kebijakan perawatan dilakukan tanpa melibatkan biaya perawatan

1.4 Tujuan Penelitian

Penelitian ini dilakukan dengan tujuan untuk mengetahui usulan kebijakan perawatan baru dalam meningkatkan keandalan dan mengurangi waktu *downtime* pada komponen pompa.

1.5 Manfaat Penelitian

Penelitian tugas akhir ini diharapkan dapat memberikan manfaat. Beberapa manfaat yang diharapkan, diantaranya:

- 1) Mengetahui komponen kritis dari mesin pompa pada *maintenance area 4* yang perlu dilakukan evaluasi.
- 2) Melakukan evaluasi penjadwalan perawatan yang belum dilaksanakan.
- 3) Diharapkan dapat digunakan sebagai referensi bacaan bagi pembaca dan sebagai landasan pendukung dalam penelitian selanjutnya.

1.6 Sistematika Penelitian

Penelitian tugas akhir ini disusun secara sistematis ke dalam beberapa bab, dan masing-masing bab akan dijelaskan sebagai berikut:

BAB I : PENDAHULUAN

Bab I membahas tentang latar belakang permasalahan yang diambil pada mesin pompa di *maintenance area 4*. Penelitian ini dilakukan untuk dapat menyelesaikan permasalahan perencanaan kebijakan perawatan pada mesin pompa, batasan-batasan masalah pada penelitian ini, data hanya didapatkan pada mesin pompa di *maintenance area 4* yang ditetapkan sebagai batasan penelitian, tujuan dari penelitian untuk mendapatkan kebijakan perawatan yang baik untuk mesin pompa, manfaat penelitian bagi penulis, pembaca, maupun perusahaan dan sistematika penulisan penelitian tugas akhir.

BAB II : KAJIAN LITERATUR

Bab II membahas tentang kajian secara deduktif dan induktif yang didapatkan dari artikel, buku, prosiding serta jurnal penelitian, kajian literatur dilakukan untuk mengetahui penelitian yang telah dilakukan sebelumnya sehingga dapat menentukan metode yang sesuai dengan permasalahan penelitian yang dilakukan serta mengetahui teori-teori pendukung yang digunakan sebagai landasan dalam menyelesaikan permasalahan dalam penelitian dan menjawab rumusan masalah.

BAB III : METODE PENELITIAN

Bab III membahas tentang penjelasan metode pengumpulan data, cara pengolahan dan analisis data serta diagram alir penelitian. Pengumpulan data pada penelitian ini didapatkan dari data primer dan sekunder kemudian dilakukan pengolahan data menggunakan diagram pareto untuk mengetahui komponen kritis pada mesin pompa dan dilanjutkan dengan mencari distribusi data serta nilai reliabilitas dan waktu *downtime*.

BAB IV : PENGUMPULAN DAN PENGOLAHAN DATA

Bab IV membahas tentang pengumpulan data yang kemudian diolah sesuai dengan metode penelitian yang digunakan untuk menyelesaikan permasalahan yang ditentukan. Pengolahan data dimulai dengan mengidentifikasi kerusakan yang terjadi pada mesin pompa dan komponennya, kemudian menggunakan diagram pareto untuk menentukan komponen kritis pada komponen mesin pompa. Kemudian menentukan jenis distribusi kegagalan data kerusakan dari komponen kritis tersebut serta mencari nilai reliabilitas dan waktu *downtime*. Kemudian dilanjutkan dengan simulasi *Preventive Maintenance* (PM). Hasil simulasi digunakan untuk melakukan perencanaan kebijakan perawatan baru berdasarkan data distribusi kegagalan waktu dibandingkan dengan usulan perencanaan kebijakan perawatan baru setelah dilakukan *preventive maintenance*.

BAB V : PEMBAHASAN

Bab V membahas tentang hasil pengolahan data yang telah dilakukan dengan menggunakan landasan berupa teori-teori pendukung penelitian yang dilakukan. Hasil dari pengolahan data digunakan dalam perencanaan kebijakan perawatan baru yang dapat diterapkan perusahaan untuk meningkatkan keandalan dan mengurangi waktu *downtime* komponen.

BAB VI : KESIMPULAN DAN SARAN

Bab VI membahas tentang kesimpulan dari pembahasan penelitian yang telah dilakukan dengan menjawab rumusan masalah yang ditentukan, yaitu berupa bentuk perencanaan kebijakan perawatan baru yang dapat diterapkan pada perusahaan serta berisi saran yang diberikan untuk penelitian selanjutnya.

DAFTAR PUSTAKA

Daftar pustaka berisikan semua referensi yang bersumber pada artikel, buku, prosiding serta jurnal yang digunakan sebagai rujukan dalam melakukan penelitian yang berupa nama penulis, judul tulisan, penerbit, identitas penerbit, dan tahun terbit.

LAMPIRAN

Lampiran berisikan dokumen pendukung yang ditambahkan pada dokumen utama dari perusahaan berupa data mesin pompa pada *maintenance area 4*.

BAB II

KAJIAN LITERATUR

Kajian literatur digunakan sebagai landasan teori pendukung permasalahan pada penelitian ini dan dapat digunakan untuk menyelesaikan permasalahan tersebut menggunakan metode terkait. Kajian literatur dilakukan untuk mengetahui bagaimana penelitian yang telah dilakukan sebelumnya sehingga dapat dijadikan sebagai referensi dari penelitian ini. Kajian literatur yang digunakan berasal dari artikel-artikel, penelitian, dan jurnal-jurnal yang telah dilakukan sebelumnya.

2.1 Kajian Induktif

Penelitian mengenai *Reliability Center Maintenance* (RCM) telah dilakukan oleh beberapa peneliti sebelumnya sebagai data identifikasi komponen kritis. Penelitian ini menggunakan metode RCM untuk meningkatkan pemeliharaan perencanaan perusahaan sehingga dapat mencapai proses pemeliharaan yang efisien (Zeinalnezhad, et al. 2020). Pada tahap pra-implementasi, perlu mengetahui jumlah *Critical Success Factors* (CSFs) sebagai ukuran kritis untuk implementasi metode RCM berhasil. Penelitian juga dilakukan dengan menerapkan pola simetris mekanisme yang melibatkan sistem *fuzzy* untuk mencapai implementasi RCM yang diinginkan. Tujuan dari penelitian ini adalah untuk menyelidiki item yang signifikan dalam pra-implementasi RCM melalui sebuah kombinasi analisis kuantitatif dan kualitatif. Metode *Nominal Group Technique* (NGT) diterapkan dengan mendapatkan pendapat para ahli untuk menentukan faktor-faktor dan

memprioritaskannya menggunakan pemodelan matematika. Faktor-faktor yang teridentifikasi kemudian dianalisis menggunakan analisis kuantitatif untuk mengidentifikasi derajat penting dan diberi skor menggunakan *Fuzzy Analytic Network Process (FANP)*. Hasil penelitian berupa model perawatan usulan. Untuk pengaplikasian model perawatannya dapat dimodifikasi sesuai dengan kebutuhan, kebijakan, dan perspektif masing-masing negara.

Penelitian bertujuan untuk menentukan prioritas kerusakan mesin produksi dengan menggunakan metode RCM (Rizkya, et al. 2019). Permasalahan dalam penelitian ini adalah *downtime* mesin yang tinggi sehingga proses produksi sterilizer menjadi terganggu. Penelitian dilakukan dengan mengidentifikasi tingkat kerusakan mesin sterilisasi dengan metode FMEA kemudian merencanakan perawatan mesin produksi dengan menggunakan metode RCM. Hasil yang diperoleh adalah kriteria *Total Minimum Downtime (TMD)* menunjukkan bahwa interval pergantian optimal komponen *roll mantan*, *mosfet*, *v-block*, *igbt*, dan *bearing bushing* adalah 24 hari, 23 hari, 25 hari, 26 hari, dan 22 hari. Rekomendasi metode pemeliharaan RCM berpotensi memberikan dampak positif berupa penurunan rata-rata *downtime* komponen kritis 37,103% dan juga meningkatkan nilai keandalan.

Penelitian dilakukan pada pola *breakdown* dalam produksi otomatis dengan tujuan untuk meningkatkan produktivitas melalui program *preventive maintenance* yang baru (Okwuobi, et al. 2018). Penelitian dilakukan pada departemen *individual section-forming machine (ISM)*, yaitu pada *glass blowing machine*. Bagian-bagian mesin dan mekanisme kerja dianalisis dengan fokus pada metode proses dan prosedur agar departemen ISM dapat bekerja lebih efektif dan memastikan pengoperasian yang efektif serta mengurangi *downtime* mesin. Kemudian mengidentifikasi komponen menggunakan metode FMEA. Setelah penetapan hubungan antara tingkat kegagalan komponen mesin dan biaya pemeliharaan dilakukan, hasilnya adalah program PM yang direkomendasikan menunjukkan peningkatan ketersediaan mesin, keamanan, dan efektivitas biaya serta dapat meningkatkan keuntungan perusahaan.

Proses gas alam menjadi *LNG (Liquefied Natural Gas)* membutuhkan banyak tahapan dan berbagai jenis bahan kimia. Proses tersebut menghasilkan limbah. *Liquid Incinerator* bertugas mengolah limbah dari proses LNG. Satuan ini sering mengalami kerusakan yang menyebabkan pembangkit tidak dapat bekerja dengan baik dan permasalahan operasi yang terus menerus dan belum adanya program perawatan terutama untuk peralatan *rotary*. Hal ini menyebabkan pencemaran lingkungan karena limbah tidak diproses dan berdampak pada peningkatan biaya untuk mengolah limbah di tempat lain. Pendekatan yang dilakukan untuk menganalisis penyebab kerusakan, dampak dan penanganan yang efektif adalah dengan menggunakan metode RCM dengan mengidentifikasi fungsi primer dan sekunder dari sistem, kegagalan fungsi, FMEA, dan tindakan perawatan pada *plant*. Hasil FMEA digunakan untuk menentukan pemeliharaan yang diusulkan. Berdasarkan tugas perawatan yang diusulkan, interval perawatan untuk masing-masing peralatan diperoleh. Setelah dilakukan analisis RCM pada 4 peralatan yaitu *liquid waste feeding pump (34-G-2)*, *quencher pump (34-G-3)*, *scrubber pump (34-G-4)* dan *air compressor (34-K-4)*. Untuk mode kegagalan 34-G-2, memerlukan pencegahan 78% *preventive maintenance* dan 22% *corrective maintenance*, 34-G-3 membutuhkan 87% *preventive maintenance* dan 13% *corrective maintenance*, 34-G-4 membutuhkan 87% *preventive maintenance* dan 13% *corrective maintenance* dan 34-K-4 membutuhkan 70% *preventive maintenance* dan 30% *corrective maintenance*. Paket kerja untuk setiap interval dibuat dari setiap mode kegagalan untuk setiap interval pemeliharaan/pemeriksaan (Priyanta, Siswantoro and Sukandar 2019).

Penelitian ini dilakukan untuk menentukan interval waktu perawatan yang optimal pada komponen kritis yang dipilih dan total biaya perawatan mesin injeksi plastik (Maulidina, Atmaji and Alhilman 2019). Dalam menentukan komponen kritis menggunakan matriks resiko, dan kemudian terpilih 3 komponen, yaitu *hydraulic hose*, *barrel*, dan *motor*. Dengan menggunakan RRCM, didapatkan usulan perawatan dan biaya perawatan. Berdasarkan hasil tersebut, ada tujuh usulan perawatan dengan tiga kondisi terjadwal dan empat restorasi terjadwal dengan interval perawatan rata-rata dua bulan. Jumlah seluruh biaya perawatan yang diusulkan lebih kecil dibandingkan dengan biaya perawatan yang sebenarnya dari perusahaan, yaitu seharga Rp 91.595.318.

Penelitian dilakukan pada Pabrik Gula Fayoum di Mesir untuk memperbaiki metode RCM yang telah ada (Afefy, et al. 2019). Model RCM yang telah ada tidak mengusulkan tindakan apapun pada peralatan nonkritis atau mengusulkan matriks perawatan. Model RCM klasik dan *streamline* dilakukan untuk merumuskan model usulan baru agar lebih efektif dan efisien, yaitu untuk mencegah atau menghilangkan perawatan yang tidak perlu dan mengidentifikasi perawatan yang efektif. Hasil penerapan RCM menunjukkan bahwa *corrective maintenance* dan *preventive maintenance* dapat menurunkan nilai *downtime* masing-masing sebesar 55,77% dan 52,17%. *Downtime* menghasilkan penghematan total biaya perawatan sebesar 52,17%, yang berarti bahwa RCM yang diusulkan menghemat sekitar $6,19 \times 10^6$ L. E (Pound Mesir) secara total biaya perawatan. Selain itu, hasilnya mengungkapkan bahwa ketersediaan meningkat dari 57,1% menjadi 90,74% dan keandalan meningkat dari 99,73% menjadi 99,88%.

Penelitian dilakukan pada bidang industri makanan (Yavuz, et al. 2019). Perubahan perawatan dalam bidang industri diperlukan seiring dengan bertambahnya jumlah dan ragam aset fisik, perkembangan teknologi, adanya teknik perawatan baru, dan perubahan cara pandang perawatan. Perawatan dilakukan dengan menerapkan metode berbasis waktu untuk memelihara aset fisik. Perawatan yang dilakukan belum dapat dikatakan efisien. Penerapan metode *Reliability Centered Maintenance (RCM)* adalah peralatan yang dapat meningkatkan efisiensi pada mesin pengemas dan hubungannya dengan produk dapat dipahami oleh operator pengguna peralatan dan memberikan keberlanjutan peralatan. Selain itu, terjadi peningkatan positif dalam peralatan *Overall Equipment Effectiveness (OEE)* dengan penghapusan fungsi yang tidak diperlukan. Sehingga kerusakan yang tidak direncanakan dapat dihindari dan kesalahan yang disebabkan oleh kualitas produk dapat dicegah.

Penelitian dilakukan di PT. ANS yang memproduksi pupuk di Indonesia (Kusuma, Budiasih and Pamoso 2020). Dalam memproduksi pupuk, menggunakan mesin pompa COSORB P-201 yang beroperasi selama 24 jam/hari, 7 hari/minggu. Permasalahan yang sering terjadi pada mesin pompa COSORB P-201 dengan jumlah kerusakan 70 kali selama 2017 sampai 2019. Oleh karena itu, perusahaan menerapkan

kegiatan *preventive maintenance* dan *corrective maintenance* untuk memastikan kinerja mesin pompa COSORB P- 201 tetap bekerja sesuai fungsinya. Tujuan dari penelitian ini untuk menentukan interval waktu perawatan dan estimasi biaya perawatan yang efisien. Metode yang dipilih yaitu *Reliability Centered Maintenance (RCM)* kemudian menggunakan analisis *Failure Mode Effect and Critical Analysis (FMECA)* untuk mendapatkan output berupa nilai RPN pada komponen kritis yang terpilih pada sistem yaitu *bearing ball*, *mechanical seal*, dan *impeller*. Berdasarkan hasil pengumpulan dan pengolahan data menggunakan *RCM Worksheet* kemudian ditentukan kebijakan perawatan dengan hasil 2 *scheduled on-condition task*, 1 *scheduled restoration task*, dan 3 *scheduled discard task* dengan masing-masing interval waktu perawatan sesuai kategori *tasknya*. Total biaya perawatan usulan sebesar Rp500.802.048 untuk satu tahun, menghemat biaya perawatan sebesar Rp29.458.944 dibandingkan biaya perawatan aktual.

Penelitian dilakukan pada *F.O. service pump* sistem bahan bakar kapal ikan (Alwi 2016). Permasalahan yang terjadi adalah kapal ikan yang beroperasi dituntut untuk meningkatkan *availability*-nya dengan meningkatkan keandalannya melalui usaha perawatan pada sistem kritis dalam sistem pendukung mesin induk diantaranya sistem bahan bakar. Apabila sistem bahan bakar mengalami kerusakan maka dapat mengurangi *availability* motor induk. *Reliability Centered Maintenance (RCM)* merupakan sebuah manajemen perawatan yang terencana dapat mencegah terjadinya kegagalan fungsional sistem. Sehingga dengan menggunakan metode RCM dapat diperoleh penjadwalan perawatan sistem bahan bakar mesin induk kapal yang optimal ditinjau dari segi keandalan sistem. Hasilnya adalah Perawatan dilakukan pada saat nilai indeks keandalan komponen *F.O Service Pump* di atas $R(t) = 0,5$.

Penelitian dilakukan pada *KSB WKTB Pump* pada *Well Pad 28* di PT. Geo Dipa Energi (Persero) Unit I Dieng. Permasalahan yang terjadi adalah tingkat efektifitas *KSB WKTB Pump* jika dihitung dengan menggunakan metode *Overall Equipment Effectiveness (OEE)* adalah 45.33 % masuk dalam kategori rendah karena $< 85\%$ dan faktor penyebabnya adalah waktu *breakdown* dan *setup* mesin yang lama, dan *pipe line*

terkena *scalling* sehingga mengurangi debit *brine*. Penerapan metode *fishbone* untuk menganalisis faktor – faktor penyebab rendahnya efektifitas *KSB WKTB Pump* diantaranya, yaitu faktor metode terdiri dari komponen tidak sesuai spesifikasi, parit tidak efektif, *preventive maintenance* tidak efektif, terjadi pengikisan komponen, terjadi *scalling*. Faktor manusia terdiri dari *predictive maintenance* tidak ada, perawatan kurang maksimal, pengoperasian tidak sesuai SOP. Faktor lingkungan karena *scalling*. Faktor material karena komponen kurang baik. Penerapan *Reliability Centered Maintenance (RCM)* dilakukan dengan tujuan meningkatkan efektifitas *KSB WKTB Pump* (Kusuma, Santoso and Muzaeni 2019).

Berikut ini merupakan rangkuman mengenai 10 penelitian yang sudah dipaparkan pada Tabel 2.1 berikut.

Tabel 2. 1 Penelitian Terdahulu

No	Penulis	Judul	Tahun	Metode	Hasil
1.	Masoomah Zeinalnezhad, Abdoulmohammed Gholamzadeh Chofreh, Feybi Ariani Goni & Jiri Jaromir Klemes	<i>Critical Success Factors of the Reliability Centered Maintenance Implementation in the Oil and Gas Industry</i>	2020	<i>RCM, NGT, FANP</i>	Penelitian menggunakan metode RCM untuk meningkatkan pemeliharaan perencanaan perusahaan. Tahapan awal yang dilakukan adalah mengetahui jumlah <i>Critical Success Factors (CSFs)</i> , kemudian penerapan metode NGT untuk menentukan faktor-faktor dan memprioritaskannya menggunakan permodelan matematika yang dianalisis dengan sistem FANP. Hasil penelitian berupa model perawatan usulan.
2.	Indah Rizky, Ikhsan Siregar, Rahim Matondang & Enrico Waldo Henri	<i>Reliability Centered Maintenance (RCM) to Determine Priority of Machine Damage Mode</i>	2019	<i>RCM, FMEA</i>	Penelitian dilakukan pada proses produksi <i>sterilizer</i> yang terganggu karena <i>downtime</i> mesin yang tinggi. Menggunakan metode FMEA untuk mengidentifikasi tingkat kerusakan mesin sterilisasi, merencanakan kemudian perawatan mesin produksi dengan metode RCM. Hasil yang diperoleh adalah kriteria <i>Total Minimum Downtime (TMD)</i> yang

No	Penulis	Judul	Tahun	Metode	Hasil
					menunjukkan interval waktu pergantian optimal komponen.
3.	Samuel Okwuobi, Felix Ishola, Oluseyi Ajayi, Enesi Salawu, Abraham Aworinde, Obafemi Olatunji & Stephen A. Akinlabi	<i>A Reliability-Centered Maintenance Study for an Individual Section-Forming Machine</i>	2018	RCM, FMEA	Penelitian dilakukan pada <i>glass blowing machine</i> agar pengoperasiannya menjadi lebih efektif dan mengurangi <i>downtime</i> mesin. Menggunakan metode FMEA untuk mengidentifikasi komponen, kemudian menetapkan hubungan antara tingkat kegagalan dan biaya pemeliharaan. Hasilnya adalah usulan <i>preventive maintenance</i> dapat meningkatkan ketersediaan mesin, keamanan, dan efektivitas biaya serta keuntungan perusahaan.
4.	Dwi Priyanta, Nurhadi Siswantoro & Rizky Agung Sukandar	<i>Determination of Maintenance Task on Rotary Equipment Using Reliability Centered Maintenance II Method</i>	2019	RCM, FMEA	Penelitian pada sistem proses <i>Liquefied Natural Gas (LNG)</i> untuk menganalisis penyebab kerusakan, dampak, dan penanganan yang efektif menggunakan metode RCM dengan mengidentifikasi fungsi primer dan sekunder dari sistem kegagalan fungsi, FMEA, dan Tindakan perawatan pada <i>plant</i> . Hasil penelitiannya, yaitu didapatkan usulan pemeliharaan berupa interval perawatan untuk masing-masing peralatan.
5.	Liza Nafiah Maulidina, Fransiskus Tatas Dwi Atmaji & Judi Alhilman	<i>The Proposed Maintenance Task for Plastic Injection Machine Using Reliability and Risk Centered Maintenance (RRCM) Method in Manufacturing Industry</i>	2019	RRCM	Penelitian untuk menentukan interval waktu perawatan yang optimal pada komponen kritis dan total biaya perawatan mesin injeksi plastik. Penentuan komponen kritis menggunakan matriks resiko, kemudian dengan metode RRCM. Hasil penelitian adalah didapatkan usulan perawatan yang lebih efektif dan menghemat total biaya perawatan.
6.	Islam H. Afefy, A. Mohib, A. M. El-kamash & M. A. Mahmoud	<i>A New Framework of Reliability Centered Maintenance</i>	2018	RCM	Penelitian pada Pabrik Gula Fayoum dengan tujuan - menentukan usulan perawatan yang efektif dan efisien untuk mencegah atau menghilangkan perawatan yang tidak perlu. Hasil

No	Penulis	Judul	Tahun	Metode	Hasil
					penerapan RCM adalah <i>corrective maintenance</i> dan <i>preventive maintenance</i> dapat menurunkan nilai <i>downtime</i> , menghemat total biaya perawatan, serta meningkatkan ketersediaan dan nilai keandalan.
7.	Oguzhan Yavuz, Ersin Dogan, Ergun Carus & Ahmet Gorgulu	<i>Reliability Centered Maintenance Practices in Food Industry</i>	2019	RCM	Penelitian dilakukan pada industri makanan. Dilakukan perawatan dengan menerapkan metode berbasis waktu untuk memelihara aset fisik peralatan. Hasil penerapan metode RCM adalah peralatan yang dapat meningkatkan efisiensi pada mesin pengemas dan hubungannya dengan produk dapat dipahami oleh operator pengguna peralatan dan memberikan keberlanjutan peralatan. Selain itu, terjadi peningkatan positif dalam peralatan OEE dengan penghapusan fungsi yang tidak diperlukan. Sehingga kerusakan yang tidak direncanakan dapat dihindari dan kesalahan yang disebabkan oleh kualitas produk dapat dicegah.
8.	Dinda Tria Kusuma, Endang Budiasih, Aji Pamoso	Usulan Kebijakan Perawatan pada Mesin Pompa <i>Cosorb P-201</i> dengan Menggunakan Metode <i>Reliability Centered Maintenance</i> (RCM) di PT ANS	2020	RCM, FMECA	Penelitian di PT. ANS yang memproduksi pupuk. Permasalahan yang sering terjadi pada mesin pompa COSORB P-201. Tujuan penelitian untuk menentukan interval waktu perawatan dan estimasi biaya perawatan yang efisien. Metode yang digunakan, yaitu RCM dan analisis FMECA pada komponen kritis sistem, yaitu <i>bearing ball</i> , <i>mechanical seal</i> , dan <i>impeller</i> . Menggunakan RCM <i>worksheet</i> dihasilkan kebijakan perawatan dengan 2 <i>scheduled on-condition task</i> , 1 <i>scheduled restoration task</i> , dan 3 <i>scheduled discard task</i> dengan masing-masing interval waktu perawatan sesuai dengan kategori <i>tasknya</i> . Total biaya perawatan dapat dihemat sebesar Rp 29.458.944.

No	Penulis	Judul	Tahun	Metode	Hasil
9.	M. Rusydi Alwi	<i>Reliability Centered Maintenance</i> dalam Perawatan F.O. Service Pump Sistem Bahan Bakar Kapal Ikan	2016	RCM	Penelitian pada F.O. <i>service pump</i> sistem bahan bakar kapal ikan. Permasalahan yang terjadi adalah kapal ikan dituntut untuk meningkatkan <i>availability</i> dengan meningkatkan keandalan melalui perbaikan perawatan. Apabila sistem bahan bakar mengalami kerusakan maka dapat mengurangi <i>availability</i> motor induk. RCM merupakan manajemen perawatan terencana yang dapat mencegah terjadinya kegagalan fungsional sistem, sehingga diperoleh penjadwalan perawatan sistem bahan bakar mesin kapal yang optimal. Hasilnya adalah nilai keandalan meningkat jika perawatan dilakukan pada saat nilai indeks keandalan komponen F.O. <i>service pump</i> diatas $R(t) = 0.5$.
10.	Trio Yonathan Teja Kusuma, Andhira Farizki Santoso & Ahmad Muzaeni	Analisis Pemeliharaan KSB WKTB Pump Pada Well Pad 28 di PT. Geo Dipa Energi (Persero) Unit I Dieng Dengan Menggunakan Overall Equipment Effectiveness (OEE) dan Reliability Centered Maintenance (RCM)	2019	OEE, RCM, Fishbone	Penelitian pada KSB WKTB Pump pada Well Pad 28. Permasalahannya adalah tingkat efektivitas KSB WKTB Pump masuk dalam kategori rendah, yaitu < 85 % pada saat dihitung menggunakan metode OEE dan faktor penyebabnya adalah waktu <i>breakdown</i> dan <i>setup</i> mesin yang lama, serta <i>pipeline</i> terkena <i>scalling</i> , sehingga mengurangi debit <i>brine</i> . Penerapan <i>fishbone</i> untuk menganalisis faktor-faktor penyebab rendahnya efektivitas KSB WKTB Pump. Hasil penerapan RCM dapat meningkatkan efektivitas KSB WKTB Pump.

Berdasarkan penelitian yang dilakukan sebelumnya didapatkan beberapa kesimpulan mengenai metode *reliability centered maintenance (RCM)* yaitu metode RCM merupakan proses strategi untuk meningkatkan perawatan, dan perencanaan perusahaan pada produksi berkelanjutan. Metode RCM telah diterapkan dalam berbagai bidang industri untuk meningkatkan keandalan dan perencanaan model perawatan mesin

maupun komponen. Pada penelitian ini penulis akan menyelesaikan permasalahan perawatan pada perusahaan pengolahan bahan bakar minyak dengan mesin pompa sebagai obyek penelitiannya. Karena mesin pompa berperan penting dalam proses produksi pengolahan bahan bakar minyak, apabila terjadi kerusakan pada mesin pompa maka perusahaan mengalami keterlambatan pengiriman pasokan bahan bakar minyak. Kemudian menentukan komponen kritis pada setiap komponen mesin pompa sebagai ukuran untuk implementasi metode RCM. Setelah itu, menentukan jenis distribusi waktu kegagalan dari masing-masing komponen kritis. Kemudian dilakukan pengukuran nilai keandalan komponen berdasarkan jenis distribusi waktu kegagalan serta memberikan masukan berupa usulan kebijakan perawatan *preventive maintenance*, interval perawatan dan jenis tindakan kebijakan perawatan untuk masing-masing komponen mesin tersebut. Oleh karena itu, metode *reliability centered maintenance (RCM)* tepat digunakan pada *maintenance area 4* dalam mengelola aset mesin pompa untuk meningkatkan keandalan dan mengurangi waktu *downtime* serta melakukan usulan kebijakan perawatan.

2.2 Kajian Deduktif

Kajian deduktif digunakan sebagai landasan teori pendukung dalam menyelesaikan permasalahan penelitian menggunakan metode penelitian terkait. Kajian deduktif dilakukan untuk mengetahui bagaimana penelitian yang telah dilakukan sebelumnya sehingga dapat dijadikan sebagai referensi penelitian. Kajian deduktif yang digunakan berasal dari artikel, prosiding, jurnal serta buku yang dapat mendukung penelitian ini.

2.2.1 Perawatan

Perawatan adalah kegiatan untuk memelihara atau menjaga fasilitas serta mengadakan perbaikan atau penggantian yang diperlukan agar sesuai dengan yang direncanakan. Dengan adanya perawatan maka mesin dapat digunakan sesuai dengan rencana dan tidak

mengalami kerusakan selama proses produksi atau sebelum jangka waktu yang telah direncanakan (Atmaji 2015). Kegiatan perawatan yang dilakukan terhadap suatu peralatan atau komponen dapat dibedakan menjadi dua macam yaitu *preventive maintenance* dan *corrective maintenance* (Ebeling 2000).

Preventive maintenance merupakan tindakan pemeliharaan yang terjadwal dan terencana. Hal ini dilakukan untuk mengantisipasi masalah yang dapat mengakibatkan kerusakan pada komponen/alat dan menjaganya selalu normal selama dalam operasi. *Corrective maintenance* adalah kegiatan perawatan yang dilakukan setelah mengenal kerusakan yang berulang untuk dilakukan perbaikan agar mesin kembali dalam keadaan yang diperlukan (Pham and Wang 2006).

2.2.2 Reliability Centered Maintenance (RCM)

Konsep RCM fokus pada aktivitas yang paling memberikan dampak terhadap performa dari sistem yang diukur berdasarkan *availability* dan keselamatan operasional sistem. RCM adalah suatu proses yang digunakan untuk menentukan apa yang harus dilakukan untuk menjamin beberapa asset fisik secara terus menerus mengerjakan sesuai dengan apa yang pemakai inginkan dalam kondisi pengoperasiannya (Moubray 1997). RCM adalah suatu teknik yang dipakai untuk mengembangkan *preventive maintenance* yang terjadwal. Perawatan dilakukan untuk mempertahankan fungsi dari sistem serta memastikan bahwa sistem dan peralatannya dapat beroperasi dengan baik (Alwi 2016).

2.2.3 Distribusi Kegagalan

Data kegagalan atau data perawatan yang telah dilakukan diolah untuk mendapatkan indeks keandalan, laju kegagalan, nilai MTTF peralatan yang nantinya bermanfaat pada saat melakukan analisa penentuan interval kegiatan perawatan (Alwi 2016). Pendugaan

distribusi merupakan langkah awal untuk menghitung nilai waktu rata-rata untuk mencapai kegagalan (*Mean Time To Failure/MTTF*), Indeks Keandalan $R(t)$ dan Laju Kegagalan (*Failure Rate*) dari suatu komponen (Ramakumar 1993). Pendugaan distribusi ini hanya bisa dilakukan apabila terdapat lebih dari satu data waktu kegagalan (*time to failure*). Distribusi data yang digunakan adalah sebagai berikut.

a. Distribusi Normal

Distribusi normal atau juga disebut sebagai distribusi Gauss merupakan distribusi probabilitas yang sering digunakan untuk analisis statistik selain itu dapat digunakan untuk memodelkan kejadian kelelahan (*fatigue*) dan keausan (*wear out*). Pada distribusi ini parameter yang digunakan merupakan nilai rata-rata dan variansi (Ebeling 2000). Fungsi dari distribusi normal sebagai berikut.

1. Fungsi Kepadatan Probabilitas

$$f(t) = \frac{1}{\sqrt{2\pi}\sigma} e^{\left[\frac{-(t-\mu)^2}{2\sigma^2}\right]} \text{ untuk } -\infty < t < \infty$$

2. Fungsi Keandalan

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

3. Fungsi Distribusi Kumulatif

$$F(t) = \phi\left(\frac{t-\mu}{\sigma}\right)$$

4. Fungsi Laju Kerusakan

$$\lambda(t) = \frac{f(t)}{1 - \phi\left(\frac{t-\mu}{\sigma}\right)}$$

Dimana $\mu > 0$, $\sigma > 0$, dan $t > 0$

Dengan:

- μ = parameter bentuk
- σ = parameter lokasi
- ϕ = fungsi densitas probabilitas

b. Distribusi Lognormal

Distribusi lognormal memiliki dua parameter yaitu s (parameter bentuk) dan t_{med} (parameter lokasi). Distribusi lognormal memiliki bentuk yang bervariasi.

Biasanya data yang dapat didekati dengan distribusi Weibull juga bisa didekati dengan distribusi lognormal (Ebeling 2000). Fungsi dari distribusi lognormal sebagai berikut.

1. Fungsi Kepadatan Probabilitas

$$f(t) = \frac{1}{\sqrt{2\pi st}} e \left\{ -\frac{1}{2s^2} \left[\frac{\ln t^2}{t_{med}} \right] \right\} \text{ untuk } t \geq 0$$

2. Fungsi Keandalan

$$R(t) = 1 - F(t)$$

3. Fungsi Distribusi Kumulatif

$$F(t) = \phi \left(\frac{1}{s} \ln \frac{t}{t_{med}} \right)$$

4. Fungsi Laju Kerusakan

$$\lambda(t) = \frac{f(t)}{1 - \phi \left(\frac{t - \mu}{\sigma} \right)}$$

Dimana $s > 0$, $t_{med} > 0$, dan $t > 0$

Dengan:

s = parameter bentuk

t_{med} = parameter lokasi

ϕ = fungsi densitas probabilitas

c. Distribusi Weibull

Distribusi weibull merupakan distribusi yang memiliki peran baik untuk menghitung laju kerusakan meningkat maupun menurun, oleh sebab itu distribusi ini banyak digunakan dalam pengolahan data waktu kerusakan terutama mengenai umur komponen. Distribusi weibull menggunakan parameter β (beta) sebagai parameter bentuk dan parameter θ (teta) sebagai parameter skala (Ebeling 2000). Fungsi dari distribusi weibull sebagai berikut.

1. Fungsi Kepadatan Probabilitas

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

2. Fungsi Keandalan

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

3. Fungsi Distribusi Kumulatif

$$F(t) = 1 - e \left[\left(-\frac{t}{\theta} \right)^\beta \right]$$

4. Fungsi Laju Kerusakan

$$\lambda(t) = \frac{\beta}{\alpha} \left(\frac{t}{\alpha} \right)^{\beta-1}$$

Dimana $t \geq 0$, $\theta > 0$, dan $\beta > 0$

Dengan:

β = parameter bentuk

θ = parameter skala

e = bilangan euler

d. Distribusi Eksponensial

Distribusi eksponensial merupakan salah satu distribusi yang sering ditemui dalam keandalan. Ciri-ciri distribusi ini berupa data laju kerusakan yang konstan dan bersifat acak. Distribusi eksponensial menjadi salah satu distribusi keandalan yang mudah dianalisis dan parameter yang digunakan adalah λ yang didefinisikan sebagai rata-rata kerusakan yang terjadi (Ebeling 2000). Fungsi dari distribusi eksponensial sebagai berikut.

1. Fungsi Kepadatan Probabilitas

$$f(t) = \lambda e^{-\lambda t}$$

2. Fungsi Keandalan

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

3. Fungsi Distribusi Kumulatif

$$F(t) = 1 - e^{-\lambda t}$$

4. Fungsi Laju Kerusakan

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

Dimana $t > 0$ dan $\lambda > 0$, Dengan:

e = bilangan euler

λ = tingkat kegagalan siklus

2.2.4 Keandalan

Keandalan adalah probabilitas dari suatu item untuk dapat melaksanakan sebuah fungsi yang telah ditetapkan, pada kondisi pengoperasian dan lingkungan tertentu untuk periode waktu yang telah ditentukan (O'Connor 1992). Keandalan (reliability) adalah probabilitas sistem yang berfungsi secara normal pada saat digunakan untuk periode waktu yang diinginkan dalam kondisi operasi fisik (Dhillon 1997). Berikut fungsi yang digunakan dalam menghitung keandalan.

$$R(t) = 1 - F(t) = 1 - \int_0^t f(t) dt$$

Dengan :

$R(t)$ = keandalan komponen pada saat t

$F(t)$ = fungsi distribusi kumulatif kegagalan komponen

$f(t)$ = fungsi tingkat kegagalan komponen

2.2.5 Preventive Maintenance

Preventive maintenance merupakan tindakan pemeliharaan yang terjadwal dan terencana. Hal ini dilakukan untuk mengantisipasi masalah yang dapat mengakibatkan kerusakan pada komponen/alat dan menjaganya selalu normal selama dalam operasi (Pham and Wang 2006). Berikut fungsi untuk menghitung keandalan komponen dengan perawatan.

$$R_m(t) = R(t)^n \times R(t - nT)$$

Untuk $nT \leq t < (n+1)T$,

Dimana $n = 1, 2, 3, \dots$

Dengan :

t = waktu

n = jumlah perawatan

T = interval waktu pencegahan penggantian kerusakan

$R(t)$ = probabilitas keandalan sebelum *preventive maintenance*

$R(T)^n$ = probabilitas keandalan sistem sampai perawatan ke-n

$R(t-nT)$ = probabilitas keandalan sistem antara waktu t-T setelah sistem dikembalikan ke kondisi awal pada saat T

$R_m(t)$ = probabilitas keandalan sistem setelah *preventive maintenance*



BAB III

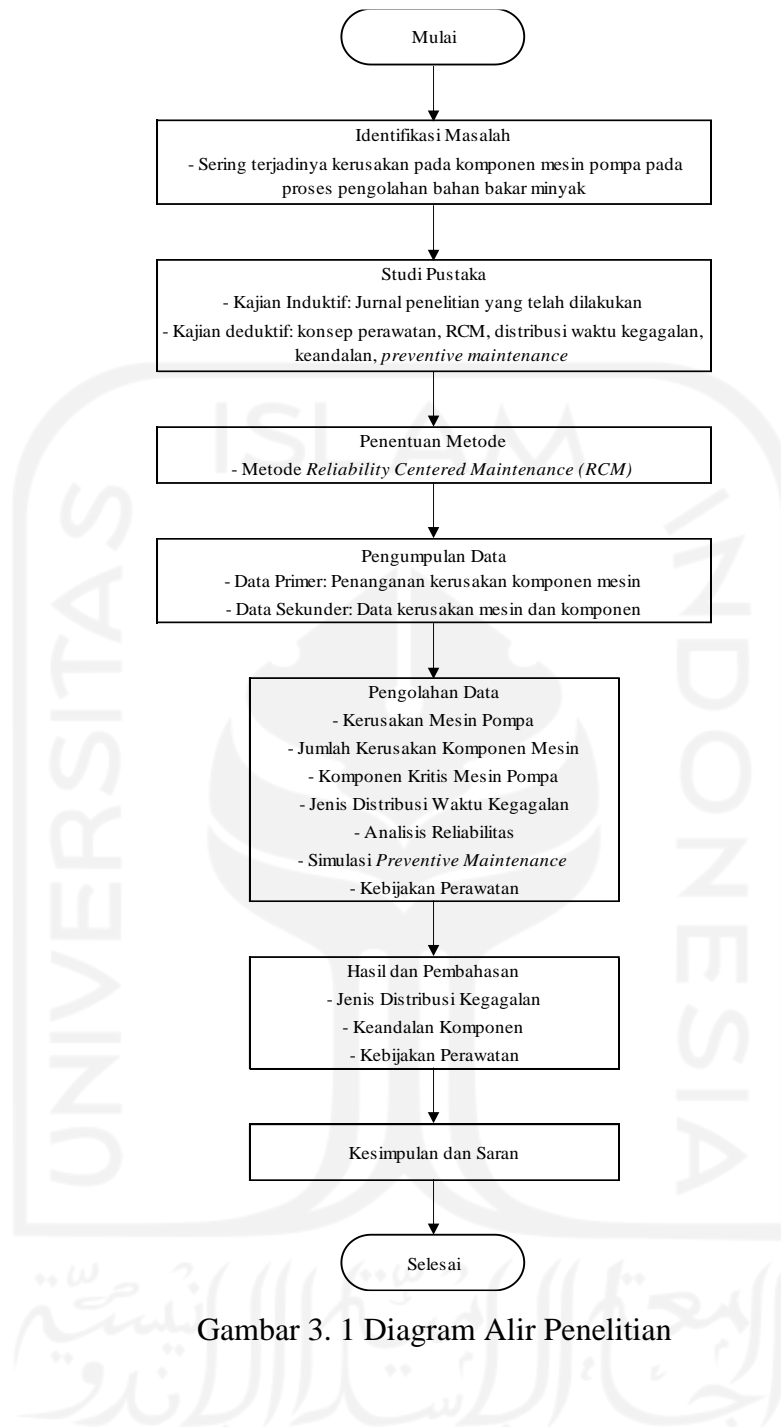
METODE PENELITIAN

3.1 Obyek Penelitian

Obyek penelitian yang digunakan dalam penelitian tugas akhir adalah komponen mesin pompa pada *maintenance area* 4.

3.2 Diagram Alir Penelitian

Langkah-langkah penelitian dimulai dengan mengidentifikasi masalah, melakukan studi pustaka, penentuan metode yang digunakan, yaitu RCM, selanjutnya melakukan pengumpulan dan pengolahan data, kemudian hasil penelitian diperoleh dibahas dan diberikan saran untuk penelitian selanjutnya. Langkah-langkah penelitian digambarkan dalam bentuk diagram alir pada Gambar 3. 1 berikut serta penjelasan tiap langkahnya akan dijelaskan dalam sub bab selanjutnya.



Gambar 3. 1 Diagram Alir Penelitian

3.2.1 Identifikasi Masalah

Langkah awal yang dilakukan dalam penelitian ini adalah mengidentifikasi masalah untuk mengetahui permasalahan yang terjadi pada perusahaan dan kemudian dilakukan perbaikan untuk menyelesaikan permasalahan tersebut. Masalah yang terjadi pada

proses produksi bahan bakar minyak adalah sering terjadinya kerusakan pada mesin pompa di *maintenance area* 4. Dimana mesin pompa salah satu bagian penting dalam proses produksi bahan bakar minyak. Tujuan dari penelitian ini berupa identifikasi komponen kritis pada mesin pompa dan kemudian membuat perencanaan kebijakan perawatan baru pada komponen pompa dalam meningkatkan keandalan dan mengurangi waktu *downtime*.

3.2.2 Studi Pustaka

Langkah selanjutnya yang dilakukan setelah menentukan masalah dan tujuan penelitian adalah studi pustaka. Studi pustaka atau kajian literatur dibagi menjadi 2 macam, yaitu kajian induktif dan kajian deduktif. Kajian induktif berisi penggalan informasi dari penelitian-penelitian yang telah dilakukan sebelumnya. Kajian deduktif berupa konsep-konsep penting yang digunakan untuk mendapatkan pengetahuan yang dapat menjadi landasan teori yang dapat mendukung penyelesaian penelitian ini, seperti teori mengenai perawatan, metode *reliability centered maintenance (RCM)*, distribusi waktu kegagalan, keandalan, dan *preventive maintenance*.

3.2.3 Penentuan Metode Penelitian

Metode yang digunakan dalam penelitian ini melalui pendekatan *reliability centered maintenance (RCM)*. Pemilihan metode penelitian yang digunakan berdasarkan hasil studi pustaka pada penelitian yang telah dilakukan sebelumnya yang berkaitan dengan perencanaan kebijakan perawatan komponen mesin pompa. Metode RCM digunakan sebagai strategi perencanaan dan perawatan komponen dalam proses produksi berkelanjutan dengan tujuan meningkatkan keandalan dan merencanakan model atau tindakan dari kebijakan perawatan yang tepat sesuai dengan komponen mesin.

3.2.4 Pengumpulan Data

Sumber data yang digunakan untuk penelitian ini berasal dari 2 jenis data yaitu data primer dan data sekunder. Data primer merupakan data yang didapatkan dari sumber utama langsung, sedangkan data sekunder diperoleh dari media lain selain sumber utama. Teknik pengumpulan data yang digunakan pada penelitian ini akan dijelaskan sebagai berikut:

a. Data Primer

Data primer diperoleh dengan cara wawancara terhadap peneliti untuk mengetahui penanganan dari kerusakan komponen tersebut. Hasil dari wawancara tersebut digunakan sebagai data penguat mengenai permasalahan yang dihadapi serta mencari informasi tambahan yang dapat digunakan untuk mendukung data sekunder.

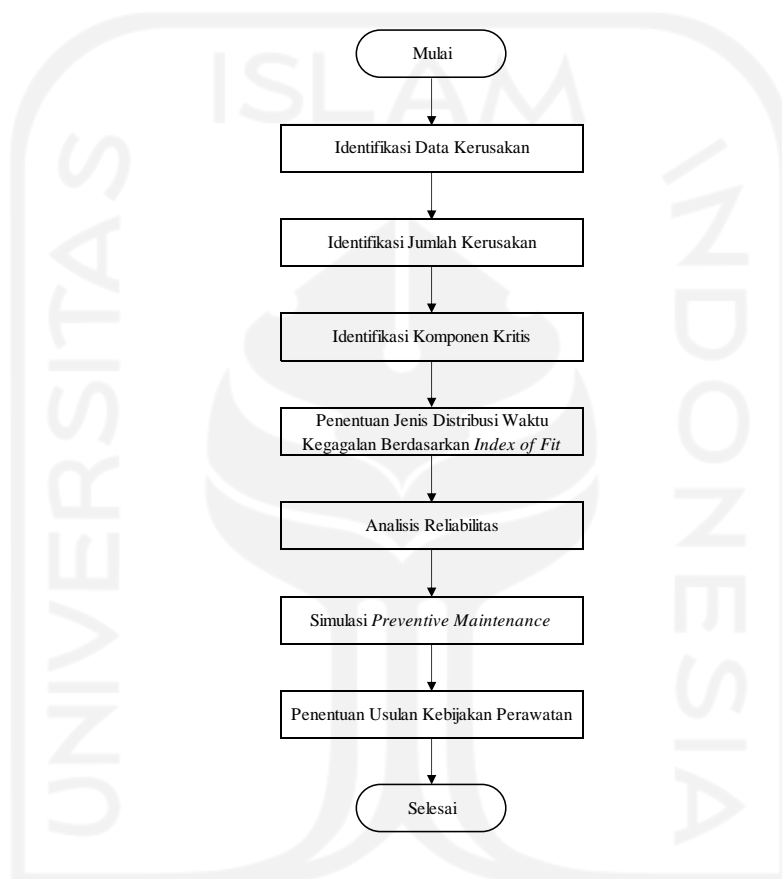
b. Data Sekunder

Data sekunder diperoleh pada *maintenance area* 4 berdasarkan data kerusakan dari tahun 2013 sampai 2020 berupa data mesin dan komponennya. Data lain yang digunakan berupa jumlah kerusakan mesin dan waktu antar kerusakan mesin tersebut, selain itu juga dilakukan pencarian mengenai *datasheet* dari mesin yang akan dilakukan penelitian berdasarkan permasalahan yang ditentukan guna mengetahui profil dari obyek penelitian secara jelas.

3.2.5 Pengolahan Data

Tahap pengolahan data dimulai dari mengidentifikasi data kerusakan, kemudian mengidentifikasi jumlah kerusakan untuk menentukan komponen kritis dari masing-masing komponen mesin, selanjutnya mengidentifikasi komponen kritis tersebut berdasarkan frekuensi terjadinya kerusakan. Kemudian menentukan jenis distribusi waktu kegagalan dari masing-masing komponen kritis, selanjutnya melakukan analisis

reliabilitas untuk mengetahui nilai keandalan dari setiap komponen mesin, Kemudian melakukan simulasi *preventive maintenance* serta menentukan usulan tindakan kebijakan perawatan yang dapat diterapkan pada setiap komponen mesin tersebut. Tahap pengolahan data yang dilakukan akan digambarkan melalui diagram Gambar 3.2 berikut serta penjelasan mengenai langkah-langkah pengolahan data akan dijelaskan pada sub bab selanjutnya.



Gambar 3. 2 Diagram Alir Pengolahan Data

1. Identifikasi Data Kerusakan

Data kerusakan diambil dari *maintenance area 4* dengan mesin pompa sebagai obyek penelitiannya. Kemudian data tersebut dikelompokkan berdasarkan jumlah kerusakan dan waktu terjadinya kerusakan.

2. Identifikasi Jumlah Kerusakan

Identifikasi jumlah kerusakan pada mesin pompa di *maintenance area 4* dilakukan menggunakan diagram pareto. Komponen dengan jumlah kerusakan

tiga terbanyak akan menjadi fokus penelitian untuk kemudian mencari usulan kebijakan perawatan baru yang dapat diterapkan pada komponen mesin di perusahaan.

3. Identifikasi Komponen Kritis

Berdasarkan jumlah kerusakan terbanyak dari mesin pompa di *maintenance area* 4, kemudian ditentukan komponen kritis dari mesin pompa tersebut. Didapatkan hasil yang dijadikan sebagai komponen kritis adalah *bearing* pampancur, *mechanical seal* RU05, dan *reciprocating pump jetty*.

4. Penentuan Distribusi Waktu Kegagalan

Langkah selanjutnya adalah melakukan perhitungan nilai statistik distribusi data dengan menggunakan 4 jenis distribusi data, yaitu distribusi normal, lognormal, weibull, dan eksponensial yang kemudian dilakukan uji kebaikan berdasarkan nilai *index of fit* dari setiap distribusi untuk mengetahui jenis distribusi data tersebut.

5. Analisis Reliabilitas

Analisis reliabilitas dilakukan untuk mendapatkan nilai reliabilitas dari komponen sebelum adanya perawatan dan setelah diterapkan kebijakan perawatan. Nilai reliabilitas didapatkan dari perhitungan parameter-parameter hasil jenis distribusi data yang sesuai.

6. Simulasi *Preventive Maintenance*

Simulasi *preventive maintenance* dilakukan berdasarkan hasil analisis reliabilitas yang digambarkan dengan diagram *scatter*.

7. Penentuan Kebijakan Perawatan

Usulan kebijakan perawatan yang dihasilkan berupa bentuk tindakan dan waktu interval perawatan yang dibutuhkan dari komponen tersebut. Dari simulasi tersebut juga akan diketahui terjadi tidaknya peningkatan reliabilitas dari komponen.

3.2.6 Hasil dan Pembahasan

Hasil dari pengolahan data kemudian dianalisis waktu perawatan dan tindakan *preventive maintenance* komponen mesin pompa yang tepat yang dapat diterapkan pada perusahaan agar dapat meningkatkan keandalan dan mengurangi waktu *downtime*.

3.2.7 Kesimpulan dan Saran

Kesimpulan dilakukan untuk melakukan perbandingan antar waktu perawatan yang dilakukan sebelum dengan sesudah adanya perencanaan kebijakan perawatan baru yang dapat menjawab rumusan permasalahan dalam penelitian, yaitu memberikan bentuk perencanaan kebijakan perawatan baru yang dapat diterapkan perusahaan untuk meningkatkan keandalan dan mengurangi waktu *downtime* pada komponen mesin pompa. Dan berisi saran-saran yang dapat digunakan untuk penelitian selanjutnya.

BAB IV

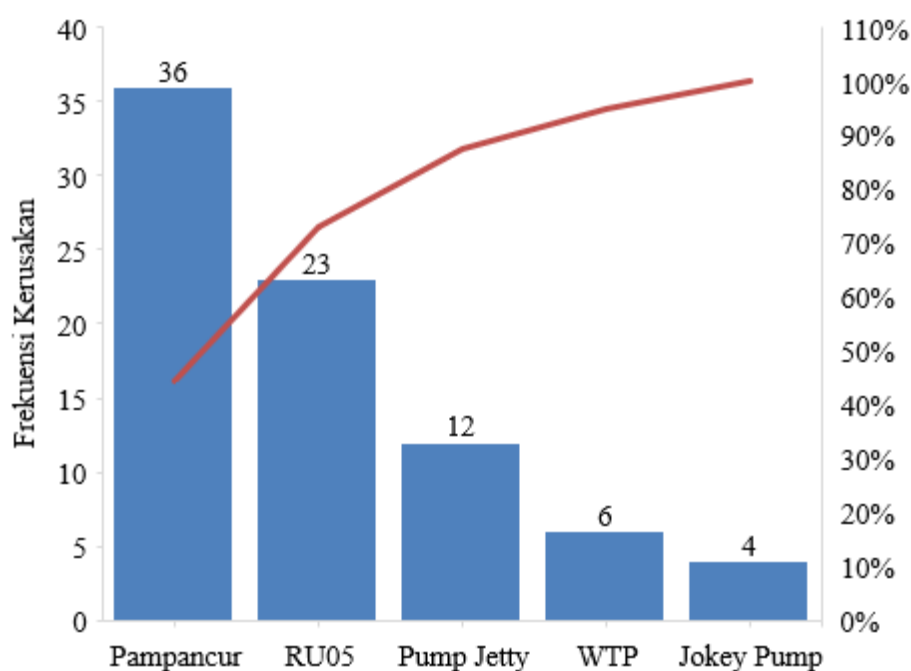
PENGUMPULAN DAN PENGOLAHAN DATA

4.1 Mesin Pompa Produksi

Sistem produksi bahan bakar minyak memiliki fasilitas yang memadai untuk memaksimalkan proses produksi bahan bakar minyak, salah satunya adalah mesin pompa. Demi menjaga ketahanan mesin pompa serta lamanya penggunaan dibutuhkan sistem perawatan yang baik. Berdasarkan data historis di *maintenance area 4*, mesin pompa mengalami kerusakan sebanyak 81 kali, selain itu fungsi dari pompa sangat penting, apabila terjadi kerusakan maka dapat mengganggu proses produksi. Fokus permasalahan yang terjadi adalah mesin pompa yang sering mengalami kerusakan membuat kerugian waktu dalam proses produksi bahan bakar minyak. Karena banyaknya mesin pompa yang sering mengalami kerusakan, maka perlu dilakukan perencanaan kebijakan perawatan yang efektif agar dapat meningkatkan keandalan dan mengurangi waktu *downtime* pada mesin pompa.

4.2 Identifikasi Komponen Kritis

Sistem produksi bahan bakar minyak pada *maintenance area 4* sering mengalami kerusakan pada mesin pompa. Untuk mengetahui komponen kritis mesin pompa pada *maintenance area 4* dilakukan identifikasi dengan menggunakan bantuan diagram pareto. Berikut gambar 4. 1 data kerusakan mesin pompa dari *maintenance area 4*.



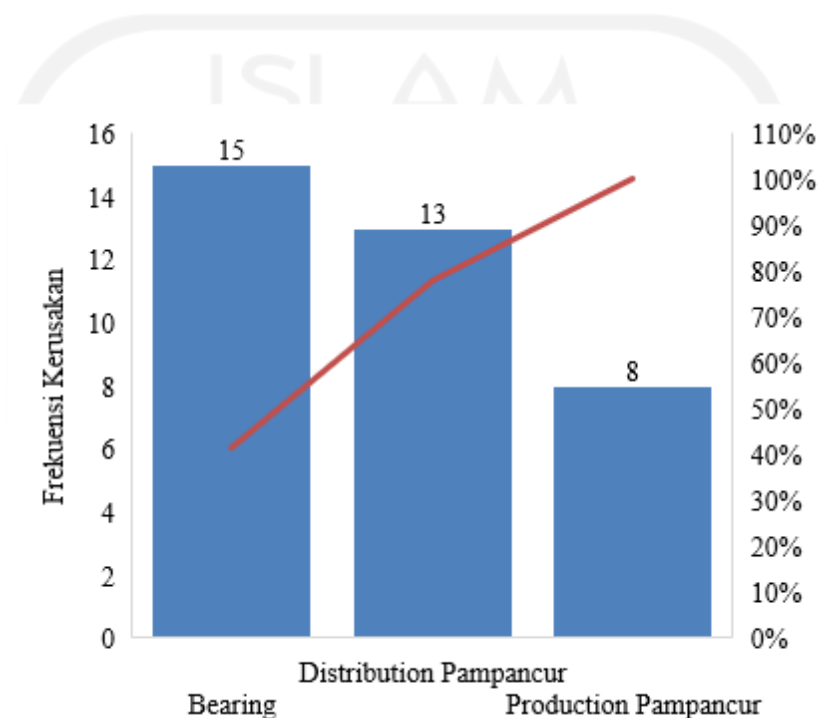
Gambar 4. 1 Diagram Pareto Kerusakan Mesin Pompa

Berdasarkan hasil diagram pareto diatas, diketahui bahwa pompa dengan *tag number* pampancur menjadi pompa yang paling sering mengalami kerusakan sebanyak 36 kali yang kemudian disusul oleh RU05 dengan 23 kali kerusakan dan *pump jetty* mengalami kerusakan sebanyak 12 kali. Data yang digunakan dalam penelitian ini diambil sampai dengan urutan ketiga terbanyak dari diagram pareto tersebut, yaitu pampancur, RU05, dan *pump jetty*. Penentuan ini berdasarkan bahwa ketiga *tag number* tersebut masing-masing memiliki persentase kerusakan diatas 10%. Hasil tersebut ditampilkan pada Tabel 4. 1.

Tabel 4. 1 Persentase kerusakan tiap tag number

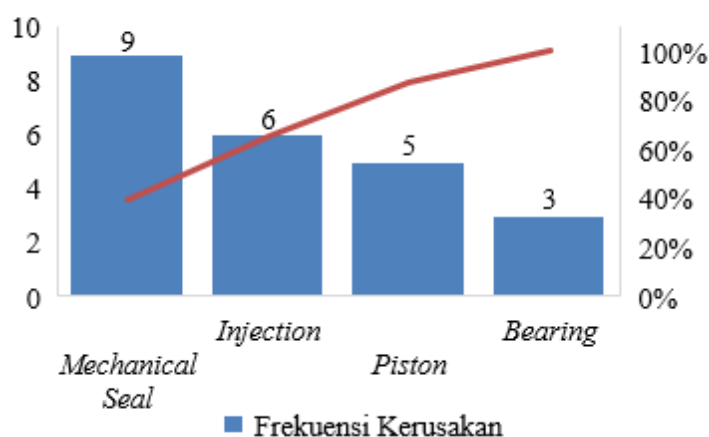
<i>Tag Number</i>	Frekuensi Kerusakan	Persentase Kerusakan <i>Tag Number</i>	Persentase Kumulatif
Pampancur	36	44.44%	44.44%
RU05	23	28.40%	72.84%
<i>Pump Jetty</i>	12	14.81%	87.65%
WTP	6	7.41%	95.06%
<i>Jokey Pump</i>	4	4.94%	100.00%
TOTAL	81		

Setelah mengetahui *tag number* kritis tersebut, kemudian mencari komponen dari tiap *tag number* yang berada pada keadaan kritis. Penentuan komponen kritis diambil berdasarkan frekuensi terbanyak dari komponen yang mengalami kerusakan dari masing-masing *tag number*. Hasil pengelompokan komponen kritis tiap *tag number* disajikan dalam bentuk diagram pareto. Berikut komponen kritis pada *tag number* pampancar yang disajikan pada Gambar 4. 2.



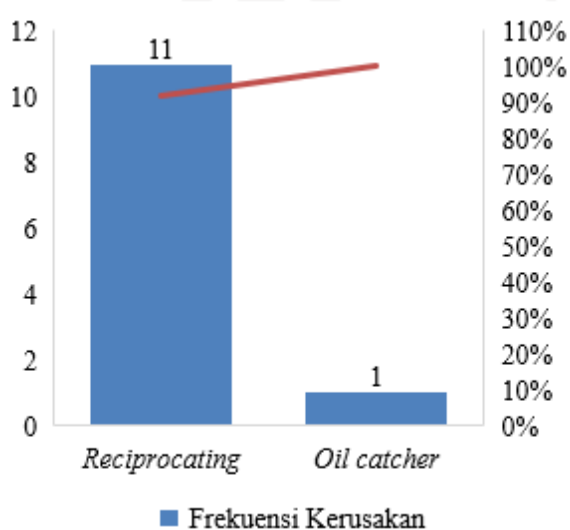
Gambar 4. 2 Diagram Pareto Kerusakan Pampancar

Berdasarkan Gambar 4. 2 terdapat jumlah komponen sebanyak 3 buah pada *tag number* Pampancar. Diketahui bahwa komponen *bearing* pampancar mengalami kerusakan terbanyak yaitu sebanyak 15 kali kemudian disusul oleh *distribution* pampancar sebanyak 13 kali dimana menunjukkan bahwa 36% kerusakan pada pampancar disebabkan oleh *bearing* pampancar. Sehingga ditentukan bahwa komponen *bearing pump* menjadi fokus untuk perhitungan pada distribusi selanjutnya.



Gambar 4. 3 Diagram Pareto Kerusakan RU05

Berdasarkan Gambar 4. 3, hasil diagram pareto *tag number* RU05, komponen kerusakan tertinggi ada pada *mechanical seal* dengan kerusakan sebanyak 9 kali kemudian disusul oleh *injection* dan *piston* sebanyak 6 dan 5 kali kerusakan. Hasil tersebut menunjukkan bahwa *mechanical seal* menjadi penyebab kerusakan pada pompa RU05 sebanyak 39%. Sehingga ditentukan bahwa komponen *mechanical seal* menjadi fokus untuk perhitungan pada distribusi selanjutnya.



Gambar 4. 4 Diagram Pareto Kerusakan *Pump Jetty*

Berdasarkan Gambar 4. 4, komponen kerusakan tertinggi pada *tag number pump jetty* ada pada komponen *reciprocating* dengan jumlah kerusakan 11 kali dan 1 kali terjadi kerusakan pada komponen *oil catcher*. Hasil tersebut menunjukkan bahwa 92% kerusakan pada *pump jetty* disebabkan oleh *reciprocating*. Sehingga ditentukan bahwa komponen *reciprocating* menjadi fokus untuk perhitungan pada distribusi selanjutnya. Berdasarkan Tabel 4. 2 dibawah ini dapat disimpulkan bahwa kerusakan komponen kritis pada masing-masing *tag number* memiliki jumlah kerusakan dan komponen yang berbeda.

Tabel 4. 2 Jumlah Kerusakan Komponen Kritis

<i>Tag number</i>	Komponen Kritis	Jumlah Kerusakan
Pampancur	<i>Bearing</i>	15
RU05	<i>Mechanical Seal</i>	9
<i>Pump Jetty</i>	<i>Reciprocating</i>	11

Hasil dari ketiga *tag number* tersebut diambil masing-masing komponen dengan jumlah kerusakan tertinggi yang dijadikan sebagai komponen kritis. Pampancur memiliki komponen kritis *bearing* pampancur dengan jumlah kerusakan sebanyak 15 kali, kemudian pompa RU05 dengan komponen *mechanical seal* memiliki jumlah kerusakan sebanyak 9 kali dan *pump jetty* dengan jumlah kerusakan sebanyak 11 kali. Berdasarkan data kerusakan yang terjadi pada mesin pompa pada *maintenance area 4* maka komponen kritisnya adalah *bearing* pampancur, *mechanical seal* RU05, dan *reciprocating pump jetty*.

4.3 Penentuan Distribusi Waktu Kegagalan

Komponen kritis pada setiap *tag number* telah diketahui, kemudian dilakukan penentuan jenis distribusi kegagalan untuk setiap komponen tersebut. Dalam penentuan distribusi waktu kegagalan berdasarkan nilai *r* atau *index of fit*.

4.3.1 Distribusi Waktu Kegagalan *Bearing* Pampancur

Pada komponen *bearing* pampancur, penentuan bentuk distribusi dilakukan dengan menggunakan distribusi normal, lognormal, weibull, dan eksponensial untuk mengetahui nilai *index of fit* dari masing-masing distribusi. Penentuan jenis distribusi yang digunakan berdasarkan hasil nilai *index of fit* tertinggi.

a. Distribusi Normal

$$F(t_i) = \frac{1 - 0.3}{14 + 0.4} = 0.04861$$

$$X_i = t_i = 15$$

$$Y_i = \phi^{-1}[0.04861] = -1.65847$$

Tabel 4. 3 Perhitungan Distribusi Normal *Bearing*

i	t _i	X _i =t _i	X _i ²	F(t _i)	Y _i	Y _i ²	X _i .Y _i
1	15	15	225	0.04861	-1.65847	2.75053	-24.87708
2	15	15	225	0.11806	-1.18476	1.40366	-17.77145
3	15	15	225	0.18750	-0.88715	0.78703	-13.30720
4	22	22	484	0.25694	-0.65279	0.42614	-14.36147
5	22	22	484	0.32639	-0.44991	0.20242	-9.89795
6	33	33	1089	0.39583	-0.26415	0.06977	-8.71685
7	36	36	1296	0.46528	-0.08715	0.00759	-3.13725
8	57	57	3249	0.53472	0.08715	0.00759	4.96732
9	59	59	3481	0.60417	0.26415	0.06977	15.58467
10	69	69	4761	0.67361	0.44991	0.20242	31.04356
11	107	107	11449	0.74306	0.65279	0.42614	69.84899
12	226	226	51076	0.81250	0.88715	0.78703	200.49512
13	701	701	491401	0.88194	1.18476	1.40366	830.51896
14	722	722	521284	0.95139	1.65847	2.75053	1197.41683
Total	2099	2099	1090729	7	0	11.29429	2257.80620

$$r = \frac{(14 \times 2257.80620) - (2099 \times 0)}{\sqrt{(14 \times 1090729 - 2099^2) \times ((14 \times 11.29429) - 0^2)}}$$

$$r = 0.76264$$

Hasil dari perhitungan distribusi normal untuk komponen *bearing* pampancur didapatkan nilai r sebesar 0.76264.

b. Distribusi Lognormal

$$F(t_i) = \frac{1 - 0.3}{14 + 0.4} = 0.04861$$

$$X_i = \ln t_i = 2.70805$$

$$Y_i = \phi^{-1}[0.04861] = -1.65847$$

Tabel 4. 4 Perhitungan Distribusi Lognormal *Bearing*

i	t_i	X_i=ln t_i	X_i²	F(t_i)	Y_i	Y_i²	X_i.Y_i
1	15	2.70805	7.33354	0.04861	-1.65847	2.75053	-4.49123
2	15	2.70805	7.33354	0.11806	-1.18476	1.40366	-3.20840
3	15	2.70805	7.33354	0.18750	-0.88715	0.78703	-2.40244
4	22	3.09104	9.55454	0.25694	-0.65279	0.42614	-2.01781
5	22	3.09104	9.55454	0.32639	-0.44991	0.20242	-1.39068
6	33	3.49651	12.22557	0.39583	-0.26415	0.06977	-0.92359
7	36	3.58352	12.84161	0.46528	-0.08715	0.00759	-0.31229
8	57	4.04305	16.34626	0.53472	0.08715	0.00759	0.35234
9	59	4.07754	16.62631	0.60417	0.26415	0.06977	1.07707
10	69	4.23411	17.92766	0.67361	0.44991	0.20242	1.90495
11	107	4.67283	21.83533	0.74306	0.65279	0.42614	3.05040
12	226	5.42053	29.38220	0.81250	0.88715	0.78703	4.80881
13	701	6.55251	42.93536	0.88194	1.18476	1.40366	7.76317
14	722	6.58203	43.32305	0.95139	1.65847	2.75053	10.91610
Total		56.9689	254.553	7	0	11.29429	15.12640

$$r = \frac{(14 \times 15.12640) - (56.9689 \times 0)}{\sqrt{(14 \times 254.553 - 569689^2) \times ((14 \times 11.29429) - 0^2)}}$$

$$r = 0.94397$$

Hasil dari perhitungan distribusi lognormal untuk komponen *bearing* pampancur didapatkan nilai r sebesar 0.94397.

c. Distribusi *Weibull*

$$F(ti) = \frac{1 - 0.3}{14 + 0.4} = 0.04861$$

$$Xi = \ln ti = 2.70805$$

$$Yi = \ln\left[\ln\left[\frac{1}{1 - 0.04861}\right]\right] = -2.99909$$

Tabel 4. 5 Perhitungan Distribusi *Weibull Bearing*

i	ti	Xi=ln ti	Xi ²	F(ti)	Yi	Yi ²	Xi.Yi
1	15	2.70805	7.33354	0.04861	-2.99909	8.99454	-8.12169
2	15	2.70805	7.33354	0.11806	-2.07444	4.30332	-5.61770
3	15	2.70805	7.33354	0.18750	-1.57195	2.47103	-4.25693
4	22	3.09104	9.55454	0.25694	-1.21408	1.47398	-3.75276
5	22	3.09104	9.55454	0.32639	-0.92861	0.86232	-2.87037
6	33	3.49651	12.22557	0.39583	-0.68537	0.46973	-2.39639
7	36	3.58352	12.84161	0.46528	-0.46839	0.21939	-1.67849
8	57	4.04305	16.34626	0.53472	-0.26772	0.07167	-1.08241
9	59	4.07754	16.62631	0.60417	-0.07606	0.00578	-0.31013
10	69	4.23411	17.92766	0.67361	0.11303	0.01278	0.47858
11	107	4.67283	21.83533	0.74306	0.30667	0.09405	1.43303
12	226	5.42053	29.38220	0.81250	0.51520	0.26543	2.79267
13	701	6.55251	42.93536	0.88194	0.75922	0.57641	4.97477
14	722	6.58203	43.32305	0.95139	1.10655	1.22445	7.28333
Total		56.9689	254.553	7	-7.48504	21.04489	-13.12450

$$r = \frac{(14 \times -13.12450) - (56.9689 \times (-7.48504))}{\sqrt{(14 \times 254.553 - 56.9689^2) \times ((14 \times 21.04489) - (-7.48504^2))}}$$

$$r = 0.88058$$

Hasil dari perhitungan distribusi *weibull* untuk komponen *bearing* pampancur didapatkan nilai r sebesar 0.88058.

d. Distribusi Eksponensial

$$F(ti) = \frac{1 - 0.3}{14 + 0.4} = 0.04861$$

$$Xi = ti = 15$$

$$Y_i = \ln \left[\frac{1}{1 - 0.04861} \right] = 0.04983$$

Tabel 4. 6 Perhitungan Distribusi Eksponensial *Bearing*

i	t_i	X_i=t_i	X_i²	F(t_i)	Y_i	Y_i²	X_i.Y_i
1	15	15	225	0.04861	0.04983	0.00248	0.74749
2	15	15	225	0.11806	0.12563	0.01578	1.88439
3	15	15	225	0.18750	0.20764	0.04311	3.11459
4	22	22	484	0.25694	0.29698	0.08820	6.53366
5	22	22	484	0.32639	0.39510	0.15611	8.69225
6	33	33	1089	0.39583	0.50391	0.25392	16.62887
7	36	36	1296	0.46528	0.62601	0.39189	22.53628
8	57	57	3249	0.53472	0.76512	0.58541	43.61188
9	59	59	3481	0.60417	0.92676	0.85889	54.67896
10	69	69	4761	0.67361	1.11967	1.25365	77.25693
11	107	107	11449	0.74306	1.35890	1.84660	145.40181
12	226	226	51076	0.81250	1.67398	2.80220	378.31867
13	701	701	491401	0.88194	2.13660	4.56506	1497.75657
14	722	722	521284	0.95139	3.02390	9.14399	2183.25807
Total		2099	1090729	7	13.21002	22.00728	4440.42043

$$r = \frac{(14 \times 4440.42043) - (2099 \times 13.21002)}{\sqrt{(14 \times 1090729 - 2099^2) \times ((14 \times 22.00728) - 13.21002^2)}}$$

$$r = 0.90393$$

Hasil dari perhitungan distribusi eksponensial untuk komponen *bearing* pampancur didapatkan nilai r sebesar 0.90393. Berikut Tabel 4.8 hasil nilai r atau *index of fit* dari komponen *bearing* pampancur.

Tabel 4. 7 Hasil *Index of Fit* Komponen *Bearing*

Distribusi	Index of Fit
Normal	0.76264
Lognormal	0.94397
<i>Weibull</i>	0.88058
Eksponensial	0.90393

Berdasarkan Tabel 4. 7 diketahui bahwa nilai *index of fit* terbesar ada pada distribusi lognormal dengan nilai *index of fit* 0.94397, hal ini menunjukkan bahwa jenis distribusi waktu kegagalan untuk komponen *bearing* pampancar adalah lognormal.

4.3.2 Distribusi Waktu Kegagalan *Mechanical Seal* RU05

Pada komponen *mechanical seal* RU05, penentuan bentuk distribusi dilakukan dengan menggunakan distribusi normal, lognormal, *weibull*, dan eksponensial untuk mengetahui nilai *index of fit* dari masing-masing distribusi. Jenis distribusi yang digunakan berdasarkan hasil nilai *index of fit* tertinggi.

a. Distribusi Normal

$$F(t_i) = \frac{1 - 0.3}{8 + 0.4} = 0.08333$$

$$X_i = t_i = 43$$

$$Y_i = \phi^{-1}[0.08333] = -1.38299$$

Tabel 4. 8 Perhitungan Distribusi Normal *Mechanical Seal*

i	t _i	X _i =t _i	X _i ²	F(t _i)	Y _i	Y _i ²	X _i .Y _i
1	43	43	1849	0.08333	-1.38299	1.91267	-59.46875
2	45	45	2025	0.20238	-0.83315	0.69413	-37.49161
3	45	45	2025	0.32143	-0.46371	0.21502	-20.86685
4	49	49	2401	0.44048	-0.14976	0.02243	-7.33834
5	75	75	5625	0.55952	0.14976	0.02243	11.23215
6	82	82	6724	0.67857	0.46371	0.21502	38.02404
7	85	85	7225	0.79762	0.83315	0.69413	70.81748
8	87	87	7569	0.91667	1.38299	1.91267	120.32049
Total		511	35443	4	0	5.68852	115.22862

$$r = \frac{(8 \times 115.22862) - (511 \times 0)}{\sqrt{(8 \times 35443 - 511^2) \times ((8 \times 5.68852) - 0^2)}}$$

$$r = 0.911255$$

Hasil dari perhitungan distribusi normal untuk komponen *mechanical seal* RU05 didapatkan nilai r sebesar 0.911255.

b. Distribusi Lognormal

$$F(ti) = \frac{1 - 0.3}{8 + 0.4} = 0.08333$$

$$Xi = \ln ti = 3.76120$$

$$Yi = \phi^{-1}[0.08333] = -1.38299$$

Tabel 4. 9 Perhitungan Distribusi Lognormal *Mechanical Seal*

i	ti	Xi=ln ti	Xi ²	F(ti)	Yi	Yi ²	Xi.Yi
1	43	3.76120	14.146626	0.08333	-1.38299	1.91267	-5.20172
2	45	3.80666	14.490679	0.20238	-0.83315	0.69413	-3.17151
3	45	3.80666	14.490679	0.32143	-0.46371	0.21502	-1.76518
4	49	3.89182	15.146265	0.44048	-0.14976	0.02243	-0.58285
5	75	4.31749	18.640704	0.55952	0.14976	0.02243	0.64660
6	82	4.40672	19.419175	0.67857	0.46371	0.21502	2.04343
7	85	4.44265	19.737150	0.79762	0.83315	0.69413	3.70138
8	87	4.46591	19.944335	0.91667	1.38299	1.91267	6.17632
Total		32.89911	136.015614	4	0.00000	5.68852	1.84648

$$r = \frac{(8 \times 1.84648) - (32.89911 \times 0)}{\sqrt{(8 \times 136.015614 - 32.89911^2) \times ((8 \times 5.68852) - 0^2)}}$$

$$r = 0.911332$$

Hasil dari perhitungan distribusi lognormal untuk komponen *mechanical seal* RU05 didapatkan nilai r sebesar 0.911332.

c. Distribusi Weibull

$$F(ti) = \frac{1 - 0.3}{8 + 0.4} = 0.08333$$

$$Xi = \ln ti = 3.76120$$

$$Yi = \ln \left[\ln \left[\frac{1}{1 - 0.08333} \right] \right] = -2.4417$$

Tabel 4. 10 Perhitungan Distribusi *Weibull Mechanical Seal*

i	ti	Xi=ln ti	Xi ²	F(ti)	Yi	Yi ²	Xi.Yi
1	43	3.76120	14.146626	0.08333	-2.44172	5.96198	-9.18378
2	45	3.80666	14.490679	0.20238	-1.48667	2.21019	-5.65925
3	45	3.80666	14.490679	0.32143	-0.94735	0.89748	-3.60626
4	49	3.89182	15.146265	0.44048	-0.54357	0.29547	-2.11549
5	75	4.31749	18.640704	0.55952	-0.19857	0.03943	-0.85734
6	82	4.40672	19.419175	0.67857	0.12661	0.01603	0.55796
7	85	4.44265	19.737150	0.79762	0.46850	0.21950	2.08140
8	87	4.46591	19.944335	0.91667	0.91024	0.82853	4.06503
Total		32.89911	136.015614	4	- 4.11254	10.46861	-14.71775

$$r = \frac{(8 \times -14.71775) - (32.89911 \times (-4.11254))}{\sqrt{(8 \times 136.015614 - 32.89911^2) \times ((8 \times 10.46861) - (-4.11254^2))}}$$

$$r = 0.89377$$

Hasil dari perhitungan distribusi weibull untuk komponen *mechanical seal* RU05 didapatkan nilai r sebesar 0.89377.

d. Distribusi Eksponensial

$$F(ti) = \frac{1 - 0.3}{8 + 0.4} = 0.08333$$

$$Xi = ti = 43$$

$$Yi = \ln \left[\frac{1}{1 - 0.08333} \right] = 0.08701$$

Tabel 4. 11 Perhitungan Distribusi Eksponensial *Mechanical Seal*

i	ti	Xi=ti	Xi ²	F(ti)	Yi	Yi ²	Xi.Yi
1	43	43	1849	0.08333	0.08701	0.00757	3.74149
2	45	45	2025	0.20238	0.22612	0.05113	10.17559
3	45	45	2025	0.32143	0.38777	0.15036	17.44945
4	49	49	2401	0.44048	0.58067	0.33718	28.45279
5	75	75	5625	0.55952	0.81990	0.67223	61.49242
6	82	82	6724	0.67857	1.13498	1.28818	93.06835

i	ti	Xi=ti	Xi ²	F(ti)	Yi	Yi ²	Xi.Yi
7	85	85	7225	0.79762	1.59760	2.55234	135.79629
8	87	87	7569	0.91667	2.48491	6.17476	216.18688
Total		511	35443	4	7.31896	11.23375	566.36326

$$r = \frac{(8 \times 566.36326) - (511 \times 7.31896)}{\sqrt{(8 \times 35443 - 511^2) \times ((8 \times 11.23375) - 7.31896^2)}}$$

$$r = 0.87663$$

Hasil dari perhitungan distribusi eksponensial untuk komponen *mechanical seal* RU05 didapatkan nilai r sebesar 0.87663. Berikut Tabel 4.8 hasil nilai r atau *index of fit* dari komponen *mechanical seal* RU05.

Tabel 4. 12 Hasil Index of Fit Komponen *Mechanical Seal*

Distribusi	Index of Fit
Normal	0.911255
Lognormal	0.91133
Weibull	0.89377
Eksponensial	0.87663

Berdasarkan Tabel 4. 12 diketahui bahwa nilai *index of fit* terbesar ada pada distribusi normal dengan nilai *index of fit* 0.91133, hal ini menunjukkan bahwa jenis distribusi waktu kegagalan untuk komponen *mechanical seal* RU05 adalah lognormal.

4.3.3 Distribusi Waktu Kegagalan *Reciprocating Pump Jetty*

Pada komponen *reciprocating pump jetty*, penentuan bentuk distribusi dilakukan dengan menggunakan distribusi normal, lognormal, *weibull*, dan eksponensial untuk mengetahui nilai *index of fit* dari masing-masing distribusi.

a. Distribusi Normal

$$F(t_i) = \frac{1 - 0.3}{10 + 0.4} = 0.06731$$

$$X_i = t_i = 28$$

$$Y_i = \phi^{-1}[0.006731] = -1.49615$$

Tabel 4. 13 Perhitungan Distribusi Normal *Reciprocating*

i	t _i	X _i =t _i	X _i ²	F(t _i)	Y _i	Y _i ²	X _i .Y _i
1	28	28	784	0.06731	-1.49615	2.23846	-41.89211
2	29	29	841	0.16346	-0.98033	0.96105	-28.42958
3	39	39	1521	0.25962	-0.64453	0.41542	-25.13673
4	54	54	2916	0.35577	-0.36979	0.13675	-19.96870
5	57	57	3249	0.45192	-0.12080	0.01459	-6.88584
6	57	57	3249	0.54808	0.12080	0.01459	6.88584
7	57	57	3249	0.64423	0.36979	0.13675	21.07807
8	57	57	3249	0.74038	0.64453	0.41542	36.73830
9	57	57	3249	0.83654	0.98033	0.96105	55.87883
10	166	166	27556	0.93269	1.49615	2.23846	248.36038
Total	601	601	49863	5	0	7.53253	246.62846

$$r = \frac{(10 \times 7.53253) - (601 \times 0)}{\sqrt{(10 \times 49863 - 601^2) \times ((10 \times 246.62846) - 0^2)}}$$

$$r = 0.76654$$

Hasil dari perhitungan distribusi normal untuk komponen *reciprocating pump jetty* didapatkan nilai r sebesar 0.76654.

b. Distribusi Lognormal

$$F(t_i) = \frac{1 - 0.3}{10 + 0.4} = 0.06731$$

$$X_i = \ln t_i = 3.332205$$

$$Y_i = \phi^{-1}[0.06731] = -1.49615$$

Tabel 4. 14 Perhitungan Distribusi Lognormal *Reciprocating*

i	t _i	X _i =ln t _i	X _i ²	F(t _i)	Y _i	Y _i ²	X _i .Y _i
1	28	3.332205	11.10359	0.06731	-1.49615	2.23846	-4.98547
2	29	3.367296	11.33868	0.16346	-0.98033	0.96105	-3.30106
3	39	3.663562	13.42168	0.25962	-0.64453	0.41542	-2.36128
4	54	3.988984	15.91199	0.35577	-0.36979	0.13675	-1.47509
5	57	4.043051	16.34626	0.45192	-0.12080	0.01459	-0.48842
6	57	4.043051	16.34626	0.54808	0.12080	0.01459	0.48842
7	57	4.043051	16.34626	0.64423	0.36979	0.13675	1.49508
8	57	4.043051	16.34626	0.74038	0.64453	0.41542	2.60587
9	57	4.043051	16.34626	0.83654	0.98033	0.96105	3.96353
10	166	5.111988	26.13242	0.93269	1.49615	2.23846	7.64828
Total		39.6793	159.64	5	0	7.53253	3.58987

$$r = \frac{(10 \times 7.53253) - (39.6793 \times 0)}{\sqrt{(10 \times 159.64 - 39.6793^2) \times ((10 \times 3.58987) - 0^2)}}$$

$$r = 0.88284$$

Hasil dari perhitungan distribusi lognormal untuk komponen *reciprocating pump jetty* didapatkan nilai r sebesar 0.88284.

c. Distribusi Weibull

$$F(t_i) = \frac{1 - 0.3}{10 + 0.4} = 0.06731$$

$$X_i = \ln t_i = 3.332205$$

$$Y_i = \ln \left[\ln \left[\frac{1}{1 - 0.08333} \right] \right] = -2.66384$$

Tabel 4. 15 Perhitungan Distribusi *Weibull Reciprocating*

i	ti	Xi=ln ti	Xi ²	F(ti)	Yi	Yi ²	Xi.Yi
1	28	3.332205	11.10359	0.06731	-2.66384	7.09606	-8.87647
2	29	3.367296	11.33868	0.16346	-1.72326	2.96964	-5.80274
3	39	3.663562	13.42168	0.25962	-1.20202	1.44486	-4.40369
4	54	3.988984	15.91199	0.35577	-0.82167	0.67514	-3.27761
5	57	4.043051	16.34626	0.45192	-0.50860	0.25867	-2.05628
6	57	4.043051	16.34626	0.54808	-0.23037	0.05307	-0.93138
7	57	4.043051	16.34626	0.64423	0.03292	0.00108	0.13312
8	57	4.043051	16.34626	0.74038	0.29903	0.08942	1.20901
9	57	4.043051	16.34626	0.83654	0.59398	0.35281	2.40148
10	166	5.111988	26.13242	0.93269	0.99269	0.98543	5.07461
Total		39.6793	159.64	5	-5.23113	13.92617	-16.52995

$$(10 \times 159.64 - 39.6793^2) - (39.6793 \times (-5.23113))$$

$$r = \frac{(10 \times 159.64 - 39.6793^2) - (39.6793 \times (-5.23113))}{\sqrt{(10 \times 159.64 - 39.6793^2) \times ((10 \times 13.92617) - (-5.23113^2))}}$$

$$r = 0.85286$$

Hasil dari perhitungan distribusi *weibull* untuk komponen *reciprocating pump jetty* didapatkan nilai r sebesar 0.85286.

d. Distribusi Eksponensial

$$F(ti) = \frac{1 - 0.3}{10 + 0.4} = 0.06731$$

$$Xi = ti = 28$$

$$Yi = \ln \left[\frac{1}{1 - 0.06731} \right] = 0.06968$$

Tabel 4. 16 Perhitungan Distribusi Eksponensial *Reciprocating*

i	ti	Xi=ti	Xi ²	F(ti)	Yi	Yi ²	Xi.Yi
1	28	28	784	0.06731	0.06968	0.00486	1.95104
2	29	29	841	0.16346	0.17848	0.03186	5.17600
3	39	39	1521	0.25962	0.30059	0.09035	11.72283
4	54	54	2916	0.35577	0.43970	0.19333	23.74371

i	ti	Xi=ti	Xi ²	F(ti)	Yi	Yi ²	Xi.Yi
5	57	57	3249	0.45192	0.60134	0.36161	34.27636
6	57	57	3249	0.54808	0.79424	0.63082	45.27187
7	57	57	3249	0.64423	1.03347	1.06807	58.90796
8	57	57	3249	0.74038	1.34855	1.81860	76.86758
9	57	57	3249	0.83654	1.81118	3.28036	103.23712
10	166	166	27556	0.93269	2.69848	7.28180	447.94780
Total	601	49863	5	9.27571	14.76166	809.10227	

$$r = \frac{(10 \times 809.10227) - (601 \times 9.27571)}{\sqrt{(10 \times 49863 - 601^2) \times ((10 \times 14.76166) - 9.27571^2)}}$$

$$r = 0.865$$

Hasil dari perhitungan distribusi eksponensial untuk komponen *reciprocating pump jetty* didapatkan nilai r sebesar 0.865. Berikut Tabel 4. 16 hasil nilai r atau *index of fit* dari komponen *reciprocating pump jetty*.

Tabel 4. 17 Hasil *Index of Fit* Komponen *Reciprocating*

Distribusi	Index of Fit
Normal	0.76654
Lognormal	0.88284
Weibull	0.85286
Ekspensial	0.86500

Berdasarkan Tabel 4. 17 diketahui bahwa nilai *index of fit* terbesar ada pada distribusi normal dengan nilai *index of fit* 0.88284, hal ini menunjukkan bahwa jenis distribusi waktu kegagalan untuk komponen *reciprocating pump jetty* adalah lognormal.

4.4 Analisis Reliabilitas

Jenis distribusi yang digunakan pada komponen *bearing* pampancur, *mechanical seal* RU05, dan *reciprocating pump jetty* adalah distribusi lognormal. Penentuan jenis distribusi waktu kegagalan yang dilakukan, didapatkan nilai *mean time to failure* (MTTF), dan parameter bentuk (s), serta parameter lokasi (t_{med}) untuk mengetahui nilai reliabilitas dari masing-masing komponen.

4.4.1 Reliabilitas Bearing Pampancur

Analisis reliabilitas dilakukan berdasarkan hasil distribusi lognormal. Dari distribusi lognormal dihasilkan nilai MTTF sebesar 34.32, parameter t_{med} sebesar 29.2 dan parameter s sebesar 0.568. Nilai tersebut kemudian digunakan untuk menghitung nilai reliabilitas komponen *bearing* pampancur. Perhitungan reliabilitas pada saat $t = 34.32$ sebagai berikut.

$$F(34.32) = \Phi \left[\frac{1}{0.568} \ln \frac{34.32}{29.2} \right] = 0.612$$

$$R(34.32) = 1 - F(34.32) = 0.3881$$

Hasil reliabilitas dari *bearing* pampancur pada hari ke-34.32 sebelum dilakukan *preventive maintenance* adalah 0.3881 atau 38.81 %. Kemudian dilakukan simulasi *preventive maintenance* dengan waktu 28 hari karena nilai reliabilitas yang diinginkan diatas 50 %. Pada perhitungan reliabilitas sampai dengan hari ke-28 didapatkan hasil sebesar 52.94 %. Langkah selanjutnya adalah perhitungan nilai peluang keandalan untuk waktu $t-nT$ dari tindakan *preventive maintenance*, nilai peluang keandalan pada saat hari ke-35 dihitung sebagai berikut.

$$R(35 - 28) = 1 - \Phi \left[\frac{1}{0.568} \ln \frac{35 - 28}{29.2} \right] = 0.994$$

Hasil peluang keandalan pada saat $t = 35$ sebesar 0.994 atau 99.4 %, sehingga dapat ditentukan nilai dari peluang keandalan komponen yang dilakukan *preventive maintenance* $R_m(t)$ pada saat $t = 35$ dengan perhitungan sebagai berikut.

$$R_m(35) = R(35)^1 \times R(35 - 28) = 0.3727$$

Hasil peluang keandalan komponen yang dilakukan *preventive maintenance* $R_m(t)$ pada saat $t = 35$ sebesar 0.3727 atau 37.27 %. Hasil perhitungan sampai dengan $t = 49$ hari disajikan pada Tabel 4. 18 dibawah ini.

Tabel 4. 18 Reliabilitas *Bearing* Pampancur

t	F(t)	R(t)	n	t	t-nT	R(T) ⁿ	R(t-nT)	R _m (t)
7	0.0060	0.9940	0	0	7	1	0.9940	0.9940
14	0.0980	0.9020	0	0	14	1	0.9020	0.9020
21	0.2810	0.7190	0	0	21	1	0.7190	0.7190
28	0.4706	0.5294	1	28	0	0.5294	1	0.5294
35	0.6251	0.3749	1	28	7	0.3749	0.9940	0.3727
42	0.7388	0.2612	1	28	14	0.2612	0.9020	0.2356
49	0.8188	0.1812	1	28	21	0.1812	0.7190	0.1303

4.4.2 Reliabilitas *Mechanical Seal* RU05

Analisis reliabilitas dilakukan berdasarkan hasil distribusi lognormal. Dari distribusi lognormal dihasilkan nilai MTTF sebesar 63.911, parameter t_{med} sebesar 61.092 dan nilai parameter *scale* 0.3003. Nilai dari hasil distribusi lognormal kemudian digunakan untuk menghitung nilai reliabilitas komponen *mechanical seal* RU05. Perhitungan reliabilitas pada saat $t = 63.911$ sebagai berikut.

$$F(63.911) = \Phi \left[\frac{1}{0.3003} \ln \frac{63.911}{61.092} \right] = 0.5597$$

$$R(63.911) = 1 - F(63.911) = 0.4403$$

Hasil reliabilitas dari *mechanical seal* RU05 pada hari ke-63.911 sebelum dilakukan *preventive maintenance* adalah 0.4403 atau 44.03 %. Kemudian dilakukan simulasi *preventive maintenance* dengan waktu 63 hari karena nilai reliabilitas yang diinginkan diatas 50 %. Pada perhitungan reliabilitas sampai dengan hari ke-56 didapatkan hasil sebesar 61.40 %. Langkah selanjutnya adalah perhitungan nilai peluang keandalan untuk waktu $t-nT$ dari tindakan *preventive maintenance*, nilai peluang keandalan pada saat hari ke-63 dihitung sebagai berikut.

$$R(63 - 56) = 1 - \phi \left[\frac{1}{0.3003} \ln \frac{63 - 56}{61.092} \right] = 0.9999$$

Hasil peluang keandalan pada saat $t = 63$ sebesar 0.9999 atau 99.99 %, sehingga dapat ditentukan nilai dari peluang keandalan komponen yang dilakukan *preventive maintenance* $R_m(t)$ pada hari ke-63 dengan perhitungan sebagai berikut.

$$R_m(63) = R(63)^1 \times R(63 - 56) = 0.61401$$

Hasil peluang keandalan komponen yang dilakukan *preventive maintenance* $R_m(t)$ pada saat $t = 63$ sebesar 0.61401 atau 61.40 %. Hasil perhitungan sampai dengan $t = 105$ hari disajikan pada Tabel 4. 19 berikut.

Tabel 4. 19 Reliabilitas *Mechanical Seal* RU05

t	F(t)	R(t)	n	t	t-nT	R(T) ⁿ	R(t-nT)	Rm(t)
7	2.73153E-13	0.99999	0	0	7	1	0.99999	0.99999
14	4.6611E-07	0.99999	0	0	14	1	0.99999	0.99999
21	0.00019	0.99981	0	0	21	1	0.99981	0.99981
28	0.00469	0.99531	0	0	28	1	0.99531	0.99531
35	0.03182	0.96818	0	0	35	1	0.96818	0.96818
42	0.10608	0.89392	0	0	42	1	0.89392	0.89392
49	0.23136	0.76864	0	0	49	1	0.76864	0.76864
56	0.38599	0.61401	1	56	0	0.61401	1	0.61401
63	0.54077	0.45923	1	56	7	0.61401	0.99999	0.61401
70	0.67478	0.32522	1	56	14	0.61401	0.99999	0.61401
77	0.77950	0.22050	1	56	21	0.61401	0.99981	0.61390
84	0.85547	0.14453	1	56	28	0.61401	0.99531	0.61113
91	0.90770	0.09230	1	56	35	0.61401	0.96818	0.59447

t	F(t)	R(t)	n	t	t-nT	R(T) ⁿ	R(t-nT)	Rm(t)
98	0.94219	0.05781	1	56	42	0.61401	0.89392	0.54887
105	0.96432	0.03568	1	56	49	0.61401	0.76864	0.47195

4.4.3 Reliabilitas *Reciprocating Pump Jetty*

Analisis reliabilitas dilakukan berdasarkan hasil distribusi lognormal. Dari distribusi lognormal dihasilkan nilai MTTF sebesar 70.3865, parameter t_{med} sebesar 52.875 dan nilai parameter *scale* 0.7564. Nilai dari hasil distribusi lognormal kemudian digunakan untuk menghitung nilai reliabilitas komponen *reciprocating pump jetty*. Perhitungan reliabilitas pada saat $t = 70.3865$ sebagai berikut.

$$F(70.3865) = \Phi \left[\frac{1}{0.7564} \ln \frac{70.3865}{52.875} \right] = 0.6474$$

$$R(70.3865) = 1 - F(70.3865) = 0.3526$$

Hasil reliabilitas dari *reciprocating pump jetty* pada hari ke-70.3865 sebelum dilakukan *preventive maintenance* adalah 0.3526 atau 35.26 %. Kemudian dilakukan simulasi *preventive maintenance* dengan waktu 49 hari karena nilai reliabilitas yang diinginkan diatas 50 %. Pada perhitungan reliabilitas sampai dengan hari ke-49 didapatkan hasil sebesar 54 %. Langkah selanjutnya adalah perhitungan nilai peluang keandalan untuk waktu $t-nT$ dari tindakan *preventive maintenance*, nilai peluang keandalan pada saat hari ke-56 dihitung sebagai berikut.

$$R(56 - 49) = 1 - \Phi \left[\frac{1}{0.7564} \ln \frac{56 - 49}{52.875} \right] = 0.9962$$

Hasil peluang keandalan pada saat $t = 56$ sebesar 0.9962 atau 99.62 %, sehingga dapat ditentukan nilai dari peluang keandalan komponen yang dilakukan *preventive maintenance* $Rm(t)$ pada saat $t = 56$ dengan perhitungan sebagai berikut.

$$Rm(56) = R(56)^1 \times R(56 - 49) = 0.4680$$

Hasil peluang keandalan komponen yang dilakukan *preventive maintenance* $R_m(t)$ pada saat $t = 56$ sebesar 0.4680 atau 46.80 %. Hasil perhitungan sampai dengan $t = 91$ hari disajikan pada Tabel 4. 20 berikut.

Tabel 4. 20 Reliabilitas *Reciprocating Pump Jetty*

t	$F(t)$	$R(t)$	n	t	$t-nT$	$R(T)^n$	$R(t-nT)$	$R_m(t)$
7	0.0038	0.9962	0	0	7	1	0.9962	0.9962
14	0.0395	0.9605	0	0	14	1	0.9605	0.9605
21	0.1111	0.8889	0	0	21	1	0.8889	0.8889
28	0.2003	0.7997	0	0	28	1	0.7997	0.7997
35	0.2927	0.7073	0	0	35	1	0.7073	0.7073
42	0.3804	0.6196	0	0	42	1	0.6196	0.6196
49	0.4599	0.5401	1	49	0	0.5401	1	0.5401
56	0.5303	0.4697	1	49	7	0.4697	0.9962	0.4680
63	0.5916	0.4084	1	49	14	0.4084	0.9605	0.3923
70	0.6447	0.3553	1	49	21	0.3553	0.8889	0.3159
77	0.6904	0.3096	1	49	28	0.3096	0.7997	0.2476
84	0.7297	0.2703	1	49	35	0.2703	0.7073	0.1912
91	0.7636	0.2364	1	49	42	0.2364	0.6196	0.1465

BAB V

PEMBAHASAN

5.1 Jenis Distribusi Komponen

Jenis distribusi kerusakan yang digunakan pada komponen *bearing* pampancar, *mechanical seal* RU05, dan *reciprocating pump jetty* adalah distribusi lognormal. Penentuan distribusi lognormal menghasilkan nilai MTTF, s (parameter bentuk), dan t_{med} (parameter lokasi) yang didapatkan dari perhitungan *index of fit*.

5.1.1 Distribusi Komponen *Bearing*

Jenis distribusi kerusakan pada komponen *bearing* pampancar ditentukan oleh perhitungan *index of fit* dari 4 jenis distribusi pada tabel 5.1 nilai *index of fit* distribusi *bearing* berikut.

Tabel 5. 1 Nilai *Index of Fit* Komponen *Bearing* Pampancar

Distribusi	<i>Index of Fit</i>
Normal	0.76264
Lognormal	0.94397
Weibull	0.88058
Eksponensial	0.90393

Berdasarkan perhitungan *index of fit* pada komponen *bearing*, distribusi lognormal memiliki nilai *index of fit* terbesar. Sehingga jenis distribusi yang digunakan pada komponen *bearing* adalah jenis distribusi lognormal. Perhitungan pada distribusi lognormal dihasilkan nilai MTTF dan 2 parameter, yaitu parameter s , dan parameter t_{med} .

Tabel 5. 2 Hasil *Index of Fit* Distribusi Lognormal *Bearing* Pampancur

MTTF	34.31868
Parameter s	0.568496
Parameter t_{med}	29.19787

Tabel 5. 2 menunjukkan nilai parameter distribusi lognormal pada komponen *bearing* dengan nilai rata-rata waktu mesin sampai mengalami kerusakan adalah 34.31868, nilai parameter bentuk (s) yang didapat 0.568496, serta nilai parameter lokasi (t_{med}) adalah 29.19787.

5.1.2 Distribusi Komponen *Mechanical Seal*

Jenis distribusi kerusakan pada komponen *mechanical seal* RU05 ditentukan oleh perhitungan *index of fit* dari 4 jenis distribusi pada tabel 5. 3 nilai *index of fit* distribusi *mechanical seal* RU05 berikut.

Tabel 5. 3 Nilai *Index Of Fit* Komponen *Mechanical Seal* RU05

Distribusi	<i>Index of Fit</i>
Normal	0.91255
Lognormal	0.91133
Weibull	0.89377
Eksponensial	0.87663

Berdasarkan perhitungan *index of fit* pada komponen *mechanical seal*, distribusi lognormal memiliki nilai *index of fit* terbesar. Sehingga jenis distribusi yang digunakan pada komponen *mechanical seal* adalah jenis distribusi lognormal. Perhitungan pada distribusi lognormal dihasilkan nilai MTTF dan 2 parameter, yaitu parameter s , dan t_{med} .

Tabel 5. 4 Hasil *Index of Fit* Distribusi Lognormal *Mechanical Seal* RU05

MTTF	63.91111
Parameter s	0.300347
Parameter t_{med}	61.09249

Tabel 5. 4 menunjukkan nilai parameter distribusi lognormal pada komponen *mechanical seal* RU05 dengan nilai rata-rata waktu mesin sampai mengalami kerusakan adalah 63.91111, nilai parameter bentuk (s) yang didapat 0.300347, serta nilai parameter lokasi (t_{med}) adalah 61.09249.

5.1.3 Distribusi *Komponen Reciprocating*

Jenis distribusi kerusakan pada komponen *reciprocating pump jetty* ditentukan oleh perhitungan *index of fit* dari 4 jenis distribusi pada tabel 5. 5 nilai *index of fit* distribusi *reciprocating* berikut.

Tabel 5. 5 Nilai *Index Of Fit* Komponen *Reciprocating Pump Jetty*

Distribusi	<i>Index of Fit</i>
Normal	0.76654
Lognormal	0.88284
Weibull	0.85286
Eksponensial	0.86500

Berdasarkan perhitungan *index of fit* pada komponen *reciprocating pump jetty*, nilai *index of fit* terbesar didapatkan pada distribusi lognormal. Sehingga jenis distribusi yang digunakan pada komponen *reciprocating* adalah jenis distribusi lognormal. Perhitungan pada distribusi lognormal dihasilkan nilai MTTF, s (parameter bentuk), dan t_{med} (parameter lokasi) yang didapatkan dari perhitungan *index of fit*.

Tabel 5. 6 Hasil *Index of Fit* Distribusi Lognormal *Reciprocating Pump Jetty*

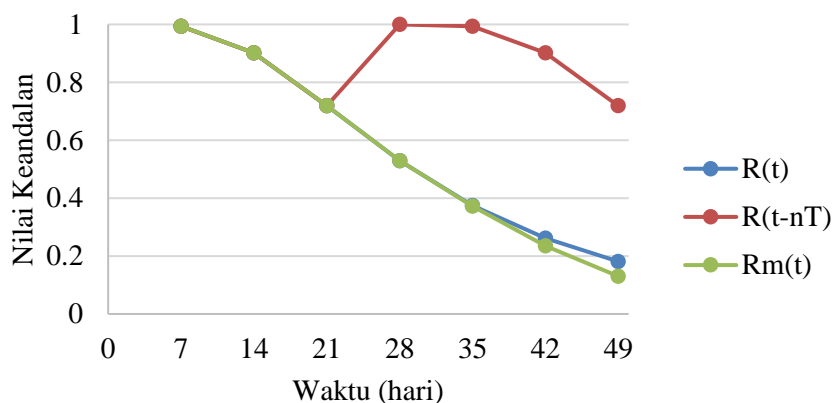
MTTF	70.38652
Parameter s	0.756403
Parameter t_{med}	52.87491

Tabel 5. 6 menunjukkan nilai parameter distribusi lognormal pada komponen *reciprocating* dengan nilai rata-rata waktu mesin sampai mengalami kerusakan adalah 70.38652 hari, nilai parameter bentuk (s) yang didapat 0.756403, serta nilai parameter lokasi (t_{med}) adalah 52.87491.

5.2 Keandalan Komponen

5.2.1 Keandalan Komponen *Bearing* Pampancur

Hasil Analisa reliabilitas pada komponen *bearing* pampancur, didapatkan nilai MTTF sebesar 34.31868 hari dengan nilai keandalan sebesar 38.81 % , oleh karena itu dilakukan simulasi perhitungan *preventive maintenance* pada interval 28 hari dimana pada interval tersebut nilai reliabilitas sebesar 52.94 % . Hasil simulasi *preventive maintenance* komponen *bearing* pampancur ditunjukkan pada Gambar 5.1 berikut.

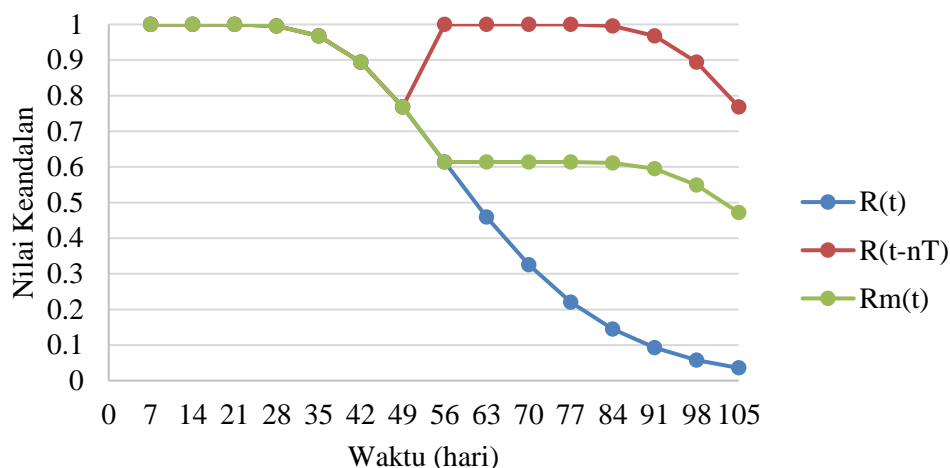


Gambar 5. 1 Simulasi *Preventive Maintenance Bearing* Pampancur

Berdasarkan simulasi *preventive maintenance bearing* pampancur didapatkan hasil, yaitu terdapat perubahan, tetapi tidak signifikan dari nilai keandalan sebelum dilakukan *preventive maintenance* dengan setelah dilakukan *preventive maintenance*. Hal ini dikarenakan pada distribusi lognormal, laju kerusakan tidak dipengaruhi oleh umur mesin. Sehingga perusahaan perlu melakukan kegiatan *preventive maintenance* untuk meningkatkan nilai keandalan komponen *bearing*.

5.2.2 Keandalan Komponen *Mechanical Seal RU05*

Hasil Analisa reliabilitas pada komponen *mechanical seal RU05*, didapatkan nilai MTTF sebesar 63.911 hari dengan nilai keandalan sebesar 44.03 % , oleh karena itu dilakukan simulasi perhitungan *preventive maintenance* pada interval 56 hari dimana pada interval tersebut nilai reliabilitas sebesar 61.40 %. Hasil simulasi *preventive maintenance* komponen *mechanical seal RU05* ditunjukkan pada Gambar 5. 2 berikut.

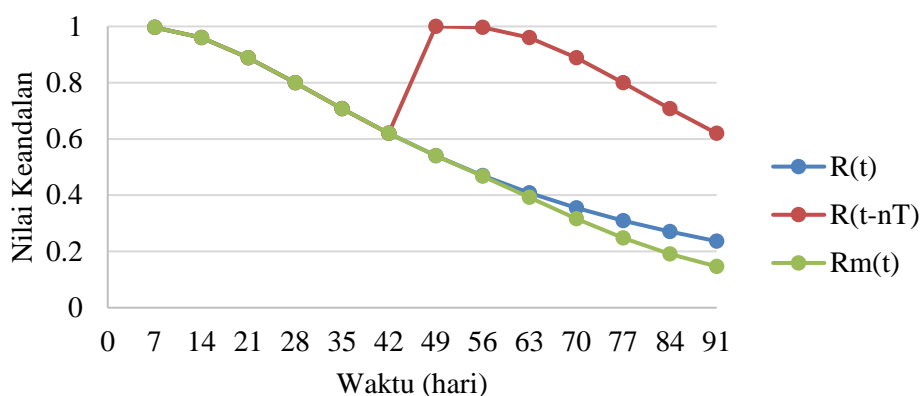


Gambar 5. 2 Simulasi *Preventive Maintenance Mechanical Seal* RU05

Berdasarkan simulasi *preventive maintenance mechanical seal* RU05 didapatkan hasil, yaitu terdapat perubahan yang signifikan dari nilai keandalan sebelum dilakukan *preventive maintenance* dengan setelah dilakukan *preventive maintenance*. Sehingga perusahaan perlu melakukan kegiatan *preventive maintenance* untuk meningkatkan nilai keandalan komponen *mechanical seal* RU05.

5.2.3 Keandalan *Komponen Reciprocating Pump Jetty*

Hasil analisa reliabilitas pada komponen *reciprocating pump jetty*, didapatkan nilai MTTF sebesar 70.3865 hari dengan nilai keandalan sebesar 35.26 % , oleh karena itu dilakukan simulasi perhitungan *preventive maintenance* pada interval 49 hari dimana pada interval tersebut nilai reliabilitas sebesar 54 %. Hasil simulasi *preventive maintenance* komponen *reciprocating pump jetty* ditunjukkan pada Gambar 5. 3 berikut.



Gambar 5. 3 Simulasi *Preventive Maintenance Reciprocating Pump Jetty*

Berdasarkan simulasi *preventive maintenance* pada *reciprocating pump jetty* didapatkan hasil, yaitu terdapat perubahan yang signifikan dari nilai keandalan sebelum dilakukan *preventive maintenance* dengan setelah dilakukan *preventive maintenance*. Sehingga perusahaan perlu melakukan kegiatan *preventive maintenance* untuk meningkatkan nilai keandalan komponen *reciprocating pump jetty*.

5.3 Kebijakan Perawatan

Kebijakan perawatan perlu dilakukan oleh perusahaan untuk meningkatkan nilai keandalan masing-masing komponen. Berdasarkan simulasi *preventive maintenance* pada sub bab sebelumnya maka didapatkan hasil yang ditunjukkan pada Tabel 5.7 dibawah ini.

Tabel 5. 7 Usulan Kebijakan *Preventive Maintenance*

Komponen	MTTF (Hari)	Keandalan saat Kegagalan	Keandalan > 50 % (Hari)	Keandalan > 70 % (Hari)	Kebijakan Perawatan
<i>Bearing Pampancur</i>	34.31868	38.81%	28	21	Pemeriksaan

Komponen	MTTF (Hari)	Keandalan saat Kegagalan	Keandalan > 50 % (Hari)	Keandalan > 70 % (Hari)	Kebijakan Perawatan
<i>Mechanical Seal RU05</i>	63.91111	44.03%	63	49	Pemeriksaan
<i>Reciprocating Pump Jetty</i>	70.38652	35%	49	35	Pemeriksaan

Kebijakan perawatan untuk komponen *bearing* pampancar, *mechanical seal* RU05, dan *reciprocating pump jetty* perlu dilakukan *preventive maintenance* pada saat keandalan komponen berada pada nilai diatas 70 % dengan interval masing-masing 21, 49, dan 63 hari. Pada ketiga komponen terdapat peningkatan keandalan setelah dilakukan kebijakan *preventive maintenance* dengan tindakan pemeriksaan komponen mesin sebagai kebijakan perawatannya. Pemeriksaan dilakukan untuk mengetahui kondisi serta melakukan kalibrasi sesuai dengan SOP perusahaan.

Berdasarkan kebijakan perusahaan, waktu untuk melakukan penggantian komponen membutuhkan waktu 8 jam setiap komponennya, sementara untuk melakukan pemeriksaan komponen diperlukan waktu 1 jam. Perbandingan jumlah dan waktu *breakdown* berdasarkan sebelum dan sesudah adanya kebijakan perawatan *preventive maintenance* ditunjukkan pada tabel 5. 8 dan tabel 5. 9 berikut.

Tabel 5. 8 Waktu *Breakdown* Sebelum Kebijakan *Preventive Maintenance*

Komponen	MTTF	Jumlah <i>Breakdown</i> /tahun	Waktu <i>Breakdown</i> (Jam)
<i>Bearing</i> Pampancar	34.3187	11	11
<i>Mechanical Seal</i> RU05	63.9111	6	48
<i>Reciprocating Pump</i> Jetty	70.3865	5	40
Jumlah			99

Tabel 5. 9 Waktu *Breakdown* Sesudah Kebijakan *Preventive Maintenance*

Komponen	Interval Baru (hari)	Jumlah Breakdown/tahun	Waktu Breakdown (Jam)
<i>Bearing Pampancur</i>	21	17	17
<i>Mechanical Seal RU05</i>	49	7	7
<i>Reciprocating Pump Jetty</i>	35	10	10
Jumlah			35

Berdasarkan kedua tabel diatas, perbandingan waktu *breakdown* yang terjadi dalam satu tahun sebelum dengan sesudah adanya kebijakan perawatan. Sebelum adanya kebijakan perawatan, waktu *breakdown* untuk ketiga komponen tersebut sebesar 99 jam dalam satu tahun sedangkan sesudah adanya kebijakan perawatan waktu *breakdown* untuk ketiga komponen tersebut turun menjadi 35 jam dalam satu tahun. Kebijakan perawatan yang dilakukan pada perusahaan dapat menghemat waktu *downtime* sebesar 64 jam dalam satu tahun.

BAB VI

KESIMPULAN DAN SARAN

6.1 Kesimpulan

1. Perencanaan kebijakan perawatan *preventive maintenance* perlu dilakukan karena hasil simulasi *preventive maintenance* pada ketiga komponen tersebut mengalami kenaikan nilai keandalan. Kebijakan perawatan akan lebih optimal apabila perawatan dilakukan pada waktu keandalan komponen diatas 70 %.
2. Bentuk kebijakan perawatan *preventive maintenance* dapat diterapkan pada ketiga komponen dengan pemeriksaan komponen rutin sesuai dengan SOP perusahaan pada saat keadaan normal mesin.
3. Penerapan kebijakan perawatan baru pada perusahaan dapat menghemat waktu *downtime* sebesar 64 jam dalam satu tahun.

6.2 Saran

Saran yang dapat diberikan untuk perusahaan maupun penelitian selanjutnya antarlain:

1. Perlu perhatian terhadap faktor penyebab terjadinya kegagalan pada data komponen mesin agar dapat menghasilkan analisis perawatan yang lebih tepat.
2. Penelitian dapat dilanjutkan dengan menggunakan metode perawatan yang lain mengingat masih banyak metode yang dapat digunakan dalam analisis perawatan.

DAFTAR PUSTAKA

- Afefy, Islam H., A. Mohib, A. M. El-kamash, and M. A. Mahmoud. 2019. "A New Framework of Reliability Centered Maintenance." *Jordan Journal of Mechanical and Industrial Engineering* 175-190.
- Alwi, M. Rusydi. 2016. "Reliability Centered Maintenance dalam Perawatan F.O. Service Pump Sistem Bahan Bakar Kapal Ikan." *Jurnal Riset dan Teknologi Kelautan (JRTK)*.
- Atmaji, Fransiskus Tatas Dwi. 2015. "Optimasi jadwal Perawatan Pencegahan Pada Mesin Tenun Unit Satu Di PT. KSM." *Jurnal Rekayasa Sistem Industri* 7-11.
- Dhillon, B S. 1997. *Reliability Engineering in System Design and Operation*. Singapore: Van Nostrand Reinhold Company, Inc.
- Ebeling, C E. 2000. *An Introduction to Reliability and Maintainability Engineering*. Singapore: McGraw-Hill Companies Inc.
- Kusuma, Dinda Tria, Endang Budiasih, and Aji Pamoso. 2020. "Usulan Kebijakan Perawatan pada Mesin Pompa COSORB P-201 dengan Menggunakan Metode Reliability Centered Maintenance (RCM) di PT ANS." *e-Proceeding of Engineering*. Bandung. 9625.
- Kusuma, Trio Yonathan Teja, Andhira Farizki Santoso, and Ahmad Muzaeni. 2019. "Analisis Pemeliharaan KSB WKTB Pump Pada Well Pad 28 di PT. Geo Dipa Energi (Persero) Unit I Dieng Dengan Menggunakan Overall Equipment Effectiveness (OEE) dan Reliability Centered Maintenance (RCM)." *Industry Xplore*.
- Maulidina, Liza Nafiah, Fransiskus Tatas Dwi Atmaji, and Judi Alhilman. 2019. "The Proposed Maintenance Task for Plastic Injection Machine Using Reliability and Risk Centered Maintenance (RRCM) Method in Manufacturing Industry." *ComTech: Computer, Mathematics and Engineering Applications* 83-92.
- Moubray, John. 1997. *Reliability-Centered Maintenance, 2nd edition*. Industrial Press, Inc.

- O'Connor, P. 1992. *Practical Reliability Engineering*. Chicester: John Wiley & Sons.
- Okwuobi, Samuel, Felix Ishola, Oluseyi Ajayi, Enesi Salawu, Abraham Aworinde, Obafemi Olatunji, and Stephen A. Akinlabi. 2018. "A Reliability-Centered Maintenance Study for an Individual Section-Forming Machine." *journal machines* 50.
- Pham, H, and H Wang. 2006. "Springer Series in Reliability Engineering." <https://doi.org/10.1007/978-1-4588-2>.
- Priyanta, Dwi, Nurhadi Siswantoro, and Rizky Agung Sukandar. 2019. "Determination of Maintenance Task on Rotary Equipment Using Reliability Centered Maintenance II Method." *International Journal of Marine Engineering Innovation and Research* 191-198.
- Ramakumar, R. 1993. *Engineering Reliability Fundamental And Applications*. Oklahoma: Pritntice-Hall Inc.
- Rizkya, Indah, Ikhsan Siregar, Khawarita Siregar, Rahim Matondang, and Enrico Waldo Henri. 2019. "Reliability Centered Maintenance to Determine Priority of Machine Damage Mode." *ICENIS 2019*. Medan: EDP Sciences. 125.
- Yavuz, Oguzhan, Ersin Dogan, Ergun Carus, and Ahmet Gorgulu. 2019. "Reliability Centered Maintenance Practices in Food Industry." *Procedia Computer Science*. Turkey: Elsevier B. V. 227-234.
- Zeinalnezhad, Masoomah, Abdoulmohammad Gholamzadeh Chofreh, Feybi Ariani Goni, and Jiri Jaromir Klemes. 2020. "Critical Success Factors of the Reliability Centered Maintenance Implementation in the Oil and Gas Industry." *Symmetry* 12 1585.

LAMPIRAN

Lampiran 1 Data kerusakan Pampancur

No. Urut	Waktu Kerusakan		Keterangan
	Mulai	Selesai	
1	29-01-14	20-01-16	Perbaikan <i>Bearing</i> Pampancur
2	19-02-14	20-01-16	Perbaikan <i>Bearing</i> Pampancur
3	19-03-14	20-01-16	Perbaikan <i>Production</i> Pampancur
4	07-11-14	20-01-16	Perbaikan <i>Distribution</i> Pampancur
5	20-03-15	20-01-16	Perbaikan <i>Production</i> Pampancur
6	09-06-15	20-01-16	Perbaikan <i>Bearing</i> Pampancur
7	08-09-15	20-01-16	Perbaikan <i>Production</i> Pampancur
8	28-01-16	13-05-16	Perbaikan <i>Bearing</i> Pampancur
9	16-03-16	13-05-16	Perbaikan <i>Bearing</i> Pampancur
10	13-04-16	27-04-16	Perbaikan <i>Production</i> Pampancur
11	02-06-16	16-06-16	Perbaikan <i>Distribution</i> Pampancur
12	14-11-16	28-11-16	Perbaikan <i>Distribution</i> Pampancur
13	08-02-17	22-02-17	Perbaikan <i>Distribution</i> Pampancur
14	12-04-17	26-04-17	Perbaikan <i>Distribution</i> Pampancur
15	04-05-17	18-05-17	Perbaikan <i>Bearing</i> Pampancur
16	12-05-17	26-05-17	Perbaikan <i>Distribution</i> Pampancur
17	12-05-17	26-05-17	Perbaikan <i>Distribution</i> Pampancur
18	12-05-17	26-05-17	Perbaikan <i>Distribution</i> Pampancur
19	12-05-17	26-05-17	Perbaikan <i>Distribution</i> Pampancur
20	31-05-17	14-06-17	Perbaikan <i>Distribution</i> Pampancur
21	11-07-17	25-07-17	Perbaikan <i>Production</i> Pampancur
22	29-09-17	13-10-17	Perbaikan <i>Distribution</i> Pampancur
23	02-10-17	16-10-17	Perbaikan <i>Distribution</i> Pampancur
24	27-11-17	11-12-17	Perbaikan <i>Bearing</i> Pampancur
25	29-03-18	12-04-18	Perbaikan <i>Production</i> Pampancur
26	14-05-18	28-05-18	Perbaikan <i>Bearing</i> Pampancur
27	16-11-18	11-01-19	Perbaikan <i>Bearing</i> Pampancur
28	14-03-19	28-03-19	Perbaikan <i>Production</i> Pampancur
29	28-05-19	18-06-19	Perbaikan <i>Bearing</i> Pampancur
30	10-06-19	24-06-19	Perbaikan <i>Production</i> Pampancur
31	16-07-19	06-08-19	Perbaikan <i>Bearing</i> Pampancur
32	24-09-19	29-10-19	Perbaikan <i>Bearing</i> Pampancur
33	29-11-19	31-12-19	Perbaikan <i>Bearing</i> Pampancur
34	06-01-20	20-01-20	Perbaikan <i>Distribution</i> Pampancur
35	23-01-20	31-03-20	Perbaikan <i>Bearing</i> Pampancur
36	25-02-20	31-03-20	Perbaikan <i>Bearing</i> Pampancur

Lampiran 2 Data kerusakan RU05

No. Urut	Waktu Kerusakan		Keterangan
	Mulai	Selesai	
1	26-06-13	21-01-16	Perbaikan Piston RU05
2	19-03-14	20-01-16	Perbaikan <i>Injection</i> RU05
3	29-06-15	17-02-16	Perbaikan Piston RU05
4	10-02-16	06-04-16	Perbaikan Piston RU05
5	11-06-16	24-11-16	Perbaikan Piston RU05
6	02-11-17	25-01-18	Perbaikan <i>mechanical seal</i> RU05
7	12-09-17	24-10-17	Perbaikan <i>mechanical seal</i> RU05
8	27-01-18	12-03-18	Perbaikan <i>mechanical seal</i> RU05
9	28-02-18	25-04-18	Perbaikan <i>Injection</i> RU05
10	05-03-18	19-03-18	Perbaikan <i>Bearing</i> RU05
11	10-04-18	24-04-18	Perbaikan <i>Bearing</i> RU05
12	04-05-18	27-07-18	Perbaikan <i>Bearing</i> RU05
13	17-05-18	30-07-18	Perbaikan <i>mechanical seal</i> RU05
14	27-08-18	10-10-18	Perbaikan <i>mechanical seal</i> RU05
15	08-11-18	03-01-19	Perbaikan <i>Injection</i> RU05
16	21-12-18	07-02-19	Perbaikan <i>mechanical seal</i> RU05
17	13-03-19	07-06-19	Perbaikan <i>mechanical seal</i> RU05
18	27-04-19	11-05-19	Perbaikan Piston RU05
19	02-05-19	27-06-19	Perbaikan <i>Injection</i> RU05
20	02-05-19	27-06-19	Perbaikan <i>Injection</i> RU05
21	27-05-19	04-10-19	Perbaikan <i>mechanical seal</i> RU05
22	15-10-19	10-12-19	Perbaikan <i>Injection</i> RU05
23	18-10-19	07-01-20	Perbaikan <i>mechanical seal</i> RU05

Lampiran 3 Data kerusakan *Pump Jetty*

No. Urut	Waktu Kerusakan		Keterangan
	Mulai	Selesai	
1	01-11-16	27-12-16	Perbaikan <i>Reciprocating Pump Jetty</i>
2	19-03-18	14-05-18	Perbaikan <i>Reciprocating Pump Jetty</i>
3	19-03-18	31-08-18	Perbaikan <i>Reciprocating Pump Jetty</i>
4	30-05-18	25-07-18	Perbaikan <i>Reciprocating Pump Jetty</i>
5	02-06-18	25-07-18	Perbaikan <i>Reciprocating Pump Jetty</i>
6	12-11-18	20-12-19	Perbaikan <i>Reciprocating Pump Jetty</i>
7	21-01-19	18-02-19	Perbaikan <i>Reciprocating Pump Jetty</i>
8	12-04-19	07-06-19	Perbaikan <i>Reciprocating Pump Jetty</i>
9	28-06-19	25-07-19	Perbaikan <i>Reciprocating Pump Jetty</i>
10	18-07-19	12-09-19	Perbaikan <i>Oil Catcher Pump Jetty</i>
11	01-08-19	26-09-19	Perbaikan <i>Reciprocating Pump Jetty</i>
12	01-11-19	28-12-19	Perbaikan <i>Reciprocating Pump Jetty</i>

Lampiran 4 Data kerusakan WTP

No. Urut	Waktu Kerusakan		Keterangan
	Mulai	Selesai	
1	03-03-15	20-01-16	Perbaikan <i>Bearing</i> WTP
2	16-05-16	08-08-16	Perbaikan <i>Flocculator</i> WTP
3	23-05-16	06-06-16	Perbaikan <i>Coupling</i> WTP
4	28-02-18	25-04-18	Perbaikan <i>Flocculator</i> WTP
5	22-05-18	05-06-18	Perbaikan <i>Bearing</i> WTP
6	19-07-18	02-08-18	Perbaikan <i>Bearing</i> WTP



Lampiran 5 Data kerusakan *Jokey Pump*

No. Urut	Waktu Kerusakan		Keterangan
	Mulai	Selesai	
1	06-03-15	20-01-16	Perbaikan Motor <i>Jokey Pump</i>
2	15-01-16	15-11-17	Perbaikan Motor <i>Jokey Pump</i>
3	15-01-16	15-11-17	Perbaikan Motor <i>Jokey Pump</i>
4	17-05-19	31-05-19	Perbaikan <i>Chemical Jokey Pump</i>

