



**ANALISA KEANDALAN INSTRUMEN PADA *RECOVERY BOILER*
MENGUNAKAN METODE *RELIABILITY CENTERED*
MAINTENANCE (RCM) PT. INDAH KIAT
*PULP AND PAPER***

TUGAS AKHIR

Diajukan Sebagai Salah Satu Syarat untuk Memperoleh Gelar Sarjana Teknik pada
Program Studi Teknik Elektro Fakultas Sains dan Teknologi



UIN SUSKA RIAU

Oleh:

SHALIHIN

11750515133

**PROGRAM STUDI TEKNIK ELEKTRO
FAKULTAS SAINS DAN TEKNOLOGI
UNIVERSITAS ISLAM NEGERI SULTAN SYARIF KASIM RIAU
PEKANBARU**

2021



LEMBAR PERSETUJUAN

**ANALISA KEANDALAN INSTRUMEN PADA RECOVERY BOILER
MENGUNAKAN METODE RELIABILITY CENTERED
MAINTENANCE (RCM) PT. INDAH KIAT
PULP AND PAPER**

TUGAS AKHIR

Oleh:

SHALIHIN

11750515133

Telah diperiksa dan disetujui sebagai Laporan Tugas Akhir Program Studi Teknik Elektro
di Pekanbaru, pada tanggal 3 Desember 2021

Ketua Program Studi

Digitally
signed by
Zulfatri Aini
Tanggal:
2022.01.28
13:27:03 WIB

Dr. Zulfatri, S.T., M.T
NIP. 197210212 006042 001

Pembimbing

Jufrizel, ST., MT
NIP. 19740719 200604 1 001

© Halalscripta milik UIN Suska Riau

Site Islamic University of Sultan Syarif Kasim Riau

Hak Cipta Dilindungi Undang-Undang

1. Dilarang mengutip sebagian atau seluruh karya tulis ini tanpa mencantumkan dan menyebutkan sumber.
 - a. Pengutipan hanya untuk kepentingan pendidikan, penelitian, penulisan karya ilmiah, penyusunan laporan, penulisan kritik atau tinjauan satu masalah.
 - b. Pengutipan tidak merugikan kepentingan yang wajar UIN Suska Riau.
2. Dilarang mengumumkan dan memperbanyak sebagian atau seluruh karya tulis ini dalam bentuk apapun tanpa izin UIN Suska Riau.



LEMBAR PENGESAHAN

**ANALISA KEANDALAN INSTRUMEN PADA RECOVERY BOILER
MENGUNAKAN METODE RELIABILITY CENTERED
MAINTENANCE (RCM) PT. INDAH KIAT
PULP AND PAPER**

TUGAS AKHIR

Oleh:

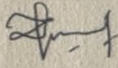
SHALIHIN
11750515133

Telah dipertahankan di depan Sidang Dewan Penguji
sebagai salah satu syarat untuk memperoleh gelar Sarjana Teknik
Fakultas Sains dan Teknologi Universitas Islam Negeri Sultan Syarif Kasim Riau
di Pekanbaru, pada tanggal 3 Desember 2021

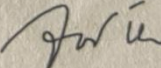
Pekanbaru, 3 Desember 2021

Mengesahkan,

Ketua Program Studi


Digitally signed
by Zulfatri Aini
Tanggal:
2022.01.28
13:26:39 WIB

Dr. Zulfatri, S.T., M.T.
NIP. 197210212 006042 001

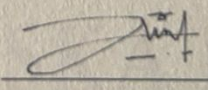



Abdillah
Tanggal: 28-01-
2022 12:25:13

Dekan


Dr. Hartono, M.Pd.
NIP. 19640301199203 1 003

DEWAN PENGUJI :

- Ketua** : Abdillah, S.Si., MT
- Sekretaris** : Jufrizel, ST., MT
- Anggota I** : Aulia Ullah, ST., M.Eng
- Anggota II** : Putut Son Maria, S.ST., MT

Hak cipta Dilindungi Undang-Undang
1. Dilarang mengutip sebagian atau seluruh karya tulis ini tanpa mencantumkan sumber.
a. Pengutipan hanya untuk kepentingan pendidikan, penelitian, penulisan karya ilmiah, penyusunan laporan, penulisan kritik atau tinjauan satu masalah.
b. Pengutipan tidak merugikan kepentingan yang wajar UIN Suska Riau.
2. Dilarang mengumumkan dan memperbanyak sebagian atau seluruh karya tulis ini dalam bentuk apapun tanpa izin UIN Suska Riau.

© Hak cipta milik UIN Suska Riau

SURAT PERNYATAAN

Saya yang bertandatangan dibawah ini :

Nama : SHALIHIN
NIM : 11750515133
Tempat/Tg.Lahir : PERAWANG 104 MEI 1999
Fakultas/Pascasarjana : SAINS DAN TEKNOLOGI
Judul Disertasi/Thesis/Skripsi/Karya Ilmiah lainnya * :

ANALISA KEANDALAN INSTRUMEN PADA RECOVERY
BOILER MENGGUNAKAN METODE RELIABILITY
CENTERED MAINTENANCE (RCM) PT. INDAH KIAT
PULP AND PAPER.

Menyatakan dengan sebenar-benarnya bahwa :

1. Penulisan Disertasi/Thesis/Skripsi/Karya Ilmiah lainnya * dengan judul sebagaimana tersebut diatas adalah hasil pemikiran dan penelitian saya sendiri
2. Semua kutipan pada karya tulis saya sudah disebutkan sumbernya.
3. Oleh karena itu Disertasi/Thesis/Skripsi/Karya Ilmiah lainnya * saya ini, saya nyatakan bebas dari plagiat
4. Apabila dikemudian hari terbukti terdapat plagiat dalam penulisan Disertasi/Thesis/Skripsi/Karya Ilmiah lainnya * saya tersebut, maka saya bersedia menerima sanksi sesuai peraturan perundang-undangan

Demikianlah surat pernyataan ini saya buat dengan penuh kesadaran dan tanpa paksaan dari pihak manapun juga.

Pekanbaru, 31 Januari 2022

Yang membuat pernyataan



Shalihin
SHALIHIN

NIM 11750515133

- Pilih salah satu sesuai jenis karya tulis

Hak Cipta Dilindungi Undang-Undang
1. Diarangi mengutip sebagian atau seluruh karya tulis ini tanpa mencantumkan dan menyebutkan sumber.
a. Pengutipan hanya untuk kepentingan pendidikan, penelitian, penulisan karya ilmiah, penyusunan laporan, penulisan kritik atau tinjauan suatu masalah.
b. Pengutipan tidak merugikan kepentingan yang wajar UIN Suska Riau.
2. Dilarang mengumumkan dan memperbanyak sebagian atau seluruh karya tulis ini dalam bentuk apapun tanpa izin UIN Suska Riau.

© Hak cipta milik UIN Suska Riau
State Islamic University of Sultan Syarif Kasim Riau



LEMBAR HAK ATAS KEKAYAAN INTELEKTUAL

Tugas Akhir yang tidak diterbitkan ini terdaftar dan tersedia di Perpustakaan Universitas Islam Negeri Sultan Syarif Kasim Riau dan terbuka untuk umum dengan ketentuan bahwa hak cipta ada pada penulis. Referensi kepustakaan diperkenankan dicatat, tetapi pengutipan atau ringkasan hanya dapat dilakukan dengan mengikuti kaidah pengutipan yang berlaku.

Penggandaan atau penerbitan sebagian atau seluruh Tugas Akhir ini harus memperoleh izin dari Dekan Fakultas Sains dan Teknologi Universitas Islam Negeri Sultan Syarif Kasim Riau. Perpustakaan yang meminjamkan Tugas Akhir ini untuk anggotanya diharapkan untuk mengisi nama, tanda peminjaman dan tanggal pinjam.

1. Dilarang mengutip sebagian atau seluruh karya tulis ini tanpa mencantumkan dan menyebutkan sumber:
 - a. Pengutipan hanya untuk kepentingan pendidikan, penelitian, penulisan karya ilmiah, penyusunan laporan, penulisan kritik atau tinjauan suatu masalah.
 - b. Pengutipan tidak merugikan kepentingan yang wajar UIN Suska Riau.
2. Dilarang mengumumkan dan memperbanyak sebagian atau seluruh karya tulis ini dalam bentuk apapun tanpa izin UIN Suska Riau.




LEMBAR PERNYATAAN

Dengan ini saya menyatakan bahwa di dalam Tugas Akhir ini tidak terdapat karya yang pernah diajukan oleh saya maupun orang lain untuk keperluan lain, dan sepanjang pengetahuan saya juga tidak memuat karya atau pendapat yang pernah ditulis atau diterbitkan oleh orang lain kecuali disebutkan dalam referensi dan di dalam daftar pustaka. Saya bersedia menerima sanksi jika pernyataan ini tidak sesuai dengan yang sebenarnya.

Pekanbaru, 03 Desember 2021

Yang membuat pernyataan



Shakhin

NIM. 11750515133

Hak Cipta Dilindungi Undang-undang

1. Dilarang mengutip sebagian atau seluruh karya tulis ini tanpa mencantumkan dan menyebutkan sumber:
 - a. Pengutipan hanya untuk kepentingan pendidikan, penelitian, penulisan karya ilmiah, penyusunan laporan, penulisan kritik atau tinjauan suatu masalah.
 - b. Pengutipan tidak merugikan kepentingan yang wajar UIN Suska Riau.
2. Dilarang mengumumkan dan memperbanyak sebagian atau seluruh karya tulis ini dalam bentuk apapun tanpa izin UIN Suska Riau.



LEMBAR PERSEMBAHAN

بِسْمِ اللَّهِ الرَّحْمَنِ الرَّحِيمِ

Alhamdulillah, Alhamdulillahirabbil'alamin...

Sujud syukurku kusembahkan padaMu Tuhanku, Tuhan Yang Maha Agung nan Maha tinggi, Maha Adil dan Maha Penyayang. Atas kasih sayang-Mu memberiku kekuatan, dan membekaliku dengan ilmu, atas karunia dan kemudahan yang telah Engkau limpahkan pulalah akhirnya Tugas Akhir yang sederhana ini dapat terselesaikan. Shalawat dan salam semoga selalu terlimpahkan kepada baginda Nabi Muhammad SAW, yang telah membimbing umatnya menjadi manusia-manusia yang beradab, berfikir dan berilmu pengetahuan.

Kupersembahkan karya sederhana ini kepada orang yang sangat kucintai dan kusayangi :

Ayahanda tercinta,

Terimakasih atas limpahan kasih sayang, bimbingan dan support serta iringan doa mu ayah, ini akan selalu ku ingat dan selalu kurindukan.

Ibunda Tercinta,

Terimakasih atas segala perjuangan tak kenal lelahmu, Terimakasih untuk selalu mendoakanku, Terimakasih untuk motivasi dan semangat yang kau berikan padaku .Terimakasih untuk semua pengorbananmu

Maafkan aku ibu sampai hari ini aku masih banyak menyusahkanmu

Tetaplah do'akan aku ibu, Tetaplah disisiku sampai aku bisa membahagiakanmu dimasa tuamu

Kepada Saudaraku,

Karya sederhana ini sebagai bukti aku serius akan keinginanmu untuk melanjutkan pendidikanku, aku berhasil sampai di titik ini tidak lepas dari campur tangan kalian, keraguan, rasa khawatir kalian selama ini terjawab sudah. Aku berhasil menyelesaikan pendidikan ku, dan tidak berhenti ditengah jalan seperti yang kalian takutkan. Terimakasih untuk kepercayaan, segala dukungan dan do'a.

Kepada Sahabatku,

Hidup terlalu berat untuk kujalani sendiri tanpa campur tangan Tuhan dan orang lain. Tak ada tempat terbaik untuk berkeluh kesah bersama sahabat-sahabat terbaikku. Terimakasih banyak kuucapkan kepada sahabat yang selalu ada, teman yang banyak membantu, dan kawan-kawan seperjuangan TE'17 Tetap semangat semuanya kita pasti bisa bersama-sama menjadi sosok yang sukses di kemudian hari.

**ANALISA KEANDALAN INSTRUMEN PADA *RECOVERY BOILER*
MENGUNAKAN METODE *RELIABILITY CENTERED
MAINTENANCE (RCM) PT. INDAH KIAT
PULP AND PAPER***

SHALIHIN

11750515133

Tanggal sidang : 3 Desember 2021

Program Studi Teknik Elektro

Fakultas Sains dan Teknologi

Universitas Islam Negeri Sultan Syarif Kasim Riau

Jl. Soebrantas No. 155 Pekanbaru

ABSTRAK

Industri *pulp and paper* di PT. Indah Kiat merupakan salah satu industri kimia terbesar di Asia dengan hasil produk samping *black liquor (BL)*. Salah satu unit yang harus beroperasi penuh selama 24 jam dalam proses pengolahan *black liquor* adalah *recovery boiler (RB)*. Dengan kinerja yang begitu panjang aktivitas pengolahan sering mengalami kegagalan yang disebabkan oleh pengoperasian secara maksimal pada *system instrument recovery boiler* dalam kondisi yang kurang optimal. Tujuan penelitian adalah untuk mengetahui potensi kegagalan instrumen melalui FMEA dengan metode RCM, serta menemukan MTFE dari masing-masing instrumen *recovery boiler* dan rekomendasi jenis perawatan. Metode penelitian bersifat Kuantitatif dengan *flowchart*, analisis menggunakan FMEA, LTA, RCM. Hasil perhitungan menunjukkan nilai RPN untuk *control valve*, *flowmeter* dan *density refractometer* masing-masing sebesar 336, 245 dan 145. Perhitungan MTFE didapati hasil tertinggi yaitu, *control valve* (7152 jam), *flowmeter* (8448 jam), *density refractometer* (7008 jam). Rekomendasi jenis perawatan adalah *Preventive Maintenance* yang aman dan handal digunakan, karena mengacu pada pemeliharaan yang dilaksanakan di interval waktu yang sudah ditetapkan.

Kata Kunci: *Black Liquor, Mean Time to Failure, Preventive Maintenance, recovery boiler, system instrument*



**ANALYSIS OF INSTRUMENT RELIABILITY ON RECOVERY BOILER
USING RELIABILITY CENTERED MAINTENANCE
(RCM) METHOD IN PT. INDAH KIAT
PULP AND PAPER**

SHALIHIN

11750515133

Session Date : 3 December 2021

Electrical Engineering Study Program

Faculty of Science and Technology

Sultan Syarif Kasim Riau State Islamic University, Riau

Jl. HR. Soebrantas No. 155 Panam, Pekanbaru

ABSTRACT

Pulp and paper industry in PT. Indah Kiat is one of the largest chemical industries in Asia with black liquor (BL) byproducts. One unit that must be fully operational for 24 hours in the process of processing black liquor is a recovery boiler (RB). With such a long performance processing activities often experience failures caused by maximum operation in the boiler recovery instrument system in less than optimal conditions. The purpose of the study was to find out the potential for instrument failure through FMEA with the RCM method, as well as find the MTTFF of each boiler recovery instrument and recommendations for the type of maintenance. Research methods are Quantitative with flowchart, analysis using FMEA, LTA, RCM. The calculations showed RPN values for control valves, flowmeters and density refractometers of 336, 245 and 145, respectively. MTTFF calculations found the highest results, namely, control valve (7152 hours), flowmeter (8448 hours), density refractometer (7008 hours). The recommended type of care is preventive maintenance that is safe and reliable to use, because it refers to maintenance that is carried out at a predetermined time interval.

Keyword: Black Liquor, Mean Time to Failure, Preventive Maintenance, recovery boiler Instrument System



KATA PENGANTAR



Assalammu'alaikum wa rahmatullahi wa barakatuh.

Alhamdulillah, segala puji dan syukur penulis ucapkan kehadiran Allah SWT, yang telah mencurahkan rahmat dan hidayah-Nya kepada penulis sehingga penulis dapat menyelesaikan Tugas Akhir ini. Shalawat dan salam juga penulis haturkan kepada baginda Rasulullah SAW, sebagai seorang sosok pemimpin dan suri tauladan bagi seluruh umat di dunia yang patut di contoh dan di teladani bagi kita semua. Atas ridho Allah SWT penulis telah menyelesaikan Tugas Akhir ini dengan judul “Analisa Keandalan Instrumen Pada *Recovery boiler* Menggunakan Metode *Reliability Centered Maintenance* (RCM) PT. Indah Kiat *Pulp and Paper*”.

Melalui proses bimbingan dan pengarahan yang disumbangkan oleh orang-orang yang berpengetahuan, dorongan, motivasi, dan juga do'a orang-orang yang ada disekeliling penulis sehingga penulisan Tugas Akhir ini dapat diselesaikan dengan penuh kesederhanaan. Sudah menjadi ketentuan bagi setiap Mahasiswa yang ingin menyelesaikan studinya pada perguruan tinggi UIN SUSKA Riau harus membuat karya ilmiah berupa Tugas Akhir guna mencapai gelar sarjana.

Oleh sebab itu sudah sewajarnya penulis menyampaikan ucapan terima kasih sebesar- besarnya kepada :

1. Diri sendiri yang sudah bejuang dan tidak menyerah.
2. Ayah, Ibu, dan Abang tercinta yang telah memberikan semangat, dukungan moril maupun materil dan doa kepada penulis serta keluarga besar penulis yang selalu mendoakan penulis.
3. Bapak Prof. Dr. Khairunnas, M.Ag rektor UIN SUSKA Riau beserta kepada seluruh staf dan jajarannya.
4. Bapak Dr. Hartono, M.Pd. selaku Dekan Fakultas Sains dan Teknologi UIN SUSKA Riau beserta kepada seluruh Pembantu Dekan, Staf dan jajarannya.
5. Ibu Dr. Zulfatri Aini, ST, MT selaku ketua Program Studi Teknik Elektro Fakultas Sains dan Teknologi UIN SUSKA Riau sekaligus dosen penguji satu tugas akhir ini.



6. Bapak Sutoyo, S.T., M.T selaku sekretaris jurusan Teknik Elektro Fakultas Sains dan Teknologi UIN SUSKA Riau.
7. Bapak Jufrizel M.T selaku dosen pembimbing Tugas Akhir.
8. Bapak Putut Son Maria, S.ST., MT selaku dosen pengampu mata kuliah Tugas Akhir 1.
9. Bapak Aulia Ullah, M.Eng dan Bapak Putut Son Maria, S.ST., MT selaku dosen penguji yang telah bersedia meluangkan waktu untuk memberi kritikan dan saran yang sangat membangun terhadap penulis.
10. Bapak dan Ibu dosen Jurusan Teknik Elektro yang telah memberikan bimbingan dan curahan ilmu kepada penulis sehingga bisa menyelesaikan Tugas Akhir ini.
11. Bapak hendra fiat handoko yang telah bersedia menjadi narasumber di PT.Indah Kiat *Pulp and Paper* dalam menyelesaikan Tugas Akhir ini
12. Sahabat (Muhammad Hafiz Rinaldi, Muhammad Fadli S, Fadlin Ritonga, Rahmad Hidayat, ST) yang telah memberikan dukungan dan motivasi kepada penulis dalam menyelesaikan Tugas Akhir ini.

Semoga bantuan yang telah diberikan baik moril maupun materil mendapat balasan pahala dari Allah SWT, dan sebuah harapan dari penulis semoga Tugas Akhir ini dapat bermanfaat bagi penulis dan para pembaca semua pada umumnya.

Semua kekurangan hanya datang dari penulis dan kesempurnaan hanya milik Allah SWT, hal ini yang membuat penulis menyadari bahwa dalam pembuatan Tugas Akhir ini masih jauh dari kesempurnaan karena keterbatasan kemampuan, pengalaman, dan pengetahuan penulis. Untuk itu penulis mengharap kritik dan saran dari semua pihak yang bersifat positif dan membangun demi kesempurnaan Tugas Akhir ini.

Pekanbaru, 03 Desember 2021

Penulis

Shalihin

NIM. 11750515133



DAFTAR ISI

LEMBAR PERSETUJUAN.....	i
LEMBAR PENGESAHAN	ii
LEMBAR PERNYATAAN KEASLIAN KARYA ILMIAH.....	iii
LEMBAR HAK ATAS KEKAYAAN INTELEKTUAL	iv
LEMBAR PERNYATAAN.....	v
LEMBAR PERSEMBAHAN.....	vi
ABSTRAK.....	vii
ABSTRACT.....	viii
KATA PENGANTAR	ix
DAFTAR ISI	xi
DAFTAR GAMBAR	xiv
DAFTAR TABEL	xv
DAFTAR RUMUS.....	xvi
DAFTAR LAMBANG.....	xvii
DAFTAR SINGKATAN	xviii
BAB I PENDAHULUAN	I-1
1.1 Latar Belakang	I-1
1.2 Rumusan Masalah	I-5
1.3 Tujuan Penelitian	I-5
1.4 Batasan Masalah	I-6
1.5 Manfaat Penelitian	I-6
BAB II TINJAUAN PUSTAKA.....	II-1
2.1 Penelitian Terkait	II-1
2.2 <i>Recovery boiler</i>	II-3
2.3 Instrumentasi <i>Recovery boiler</i>	II-5
2.4 Keandalan (<i>Reliability</i>)	II-10

Hak Cipta dilindungi Undang-Undang
 1. Dilarang mengutip sebagian atau seluruh karya tulis ini tanpa mencantumkan dan menyebutkan sumber:
 a. Pengutipan hanya untuk kepentingan pendidikan, penelitian, penulisan karya ilmiah, penyusunan laporan, penulisan kritik atau tinjauan suatu masalah.
 b. Pengutipan tidak merugikan kepentingan yang wajar UIN Suska Riau.
 2. Dilarang mengumumkan dan memperbanyak sebagian atau seluruh karya tulis ini dalam bentuk apapun tanpa izin UIN Suska Riau.



Hak Cipta Diindungi Undang-Undang

1. Dilarang mengutip sebagian atau seluruh karya tulis ini tanpa mencantumkan dan menyebutkan sumber:

- a. Pengutipan hanya untuk kepentingan pendidikan, penelitian, penulisan karya ilmiah, penyusunan laporan, penulisan kritik atau tinjauan suatu masalah.
- b. Pengutipan tidak merugikan kepentingan yang wajar UIN Suska Riau.

2. Dilarang mengumumkan dan memperbanyak sebagian atau seluruh karya tulis ini dalam bentuk apapun tanpa izin UIN Suska Riau.

2.5	Perawatan (<i>Maintenance</i>)	II-11
2.6	<i>Reliability Centered Maintenance</i> (RCM).....	II-12
2.7	Tujuan <i>Reliability Centered Maintenance</i>	II-12
2.8	Karakteristik <i>Reliability Centered Maintenance</i>	II-13
2.9	<i>Reliability Centered Maintenance Decision Worksheet</i>	II-15
2.10	<i>Failure Mode and Effect Analysis</i> (FMEA).....	II-17
2.10.1	FMEA <i>Worksheet</i>	II-17
2.10.2	Menentukan <i>Severity, Occurance</i> dan <i>Detection</i>	II-18
2.10.3	Analisa Pareto	II-20
2.10.4	Analisa Ketersediaan (<i>Availability</i>).....	II-20
2.10.5	Konsekuensi dari Kegagalan	II-21
2.10.6	<i>Proactive Task</i>	II-22
2.10.7	<i>Default Action</i>	II-22
2.11	<i>Logic Tree Analysis</i> (LTA)	II-22
BAB III METODOLOGI PENELITIAN.....		III-1
3.1	Penelitian Terkait	III-1
3.2	Tahapan Perencanaan.....	III-2
3.2.1	Identifikasi Masalah.....	III-3
3.2.2	Memastikan Objek Penelitian.....	III-3
3.2.3	Perencanaan Penelitian	III-3
3.2.4	Batasan Penelitian.....	III-3
3.3	Pengumpulan Data	III-3
3.4	Analisa Awal.....	III-4
3.5	Analisa Dan Pemecahan Masalah	III-4
3.4.1	Analisa FMEA	III-4
3.4.2	Analisa LTA	III-5
3.4.3	Analisa RCM	III-6
3.6	Analisa Ketersediaan (<i>Availability</i>)	III-9
BAB IV HASIL DAN ANALISA		IV-1
4.1	Data Sistem Instrumentasi <i>Recovery boiler</i> PT. Indah Kiat <i>Pulp And Paper</i> ..	IV-1
4.2	Analisa RCM, FMEA dan LTA.....	IV-2
4.2.1	Analisa <i>Reliability Centered Maintenance</i> (RCM).....	IV-2
4.2.2	<i>Failure Mode and Effect Analysis</i> (FMEA).....	IV-3



4.3	Analisa Pareto	IV-4
4.4	Analisa <i>Logic Tree Analysis</i> (LTA)	IV-7
4.5	Analisa Ketersediaan (<i>Availability</i>)	IV-10
4.6	Menentukan Perawatan	IV-13
4.6.1	Jadwal Perawatan.....	IV-13
4.6.2	RCM <i>Worksheet</i>	IV-14
BAB V KESIMPULAN DAN SARAN		V-1
5.1	Kesimpulan	V-1
5.2	Saran.....	V-1

DAFTAR PUSTAKA

LAMPIRAN

Hak Cipta Diindungi Undang-Undang

1. Dilarang mengutip sebagian atau seluruh karya tulis ini tanpa mencantumkan dan menyebutkan sumber:
 - a. Pengutipan hanya untuk kepentingan pendidikan, penelitian, penulisan karya ilmiah, penyusunan laporan, penulisan kritik atau tinjauan suatu masalah.
 - b. Pengutipan tidak merugikan kepentingan yang wajar UIN Suska Riau.
2. Dilarang mengumumkan dan memperbanyak sebagian atau seluruh karya tulis ini dalam bentuk apapun tanpa izin UIN Suska Riau.

DAFTAR GAMBAR

Gambar

Halaman

Gambar 2. 1 <i>Recovery boiler</i> [15]	II-5
Gambar 2. 2 <i>Flowmeter</i> [15]	II-7
Gambar 2. 3 <i>Manometer Analog</i> [15]	II-7
Gambar 2. 4 <i>Density Refractometer</i> [15].....	II-8
Gambar 2. 5 <i>Thermochouple PT100</i> [15].....	II-8
Gambar 2. 6 <i>Thermal Mass Flowmeter</i> [15]	II-8
Gambar 2. 7 <i>Differential Pressure Transmitter</i> [15].....	II-9
Gambar 2. 8 <i>Differential Pressure Transmitter Capiler</i> [15].....	II-9
Gambar 2. 9 <i>Safety Valve</i> [15].....	II-10
Gambar 2. 10 <i>Control Valve</i> [15]	II-10
Gambar 2. 11 Struktur <i>Logic Tree Analysis</i> [15].....	II-23
Gambar 3. 1 <i>Flowchart</i> Penelitian.....	III-2



DAFTAR TABEL

Tabel 2. 1 RCM <i>Information Worksheet</i> [24].....	II-13
Tabel 2. 2 Penentuan Kriteria Konsekuensi RCM [24].....	II-15
Tabel 2. 3 Penentuan Kondisi <i>Proactive Task</i> dalam RCM [24]	II-16
Tabel 2. 4 <i>Worksheet FMEA</i> [27]	II-17
Tabel 2. 5 Tingkat <i>Severity</i> [27]	II-18
Tabel 2. 6 Tingkat <i>Occurrence</i> [27]	II-19
Tabel 2. 7 Tingkat <i>Detection</i> [27]	II-19
Tabel 2. 8 <i>worksheet LTA</i>	II-24
Tabel 3. 1 <i>FMEA Worksheet</i> Pada Komponen <i>Flowmeter</i>	III-5
Tabel 3. 2 <i>LTA worksheet</i>	III-6
Tabel 3. 3 RCM <i>Decision Worksheet</i> Pada Komponen <i>Flowmeter</i>	III-8
Tabel 3. 4 Model Perhitungan MTTF.....	III-9
Tabel 3. 5 Model Perhitungan MTTR	III-9
Tabel 4. 1 Komponen instrumen <i>recovery boiler</i>	IV-2
Tabel 4. 2 <i>FMEA worksheet Recovery boiler</i>	IV-3
Tabel 4. 3 Nilai RPN Instrumen <i>Recovery boiler</i>	IV-5
Tabel 4. 4 Nilai Presentase Kumulatif Instrumen <i>Recovery boiler</i>	IV-6
Tabel 4. 5 <i>LTA worksheet: Control Valve</i>	IV-8
Tabel 4. 6 <i>LTA worksheet: Flowmeter</i>	IV-8
Tabel 4. 7 <i>LTA worksheet: Density Refractometer PR-23</i>	IV-9
Tabel 4. 8 <i>LTA worksheet: Safety Valve</i>	IV-10
Tabel 4. 9 Hasil Perhitungan MTTF Instrumen <i>Recovery boiler</i>	IV-11
Tabel 4. 10 Hasil Perhitungan MTTR Instrumen <i>recovery boiler</i>	IV-12
Tabel 4. 11 Analisa Ketersediaan Instrumen <i>recovery boiler</i>	IV-13
Tabel 4. 12 Jadwal Perawatan Instrumen <i>recovery boiler</i>	IV-13
Tabel 4. 13 RCM <i>Decison Worksheet</i> Sistem: <i>Control Valve</i>	IV-15
Tabel 4. 14 RCM <i>Decision Worksheet</i> Sistem : <i>Flowmeter</i>	IV-16
Tabel 4. 15 RCM <i>Decision Worksheet</i> Sistem : <i>Density Refractometer</i>	IV-17
Tabel 4. 16 RCM <i>Decision Worksheet</i> Sistem : <i>Savety Valve</i>	IV-18

DAFTAR RUMUS

Rumus

Halaman

Rumus 2. 1 Resiko <i>Priority Number</i>	II-18
Rumus 2. 2 <i>Mean Time to Failure</i>	II-21
Rumus 2. 3 <i>Mean Time to Repair</i>	II-21
Rumus 2. 4 Analisa Ketersediaan	II-21

Hak Cipta dilindungi undang-undang

1. Dilarang mengutip sebagian atau seluruh karya tulis ini tanpa mencantumkan dan menyebutkan sumber:

a. Pengutipan hanya untuk kepentingan pendidikan, penelitian, penulisan karya ilmiah, penyusunan laporan, penulisan kritik atau tinjauan suatu masalah.

b. Pengutipan tidak merugikan kepentingan yang wajar UIN Suska Riau.

© Hak Cipta dilindungi undang-undang UIN Suska Riau

State Islamic University of Sultan Syarif Kasim Riau



DAFTAR LAMBANG

© Hak cipta milik UIN Suska Riau

State Islamic University of Sultan Syarif Kasim Riau

Hak Cipta Dilindungi Undang-Undang

1. Dilarang mengutip sebagian atau seluruh karya tulis ini tanpa mencantumkan dan menyebutkan sumber:
 - a. Pengutipan hanya untuk kepentingan pendidikan, penelitian, penulisan karya ilmiah, penyusunan laporan, penulisan kritik atau tinjauan suatu masalah.
 - b. Pengutipan tidak merugikan kepentingan yang wajar UIN Suska Riau.
2. Dilarang mengumumkan dan memperbanyak sebagian atau seluruh karya tulis ini dalam bentuk apapun tanpa izin UIN Suska Riau.





DAFTAR SINGKATAN

BL	: <i>Black Liquor</i>
B3	: <i>Bahan Berbahaya Beracun</i>
DET	: <i>Detection</i>
DTS	: <i>Down Time System</i>
E	: <i>Environment</i>
EOQ	: <i>Economic Order Quantity</i>
F	: <i>Function</i>
FBD	: <i>Functiona Bloc Diagram</i>
FF	: <i>Functional Failure</i>
FM	: <i>Failure Mode</i>
FM	: <i>Failure Mode</i>
FMEA	: <i>Failure Mode and Effect Analysis</i>
GL	: <i>Green Liquor</i>
HF	: <i>Hidden Function</i>
LTA	: <i>Logic Tree Analysis</i>
MIA	: <i>Maintenance Instrumentasi Analyzer</i>
MTBF	: <i>Mean Time Between Failure</i>
MTTF	: <i>Mean Time to Failure</i>
MTTR	: <i>Mean Time to Repair</i>
O	: <i>Operational</i>
OCC	: <i>Occurent</i>
PM	: <i>Pulp Making</i>
RB	: <i>Recovery boiler</i>
RCM	: <i>Reliability Centered Maintenance</i>
RPN	: <i>Risk Priority Number</i>
S	: <i>Safety</i>
SEV	: <i>Severity</i>

- Hak Cipta Dilindungi Undang-Undang
1. Dilarang mengutip sebagian atau seluruh karya tulis ini tanpa mencantumkan dan menyebutkan sumber.
 - a. Pengutipan hanya untuk kepentingan pendidikan, penelitian, penulisan karya ilmiah, penyusunan laporan, penulisan kritik atau tinjauan suatu masalah.
 - b. Pengutipan tidak merugikan kepentingan yang wajar UIN Suska Riau.
 2. Dilarang mengumumkan dan memperbanyak sebagian atau seluruh karya tulis ini dalam bentuk apapun tanpa izin UIN Suska Riau.

TG : *Turbine Generator*

TMD : *Total Minimum Downtime*

WL : *White Liquor*

WWL : *Weak White Liquor*

© Hak Cipta: a milik UIN Suska Riau

State Islamic University of Sultan Syarif Kasim Riau

Hak Cipta: a milik UIN Suska Riau

1. Dilarang mengutip sebagian atau seluruh karya tulis ini tanpa mencantumkan dan menyebutkan sumber:
 - a. Pengutipan hanya untuk kepentingan pendidikan, penelitian, penulisan karya ilmiah, penyusunan laporan, penulisan kritik atau tinjauan suatu masalah.
 - b. Pengutipan tidak merugikan kepentingan yang wajar UIN Suska Riau.
2. Dilarang mengumumkan dan memperbanyak sebagian atau seluruh karya tulis ini dalam bentuk apapun tanpa izin UIN Suska Riau.





BAB I

PENDAHULUAN

1.1 Latar Belakang

Perkembangan pesat teknologi pada era digitalisasi merupakan sinyal kuat bahwa sistem harus beradaptasi dengan cepat. Sistem merupakan pondasi seluruh pembangunan seiring berjalannya waktu khususnya pada bidang industri dalam negeri seperti *pulp and paper*[1]. Selama proses berjalannya pembuatan *pulp and paper* perusahaan juga harus selalu memperhatikan teknologi yang digunakan pada perusahaan industri tersebut baik dalam kurangnya perawatan maupun termakan oleh usia, dimana semakin teknologi tersebut berkembang, maka kasus kegagalan yang sering terjadi juga akan bertambah. Terlebih pada era modern seperti sekarang, untuk memperoleh hasil atau tujuan yang optimal kita harus melakukan segala hal dengan cara yang sangat efektif dan efisien.

PT. Indah Kiat *Pulp and Paper* Perawang *Mill* adalah perusahaan swasta nasional yang bergerak di bidang industri *pulp and paper* dan mengelola pembuatan lembaran kertas (*paper*) serta pembuatan bubur kertas (*pulp*). Lokasi pabrik ini terletak di Kelurahan Perawang Kecamatan Tualang Kabupaten Siak Provinsi Riau. Yang mana di lokasi ini mudah di temukan bahan baku pembuat kertas, karena kawasan ini terletak cukup dekat dengan sungai siak, Industri *pulp and paper* termasuk industri kimia terbesar di asia salah satu produk samping yang dihasilkan yaitu *Black Liquor* (BL) [2].

Black liquor atau limbah B3 (Bahan Berbahaya dan Beracun) merupakan limbah cair yang menyebabkan ketidak seimbangan ekosistem perairan ketika langsung dibuang ke sungai. Sehingga perusahaan ini dituntut untuk beroperasi penuh selama 24 jam perhari agar selalu memperhatikan kualitas produk serta limbah dari perusahaan tersebut. Terminal pengolahan yang harus beroperasi penuh dalam proses berjalannya industri adalah *Recovery boiler* (RB). *Recovery boiler* merupakan unit peralatan yang dirancang untuk mampu mengubah kembali *black liquor* menjadi larutan pemasak yang digunakan pada proses *digester* di lokasi *Pulp Making* (PM) yang terjadi pada proses *boiling*, proses berikutnya *black liquor* di proses lagi ke *recovery boiler* dan dari proses itu menghasilkan uap (*steam*) yang dapat dimanfaatkan sebagai penggerak turbin pembangkit listrik tenaga uap [2]. *Recovery boiler* adalah unit yang tak lepas dari kerusakan dan lokasi terjadinya kecelakaan kerja, mengingat *recovery boiler* termasuk unit *plant* yang sangat penting



dalam proses pengelolaan sudah seharusnya diberikan perhatian khusus untuk menjaga *recovery boiler* agar berada dalam performa yang maksimal dan jangan sampai berhenti bekerja karena itu akan memberikan dampak yang merugikan bagi perusahaan.

Studi pendahuluan yang dilakukan bertujuan untuk mengumpulkan informasi dengan wawancara bersama Bapak Hendra Fiat Handoko selaku *supervisor Maintenance Instrument Analyzer (MIA)*. Berdasarkan hasil wawancara yang dilakukan, masalah dan kegagalan yang ditemui pada *recovery boiler* terdapat pada instrumentasi yang ada pada *recovery boiler* tersebut. Sebagaimana diketahui bahwa instrumentasi *recovery boiler* merupakan sistem yang berperan penting sebagai pengontrol, pengendali dan pengaman, seperti komponen *Flowmeter, Manometer* atau *pressure gauge, Density, Thermocouple PT100, Thermal Mass Flowmeter, Differential pressure transmitter, Differential pressure transmitter capiler, Safety valve, Control Valve*.

Berdasarkan hasil wawancara dengan narasumber ada beberapa kasus kegagalan yang pernah terjadi pada *recovery boiler*. Kejadian cukup mengerikan pernah terjadi pada lokasi kerja *recovery boiler* PT IKPP Perawang yang menyebabkan korban jiwa serta kerugian material pastinya. insiden tersebut disebabkan karena bangunan yang sudah tua serta kurangnya perawatan sementara perusahaan menuntut agar produksi terus bertambah yang menyebabkan banyaknya kapasitas *black liquor* yang menumpuk pada tangki yang dimana tangki berisikan cairan *black liquor* tersebut memiliki kapasitas $1500M^3$ (1.500.000 liter) dan tinggi 17 Meter dari ketentuan pabrik set tangki hanya di gunakan sekitar 80% dari kapasitasnya saja. Sementara pada awal tahun 2011 kepala pabrik memaksa pengoperasian tangki hingga mencapai 100% dari kapasitasnya hal ini menyebabkan tangki *High Black Liquor* jebol serta rubuhnya bangunan penyangga yang belum di modif dan mengakibatkan *down* atau *trip* nya pada lokasi *recovery boiler* tersebut. Di sisi lain alat *control valve* tidak dapat bekerja secara maksimal untuk membuka dan menutup dimana pada sebelumnya *control valve* hanya di set optimal penggunaan 80% saja, sehingga pengiriman aliran *black liquor* tidak bekerja dengan baik. Hal ini jika terus terjadi pada instrumen *recovery boiler* bisa memberikan dampak kerusakan berkelanjutan bagi peralatan yang lainnya. Sistem instrumen berperan penting dalam aktivitas *recovery boiler*, alat instrumentasi pada *recovery boiler* berhubungan dengan perhitungan dan *control*, alat analisa, alat kendali serta alat pengaman. Sehingga perlu adanya informasi yang memadai untuk dapat melakukan analisis mendalam mengenai kegagalan (*failure*), kemungkinan peneliti merancang menggunakan *Reliability Centered Maintenance*



(RCM) sebagai rekomendasi dari pemecahan masalah yang terjadi pada instrumen *recovery boiler* dengan melakukan analisa. Selain itu untuk dapat melakukan pencegahan *downtime* perlu dilakukan analisis untuk mendapatkan waktu perawatan (*maintenance*) yang tepat guna menghindari *failure risk*. Pada akhirnya penelitian yang di lakukan ini diharapkan dapat menemukan jenis perawatan yang tepat dan *fitted* untuk perusahaan yang dikaji.

Reliability Centered Maintenance (RCM) merupakan suatu metode untuk mengembangkan, memilih dan membuat alternatif strategi perawatan yang disarankan pada kriteria operasional, ekonomi dan keamanan. Metode ini dapat diterapkan di PT.IKPP terutama pada unit *recovery boiler*. Adapun pendekatan yang dapat dihasilkan dengan metode ini adalah merekomendasikan jenis perawatan yang sesuai dan efektif serta mempertahankan fungsi dari sistem dengan mengidentifikasi mode kegagalan (*failure mode*). Sehingga dapat menjamin dan mengatasi penyebab yang mendominan dari sebuah kerusakan, agar kerusakan tidak terjadi lagi [3]. Analisa perhitungan keandalan bertujuan untuk menemukan besar peluang terjadinya kegagalan atau kerusakan pada instrumen *recovery boiler* di masa yang akan datang. Untuk menentukan jenis perawatan (*maintenance*) yang tepat sehingga nantinya diharapkan dapat menurunkan kerugian yang mungkin dialami oleh perusahaan. Menemukan perhitungan yang tepat berarti dapat memprediksi tindakan mitigasi risiko sebelum terjadi kerusakan fatal yang mungkin dapat menghentikan produksi.

Pada penelitian terdahulu yang menggunakan metode *Reliability Centered Maintenance* (RCM), sebagai tindakan yang diambil sebelum terjadinya kerusakan pada komponen instrumen *boiler* [4]. Penelitian tersebut berfokus pada alat instrumen *boiler* berfokus membentuk nilai tertinggi RPN, sehingga penyebab kerusakan pada alat yang memiliki nilai RPN tinggi dapat ditemukan. Harapannya peneliti dapat memberikan rekomendasi perawatan yang tepat guna sebagai bentuk mitigasi risiko pada komponen *boiler*. Penelitian lainnya yang sudah dilakukan sebelumnya telah menerapkan *Reliability Centered Maintenance* (RCM) sebagai pilihan *preventive maintenance* yang diambil sebelum terjadinya kerusakan demi memastikan semua fasilitas tetap menjalankan fungsinya dengan baik. Penelitian tersebut berfokus pada *Boiler, treatment* dilakukan untuk menemukan penyebab kegagalan yang terjadi pada katel uap yang terdapat pada perpipaan, *deaerator tank, secondary fan, feed water pump, deaerator pump* dan *wet dust collector*. Kemudian penelitian dilanjutkan dengan analisa *mean time to failure*,



perancangan dan penjadwalan perawatan per 15 hari sekali. Hasilnya didapatkan perawatan yang disarankan pada fase proses yaitu *on condition task* berbentuk *servicing*, *inspection* dan *testing*, tidak dalam fase proses *restoration task* berupa *adjustment*, *alignment* dan *installation*[5].

Pada penelitian terdahulu lainnya menerapkan Metode FMEA dan *Bow Tie Analysis*. Diagram *Bow tie analysis* berfungsi untuk analisis jalur resiko sehingga dapat melihat dampak yang ditimbulkan dari *hazard* itu sendiri. Kemudian penelitian tersebut melakukan *mitigasi*, *preventif* dan *control hazard*. *Bow tie analysis* dimulai dari *top event* berupa kejadian yang dihasilkan setelah terjadinya pelepasan bahaya, selanjutnya menentukan penyebab serta dampak kejadian tersebut, kemudian menentukan tindakan yang akan diambil untuk mengatasi kejadian tersebut. Berdasarkan hasil penelitian menggunakan metode FMEA, terdapat 52 komponen yang ditemukan pada *boiler* dan 2 komponen diantaranya termasuk ke dalam kategori *high risk* yaitu *feed water pump* dan *attemperator*. [3]

Penelitian terdahulu lainnya menerapkan Metode RCM II (*Reliability Centered Maintenance*) yang menggunakan metode RCM untuk menentukan kebutuhan suku cadang dengan cara memakai *Economic Order Quantity* (EOQ) sehingga menghasilkan optimasi jumlah persediaan dan pemesanan. Dimulai dengan mempersiapkan *Functional Block Diagram* (FBD) yang akan memberikan gambaran sistem kerja aliran *boiler*, dilanjutkan dengan melakukan analisis *Failure Mode and Effect Analysis* (FMEA) sehingga dapat mengidentifikasi kejadian gagal pada *boiler* melalui pemberian nilai risiko kegagalan memakai *Risk Priority Number* (RPN). Identifikasi menggunakan FMEA menghasilkan 14 kegagalan dengan 3 komponen lainnya memiliki nilai RPN yang cukup tinggi [6].

Berdasarkan penelitian terdahulu yang dipaparkan sebelumnya, penulis bermaksud untuk meneliti kegagalan *system (failure)* dan waktu *downtime* pada sistem instrumen *recovery boiler*. Hal ini peneliti anggap sebagai masalah yang sangat serius dan butuh solusi yang tepat guna untuk setiap perusahaan. Kegagalan *system (failure)* dan waktu akan menimbulkan kerugian perusahaan dan perlu untuk ditemukan solusi yang tepat guna karena kegagalan bisa terjadi sewaktu waktu. Sumber *failure* pada setiap perusahaan memiliki tingkat kesukaran yang berbeda karena setiap perusahaan memiliki proses kerja yang berbeda pula. Maka dari itu peneliti bermaksud untuk menganalisa keandalan pada PT. Indah Kiat Pulp and Paper menggunakan metode *Reliability Centered Maintenance*



(RCM) dengan judul Tugas Akhir “ANALISA KEANDALAN INSTRUMEN PADA **RECOVERY BOILER** MENGGUNAKAN METODE **RELIABILITY CENTERED MAINTENANCE (RCM) PT. INDAH KIAT PULP AND PAPER**”. Hal ini berguna untuk membantu pihak perusahaan dalam meminimalisir terjadinya kerusakan yang berakibat *downtime* pada RB dan merekomendasikan waktu terbaik untuk melakukan perawatan (*maintenance*) baik secara menyeluruh atau pun per komponen.

1.2 Rumusan Masalah

Dari hasil latar belakang yang telah diuraikan sebelumnya, permasalahan yang akan diselesaikan melalui penelitian Tugas Akhir ini adalah:

1. Seberapa besar potensi kegagalan suatu instrumen dengan menggunakan metode *Reliability Centered Maintenance (RCM)*?
2. Kapan waktu perawatan (*Maintenance*) yang tepat sebelum terjadinya kegagalan pada instrumentasi *Recovery boiler*?
3. Bagaimana jenis perawatan yang aman dan tepat guna pada instrumen *Recovery boiler* melalui *Reliability Centered Maintenance (RCM)*?

1.3 Tujuan Penelitian

Dari rumusan masalah yang telah disampaikan di atas, penelitian ini memiliki tujuan sebagai berikut :

1. Menemukan potensi kegagalan instrumen menggunakan metode *Reliability centered maintenance (RCM)* melalui *Failure Mode and Effects Analysis (FMEA)* dengan *Risk Priority Number (RPN)*.
2. Menemukan *Mean Time to Failure (MTTF)* dari masing-masing komponen *recovery boiler*.
3. Memberikan rekomendasi jenis perawatan yang aman dan tepat guna pada instrumen *Recovery boiler* melalui *Reliability Centered Maintenance (RCM)*.

1.4 Batasan Masalah

Terdapat berbagai batasan masalah yang bisa mencegah pembahasan yang lebih meluas pada penelitian ini seperti berikut :

1. Data kerusakan yang digunakan untuk pengamatan dan analisis dari tahun 2016 hingga tahun 2020 dan narasumber dari pekerja PT.IKPP Perawang *Mill*.
2. Penelitian yang dilakukan hanya berfokus pada *recovery boiler*.



3. Penyebab kegagalan *recovery boiler* hanya dapat dilihat dari aspek sisi pandang manusia, umur komponen, mesin dan metode yang akan digunakan dalam proses operasi *recovery boiler*.

4. Objek penelitian adalah *recovery boiler* yang beroperasi di PT. Indah Kiat *Pulp and paper* Perawang Mill

1.5 Manfaat Penelitian

Berikut adalah berbagai manfaat penelitian yang bisa diambil dari penelitian ini diantaranya, yaitu:

1. Bagi perusahaan, hasil penelitian ini bisa dijadikan sebagai rekomendasi dalam menjadwalkan pemeliharaan instrumen *recovery boiler* kedepannya serta dijadikan sebagai bahan pertimbangan untuk mengevaluasi kinerja *recovery boiler* agar dapat tetap bekerja secara optimal tanpa mengganggu produksi.
2. Bagi Peneliti, untuk menambah pengetahuan serta wawasan dalam bidang *maintenance* khususnya di bagian *maintenance instrument recovery boiler* untuk Perusahaan PT. IKPP.

2.1 Penelitian Terkait

Penelitian tentang *Reliability Centered Maintenance* (RCM) merupakan penelitian deskriptif untuk menentukan komponen yang paling kritis dari komponen *boiler*. Dalam penelitian ini terdapat 7 tahapan, meliputi tata cara memilih sistem dan mengumpulkan informasi, keterbatasan dan deskripsi sistem serta blok diagram fungsi, *Failure Mode and Effect Analysis* (FMEA), *Logic Tree Analysis* (LTA), tindakan pemilihan, dan final penentuan interval melakukan perawatan dan melakukan penggantian pada komponen kritis dengan *Total Minium Downtime* (TMD). Dapat disimpulkan bahwa, *gland steal steam* sebesar 180 adalah komponen yang paling kritis, dan memiliki *Risk Priority Number* (RPN) terbesar, dan *check valve* sebesar 120 oleh karena itu, tindakan perawatan yang tepat dan perhatian lebih harus diberikan terhadap komponen kritis tersebut. Dari perawatan yang disarankan dibandingkan dengan perawatan sebelumnya, rata-rata downtime adalah 11,33 % [7]. *Downtime* sendiri secara harfiah didefinisikan sebagai waktu saat sistem maupun komponen tak bisa difungsikan dengan baik sehingga mengalami pengurangan *performance* kinerja sehingga membuat sistem tidak dapat berjalan[3]. Pemicu terjadinya *downtime* bisa jadi dikarenakan oleh suatu langkah yang salah dalam melakukan perawatan (*maintenance*). Dibutuhkan parameter yang dapat mengontrol *system function* dan menjaga langkah perawatan (*maintenance*) yang tepat guna demi menghindari terjadinya *downtime* (kegagalan).

Pada penelitian lain ada juga yang menggunakan data primer dan sekunder, pada tahap awal implementasi RCM ini, peneliti menyiapkan *Functional Block Diagram* (FBD) yang akan menggambarkan pengoperasian sistem aliran *boiler*, kemudian menggunakan mode *Failure Mode and Effect Analysis* (FMEA) dalam analisis. Ini dapat mendeteksi kegagalan pada boiler dengan menggunakan penilaian risiko kegagalan memakai *Risk Priority Number* (RPN). Hasil analisis FMEA menunjukkan bahwa terdapat 14 mode kegagalan dan 3 buah komponen yang memiliki nilai RPN yang cukup tinggi. Terdapat tiga kegiatan perawatan dengan menggunakan RCM *Decision Worksheet* untuk masing – masing *failure mode* pada komponen boiler yaitu : *Scheduled discard task* : *Check Valve* pada *Boiler Feed Water Pump* , *Seal Boiler Feed Water Pump*, *Demister Chimney*, *Filter*



Gas, Valve Air, Valve Gas, dan Sensor Level Air. Kemudian *scheduled restoration task* : *Burner, Deaerator, Bearing* Tangki Pengaduk Garam, Motor Tangki Pengaduk Garam, Jarum Pengunci dan Pegas Spring pada *Pressure Gauge* dan *Scheduled on condition task* : *Safety Valve* [6].

Penelitian yang membahas tentang permasalahan yang terjadi pada *boiler* pada komponen *Blowdown Valve, Manometer, Main Steam Valve, Safety Valve, deaerator pump, electric pump, turbin pump, water level gauge, dan forced draft fan* mengimplementasikan metode RCM pada sistem instrumentasi dengan menggunakan penyusunan *logic tree analysis* pada *boiler 1* dan *boiler 2* melakukan klasifikasi komponen berdasarkan kerusakan, menentukan tindakan perawatan dan penentuan jadwal *maintanance* yang tepat untuk instrumentasi pada *boiler 1* dan *boiler 2* dengan melakukan perawatan pada komponen yang kritis dengan pendekatan metode RCM, dan melakukan perhitungan tingkat keandalan komponen instrumentasi pada *boiler 1* dan *boiler 2* [26].

Pada penelitian lain juga menggunakan metode RCM untuk melakukan analisis keandalan pada sistem instrumen pada *High Pressure Boiler (HPB)* di mana operasinya diidentifikasi dalam FMEA atau RCM dapat dikatakan sebagai RCM II *Information Worksheet* dan *Decision Worksheet*. Kemudian menggunakan langkah pendeskripsian sistem dengan *Functional Block Diagram (FBD)* untuk memasuki langkah deskripsi sistem, dan menggunakan metode matematika (FMEA) untuk menentukan penyebab kegagalan dalam proses dan menganalisis lebih lanjut (RPN) untuk menentukan tingkat potensi masalah berdasarkan hasil FMEA/RCM II, diketahui terdapat potensi terjadinya *functional failures* pada (HPD) Terdapat sebanyak 25 potensi kegagalan fungsional berupa bentuk kegagalan dan dampak yang muncul oleh kegagalan *equipment* HPB dapat dibagi menjadi 3 jenis yaitu: kegagalan proses produksi, kegagalan yang mempengaruhi kerusakan atau cacat produk, dan kegagalan yang mempengaruhi keselamatan pengoperasian HPB. Hasil penelitian resiko yang dihasilkan oleh FMEA menunjukkan komponen kritis yang harus menjadi prioritas utama adalah kegagalan *mechanical seal High pressure pump water* dan *thermometer*. Perawatan yang dilakukan untuk mengatasi kegagalan fungsi *equipment* HPB secara keseluruhan dibagi menjadi berbagai kegiatan, yaitu: *Scheduled discard task, Scheduled restoration task, Scheduled on conditon task, Combination of task* [8].

Dari referensi penelitian terkait, penulis sangat tertarik melanjutkan penelitian tentang keandalan *Recovery boiler* yang pernah dilakukan oleh peneliti terdahulu,



menggunakan metode *Reliability Centered Maintenance* (RCM) serta mencari jadwal perawatan yang tepat pada instrumentasi *Recovery boiler* yang dilihat dari kegagalan yang sudah terjadi.

2.2 *Recovery boiler*

Recovery boiler merupakan mesin kalor (*thermal engineering*) pada unit *plant*, berfungsi sebagai pemurnian senyawa – senyawa kimia anorganik yang berupa seperti sisa dari larutan pemasak dari *Digester Pulp Making*, cairan ini merupakan limbah *black liquor*. *Black liquor* ini banyak memiliki kandungan zat *lignin* serta sangat berbahaya untuk ekosistem perairan bila langsung dibuang ke perairan[9]. *Black liquor* yang dihasilkan umumnya mempunyai kisaran konsentrasi 15-20 % [10]. Saat sebelum diolah pada *recovery boiler*, sebelum *black liquor* digunakan harus dipekatkan terlebih dahulu hingga mencapai konsentrasi 65-85 % [10]. Proses pemekatan ini disebut sebagai proses *evaporasi*. Tempat terjadinya proses *evaporasi* ini disebut *evaporator*. Terdapat 2 tipe *evaporator* yaitu *single effect evaporator* dan *multi effect evaporator*. *Evaporasi black liquor* biasanya menggunakan *multi effect evaporator*. Setelah melakukan proses *evaporasi*, barulah *black liquor* pekat siap untuk digunakan dalam *recovery boiler* [2].

Recovery boiler menggunakan air sebagai media untuk menghantarkan panas pada pipa – pipa yang berisikan *black liquor* sehingga air yang ada pada pipa *boiler* secara perlahan akan menyebabkan panas kemudian terjadi sebuah peningkatan volume air akan menghasilkan sebuah tenaga yang berupa *steam* bertekanan tinggi berkisaran 60 bar yang bertujuan sebagai penggerak *Turbine Generator* (TG) pembangkit listrik. Kemudian hasil dari sisa *black liquor* berubah menjadi senyawa-senyawa anorganik meleleh seperti lahar yang di sebut *smelt* yang dimana *smelt* akan di keluarkan dari proses pembakaran, kemudian *smelt spout* akan masuk ke bagian *Dissolving Tank*. Yang mana pada tangki ini *smelt* akan dilarutkan kembali menggunakan *Weak White Liquor* (WWL) yang dialiri dari *Recausticizing* (RC) yang kemudian akan berubah menjadi *Green Liquor* (GL) kemudian hasil dari campuran ini dipompakan kembali dari *Dissolving Tank Recovery boiler* menuju RC hingga menjadi *White Liquor* (WL) yang akan digunakan lagi pada proses *pulping* sebagai bahan untuk memasak kayu pada *Digester pulp Making* sebelumnya.[9] *Smelt* tadi juga merupakan bahaya utama dalam *Recovery boiler* itu sendiri yang menyebabkan mudah meledak, jadi *Recovery boiler* adalah peralatan yang wajib dilakukan pengelolaan serta penjagaan melalui proses perawatan yang bertahap [11].



Hak Cipta Diindungi Undang-Undang

1. Dilarang mengutip sebagian atau seluruh karya tulis ini tanpa mencantumkan dan menyebutkan sumber.

a. Pengutipan hanya untuk kepentingan pendidikan, penelitian, penulisan karya ilmiah, penyusunan laporan, penulisan kritik atau tinjauan suatu masalah.

b. Pengutipan tidak merugikan kepentingan yang wajar UIN Suska Riau.

2. Dilarang mengumumkan dan memperbanyak sebagian atau seluruh karya tulis ini dalam bentuk apapun tanpa izin UIN Suska Riau.

Sistem *boiler* terbagi menjadi 4 bagian, yaitu [12]:

1. Sistem Air Umpan (*Feed Water System*) adalah sebuah sistem yang secara otomatis melakukan penyediaan air umpan selaras dengan keperluan *steam*.
2. Sistem *steam* adalah sebuah sistem yang memiliki fungsi untuk mengumpulkan serta melakukan kontrol produksi *steam*. *Steam* dialiri sampai titik pengguna melalui *steam* pemipaan.
3. Sistem Bahan Bakar (*Fuel System*) adalah sebuah sistem yang memiliki fungsi melakukan pengaturan juga penyediaan bahan bakar guna memberikan hasil panas yang diperlukan.
4. *System Marine Fuel Oil* adalah sebuah sistem yang menjadi bahan bakar awal sebagai pemanas *boiler* (pengganti residu) bahan bakar mesin dan bertujuan untuk menghindari kelembapan dari sistem *boiler* itu sendiri, seperti; kondensasi yang dapat mengakibatkan korosif.

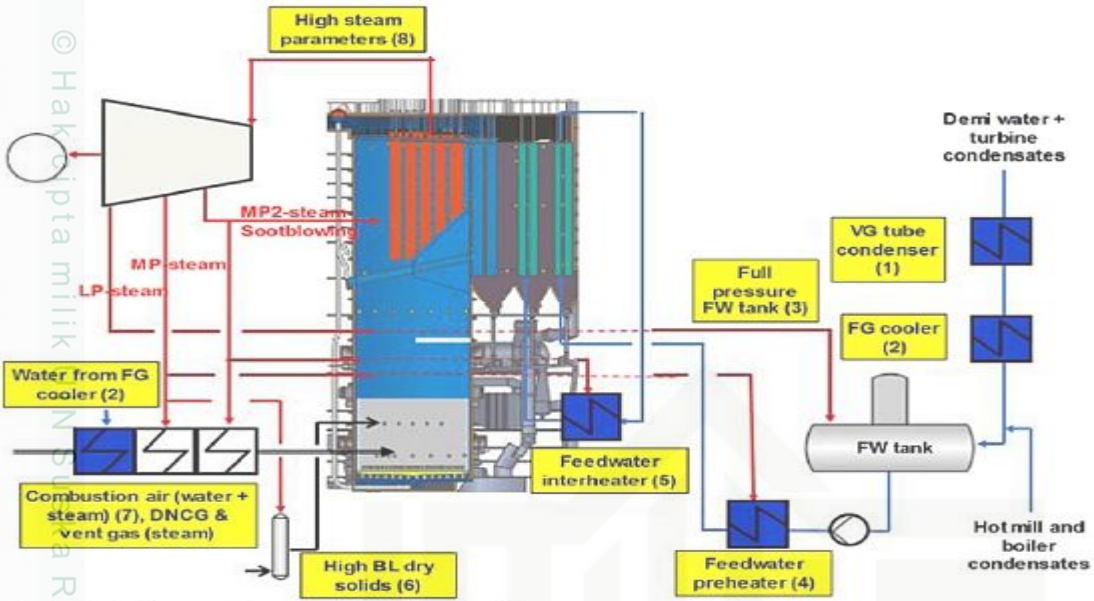
Sesuai dengan fluida yang mengalir pada pipa, maka *boiler* yang biasa digunakan pada industri ini dikelompokkan menjadi dua, yaitu [13]:

1. *Fire Tube Boiler*

Pada jenis ini, *boiler* dioperasikan oleh gas pembakaran di bagian pipa dan dialirkan oleh air yang akan menguap di bagian unit. Air yang melindungi pipa segera mendinginkan pipa di *boiler* tersebut. Jumlah lintasan horizontal gas pembakaran antara tungku dan tabung api mempengaruhi jumlah lintasan dalam *boiler*. Lintasan pertama dihitung dengan lewatnya gas pembakaran di tungku. *Fire tube boiler* biasanya digunakan pada industri pengolahan skala kecil hingga skala besar. Dalam *boiler* ini, gas yang panas akan melewati beberapa pipa air sehingga air umpan *boiler* diubah menjadi uap dalam shell.

2. *Water Tube Boiler*

Boiler jenis ini, air umpan *boiler* masuk ke *steam* drum setelah dialirkan melalui pipa. Gas hasil pembakaran yang membentuk uap di area drum kemudian memanaskan air yang bersirkulasi, seperti halnya *boiler* generator, *boiler* ini digunakan ketika permintaan *steam* sangat tinggi. Desain *boiler* modern ini memiliki kekuatan *steam* lebih dari 20.000 kg/jam, yang merupakan tekanan berkekuatan tinggi.



Gambar 2. 1 *Recovery boiler* [14]

Name : *Recovery boiler*
 Type : *Single Drum*
 Capacity : 1300 ton/hari

2.3 Instrumentasi *Recovery boiler*

Sistem instrumentasi dipakai bertujuan untuk mengukur serta mengontrol maupun keduanya, pada bidang industri contohnya kimia, pembangkit listrik, perminyakan, makanan, kertas, tekstil serta industri yang lain. Sebuah instrumentasi tidak bisa melakukan pekerjaannya sendiri namun wajib ada *equipment* yang mendukung, oleh sebab itu instrumentasi tidak bisa dilepaskan karena saling berhubungan pada pengontrolan sebuah proses tertentu. Umumnya sistem instrumentasi memiliki empat fungsi yang utama yaitu :

1. Sebagai alat pengukuran

Sistem instrumentasi mempunyai fungsi pengukur guna menelusuri serta memonitor bekerjanya sebuah situasi operasi pengukuran pada besaran pada variabel proses yang sedang dilakukan pengukuran. Penghitungan yang sering dijalankan ialah pengukuran terhadap aliran (*flow*), tekanan, temperatur serta tinggi permukaan cairan.

2. Sebagai alat analisa

Sistem instrumentasi mempunyai fungsi analisis guna melakukan analisis mutu kandungan pada sebuah produk. Selanjutnya bisa pula dipakai menjadi alat analisis guna



mencegah polusi lewat hasil buangan industri supaya tidak menimbulkan bahaya serta merusak lingkungan. Instrumentasi sebagai alat analisa sering ditemui pada bidang kimia juga kedokteran.

3. Sebagai alat kendali (*control*)

Sistem instrumentasi mempunyai fungsi kendali guna melakukan pengendalian operasi yang berjalan supaya variabel proses yang dilakukan pengukuran bisa dilakukan pengaturan maupun pengendalian selaras harga yang diharapkan. Instrumentasi menjadi alat kendali sering didapatkan pada bidang elektronika, industri serta sejumlah pabrik.

4. Sebagai Alat Pengaman

Sebagai alat pengaman yakni mempunyai fungsi guna melakukan pencegahan kerusakan dalam peralatan, melakukan pencegahan kejadian bahaya kecelakaan bagi orang yang melakukan pekerjaan, serta melakukan pencegahan kerusakan pada lingkungan. Sistem pengamanan tersebut memiliki sejumlah tahap, yakni memperingati berbentuk *alarm* serta menjalankan *shutdown* bagi proses yang ada.

Terdapat 2 langkah menjalankan penghitungan analisa kendali juga pengamatan pada instrumentasi, yakni melalui langkah manual atau analog dimana hasil pembacaannya wajib dilakukan penulisan serta melalui cara digital maupun otomatis yang mana hasil pembacaannya langsung dengan cara otomatis melalui pemakaian komputer. Proses manual serta otomatis dalam instrumentasi tidak dapat dilepaskan sebab 2 hal itu saling berhubungan. Instrumentasi dapat dipakai pada penghitungan melalui seluruh tipe besaran fisis, mekanis, kimia atau besaran listrik. Dalam sistem instrumenstasi sejumlah besaran fisis yang dilakukan pengukuran antara lain suhu, tekanan, kelembaban, aliran, radiasi, level, suara, kecepatan, cahaya, *torque*, sifat listrik (arus, tahanan, serta tegangan listrik), *density* serta viskositas.

Adapun beberapa komponen – komponen instrumentasi yang terdapat pada *boiler* sebagai berikut :

1. *Flowmeter*

Flowmeter berfungsi sebagai alat yang berguna untuk melakukan pengukuran laju aliran pada sebuah fluida. Selain melakukan pengukuran terhadap laju aliran fluida, *flowmeter* juga berguna untuk melakukan pengukuran pada total debit air, bubur *pulp*, *black liquor* dan beberapa unsur liquid untuk kebutuhan satu sistem itu sendiri (area *pulp*, area *paper* dan *water treatment*).

Hak Cipta Dilindungi Undang-Undang

1. Dilarang mengutip sebagian atau seluruh karya tulis ini tanpa mencantumkan dan menyebutkan sumber.

a. Pengutipan hanya untuk kepentingan pendidikan, penelitian, penulisan karya ilmiah, penyusunan laporan, penulisan kritik atau tinjauan suatu masalah.
 b. Pengutipan tidak merugikan kepentingan yang wajar UIN Suska Riau.

2. Dilarang mengumumkan dan memperbanyak sebagian atau seluruh karya tulis ini dalam bentuk apapun tanpa izin UIN Suska Riau.



Gambar 2. 2 Flowmeter[14]

2. Manometer atau Pressure Gauge

Manometer atau *pressure gauge* berguna sebagai alat yang dapat memberitahukan kuatnya tekanan pada *steam* di dalam drum maupun pada *superheater*, memiliki keluaran hasil dengan penunjuk jarum. Dalam memasang manometer tersebut dipakai pipa angsa (*symphony pipe*) guna menghalau kesalahan penghitungan dikarenakan ketinggian temperatur juga tekanan yang secara langsung dikaitkan pada *manometer*.



Gambar 2. 3 Manometer Analog[14]

3. Density Refractometer PR-23

Density berfungsi sebagai alat ukur yang berguna untuk pembaca tingkat kekentalan dari aliran *black liquor* dalam pipa atau dalam tangki dengan suhu 110 derajat *celsius*-160 derajat *celsius* yang berguna sebagai bahan bakar utama dari *recovery boiler*. Misalnya *density* guna melakukan pengukuran pada kental dan cairnya *black liquor* yang sudah ditetapkan oleh pihak manajemen (laboratorium) untuk sebagai pembanding dalam suatu sistem yang sudah di tetapkan dilapangan agar laju bahan bakar dapat digunakan dengan maksimal[15].



Gambar 2. 4 Density Refractometer[14]

4. **Thermocouple PT100 atau Temperatur PT100**

Thermocouple PT100 atau Temperatur PT100 merupakan alat yang dipakai guna melakukan pengukuran suhu serta untuk menghasilkan tegangan yang dapat menentukan suhu local. *Thermocouple* merupakan 2 tipe logam yang berbeda panjangnya tidak sama serta kecepatan muainya yang ditempelkan menjadi satu. Sehingga *Thermocouple* dipakai guna melakukan pengontrolan suhu dalam *feed tank*, *deaerator* (beberapa area lainnya yang masuk dalam *system boiler* itu sendiri).



Gambar 2. 5 *Thermocouple* PT100[14]

5. **Thermal Mass Flowmeter atau Temperatur Digital**

Thermal mass flowmeter berfungsi untuk mengukur aliran massa pada fluida yang didasari oleh perpindahan panas pada pengukuran rasio udara terhadap bahan bakar *boiler* dan generator uap yang dihasilkan dari pemasakan air di *boiler* itu sendiri, seperti di area *Low pressure steam*, *Medium pressure steam* serta di *High pressure steam*[16].



Gambar 2. 6 *Thermal Mass Flowmeter*[14]

6. **Differential Pressure Transmitter**

Differential pressure transmitter berfungsi sebagai pengirim sinyal pengukuran terhadap alat ukur tekanan *differential*. Peralatan ini berguna untuk memantau perbedaan tekanan antara *port* (pipa kapiler, *low* dan *high*) kemudian sinyal output akan dihasilkan berdasarkan satu tekanan yang ada pada media tangki atau pipa yang berdiameter di atas

25inc (*steand pipe*) berbagai tekanan yang bisa menghasilkan nilai ukur tekanan itu sendiri[17].



Gambar 2. 7 *Differential Pressure Transmitter*[14]

7. *Differential Pressure Transmitter Caliper*

Differential pressure transmitter capiler berfungsi sebagai pengirim sinyal pengukuran terhadap alat ukur tekanan *differential*. Peralatan ini berguna untuk memantau perbedaan tekanan antar *port* (*pipa capiler, low* dan *high*) kemudian sinyal output akan dihasilkan berdasarkan satu tekanan yang ada di dalam media tangki atau di dalam pipa yang berdiameter di atas 25inc (*steand pipe*) berbagai tekanan yang bisa menghasilkan nilai ukur tekanan itu sendiri[17].



Gambar 2. 8 *Differential Pressure Transmitter Caliper*[14]

8. *Safety Valve*

Safety valve memiliki fungsi menjadi pelindung *recovery boiler* yang akan menjalankan pekerjaan apabila ditemui tekanan lebih maupun tekanan yang melebihi batas dari yang telah ditentukan pada *recovery boiler*. *Valve* tersusun atas dua macam, yakni *valve* pengaman uap basah, yang kedua adalah *valve* pengaman uap kering. *Safety valve* ini di pasang di area *steam drum* dan di *boiler bank* (dalam area *steam drum* kapasitas 60 bar, jika melebihi kapasitas 60 bar maka *safety valve* akan bekerja secara auto untuk melakukan pengontrolan pada area *steam drum* itu sendiri). *Safety valve* tersebut bisa disetting sesuai kebutuhan dilapangan (kapasitas dari masing-masing *boiler*).

Hak Cipta Dilindungi Undang-Undang

1. Dilarang mengutip sebagian atau seluruh karya tulis ini tanpa mencantumkan dan menyebutkan sumber:

- a. Pengutipan hanya untuk kepentingan pendidikan, penelitian, penulisan karya ilmiah, penyusunan laporan, penulisan kritik atau tinjauan suatu masalah.
- b. Pengutipan tidak merugikan kepentingan yang wajar UIN Suska Riau.

2. Dilarang mengumumkan dan memperbanyak sebagian atau seluruh karya tulis ini dalam bentuk apapun tanpa izin UIN Suska Riau.



Gambar 2. 9 Safety Valve[14]

9. Control Valve

Control Valve berguna sebagai pengendali tekanan, aliran, *temperature*, serta level cairan. Control Valve juga berguna sebagai respon terhadap sinyal yang diterima pengendali yang membandingkan set point untuk variabel proses yang nilainya diberikan oleh sensor yang dapat memantau perubahan dalam kondisi seperti itu.[18]



Gambar 2. 10 Control Valve[14]

2.4 Keandalan (Reliability)

Keandalan (*reliability*) adalah karakteristik probabilitas bahwasanya suatu sistem dapat terjadi dan melakukan operasi yang konsisten dengan fungsinya dalam keadaan dan waktu tertentu. Secara umum, keandalan dapat didefinisikan sebagai komponen atau sistem yang dapat beroperasi secara normal dalam situasi dan waktu tertentu tanpa kerusakan atau kegagalan. Tujuan utama keandalan yaitu untuk menginformasikan pengambilan keputusan dan perkiraan ketika sistem atau komponen itu gagal ataupun rusak untuk memutuskan kapan harus mengganti, memelihara, dan memasok komponen [19].



Terdapat sejumlah definisi yang berkaitan pada keandalan sistem, diantaranya adalah sebagai berikut :

1. Komponen, adalah bagian pada sebuah sistem.
2. *Failure* (kegagalan) merupakan suatu kerusakan perangkat maupun sistem jadi tidak menjalankan fungsi seperti seharusnya
3. *Failure rate* (laju kerusakan) memperlihatkan total kegagalan maupun kerusakan semasa waktu digunakan.
4. *Mean Time Between Failure* (MTBF), merupakan nilai rata-rata waktu pada 2 peristiwa kegagalan pada sebuah elemen maupun sistem, memiliki satuan jam maupun tahun.
5. *Mean Time To Failure* (MTTF), merupakan nilai rata-rata waktu sistem untuk menuju kegagalan.
6. *Mean Time to Repair* (MTTR) merupakan nilai rata-rata waktu guna memperbaiki sebuah element pada sebuah sistem supaya bisa menjalankan operasinya lagi.
7. Keandalan merupakan kesempatan mengenai perangkat bisa menjalankan fungsi sebagaimana yang diinginkan sesudah waktu yang ditetapkan.
8. *Availability* (ketersediaan), merupakan kompetensi sebuah sistem bisa menjalankan operasi sebagai mana harusnya dalam sebuah waktu yang sudah ditetapkan.
9. *Unavailability* (ketidak tersediaan) merupakan probabilitas sistem tidak bisa menjalankan operasi. Memiliki satuan menit per tahun.
10. *Down Time System* (DTS) adalah rata-rata waktu sebuah sistem tidak menjalankan fungsi seperti yang diharapkan.

2.5 Perawatan (*Maintenance*)

Perawatan merupakan suatu aktivitas yang dijalankan secara rutin guna mengganti alat yang mengalami kerusakan. Fungsi utama pada perawatan ialah guna melindungi peralatan-peralatan supaya secara normal bisa melakukan operasi juga mencegah kerusakan awal. Secara umum pemeliharaan dibedakan kedalam dua macam, yakni *Preventive Maintenance* juga *corrective Maintenance* [20].



1. *Preventive Maintenance*

Preventive Maintenance mengacu pada pemeliharaan yang dilaksanakan di interval waktu yang sudah ditetapkan. Melakukan pemeliharaan pencegahan dapat bertujuan untuk mengurangi kemungkinan terjadinya kegagalan atau penurunan kinerja suatu sistem [20].

2. *Corrective Maintenance*

Corrective Maintenance merupakan sebuah aktivitas pemeliharaan yang dilaksanakan sesudah terjadi kegagalan pada sistem. Kegiatan pemeliharaan ini bertujuan untuk memulihkan sistem ke dalam kondisi dimana sistem tersebut bisa menjalankan fungsinya kembali [20].

2.6 *Reliability Centered Maintenance (RCM)*

RCM diartikan menjadi suatu proses yang dipakai dalam melakukan penentuan tindakan yang tepat agar aset fisik bisa tetap melakukan fungsinya seperti apa yang diharapkan. Proses analisa dengan metode RCM ialah melalui pengajuan 7 pertanyaan pada masing-masing aset milik perusahaan (pada konteks operasi), 7 pertanyaan itu diantaranya sebagai berikut: [21]

1. Apakah fungsi juga standar performansi yang aset punya saat beroperasi (*Function*)?
2. Pada situasi seperti apa aset tidak melakukan pemenuhan fungsinya (*Functional Failure*)?
3. Apa faktor dari masing-masing kegagalan (*Failure Mode*)?
4. Apa yang terjadi selama berlangsungnya kegagalan (*Failure effect*)?
5. Bagaimana masalah yang dimunculkan karena kegagalan (*Failure Consequence*)?
6. Apa yang bisa dijalankan guna memperkirakan maupun (*Proactive task*)?
7. Apa yang wajib dijalankan apabila *proactive task* tidak bisa lakukan (*Default action*)?

2.7 *Tujuan Reliability Centered Maintenance*

Adapun tujuan dalam menggunakan metodologi RCM yaitu :[22]

1. Untuk membangun suatu prioritas disain untuk memfasilitasi kegiatan perawatan yang efektif.
2. Untuk merencanakan *preventive maintenance* yang aman dan handal pada level- level tertentu dari sistem.

3. Untuk mengumpulkan data-data yang berkaitan dengan perbaikan item dengan berdasarkan bukti kehandalan yang tidak memuaskan.
4. Untuk mencapai ketiga tujuan diatas dengan biaya yang minimum.

2.8 Karakteristik *Reliability Centered Maintenance*

Karakteristik *Reliability Centered Maintenance* ada empat yaitu:[22]

1. Tujuan utama dari RCM adalah untuk menjaga fungsi sistem dan peralatan, dan menjaga kinerja dari suatu sistem atau alat. Untuk dapat mengetahui fungsi sistem dan mengetahui tujuan sistem dan dan output dari sistem dengan demikian dapat direncanakan tindakan perawatan untuk menjaga sistem sesuai dengan kinerja sistem atau alat.
2. Mengidentifikasi mode kerusakan yang spesifik pada bagian-bagian peralatan yang berpotensi menghasilkan kerusakan pada fungsi sistem.
3. Memprioritaskan perawatan dari kerusakan yang terjadi. Cara ini berdasarkan besarnya dampak kerusakan yang ditimbulkan terhadap *system* serta memprioritaskan pada kejadian yang paling penting.
4. Tindakan yang telah diberi prioritas diberi tindakan pencegahan yang dapat diaplikasikan dalam sebuah sistem.

Empat pertanyaan dasar RCM adalah langkah awal sebagai dasar untuk memperoleh informasi dari aset. Pengumpulan data-data kegagalan meliputi fungsi aset (*function*), kegagalan fungsi (*functional failure*), penyebab kegagalan (*failure mode*), akibat dari kegagalan (*failure effect*). Empat pertanyaan dasar RCM tersebut dirangkum dalam satu tabel RCM *Information Worksheet* seperti tabel 2.1 berikut:

Tabel 2. 1 RCM *Information Worksheet* [21]

RCM <i>Information Worksheet</i>		Sistem :			Date :	Sheet No :
		Sub Sistem :				
NO	<i>Componen and Function</i>	<i>Functional Failure</i>	<i>Failure Model (Cause of Failure)</i>	<i>Failure Effect (What happens when it fails)</i>		
1						

Tahap berikutnya merupakan langkah analisa dengan mengajukan tiga pertanyaan dasar selanjutnya dan digunakan dalam menganalisa pengambilan keputusan untuk menentukan tindakan perawatan. Setiap pertanyaan tersebut bisa dipaparkan menjadi :



1. Fungsi (*Function*)

Menentukan perawatan yang selaras guna melakukan pertahanan aset sehingga berfungsi sesuai apa yang diharapkan dalam operasinya, meliputi :

1. Menentukan apa yang diinginkan pengguna pada aset.
2. Memastikan aset bisa melakukan apa yang diinginkan oleh pengguna.

Hal yang disebutkan diatas merupakan langkah dasar dalam proses RCM, yaitu dengan menentukan fungsi serta standar performansi setiap aset. Hal yang diinginkan pengguna terhadap aset terbagi dua, yaitu : [21]

1. Fungsi utama pada aset tersebut. Kategori fungsi ini merupakan kecepatan, keluaran, kapasitas, mutu produk serta layanan pada konsumen.
2. Fungsi tambahan diselaraskan pada kemauan pengguna meliputi keamanan, kendali, rasa nyaman, ekonomi, perlindungan, keefesienan, pemenuhan pada standar lingkungan juga seluruh yang nampak juga aset punyai.

2. Kegagalan Fungsi (*Failure Mode*)

Tujuan melakukan kegiatan perawatan berbeda dari yang didefinisikan sebagai standar fungsional dan kinerja. Tetapi pertanyaannya adalah bagaimana mencapai tujuan ini. Satu-satunya peristiwa yang dapat mencegah aset menjalankan fungsinya adalah kegagalan. Oleh karena itu, manajemen pemeliharaan perlu dilakukan dengan memperhatikan bagaimana kegagalan terjadi. Proses RCM dalam mendeteksi kegagalan terdiri dari 3 langkah, yaitu:[21]

1. Melakukan indentifikasi yang menitikberatkan dalam kegagalan (*failed state*) atau kegagalan fungsi karena kejadian saat sebuah aset tidak bisa melakukan pemenuhan fungsinya.
2. Menanyakan peristiwa yang menimbulkan aset gagal melakukan fungsinya.
3. Melakukan identifikasi kejadian yang menyebabkan kejadian setiap kegagalan (*failed state*) yang disebut penyebab kegagalan (*failure modes*).

3. Penyebab Kegagalan (*Failure Mode*)

Langkah ini berfungsi untuk mengetahui apa saja hal yang menyebabkan kegagalan (*failure cause*). Hal ini sangat penting karena seluruh hal yang akan menyebabkan kegagalan fungsi aset harus selalu ditemukan. Setelah itu, kita harus mengetahui kegagalan tersebut disebabkan oleh konteks operasi yang sama atau tidak. Selain kerusakan pada aset, kegagalan juga dapat disebabkan oleh kesalahan manusia maupun kekurangan pada desain. Sehingga kegagalan tersebut dapat ditangani dengan cara yang tepat [21].

2.9 Reliability Centered Maintenance Decision Worksheet

Reliability Centered Maintenance Decision Worksheet adalah lembaran kerja yang kedua saat pengerjaan RCM. Lembaran ini juga dipakai guna mencatat beberapa jawaban dari pertanyaan yang ditampilkan pada *decision diagram*, sehingga kita bisa mengetahui hal berikut [21] :

1. Jenis dan waktu perawatan, serta siapa yang akan melakukan perawatan tersebut.
2. Jenis kegagalan yang sering muncul agar dapat dilakukan pendesainan ulang pada peralatan.
3. Keputusan akhir yang harus diambil agar kegagalan dapat diatasi.

Kolom – kolom RCM *Decision Worksheet* dibagi sebagai berikut:

1. *Information Reference*, merujuk pada informasi yang didapat dari FMEA/RCM *Information Worksheet*, yaitu dengan cara memasukkan kode kedalam *Function Failure* serta *Failure Mode* dari masing-masing peralatan.
2. *Consequence Evaluation* adalah akibat dari kegagalan fungsi. Dalam RCM konsekuensi kegagalan dibedakan menjadi 4 jenis, yaitu : *Hidden failure*, *Safety Effect*, *Enviromental Effect* dan *Operational Effect*. Pengisian yang dilakukan dalam *consequense evaluation* seperti pada tabel 2.2 berikut :

Tabel 2. 2 Penentuan Kriteria Konsekuensi RCM [21]

Failure Consequence	Memiliki Konsekuensi	Tidak Memiliki Konsekuensi
Kolom H (<i>Hidden Function</i>)	<i>Failure modes</i> tidak dapat diketahui secara langsung oleh operator dalam kondisi normal	<i>Failure modes</i> dapat diketahui secara langsung oleh operator dalam kondisi normal
Kolom S (<i>Safety</i>)	<i>Failure Mode</i> berdampak pada Keselamatan Kerja Operator	<i>Failure Mode</i> tidak berdampak pada Keselamatan Kerja Operator
Kolom E (<i>Environment</i>)	<i>Failure Mode</i> berdampak pada Lingkungan sekitar	<i>Failure mode</i> tidak berdampak pada Lingkungan sekitar
Kolom O (<i>Operational</i>)	<i>Failure Mode</i> berdampak pada <i>output</i> produksi yang dihasilkan	<i>Failure Mode</i> tidak berdampak pada <i>output</i> produksi yang dihasilkan

3. *Proactive task & Default Action*, *Proactive task* adalah perlakuan yang berguna agar penyebab kegagalan dapat dicegah serta dihindari. RCM telah menetapkan *Decision Diagram* yang dapat membantu menentukan tindakan yang dimaksud dengan cara memenuhi *technically feasible* dan *worth doing* seperti yang tertera pada tabel 2.3:



Tabel 2. 3 Penentuan Kondisi *Proactive Task* dalam RCM [21]

<i>Proactive Task</i>	Persyaratan Kondisi <i>Proactive Task</i>
Kolom H1/S1/O1/N1 <i>Scheduled on condition task</i>	<ul style="list-style-type: none"> - Memungkinkan untuk dilakukan pendeteksian terhadap gejala awal terjadinya kerusakan. - Apakah dalam interval waktu tersebut cukup untuk dilakukan tindakan pencegahan untuk mengurangi <i>functional failures</i>.
Kolom H2/S2/O2/N2 <i>Scheduled Restoration task</i>	<ul style="list-style-type: none"> - Identifikasi umur dimana item menunjukkan kemungkinan penambahan kecepatan terjadinya kegagalan - Mayoritas item dapat bertahan pada umur tersebut untuk kegagalan yang memiliki dampak/konsekuensi terhadap <i>safety/environment</i> - Memulihkan daya tahan item terhadap kegagalan yang terjadi.
Kolom H3/S3/O3/N3 <i>Scheduled Discard Task</i>	<ul style="list-style-type: none"> - Identifikasi umur dimana item menunjukkan kemungkinan penambahan kecepatan terjadinya kegagalan - Mayoritas item dapat bertahan pada umur tersebut (untuk kegagalan yang memiliki dampak/konsekuensi terhadap <i>safety/environment</i>)
Kolom H4 <i>Scheduled failure finding task</i>	<ul style="list-style-type: none"> - Pendeteksian untuk menemukan <i>hidden failure</i> memungkinkan untuk dapat dilakukan - <i>Task</i> yang diberikan mampu menurunkan terjadinya <i>multiple failure</i> - <i>Task</i> yang diberikan dilakukan sesuai dengan <i>interval</i> yang dikehendaki
Kolom H5 <i>Redesign</i>	<ul style="list-style-type: none"> - <i>Hidden failure</i> dapat dicegah hanya dengan jalan melaksanakan perubahan desain pada mesin
Kolom S4 <i>Combination Task</i>	<ul style="list-style-type: none"> - <i>Safety effect</i> dapat dicegah apabila kombinasi aktivitas antar <i>proactive task</i> bisa dilakukan

Jika jawaban yang disuguhkan oleh *decision diagram* RCM memenuhi persyaratan, maka akan ditulis sebagai “Y”. dan jika jawaban yang disuguhkan tidak memenuhi persyaratan, maka akan ditulis sebagai “N” pada kolom RCM *Decision Worksheet*.

1. *Proposed Task* dari hasil keputusan yang didapatkan akan dilanjutkan pada tindakan perawatan agar kegagalan fungsi yang bisa saja terjadi dapat dicegah serta dihindari. Pada *proposed task* akan menjelaskan tindakan perencanaan yang berguna sebagai

1. Diarangi mengutip sebagian atau seluruh karya tulis ini tanpa mencantumkan dan menyebutkan sumber.
 a. Pengutipan hanya untuk kepentingan pendidikan, penelitian, penulisan karya ilmiah, penyusunan laporan, penulisan kritik atau tinjauan suatu masalah.
 b. Pengutipan tidak merugikan kepentingan yang wajar UIN Suska Riau.
 2. Dilarang mengumumkan dan memperbanyak sebagian atau seluruh karya tulis ini dalam bentuk apapun tanpa izin UIN Suska Riau.

tindakan nyata untuk menjelaskan arti hasil dari *proactive task* maupun *default action* yang diberikan.

2. *Initial interval* digunakan sebagai pencatat jarak perawatan optimal dari setiap tugas yang diberikan pada *scheduled restoration/discard task*.

3. *Can be done by* digunakan sebagai pencatat pemilik data yang berwenang saat melaksanakan aktivitas perawatan meliputi pihak yang terkait langsung dengan proses operasi dari peralatan tersebut.

2.10 Failure Mode and Effect Analysis (FMEA)

Metode FMEA memiliki tujuan guna melakukan identifikasi hal yang menyebabkan terjadinya kegagalan dan apa akibat yang akan ditimbulkan dari sistem tersebut. Selain itu, pada saat proses metode ini juga membutuhkan pengumpulan data operasi pada sistem [23].

Metode FMEA juga memiliki tujuan sebagai pencari nilai *Risk Priority Number* (RPN) yang digunakan sebagai informasi tentang keadaan komponen kritis serta metode ini juga tergolong pada proses analisa RCM. Ada beberapa cara untuk mengetahui apa saja hal yang dapat menyebabkan kegagalan, yaitu :

2.10.1 FMEA Worksheet

Langkah – langkah prosesnya diilustrasikan melalui *worksheet* FMEA. Contoh dari *worksheet* FMEA ialah seperti pada tabel 2.4 berikut:

Tabel 2. 4 *Worksheet* FMEA [24]

No	Component	Function	Potensial Failure Mode	Potensial Effect of Failure	Potensial Cause of Failure	S E V	O C C	D E T	RPN
1									

Keterangan :

1. *Component and Function* berisi tentang komponen serta fungsi pada bagian yang akan dilakukan analisis.
2. *Potential Failure Mode*, tertuang pada sejumlah tipe potensi kegagalan sistem pada prosesnya.
3. *Potential effect of failure*, tertuang akibat yang akan muncul apabila elemen mengalami kegagalan.
4. *Severity* (SEV), adalah nilai keparahan pada efek yang muncul karena kegagalan pada semua sistem.

5. *Potential Cause Of Failure*, berisikan mengenai apapun yang menyebabkan kejadian kegagalan.
6. *Occurent* (OCC), berisi nilai frekuensi peristiwa yakni berapa sering akibat kegagalan timbul dikarenakan penyebab kegagalan.
7. *Current Control*, adalah metode kendali apa yang telah dilakukan penerapan guna mencegah kejadian kegagalan maupun kendali apa untuk melakukan deteksi apabila kegagalan terjadi.
8. *Detection* (DET), adalah nilai sejumlah besar kemungkinan *current control* bisa melakukan deteksi kegagalan.
9. *Resiko Priority Number* (RPN), adalah hasil dari perkalian pada *Severity*, *Occurity*, serta *Detection*.
10. $RPN = Severity \times Occurent \times Detection$ (2. 1)

2.10.2 Menentukan *Severity*, *Occurance* dan *Detection*

Melakukan penentuan prioritas melalui tipe kegagalan sehingga pada metode FMEA wajib mengartikan *severity*, *Occurrence*, *detection* serta hasil akhir adalah berbentuk nilai RPN. *Severity* merupakan penilaian tahap keseriusan pada efek kegagalan dalam komponen yang mempengaruhi hasil kerja mesin, untuk nilai *severity* dinilai pada skala 1-10 seperti dalam tabel 2.5 berikut:

Tabel 2. 5 Tingkat *Severity* [24]

Penilaian	<i>Severity</i>	Makna
10	Berbahaya tanpa peringatan	Kegagalan yang menimbulkan efek amat berbahaya
9	Berbahaya dengan peringatan	Kegagalan yang menimbulkan efek berbahaya
8	Sangat tinggi	Sistem tidak melakukan operasi
7	Tinggi	Sistem melakukan operasi namun tidak bisa dilakukan dengan cara keseluruhan
6	Sedang	Sistem melakukan operasi dan aman namun tidak bisa dilakukan dengan cara keseluruhan
5	Rendah	Menurunkan kinerja dengan cara bertahap
4	Sangat Rendah	Kecilnya efek bagi penampilan system
3	Kecil	Tidak banyak memberikan pengaruh untuk kinerja system
2	Sangat Kecil	Efek yang dilakukan pengabaikan dalam kinerja sistem
1	Tidak ada efek	Ketidak beradaan efek



Occurrence merupakan sebuah penilaian yang mana keberadaan kejadian sebab kerusakan, melalui tahapan *occurrence* bisa dideteksi hal yang dapat menyebabkan terjadinya kerusakan [23]. Pada tabel 2.6 di bawah ini, akan ditunjukkan nilai tingkatan *occurrence*.

Tabel 2. 6 Tingkat *Occurrence* [24]

Penilaian	<i>Occurrence</i>	Makna
10	Sangat Tinggi	Seringnya kejadian kegagalan
9		
8	Tinggi	Kegagalan yang berulang
7		
6	Sedang	Jarang kejadian kegagalan
5		
4		
3	Rendah	Sangat kecil kejadian kegagalan
2		
1	Tidak ada efek	Hampir tidak terdapat kegagalan

Detection berguna sebagai penilai agar bisa menemukan hal yang dapat menyebabkan kerusakan dan bagaimana cara memperbaikinya. Pada tabel di bawah ini akan ditampilkan tingkatan *detection*.

Tabel 2. 7 Tingkat *Detection* [24]

Penilaian	<i>Detection</i>	Makna
10	Tidak pasti	Perawatan <i>preventive</i> selalu tidak bisa medeteksi penyebab potensi kegagalan serta mode kegagalan
9	Sangat kecil	Perawatan <i>preventive</i> memiliki kemungkinan “sangat tipis” supaya bisa melakukan deteksi penyebab potensi kegagalan serta mode kegagalan
8	Kecil	Perawatan <i>preventive</i> memiliki kemungkinan “tipis” supaya bisa melakukan deteksi penyebab potensi kegagalan serta mode kegagalan
7	Sangat rendah	Perawatan <i>preventive</i> memiliki kemungkinan sangat rendah supaya bisa melakukan deteksi penyebab potensi kegagalan serta mode kegagalan
6	Rendah	Perawatan <i>preventive</i> memiliki kemungkinan rendah supaya bisa melakukan deteksi penyebab potensi kegagalan serta mode kegagalan
5	Sedang	Perawatan <i>preventive</i> memiliki kemungkinan “sedang” supaya bisa melakukan deteksi penyebab potensi kegagalan serta mode kegagalan

1. Dilarang mengutip sebagian atau seluruh karya tulis ini tanpa mencantumkan dan menyebutkan sumber.
 a. Pengutipan hanya untuk kepentingan pendidikan, penelitian, penulisan karya ilmiah, penyusunan laporan, penulisan kritik atau tinjauan suatu masalah.
 b. Pengutipan tidak merugikan kepentingan yang wajar UIN Suska Riau.
 2. Dilarang mengumumkan dan memperbanyak sebagian atau seluruh karya tulis ini dalam bentuk apapun tanpa izin UIN Suska Riau.

Tabel 2.7 [lanjutan] dari Tingkat *Detection* [24]

4	Menengah Ke atas	Perawatan <i>preventive</i> mempunyai kemungkinan “menengah keatas”supaya bisa melakukan deteksi faktor potensial kegagalan serta mode kegagalan
3	Tinggi	Perawatan <i>preventive</i> mempunyai ketinggian peluang guna bisa melakukan deteksi faktor potensi kegagalan serta mode kegagalan
2	Sangat tinggi	Perawatan <i>preventive</i> mempunyai kemungkinan amat tinggi supaya bisa melakukan deteksi faktor potensi kegagalan serta mode kegagalan
1	Hampir pasti	Perawatan <i>preventive</i> mampu melakukan deteksi faktor potensi kegagalan serta mode kegagalan

Setelah mendapatkan nilai *Severity*, *Occurrence*, dan *Detection* komponen mesin *recovery boiler* maka akan diperoleh nilai RPN. Setelah memasukkan nilai tersebut ke rumus RPN sebelumnya yaitu : $RPN = S \times O \times D$. Nilai dari RPN tersebut digunakan untuk mengidentifikasi resiko yang serius, sebagai acuan ke arah tindakan perawatan pada sistem yang mengalami kegagalan.

Komponen yang memiliki nilai RPN tertinggi harus mendapatkan penanganan yang pertama, Selain itu perhatian harus diberikan kepada sistem yang memiliki nilai *severity* tertinggi 9 atau 10 tanpa melihat nilai RPNnya.

2.10.3 Analisa Pareto

Analisa pareto dipakai guna melakukan penentuan elemen yang berkontribusi pada kegagalan. Nilai akhir pada analisa ini dapat menginformasikan elemen apa saja yang menimbulkan gagalnya sistem jadi bisa menentukan elemen yang perlu dianalisa lebih mendalam. Analisa pareto yaitu melakukan penyusunan sesuai RPN yang telah diperoleh. Beberapa tata cara dalam menyusun analisa ini, yaitu :

1. Mengurutkan nilai RPN dari yang tertinggi hingga terendah.
2. Menghitung nilai RPN kumulatif.
3. Menghitung nilai persentase.
4. Menghitung nilai persentase kumulatif.
5. Membuat diagram batang untuk setiap komponen

2.10.4 Analisa Ketersediaan (*Availability*)

Ketersediaan merupakan kompetensi sistem dalam melakukan fungsinya semasa waktu yang sudah ditetapkan. Analisa ketersediaan adalah suatu metode yang bisa menolong saat melakukan perbaikan produktivitas aset [20]. Ketersediaan diperoleh melalui 2

unsur, yakni MTTR (*Mean Time to Repair*) yaitu waktu rata-rata yang digunakan untuk proses *repair* (perbaikan) alat. Perhitungan MTTR dimulai ketika alat rusak sampai kembali beroperasi normal, MTTR menunjukkan data efisiensi kemampuan perusahaan dalam menanggapi dan menyelesaikan masalah yang terjadi. MTTF (*Mean to Failure*) ukuran rata-rata waktu aset sampai mengalami kerusakan. Indikator ini digunakan untuk mendapatkan estimasi umur aset yang *non-repairable* (tidak bisa diperbaiki), nilai MTTF dihitung dengan memperhatikan sejumlah besar unit aset yang sama dalam periode yang cukup lama. Untuk mencari nilai MTTR serta MTTF, dapat dilakukan menggunakan rumus berikut :

$$MTTF = \frac{1}{\lambda} \quad (2.2)$$

$$MTTR = \frac{1}{\mu} \quad (2.3)$$

Dimana :

- λ : Laju kegagalan pertahun
- μ : Waktu perbaikan rata-rata

Sehingga ketersediaan baru dapat dihitung setelah mendapatkan nilai MTTF dan MTTR, untuk menentukan nilai ketersediaan adalah dengan menggunakan rumus berikut :

$$A = \frac{MTTF}{MTTF + MTTR} \quad (2.4)$$

2.10.5 Konsekuensi dari Kegagalan

Konsekuensi dikelompokkan menjadi empat, yaitu [22] :

1. *Hidden failure consequence*, yaitu gagalnya fungsi pada saat normal dan tidak bisa dibuktikan kepada operator bahwasanya kegagalan sudah terjadi. Umumnya ditimbulkan karena gagalnya peralatan pengamanan melakukan pekerjaan.
2. *Safety and environmental consequence*, yaitu kegagalan yang berakibat pada keselamatan apabila bisa melukai atau memberikan cedera bahkan melakukan pembunuhan sosok atau lingkungan jika standar lingkungan dilanggar.
3. Konsekuensi operasional, yaitu kegagalan yang berakibat pada operasional seperti produksi (biaya operasional, kualitas produk, dan produk yang dikeluarkan).
4. *Non-operational consequence*, yaitu kegagalan yang berpengaruh pada biaya yang ditimbulkan karena perbaikan.



2.10.6 Proactive Task

Kegiatan tersebut dipilih sebelum terjadinya kegagalan dengan harapan bisa melakukan pencegahan terjadinya kegagalan (*failed state*). Konteksi tersebut juga disebut perawatan *predictive* serta *preventive*. Sementara pada RCM tersebut dipakai pendekatan *scheduled restoration*, *scheduled discard* juga *on-condition task*. Berikut penjelasan dari pendekatan yang digunakan dalam metode RCM :

1. *Scheduled restoration task* adalah kegiatan memulihkan kompetensi elemen sebelum batasan usia pemakaiannya tanpa memberikan perhatian situasi. Pada kegiatan ini dilakukan pemeriksaan dengan teliti atau dengan cara merubah desain agar dapat menghindari kegagalan yang disebabkan umur peralatan.
2. *Scheduled on-condition task* berguna agar kegagalan potensial dapat diketahui, sehingga tindakan pencegahan dapat dilakukan agar dapat menghindari kegagalan fungsi.

2.10.7 Default Action

Kegiatan tersebut dapat diambil sesudah kegiatan *proactive* tidak memanfaatkan untuk melakukan penghadapan penyebab kegagalan. *Default action* dilakukan penentuan sesuai pada konsekuensi yang timbul melalui kegagalan, diantaranya :

1. Apabila *proactive task* tidak bisa digunakan untuk melakukan penurunan resiko pada kegagalan yang berhubungan pada *hidden function*, sehingga aktivitas periodik *failure finding* bisa dijalankan.
2. Apabila *proactive task* tidak bisa dipakai guna melakukan penurunan resiko kegagalan yang bisa memberikan pengaruh bagi keselamatan maupun lingkungan, sehingga asset itu wajib didesain ulang maupun proses yang dilakukan wajib dilakukan perubahan.
3. Apabila *proactive task* tidak bisa digunakan karena biaya kegagalan disebabkan oleh konsekuensi operasional, *default action* yang bisa disajikan merupakan *no scheduled maintenance* apabila konsekuensi operasional tidak mampu memperbaiki maka *default action* yang bisa dijalankan merupakan desain ulang.

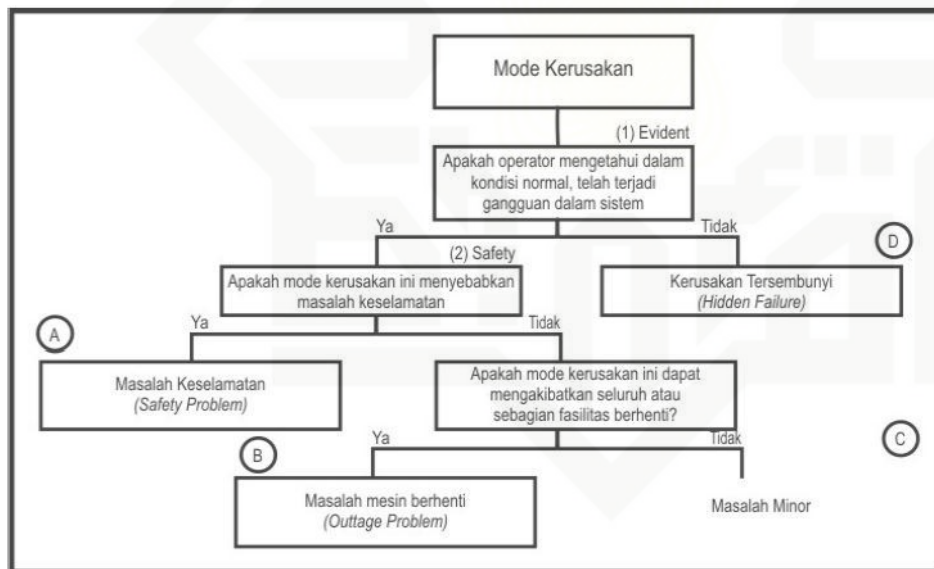
2.11 Logic Tree Analysis (LTA)

LTA merupakan proses pengidentifikasian fungsi perawatan yang *applicable* dan *effective* dilakukan dengan menggunakan *Decision Logic Tree* yang terdiri dari beberapa pertanyaan yang menghasilkan jawaban “ya” atau “tidak” dengan tujuan untuk mengklasifikasikan sebuah kesalahan. Dihasil ini bisa berupa fakta atau kejadian, jawaban

dari pertanyaan-pertanyaan ini akan menghasilkan gambaran dari kekritisan suatu kegagalan[25].

Penyusunan LTA bertujuan memberikan prioritas pada sebuah kerusakan dan melakukan pengamatan dari fungsi sistem atau aset, pada sebuah kegagalan pada fungsi alat dapat berpengaruh pada status kegagalan. Untuk langkah – langkah menggunakan LTA memiliki tiga pertanyaan logika yang berfokus atau berstruktur untuk mengambil keputusan bertujuan menyederhanakan analisa secara akurat dan menempatkan setiap mode kerusakan ke dalam satu dari empat kategori dari tiap-tiap pertanyaan akan dijawab dengan “ya” atau “tidak”. Berikut tiga pertanyaan yang digunakan adalah:

1. Apakah operator mengetahui dalam kondisi normal telah terjadi gangguan dalam sistem?
2. Apakah mode kerusakan ini menyebabkan masalah keselamatan?
3. Apakah mode kerusakan ini menyebabkan seluruh atau sebagian mesin berhenti (*outage*)?



Gambar 2. 11 Struktur *Logic Tree Analysis*[25]

Disetiap struktur LTA, prioritas dari hasil akan dikelompokkan menjadi empat kategori yaitu :

1. Kategori A masalah keselamatan yang merupakan prioritas tertinggi.
2. Kategori B masalah mesin berhenti yang merupakan prioritas kedua.
3. Kategori C masalah minor yang diklasifikasikan menjadi RTF.
4. Kategori D masalah kerusakan tersembunyi akan ditinjau kembali dan kemudian

digolongkan dalam D/A atau D/B atau D/C.

Selanjutnya langkah-langkah yang telah diterangkan akan dimasukkan kedalam tabel *worksheet* LTA untuk mengetahui resiko dari kegagalan berdasarkan *evident*, *safety*, *outage* dan *category* seperti pada tabel 2.8 sebagai berikut:

Tabel 2. 8 *Worksheet* LTA[25]

No	Komponen	Fungsi	Mode Kegagalan	Penyebab Kegagalan	Analisis Kekritisian LTA			
					<i>Evident</i>	<i>Safety</i>	<i>Outage</i>	<i>Category</i>

Keterangan:

1. *Evident*, yaitu apakah operator mengetahui dalam kondisi normal telah terjadi gangguan dalam sistem?
2. *Safety*, yaitu apakah mode kerusakan ini menyebabkan masalah keselamatan?
3. *Outage*, yaitu apakah mode kerusakan ini mengakibatkan seluruh atau sebagian mesin terhenti?
4. *Category*, merupakan pengkategorian yang didapati setelah menjawab pertanyaan pertanyaan yang diajukan. Setelah ini komponen terbagi dalam 4 kategori, yaitu kategori A (*Safety problem*), merupakan permasalahan yang terjadi berdampak pada keselamatan, kategori B (*Outage problem*) merupakan permasalahan yang terjadi berdampak terhadap sistem, kategori C (*Economic problem*) merupakan permasalahan yang terjadi berdampak terhadap pendapatan perusahaan, kategori D (*Hidden failure*) merupakan permasalahan yang terjadi tidak dapat terdeteksi.



BAB III

METODOLOGI PENELITIAN

3.1 Penelitian Terkait

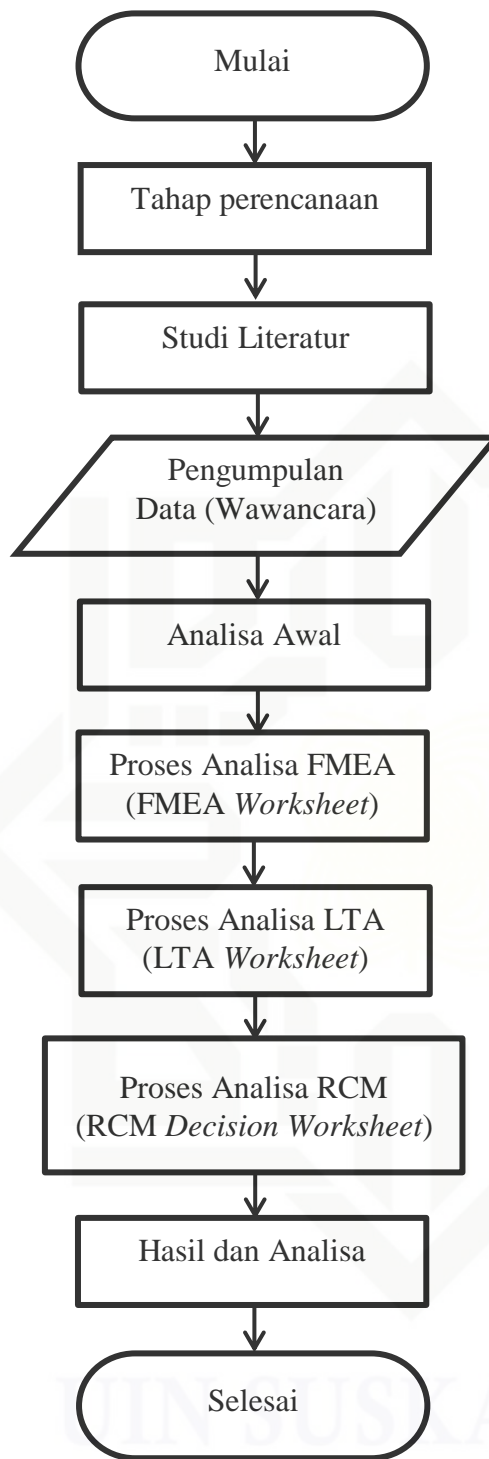
Sebelum membahas proses penelitian secara lebih mendalam, penulis ingin menjelaskan bahwa penelitian ini bersifat kualitatif, dan penelitian kualitatif bertujuan untuk memperoleh gambaran yang utuh tentang gagasan dan pendapat tentang subjek yang diteliti yang tidak dapat diukur secara numerik.

Pada penelitian tahap pertama ini, penulis menentukan atau mengidentifikasi peralatan untuk menentukan fungsi masing-masing peralatan yang berhubungan dengan *recovery boiler*, kemudian mengumpulkan data kegagalan, meliputi kegagalan fungsi (*functional failure*), penyebab kegagalan (*failure mode*), dan hasil kegagalan (*failure effect*). Jika dikaitkan dengan tujuh pertanyaan dasar metode RCM, maka yang penulis lakukan di atas adalah empat langkah awal sebagai dasar untuk memperoleh informasi dari aset yang akan diteliti.

Setelah mendapatkan semua data sistem yang akan diamati, langkah selanjutnya adalah proses RCM guna dilakukan untuk menentukan jenis perawatan yang sesuai pada aset tersebut, kemudian dilakukannya menggunakan metode FMEA untuk menganalisis penyebab kegagalan dan akibat kegagalan. Setelah mendapatkan hasil berupa nilai RPN dari metode FMEA langkah ini dilakukan untuk menjawab pertanyaan yang muncul dan memenuhi tujuan penelitian. Langkah selanjutnya adalah menjelaskan penelitian dalam bentuk *flowchart* penelitian, yang bertujuan untuk menjelaskan langkah-langkah yang penulis lakukan dalam penelitian ini. Dibawah ini penulis paparkan seperti Gambar 3.1.

Hak Cipta Diindungi Undang-Undang

1. Dilarang mengutip sebagian atau seluruh karya tulis ini tanpa mencantumkan dan menyebutkan sumber:
 - a. Pengutipan hanya untuk kepentingan pendidikan, penelitian, penulisan karya ilmiah, penyusunan laporan, penulisan kritik atau tinjauan suatu masalah.
 - b. Pengutipan tidak merugikan kepentingan yang wajar UIN Suska Riau.
2. Dilarang mengumumkan dan memperbanyak sebagian atau seluruh karya tulis ini dalam bentuk apapun tanpa izin UIN Suska Riau.



Gambar 3. 1 *Flowchart* Penelitian

3.2 Tahapan Perencanaan

Supaya bisa menggapai tujuan yang diharapkan sesi yang hendak dicoba pada riset ini merupakan selaku berikut:



3.2.1 Identifikasi Masalah

Dalam penataan proposal Tugas Akhir ini, langkah awal yang penulis jalani merupakan identifikasi permasalahan dengan melaksanakan pengamatan awal pada permasalahan kegagalan yang terjalin. Mendapatkan sumber kasus serta dijadikan sebagai latar belakang riset dan menetapkan tujuan selaku hasil yang mau dicapai dalam riset.

3.2.2 Memastikan Objek Penelitian

Objek dari riset ini ialah unit *Recovery Boiler* pada pabrik yang memerlukan tenaga listrik, dari pada itu riset berfokus pada instrumentasi yang terdapat pada *boiler* yang dimana instrumen tersebut selaku perlengkapan pengukuran, analisa, kendali serta pengamanan.

3.2.3 Perencanaan Penelitian

Langkah ini penulis menggelar perencanaan agenda wujud riset yang ingin dicoba. Kemudian melaksanakan riset pendahuluan, riset literatur, dan observasi sehingga dibentuklah rencana riset untuk Tugas Akhir. Penulis mengharapkan hasil riset ini cocok dengan harapan serta jadi acuan ataupun saran untuk melaksanakan rekomendasi perawatan serta pemilihan tindakan yang tepat.

3.2.4 Batasan Penelitian

Ada pula batasan riset yang dicoba oleh penulis pada riset ini bertujuan agar ulasan tidak meluas jauh dari batas permasalahan yang sudah ditetapkan.

3.3 Pengumpulan Data

Sesi ini penulis melaksanakan pengumpulan informasi yang setelah itu dipakai guna melaksanakan penyelesaian beberapa proses pengukuran dan perhitungan yang jadi pendukung kegiatan riset. Informasi yang dibutuhkan pada riset ini ialah:

1. Informasi dari wawancara mengenai komponen perangkat instrumen *Recovery boiler*.
2. Informasi mengenai FMEA menentukan tingkat keandalan sistem dengan cara menentukan nilai dari data kegagalan berdasarkan (*severity*) data penilaian dari keseriusan efek bentuk kegagalan potensial, (*occurrence*) data tingkat seringnya penyebab kegagalan yang terjadi dan (*detection*) data terjadinya suatu bentuk kegagalan mendeteksi penyebab potensial. Kemudian nilai-nilai yang didapat akan menentukan berapa nilai RPN setelah dimasukan kedalam rumus perkalian $RPN = S \times O \times D$.
3. Informasi mengenai waktu kegagalan serta perbaikan.



4. Informasi mengenai oprasional berjalannya *Recovery boiler*.

3.4 Analisa Awal

Langkah awal dalam melaksanakan analisa metode RCM yaitu dengan melaksanakan pemilihan sistem yang bisa didasarkan pada sebagian kriteria.

1. Sistem yang mempunyai kontribusi terbanyak atas terbentuknya kegagalan, dalam prihal ini dicoba dengan metode FMEA.
2. Sistem yang mengklasifikasikan sebuah kesalahan bisa berupa fakta atau kejadian, dalam prihal ini menggunakan metode LTA.
3. Sistem yang mendapat perhatian paling penting menurut fungsinya karena berkaitan dengan masalah keselamatan dan lingkungan, dalam hal ini dilakukan dengan proses menggunakan metode RCM.
4. Memperoleh data berbentuk jumlah kegagalan yang terjadi selama *recovery boiler* beroperasi.

3.5 Analisa Dan Pemecahan Masalah

3.5.1 Analisa FMEA

Metode FMEA bertujuan untuk menganalisa komponen-komponen kritis yang ditentukan berdasarkan nilai *Risk Priority Number* (RPN). Nilai RPN diperoleh berdasarkan persamaan (2.5).

Langkah-langkah menentukan nilai RPN dengan tabel FMEA adalah sebagai berikut: [24]

1. Memastikan komponen dan fungsi komponen (*component and function*), pada kolom awal berisi jenis-jenis dan fungsi komponen yang dianalisa.
2. Memastikan mode kegagalan (*potential failure*), pada kolom kedua berisi pemicu kegagalan masing-masing komponen.
3. Memastikan dampak kegagalan (*potential effect of failure*).
4. Memastikan *severity* (SEV), pada kolom ke empat berisi nilai *severity*.
5. Memastikan penyebab kegagalan (*potential cause of failure*), pada kolom kelima berisi penyebab kegagalan komponen.
6. Memastikan nilai *occurrence* (OCC), pada kolom keenam berisi nilai *occurrence*.
7. Memastikan *current control*
8. Memastikan nilai *detection* (DET), pada kolom kedelapan berisi nilai *detection*.
9. Memastikan nilai RPN.

Tabel FMEA *Worksheet* seperti pada table 3.1 berikut:

Tabel 3. 1 FMEA Worksheet Pada Komponen *Flowmeter*

No	Component	Function	Potensial Failure Mode	Potensial Effect of Failure	Potensial Cause of Failure	S E V	O C C	D E T	RPN

Keterangan :

1. *Component and Function* berisi tentang komponen serta fungsi pada bagian yang akan dilakukan analisis.
2. *Potential Failure Mode*, tertuang pada sejumlah tipe potensi kegagalan sistem pada prosesnya.
3. *Potential effect of failure*, tertuang akibat yang akan muncul apabila elemen mengalami kegagalan.
4. *Severity (SEV)*, adalah nilai keparahan pada efek yang muncul karena kegagalan pada semua sistem.
5. *Potential Cause Of Failure*, berisikan mengenai apapun yang menyebabkan kejadian kegagalan.
6. *Occurent (OCC)*, berisi nilai frekuensi peristiwa yakni berapa sering akibat kegagalan timbul dikarenakan penyebab kegagalan.
7. *Current Control*, adalah metode kendali apa yang telah dilakukan penerapan guna mencegah kejadian kegagalan maupun kendali apa untuk melakukan deteksi apabila kegagalan terjadi.
8. *Detection (DET)*, adalah nilai sejumlah besar kemungkinan *current control* bisa melakukan deteksi kegagalan.
9. *Resiko Priority Number (RPN)*, adalah hasil dari perkalian pada *Severity*, *Occurity*, serta *Detection*.

3.5.2 Analisa LTA

Metode LTA bertujuan untuk melakukan analisa dari penambahan tiga pertanyaan guna mendapatkan informasi yang lebih mendalam dan dapat menentukan rekomendasi perawatan yang tepat pada instrumen *recovery boiler* di PT.IKPP. Maka dibutuhkan informasi seberapa kritisnya kegagalan pada alat tersebut, maka tahap selanjutnya adalah



melakukan penyusunan LTA (*Logic Tree Analisis*) pembuatan LTA digunakan untuk menentukan kosekuensi dan prioritas dari sebuah kegagalan, proses ini juga bertujuan guna mengetahui resiko kerusakan pada aset dengan berlandaskan *evident, safety, outage, dan category*.

Tabel 3.2 LTA Worksheet[25]

No	Komponen	Fungsi	Mode Kegagalan	Penyebab Kegagalan	Analisis Kekritisian LTA			
					<i>Evident</i>	<i>Safety</i>	<i>Outage</i>	<i>Category</i>

Keterangan tabel:

1. *Evident*, yaitu apakah operator mengetahui dalam kondisi normal telah terjadi gangguan dalam sistem?
2. *Safety*, yaitu apakah mode kerusakan ini menyebabkan masalah keselamatan?
3. *Outage*, yaitu apakah mode kerusakan ini mengakibatkan seluruh atau sebagian mesin terhenti?
4. *Category* merupakan tahapan pengkategorian yang didapat setelah terjawabnya tiga pertanyaan sebelumnya. Dimana hasilnya akan membagi komponen menjadi 4 kategori yaitu: *Safety Problem* adalah kategori masalah yang berdampak pada keselamatan, *Outage Problem* adalah kategori masalah yang berdampak pada sistem, *Economic Problem* adalah masalah yang berdampak pada pendapatan perusahaan, *Hidden Failure* adalah masalah yang tidak dapat dideteksi.

Setelah melakukan penyusunan LTA, maka selanjutnya adalah melakukan analisa akhir RCM untuk merekomendasikan jenis perawatan yang tepat. Tahap ini berlandaskan dari jawaban dari ketujuh pertanyaan.

3.5.3 Analisa RCM

Metode RCM bertujuan untuk menganalisa pengolahan informasi selaras pada *worksheet* dan tata cara disaat menyelesaikan menggunakan metode RCM. Proses pengukuran juga penentuan informasi sesuai *worksheet*, dalam pengolahan informasi tersebut dijalankan secara melakukan pengungkapan beberapa ide pada karyawan PT. IKPP. Hal tersebut dijalankan dikarenakan karyawan industri lebih mempunyai

2. Dilarang mengumumkan dan memperbanyak sebagian atau seluruh karya tulis ini dalam bentuk apapun tanpa izin UIN Suska Riau.
 a. Pengutipan hanya untuk kepentingan pendidikan, penelitian, penulisan karya ilmiah, penyusunan laporan, penulisan kritik atau tinjauan suatu masalah.
 b. Pengutipan tidak merugikan kepentingan yang wajar UIN Suska Riau.
 1. Dilarang mengutip sebagian atau seluruh karya tulis ini tanpa mencantumkan dan menyebutkan sumber:



pengalaman di bidang instrumen, kompetensi, dan sering melakukan pengenalan serta mengetahui ciri-ciri pada perangkat yang berkaitan jadi akan melakukan penjaminan keberadaan kepastian mengenai keakuratan informasi yang didapatkan.

Langkah-langkah analisa dengan metode RCM ialah melalui pengajuan tujuh pertanyaan pada masing-masing aset milik perusahaan (pada konteks operasi), tujuh pertanyaan itu diantaranya sebagai berikut :[21]

1. Apakah fungsi juga standar performansi yang aset punya saat beroperasi (*Function*)?
2. Pada situasi seperti apa aset tidak melakukan pemenuhan fungsinya (*Functional Failure*)?
3. Apa faktor dari masing-masing kegagalan (*Failure Mode*)?
4. Apa yang terjadi selama berlangsungnya kegagalan (*Failure effect*)?
5. Bagaimana masalah yang dimunculkan karena kegagalan (*Failure Consequence*)?
6. Apa yang bisa dijalankan guna memperkirakan maupun (*Proactive task*)?
7. Apa yang wajib dijalankan apabila *proactive task* tidak bisa lakukan (*Default action*)?

Setelah menemukan data tentang aset bersumber pada pertanyaan dasar metode RCM, selanjutnya adalah memperoleh informasi lanjutan sebagai bahan pertimbangan keputusan yang akan diambil untuk memastikan tindakan perawatan. Tujuh pertanyaan yang diberikan akan ditulis dalam lembar RCM *Decision Worksheet* seperti pada tabel 3.2:

Hak Cipta Dilindungi Undang-Undang
Dilarang mengutip sebagian atau seluruh karya tulis ini tanpa mencantumkan dan menyebutkan sumber:

a. Pengutipan hanya untuk kepentingan pendidikan, penelitian, penulisan karya ilmiah, penyusunan laporan, penulisan kritik atau tinjauan suatu masalah.

b. Pengutipan tidak merugikan kepentingan yang wajar UIN Suska Riau.

Tabel 3. 3 RCM *Decision Worksheet* Pada Komponen *Flowmeter*

RCM <i>Decision Worksheet</i>			Sistem: <i>Flowmeter</i>									Date:	Sheet No: 2	
Information Reference			Consequence Evaluation				Proactive Task			Default Action		Proposed Task	Time to Maintenance	Can Be Done By
Function	Failure Function	Failure Mode	H	S	E	O	H1	H2	H3	H4	H5	S4		
							S1	S2	S3					
							O1	O2	O3					
							N1	N2	N3					

Keterangan Simbol Tabel:

1. *Information Reference*, F (*Function*) yaitu fungsi komponen, FF (*Failure Function*) yaitu kegagalan fungsi dan FM (*Failure Mode*) yaitu penyebab kegagalan fungsi.
2. *Consequences evaluation* terdiri dari H (*Hidden Failure*), S (*safety*), E (*Environmental*) dan O (*Operational*).
3. *Proactive Task*, H1/S1/O1/N1 berguna sebagai pencatat apakah *on condition task* berfungsi sebagai alat pengurangan penyebab kegagalan, H2/S2/O2/N2 berguna sebagai pencatat *scheduled restoration task* yang berguna sebagai pencegah kegagalan, serta H3/S3/O3/N3 berguna sebagai pencatat apakah *scheduled discard task* berfungsi sebagai pencegah kegagalan.
4. H4/H5/S4 yang terdapat dalam *Default Action* berguna sebagai pencatat jawaban dari pertanyaan dasar.
5. *Initial Interval* berguna sebagai pencatat rentang waktu waktu perawatan yang optimal dari setiap komponen.
6. *Proposed Task*, berguna sebagai pencatat tindakan yang dilakukan sebelum kegagalan *Scheduled restoration*, *scheduled discard task* dan *scheduled on condition task* terjadi.
7. *Can be done by* berguna sebagai pencatat siapa yang memiliki wewenang untuk melakukan perbaikan.

Memilih tindakan adalah tahap akhir proses analisa RCM. Setiap kegagalan akan dicatat kedalam daftar agar dapat diketahui rekomendasi apa yang tepat untuk dilakukan sebagai perawatan.



3.6 Analisa Ketersediaan (*Availability*)

Untuk menentukan kemampuan beroperasinya aset maka dilakukan analisa ketersediaan untuk mendapatkan hasil tersebut maka diperlukan nilai dari MTTF dan MTTR. MTTF yaitu ukuran rata-rata waktu aset sampai mengalami kerusakan. Indikator ini diperlukan untuk mendapatkan estimasi umur aset yang *non-repairable* (tidak bisa diperbaiki), nilai MTTF dihitung dengan memperhatikan sejumlah besar unit aset yang sama dalam periode yang cukup lama. Sedangkan Nilai MTTR waktu rata-rata yang digunakan untuk proses *repair* (perbaikan) alat. Perhitungan MTTR dimulai ketika alat rusak sampai kembali beroperasi normal, MTTR diperlukan untuk menunjukkan data efisiensi kemampuan perusahaan dalam menanggapi dan menyelesaikan masalah yang terjadi.

Untuk mendapatkan nilai dari MTTF maka digunakan persamaan 2.6 sebagai contoh: Dimana :

$$\lambda = \frac{\text{jumlah kegagalan}}{\text{total operasi (jam)}} \qquad \text{MTTF} = \frac{1}{\lambda}$$

Dari perhitungan berikut maka nilai MTTF dari setiap komponen dapat ditemukan.

Tabel 3.4 Model Perhitungan MTTF

No.	Komponen	Jumlah kegagalan/5Thn	MTTF/Jam

Dari tabel 3.4 di atas merupakan contoh pencarian total waktu operasi pertahun dengan satuan perjam.

Untuk mendapatkan nilai dari MTTR maka digunakan persamaan 2.7 sebagai contoh:

Dimana:

$$\text{MTTR} = \frac{1}{\mu} = \frac{\text{lama perbaikan}}{\text{jumlah kegagalan}}$$

Tabel 3.5 Model Perhitungan MTTR

No.	Komponen	Laju perbaikan/Jam	MTTR/Jam

Dari tabel 3.5 di atas merupakan contoh pencarian nilai rata-rata waktu untuk melakukan perbaikan yang dibutuhkan oleh suatu komponen.

2. Dilarang mengemukakan dan memperbanyak sebagian atau seluruh karya tulis ini dalam bentuk apapun tanpa izin UIN Suska Riau.

a. Pengutipan hanya untuk kepentingan pendidikan, penelitian, penulisan karya ilmiah, penyusunan laporan, penulisan kritik atau tinjauan suatu masalah.

b. Pengutipan tidak merugikan kepentingan yang wajar UIN Suska Riau.

1. Dilarang mengutip sebagian atau seluruh karya tulis ini tanpa mencantumkan dan menyebutkan sumber.

©Hak Cipta Dilindungi Undang-undang

Universitas Suska Riau

Staf Islamic University of Sultan Syarif Qam Riau



BAB V

KESIMPULAN DAN SARAN

5.1 Kesimpulan

Berdasarkan hasil pengolahan data yang dilakukan pada komponen instrumentasi *recovery boiler* di PT. Indah Kiat *Pulp And Paper*, di Kelurahan Perawang Kecamatan Tualang Kabupaten Siak Provinsi Riau dengan menggunakan metode RCM maka dapat disimpulkan bahwa:

1. Hasil perhitungan menunjukkan nilai RPN untuk *control valve*, *flowmeter*, *density refractometer* dan *safety valve* masing-masing sebesar 336, 245, 145 dan 126.
2. Perhitungan MTTF didapati hasil tertinggi yaitu, *control valve* (7152 jam), *flowmeter* (8448 jam), *density refractometer* (7008 jam) dan *safety valve* (8496 jam) jam kerja.
3. Rekomendasi jenis perawatan adalah *Preventive Maintenance* yang aman dan handal digunakan, karena mengacu pada pemeliharaan yang dilaksanakan di interval waktu yang sudah ditetapkan dengan melalui langkah *schedule discard task* yang dapat mengembalikan ketahanan alat terhadap kegagalan dan kembali seperti semula atau kondisi awal alat.

5.2 Saran

Setelah melakukan penelitian dan hasil dari analisa pada instrumen *recovery boiler* di PT. Indah Kiat *Pulp And Paper* dalam laporan tugas akhir ini, penulis menyarankan pihak perusahaan dapat membuat pencatatan secara berkala pada setiap kegiatan perawatan yang dilakukan. Kegiatan ini dapat dilakukan dengan memprioritaskan kondisi komponen yang diperlukan untuk perbaikan maupun penggantian komponen tersebut. Hal ini sangat penting untuk mengantisipasi bila terjadi kegagalan yang berulang.

Penelitian yang dilakukan saat ini hanya sebagian dari alat instrumen *recovery boiler* di PT. Indah Kiat *Pulp And Paper*. Adapun untuk penelitian selanjutnya agar dapat melakukan analisa pada komponen instrumen *recovery boiler* untuk memperoleh data-data kegagalan yang lainnya.



DAFTAR PUSTAKA

- [1] A. P. Yudha., 2019. *Produktifitas Industri Pulp dan Kertas* [Book]. Jakarta (ID): Kementrian Perdagangan RI.
- [2] Gunawan, “Pengolahan Limbah Black Liquor dengan Recovery Boiler,” *Sci. Artic.*, vol. 1, no. 1, p. 1, 2013, [Online].
Available: <https://studylibid.com/doc/405379/pengolahan-limbah-black-liquor-dengan-recovery-boiler>.
- [3] K. Abror, A. Subekti, and A. N. Rachmat, 2018, “Analisa Risiko Pada Boiler Pabrik Pengolahan Tembakau Dengan Menggunakan Metode FMEA dan BOW TIE ANALYSIS [Thesis],” Surabaya: Politeknik Perkapalan Negeri Surabaya.
- [4] Reza Eka Udi Barutu. Dian, 2021, “Analisis Keandalan Instrumen Boiler Dengan Metode Reliability Centered Maintenance (Rcm) Di PKS. Murini Sam-Sam [Thesis],” Pekanbaru: Uin Suska Riau.
- [5] R. A. Hamid, 2019, “Perancangan Penjadwalan Dan Maintenance Task Pada Boiler Dengan Metode Reliability Centered Maintenance [Thesis],” Jember: Universitas Jember.
- [6] S. Amalia, A. Subekti, and P. A. Setiawan, “Perencanaan Kegiatan Perawatan Dengan Metode RCM II (Reliability Centered Maintenance) Dan Penentuan Persediaan Suku Cadang Pada Boiler Perusahaan Rokok,” *Jurnal Seminar Nasional K3 PPNS 2017*, vol. 1 no. 1 pp. 341-347, 2017.
- [7] H. Rachman, A. K. Garside, and H. M. Kholik, 2017, “Usulan Perawatan Sistem Boiler Dengan Metode Reliability Centered Maintenance (RCM) [Thesis],” Malang: Universitas Muhammadiyah Malang.
- [8] R. T. Sulistiyono, A. I. Juniani, and I. Setyana, “Implementation of RCM II (Reliability Centered Maintenance) and RPN (Risk Priority Number) in Risk Assessment and Scheduling Maintenance Task at HPB (High Pressure Boiler) Base On JSA (Job Safety Analysis),” *Jurnal Performa: Media Ilmiah Teknik Industri*, vol. 7 no. 2 pp. 47-60, 2008.
- [9] Ngadimin, 2011, “Laporan Kerja Praktek Recovery Boiler di PT.indah Kiat Pulp

Hak Cipta dilindungi Undang-Undang

1. Dilarang mengutip sebagian atau seluruh karya tulis ini tanpa mencantumkan dan menyebutkan sumber.

a. Pengutipan hanya untuk kepentingan pendidikan, penelitian, penulisan karya ilmiah, penyusunan laporan, penulisan kritik atau tinjauan suatu masalah.

b. Pengutipan tidak merugikan kepentingan yang wajar UIN Suska Riau.

2. Dilarang mengumumkan dan memperbanyak sebagian atau seluruh karya tulis ini dalam bentuk apapun tanpa izin UIN Suska Riau.



and Paper [Report],” Pekanbaru: Universitas Riau.

- [10] D. T. Clay, “Evaporation Principles and Black Liquor Properties.” Jacobs Engineering, 2011.
- [11] C. Thomas M., Grace, JH, Cameron dan David T., “Peran siklus sulfat/sulfida dalam pembakaran arang - hasil eksperimen dan implikasinya.” Seminar Operasi Pemulihan Kraft TAPPI, 1988.
- [12] UNEP, “Boiler & Pemanas Fluida Termis.” United Nation Enviroment Program, 2008.
- [13] S. A. Muin, “Pesawat-Pesawat Konversi Energi I : (Ketel Uap).” Jakarta: Rajawali Press., 1988.
- [14] Hendra Fiat Handoko, “Recovery Boiler PT.Indah Kiat Pulp and Paper Perawang.” 2021.
- [15] Hendra, “Perawatan, Trouble-Shooting Pengukuran Pada Density type Inline Refractometer PR-23(-AX/FM/CS).,” 2015.
- [16] “Perbedaan Coriolis Flow Meter dan Thermal Mass Flow Meter,” 2020. <https://www.prosesindustri.com/2020/03/coriolis-flow-meter-dan-thermal-mass-flow-meter.html> (accessed Jun. 29, 2021).
- [17] Kompasiana, “Fungsi dan Kontruksi Differential Pressure Transmitter,” 2015. (accessed Sep. 26, 2021).
- [18] Robbi Ferdian, “Definisi Control Valve,” *arita.co.id*, 2020. <https://arita.co.id/definisi-control-valve> (accessed Sep. 26, 2021).
- [19] A. Birolini, “Reliability Engineering: Theory and Practice.” 4th ed. Springer, 2003.
- [20] D. Priyanta, “Keandalan dan Perawatan,” Institut Teknologi Sepuluh Nopember, Surabaya, 2000.
- [21] J. Moubray, “Reliability-Centred Maintenance.” Butterworth-Heinemann, 1997.
- [22] A. M. Smith, *Reliability Centered Maintenance*. New York: The McGraw-Hill Companies, Inc., 1993.
- [23] R. McDermott, R. J. Mikulak, and M. Beauregard, “The Basics of FMEA.” 2nd ed. Taylor & Francis., 2008.

Hak Cipta Dilindungi Undang-Undang

1. Dilarang mengutip sebagian atau seluruh karya tulis ini tanpa mencantumkan dan menyebutkan sumber:

a. Pengutipan hanya untuk kepentingan pendidikan, penelitian, penulisan karya ilmiah, penyusunan laporan, penulisan kritik atau tinjauan suatu masalah.

b. Pengutipan tidak merugikan kepentingan yang wajar UIN Suska Riau.

2. Dilarang mengumumkan dan memperbanyak sebagian atau seluruh karya tulis ini dalam bentuk apapun tanpa izin UIN Suska Riau.

- [24] McDermott, Robin, R. J. Mikulak, and M. Beauregard, "The Basics of FMEA." 2nd ed. Taylor & Francis., 2008.
- [25] J. Moubray, "Reliability Centered Maintenance. (Second Edition)." Industrial Press inc., New York, 1992.
- [26] D. Hakim, 2017, "Analisis Keandalan Sistem Instrumentasi *Boiler* menggunakan Metode (Reliability Centered Maintenance) RCM di PT. Perkebunan Nusantara V PKS Sei Pagar [Thesis]," Pekanbaru: Universitas Islam Negeri Sultan Syarif Kasim Riau.

Hak Cipta dilindungi undang-undang

1. Dilarang mengutip sebagian atau seluruh karya tulis ini tanpa mencantumkan dan menyebutkan sumber:

a. Pengutipan hanya untuk kepentingan pendidikan, penelitian, penulisan karya ilmiah, penyusunan laporan, penulisan kritik atau tinjauan suatu masalah.

b. Pengutipan tidak merugikan kepentingan yang wajar UIN Suska Riau.

2. Dilarang mengumumkan dan memperbanyak sebagian atau seluruh karya tulis ini dalam bentuk apapun tanpa izin UIN Suska Riau.



Hak Cipta Dilindungi Undang-Undang

1. Dilarang mengutip sebagian atau seluruh karya tulis ini tanpa mencantumkan dan menyebutkan sumber:

a. Pengutipan hanya untuk kepentingan pendidikan, penelitian, penulisan karya ilmiah, penyusunan laporan, penulisan kritik atau tinjauan suatu masalah.

b. Pengutipan tidak merugikan kepentingan yang wajar UIN Suska Riau.

2. Dilarang mengumumkan dan memperbanyak sebagian atau seluruh karya tulis ini dalam bentuk apapun tanpa izin UIN Suska Riau.

LAMPIRAN

LAMPIRAN A - 1

DATA KOMPONEN INSTRUMENTASI *RECOVERY BOILER* PT. INDAH KIAT *PULP AND PAPER*

Berdasarkan tema penelitian yang berjudul ”Analisa Keandalan Instrumen Pada *Recovery boiler* Menggunakan Metode *Reliability Centered Maintenance* (RCM) PT.Indah Kiat *Pulp and Paper*” yang dilakukan oleh:

Nama : Shalihin

Nim : 11750515133

Menyatakan bahwa data komponen dan instrumen *recovery boiler* yang digunakan adalah benar data yang diambil dari PT.IKPP. Data tersebut diperoleh berdasarkan penelitian yang dilakukan serta hasil wawancara terhadap *Supervisor* yang berwenang di unit yang menangani *preventive trouble shooting* di area *power plant / automation analyzer*. Data yang diperoleh akan digunakan dengan semestinya dan dengan sebaik-baiknya.

Perawang, 17 Juli 2021

Supervisor

Hendra Fiat Handoko

NIK. 1013256

LAMPIRAN A - 2

DATA KOMPONEN INSTRUMENTASI *RECOVERY BOILER* PT. INDAH KIAT *PULP AND PAPER*

1. *Flowmeter*



Gambar 2.2 *Flowmeter*[14]

2. *Manometer Analog*



Gambar 2.3 *Manometer Analog*[14]

Hak Cipta Dilindungi Undang-Undang

1. Dilarang mengutip sebagian atau seluruh karya tulis ini tanpa mencantumkan dan menyebutkan sumber:

a. Pengutipan hanya untuk kepentingan pendidikan, penelitian, penulisan karya ilmiah, penyusunan laporan, penulisan kritik atau tinjauan suatu masalah.

b. Pengutipan tidak merugikan kepentingan yang wajar UIN Suska Riau.

2. Dilarang mengumumkan dan memperbanyak sebagian atau seluruh karya tulis ini dalam bentuk apapun tanpa izin UIN Suska Riau.

Hak Cipta Dilindungi Undang-Undang

3. *Density Refractometer*



Gambar 2.4 *Density Refractometer*[14]

4. *Thermocouple PT100*



Gambar 2.5 *Thermocouple PT100*[14]

5. *Thermal Mass Flowmeter*



Gambar 2.6 *Thermal Mass Flowmeter*[14]

1. Dilarang mengutip sebagian atau seluruh karya tulis ini tanpa mencantumkan dan menyebutkan sumber:
 - a. Pengutipan hanya untuk kepentingan pendidikan, penelitian, penulisan karya ilmiah, penyusunan laporan, penulisan kritik atau tinjauan suatu masalah.
 - b. Pengutipan tidak merugikan kepentingan yang wajar UIN Suska Riau.
2. Dilarang mengumumkan dan memperbanyak sebagian atau seluruh karya tulis ini dalam bentuk apapun tanpa izin UIN Suska Riau.

Hak Cipta Dilindungi Undang-Undang

1. Dilarang mengutip sebagian atau seluruh karya tulis ini tanpa mencantumkan dan menyebutkan sumber:
 - a. Pengutipan hanya untuk kepentingan pendidikan, penelitian, penulisan karya ilmiah, penyusunan laporan, penulisan kritik atau tinjauan suatu masalah.
 - b. Pengutipan tidak merugikan kepentingan yang wajar UIN Suska Riau.
2. Dilarang mengumumkan dan memperbanyak sebagian atau seluruh karya tulis ini dalam bentuk apapun tanpa izin UIN Suska Riau.

6. *Differential Pressure Transmitter*



Gambar 2.7 *Differential Pressure Transmitter*[14]

7. *Differential Pressure Transmitter Capiler*



Gambar 2.8 *Differential Pressure Transmitter Capiler*[14]

8. *Safety Valve*



Gambar 2.9 *Differential Pressure Transmitter Capiler*[14]

9. Control Valve

© Hak cipta milik UIN Suska Riau

State Islamic University of Sultan Syarif Kasim Riau

Hak Cipta Diindungi Undang-Undang

1. Dilarang mengutip sebagian atau seluruh karya tulis ini tanpa mencantumkan dan menyebutkan sumber:
 - a. Pengutipan hanya untuk kepentingan pendidikan, penelitian, penulisan karya ilmiah, penyusunan laporan, penulisan kritik atau tinjauan suatu masalah.
 - b. Pengutipan tidak merugikan kepentingan yang wajar UIN Suska Riau.
2. Dilarang mengumumkan dan memperbanyak sebagian atau seluruh karya tulis ini dalam bentuk apapun tanpa izin UIN Suska Riau.



Gambar 2.10 *Differential Pressure Transmitter Capiler*[14]



Hak Cipta Dilindungi Undang-Undang

1. Dilarang mengutip sebagian atau seluruh karya tulis ini tanpa mencantumkan dan menyebutkan sumber:

a. Pengutipan hanya untuk kepentingan pendidikan, penelitian, penulisan karya ilmiah, penyusunan laporan, penulisan kritik atau tinjauan suatu masalah.

b. Pengutipan tidak merugikan kepentingan yang wajar UIN Suska Riau.

2. Dilarang mengumumkan dan memperbanyak sebagian atau seluruh karya tulis ini dalam bentuk apapun tanpa izin UIN Suska Riau.

LAMPIRAN A - 3 TRANSKRIP WAWANCARA

Topik pembahasan : Analisa Keandalan Instrumen Pada *Recovery boiler* Menggunakan Metode *Reliability Centered Maintenance (RCM)* PT.Indah Kiat *Pulp and Paper*

Maksud dan tujuan : Mengetahui Data Kerusakan

Responden : Hendra Fiat Handoko

Jabatan : *Supervisor*

Lokasi : Jl. Raya Minas Perawang Km. 26 Pinang Sebatang, Kec. Siak PT.Indah Kiat *Pulp And Paper*

Hari/Tanggal : Sabtu 17 Juli 2021

Dengan ini dinyatakan bahwa transkrip wawancara terlampir benar adanya dan dapat dipertanggung jawabkan dan dapat digunakan sebagaimana mestinya.

Perawang, 17 Juli 2021

Supervisor

Hendra Fiat Handoko

NIK. 1013256



Keterangan : P = Peneliti, R = Responden

P : Apakah pengaruh yang terjadi jika *recovery boiler* mengalami kegagalan operasi?

R : pabrik akan mengalami trip (pengiriman steam ke area turbin stop, sehingga turbin tidak berfungsi), Terjadi penumpukan bahan bakar BL dari VE ke RB stop sehingga terjadi penumpukan, akibatnya VE juga akan mengalami stop karena RB tidak dapat mengirim kembali bahan bakar ke VE yang akan di daur ulang, cadangan energy yang di hasil kan di mill bisa terganggu bahkan lumpuh total.

P : apakah instrumentasi boiler sangat berpengaruh pada sistem kerja boiler?

R : Instrumentasi pada boiler sangat berpengaruh pada sistem kerja boiler, boiler bisa saja mengalami gangguan yang menyebabkan turunnya kinerja boiler bahkan dampak yang paling buruk dapat mengancam keselamatan kerja. Salah satunya dapat menyebabkan trip dan peledakan atau kebakaran mall function satu system yang tidak bekerja yang akan mengganggu semua system yang bekerja.

P : apa saja instrumentasi yang ada pada *recovery boiler*?

R : instrumentasi pada recovery boiler terdiri dari, control valve, flowmeter, density refractometer, safety valve, thermocouple PT100, manometer, differential pressure transmitter dan thermal mass flowmeter.

P : Apa kerusakan atau kegagalan yang terjadi pada instrumen *Safety Valve*?

R : Biasa kerusakan yang terjadi pada savety valve per atau klepnya macet.

P : Apa kerusakan atau kegagalan yang terjadi pada instrumen *control Valve*?

R : diaphragm mengalami kebocoran sehingga control valve tidak bekerja.

P : Apa kerusakan atau kegagalan yang terjadi pada instrumen *Manometer Analog*?

R : Jarum tidak bergerak (macet) dan terkadang pembacaan jarum tidak akurat. Terjadi kebocoran akibat ketidak sesuaian dan spesifikasi yg tidak diinginkan dalam alat itu sendiri jell (untuk meredam panas).

P : Apa kerusakan atau kegagalan yang terjadi pada instrumen *density*?

R : Tidak membaca dengan akurat atau terkadang display error, biasanya karena umur pemakaian yang sudah terlalu lama.



P : Apa kerusakan atau kegagalan yang terjadi pada instrumen *thermocouple* pt100?

R : ketidak akurasian alat dari temperature bisa bermasalah ketika ada suatu system bagian dari pt100, kelebihan beban yg menyebabkan over dan membuat putus atau minus.

P : Apa kerusakan atau kegagalan yang terjadi pada instrumen *thermal mass*?

R : salah satunya ke akurasian pengukuran dari sistem itu sendiri di akibatkan kerusakan pada , terjadi kerusakann pada RTU communication, gas flowmeter tersumbat.

P : Apa kerusakan atau kegagalan yang terjadi pada instrumen *differential pressure transmitter*?

R : terjadi kerusakan pada sistem diaphragm, yang diakibatkan gesekan pada liquid diagfram itu sendiri (berputar) , sering terjadi penyumbatan dalam capiler itu sendiri.

P : Apa kerusakan atau kegagalan yang terjadi pada instrumen *Flowmeter*?

R : tertutupnya salah satu sensor ketika terjadinya scaling terjadinya trouble kabel putus pada flowmeter dan transmitter.

P : Apakah sebelumnya pernah dilakukan analisa keandalan pada *recovery boiler* terutama pada instrumentasi *recovery boiler*?

R : pernah dilakukan dalam setahun sekali oleh vendor RB itu sendiri.

P : Menurut Anda perlukah dilakukan analisa keandalan pada instrumentasi *recovery boiler*?

R : Analisa keandalan perlu dilakukan karena mengingat boiler adalah komponen yang sangat besar pengaruhnya pada proses pengolahan dipabrik, maka perlu adanya parameter yang akan menjadi acuan untuk tindakan perawatan yang tepat. Dilakukan dalam setahun 2 kali untuk masing masing bagian alat instrument dengan melakukan set up parameter atau calibration.

LAMPIRAN A – 4

DATA WAKTU JAM JALAN OPERASI *RECOVERY BOILER*

Recovery boiler	Jam jalan operasi					
	2016	2017	2018	2019	2020	Total
Single drum	8.592 Jam/Tahun	8.472 Jam/Tahun	8.428 Jam/Tahun	8.520 Jam/Tahun	8.400 Jam/Tahun	42.412 Jam/5 Tahun

Hak Cipta Dilindungi Undang-Undang

© Hak cipta UIN Suska Riau

State Islamic University of Sultan Syarif Kasim Riau

1. Dilarang mengutip sebagian atau seluruh karya tulis ini tanpa mencantumkan dan menyebutkan sumber:
 - a. Pengutipan hanya untuk kepentingan pendidikan, penelitian, penulisan karya ilmiah, penyusunan laporan, penulisan kritik atau tinjauan suatu masalah.
 - b. Pengutipan tidak merugikan kepentingan yang wajar UIN Suska Riau.
2. Dilarang mengumumkan dan memperbanyak sebagian atau seluruh karya tulis ini dalam bentuk apapun tanpa izin UIN Suska Riau.



LAMPIRAN A - 5

DATA KEGAGALAN INSTRUMEN *RECOVERY BOILER*

No	Komponen	Jumlah kegagalan <i>Recovery boiler</i>					Jumlah
		2016	2017	2018	2019	2020	
1	<i>Control Valve</i>	1	1	1	2	1	6
2	<i>Flowmeter</i>	1	1	1	1	1	5
3	<i>Density Refractometer</i>	1	1	1	1	2	6
4	<i>Safety Valve</i>	1	1	1	1	1	5
5	<i>Thermocouple PT100</i>	1	1	1	1	1	5
6	<i>Manometer</i>	2	1	1	1	1	6
7	<i>Differential Pressure Transmitter</i>	2	1	1	1	0	5
8	<i>Thermal mass Flowmeter</i>	1	1	1	1	1	5

1. Dilarang mengutip sebagian atau seluruh karya tulis ini tanpa mencantumkan dan menyebutkan sumber:
 - a. Pengutipan hanya untuk kepentingan pendidikan, penelitian, penulisan karya ilmiah, penyusunan laporan, penulisan kritik atau tinjauan suatu masalah.
 - b. Pengutipan tidak merugikan kepentingan yang wajar UIN Suska Riau.
2. Dilarang mengumumkan dan memperbanyak sebagian atau seluruh karya tulis ini dalam bentuk apapun tanpa izin UIN Suska Riau.



LAMPIRAN B

PERHITUNGAN NILAI MTTF

Perhitungan laju kegagalan dan MTTF instrumentasi *Recovery boiler*

$$MTTF = \frac{1}{\lambda}$$

Dimana:

$$\lambda = \frac{\text{Jumlah kegagalan}}{\text{total waktu operasi (jam)}}$$

Dik :

Total waktu operasi (4 than) = 24 jam *30 hari = 720 jam*12 bulan = 8640 jam *5 tahun = 43200 = total waktu perbaikan komponen

1. *Control Valve*

$$\lambda = \frac{6}{42960-2} = 0.000139671$$

$$MTTF = \frac{1}{\lambda} = \frac{1}{0.000139671} = 7.159$$

2. *Flowmeter*

$$\lambda = \frac{5}{42360-2} = 0,000118041$$

$$MTTF = \frac{1}{\lambda} = \frac{1}{0.000118041} = 8.471$$

3. *Density Refractometer*

$$\lambda = \frac{6}{42140-2} = 0,000142389$$

$$MTTF = \frac{1}{\lambda} = \frac{1}{0.000142389} = 7.023$$

4. *Savety Valve*

$$\lambda = \frac{5}{42600-2} = 0,000117376$$

$$MTTF = \frac{1}{\lambda} = \frac{1}{0.000117376} = 8.519$$

5. *Thermocouple PT100*

$$\lambda = \frac{5}{42000-2} = 0,000119053$$

$$MTTF = \frac{1}{\lambda} = \frac{1}{0.000119053} = 8.399$$

6. *Manometer*

$$\lambda = \frac{6}{42600-2} = 0,000140851$$

$$MTTF = \frac{1}{\lambda} = \frac{1}{0.000140851} = 7.099$$

7. *Differential Pressure Transmitter*

$$\lambda = \frac{5}{42140-2} = = 0,000118657$$

$$MTTF = \frac{1}{\lambda} = \frac{1}{0.000118657} = 8.427$$

8. *Thermal Mass Flowmeter*

$$\lambda = \frac{5}{42360-2} = = 0,000118041$$

$$MTTF = \frac{1}{\lambda} = \frac{1}{0.000118041} = 8.471$$

Hak Cipta Diinang...
 1. Diarangi mengutip sebagian atau seluruh karya tulis ini tanpa mencantumkan dan menyebutkan sumber.
 a. Pengujiapan hanya untuk kepentingan pendidikan, penelitian, penulisan karya ilmiah, penyusunan laporan, penulisan kritik atau tinjauan suatu masalah.
 b. Pengujiapan tidak merugikan kepentingan yang wajar UIN Suska Riau.
 2. Diarangi mengumumkan dan memperbanyak sebagian atau seluruh karya tulis ini dalam bentuk apapun tanpa izin UIN Suska Riau.

LAMPIRAN C

PERHITUNGAN NILAI MTTR

Perhitungan MTTR pada instrumen *recovery boiler*

$$MTTR = \frac{1}{\mu} = \frac{\text{lama perbaikan}}{\text{jumlah kegagalan}}$$

1. *Control Valve*

$$MTTR = \frac{2}{6} = 0,3 \text{ jam}$$

$$\text{per 5 tahun MTTR} = \frac{12}{6} = 2 \text{ jam}$$

2. *Flowmeter*

$$MTTR = \frac{2}{5} = 0,4 \text{ jam}$$

$$\text{per 5 tahun MTTR} = \frac{10}{5} = 2 \text{ jam}$$

3. *Density Refractometer*

$$MTTR = \frac{2}{6} = 0,3 \text{ jam}$$

$$\text{per 5 tahun MTTR} = \frac{12}{6} = 2 \text{ jam}$$

4. *Safety Valve*

$$MTTR = \frac{2}{5} = 0,4 \text{ jam}$$

$$\text{per 5 tahun MTTR} = \frac{10}{5} = 2 \text{ jam}$$

5. *Thermocouple PT100*

$$MTTR = \frac{2}{5} = 0,4 \text{ jam}$$

$$\text{per 5 tahun MTTR} = \frac{10}{5} = 2 \text{ jam}$$

6. *Manometer*

$$MTTR = \frac{2}{6} = 0,3 \text{ jam}$$

$$\text{per 5 tahun MTTR} = \frac{12}{6} = 2 \text{ jam}$$

7. *Differential Pressure Transmitter*

$$MTTR = \frac{2}{5} = 0,4 \text{ jam}$$

$$\text{per 5 tahun MTTR} = \frac{10}{5} = 2 \text{ jam}$$

8. *Thermal mass Flowmeter*

$$MTTR = \frac{2}{5} = 0,4 \text{ jam}$$

$$\text{per 5 tahun MTTR} = \frac{10}{5} = 2 \text{ jam}$$

Hak Cipta Diinanggi Undang-Undang

1. Diarangi mengutip sebagian atau seluruh karya tulis ini tanpa mencantumkan dan menyebutkan sumber:

a. Pengutipan hanya untuk kepentingan pendidikan, penelitian, penulisan karya ilmiah, penyusunan laporan, penulisan kritik atau tinjauan suatu masalah.

b. Pengutipan tidak merugikan kepentingan yang wajar UIN Suska Riau.

2. Diarangi mengumumkan dan memperbanyak sebagian atau seluruh karya tulis ini dalam bentuk apapun tanpa izin UIN Suska Riau.

DAFTAR RIWAYAT HIDUP



Shalihin, Lahir di Perawang 04 Mei 1999 merupakan anak ketiga dari empat bersaudara, anak dari pasangan Ibrahim dan Samsidar yang beralamat di Jalan Hangjabat Gg. Nirwana Kelurahan Perawang, Kecamatan Tualang, Kabupaten siak Provinsi Riau. Penulis menempuh pendidikan di SD YPPI Perawang dan lulus pada tahun 2011, selanjutnya penulis meneruskan pendidikan di SMP YPPI Perawang dan lulus pada

tahun 2014, selanjutnya penulis meneruskan pendidikan di SMK YPPI Perawang dan lulus pada tahun 2017, dan melanjutkan pendidikan ke jenjang perguruan tinggi Universitas Islam Negeri Sultan Syarif Kasim Riau Fakultas Sains dan Teknologi Program Studi Teknik Elektro konsentrasi Elektronika Instrumentasi dan lulus pada tahun 2021.

Dengan karunia dan ridho Allah SWT, ketekunan serta rasa motivasi yang tinggi untuk terus belajar dan berusaha, penulis telah berhasil menyelesaikan tugas akhir ini, semoga dengan penulisan tugas akhir ini mampu memberikan manfaat untuk siapa saja yang membutuhkannya.

Akhir kata penulis mengucapkan rasa syukur yang sebesar-besarnya kepada Allah SWT atas terselesaikannya tugas akhir yang berjudul “**Analisa Keandalan Instrumen Pada *Recovery boiler* Menggunakan Metode *Reliability Centered Maintenance* (RCM).**”

Nomor handphone

0896-6098-0010

E-Mail

11750515133@student.uin-suska.ac.id

Judul Tugas Akhir

“Analisa Keandalan Instrumen Pada *Recovery boiler* Menggunakan Metode *Reliability Centered Maintenance* (RCM)”