

**UPAYA MENGURANGI *DOWNTIME* MESIN *CEMENT MILL* INDARUNG IV
MENGUNAKAN METODE *RELIABILITY*
CENTERED MAINTENANCE (RCM)
DI UNIT PERENCANAAN DAN EVALUASI PEMELIHARAAN
PT. SEMEN PADANG**

LAPORAN TUGAS AKHIR

Laporan Ini Disusun Untuk Memenuhi Salah Satu Syarat Memperoleh Gelar Sarjana
Strata Satu (S1) Pada Program Studi Teknik Industri Fakultas Teknologi Industri
Universitas Islam Sultan Agung Semarang



DISUSUN OLEH :

KASINTA LOVIANTI

NIM 31601601301

**PROGRAM STUDI TEKNIK INDUSTRI FAKULTAS
TEKNOLOGI INDUSTRI UNIVERSITAS ISLAM
SULTAN AGUNG
SEMARANG
2021**

FINAL PROJECT
EFFORT TO REDUCE DOWNTIME OF THE INDARUNG IV CEMENT MILL
MACHINE USING RELIABILITY METHOD
CENTERED MAINTENANCE (RCM)
IN UNIT PERENCANAAN AND EVALUASI PEMELIHARAAN
PT. SEMEN PADANG

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



Arranged By :

KASINTA LOVIANTI
NIM 31601601301

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

2021

LEMBAR PENGESAHAN PEMBIMBING

Laporan Tugas Akhir dengan judul “**UPAYA MENGURANGI *DOWNTIME* MESIN *CEMENT MILL* INDARUNG IV MENGGUNAKAN METODE *RELIABILITY CENTERED MAINTENANCE (RCM)* DI UNIT PERENCANAAN DAN EVALUASI PEMELIHARAAN PT. SEMEN PADANG**” ini disusun oleh :

Nama : Kasinta Lovianti

NIM : 31601601301

Program Studi : Teknik Industri

Telah disetujui oleh Dosen Pembimbing pada:

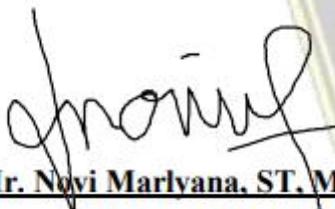
Hari : Kamis.....

Tanggal : 20 Agustus 2021.....

Menyetujui,

Pembimbing I

Pembimbing II



Dr.Ir. Novi Marllyana, ST, MT.IPU.

NIDN. 001 511 7601



Irwan Sukendar, ST, MT.IPM.ASEAN.ENG

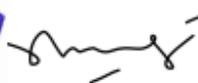
NIDN. 001 511 7601

Mengetahui,

Ketua Program Studi Teknik Industri

Fakultas Teknologi Industri

Universitas Islam Sultan Agung



Nuzulia Khoiriyah

2021.08.20

08:13:45 +07'00'

Nuzulia Khoiriyah, ST, MT.

NIDN. 062 405 7901

LEMBAR PENGESAHAN PENGUJI

Laporan Tugas Akhir dengan judul “UPAYA MENGURANGI *DOWNTIME* MESIN *CEMENT MILL* INDARUNG IV MENGGUNAKAN METODE *RELIABILITY CENTERED MAINTENANCE* (RCM) DI UNIT PERENCANAAN DAN EVALUASI PEMELIHARAAN PT. SEMEN PADANG” ini disusun oleh :

Nama : Kasinta Lovianti

Tanggal : 18 Agustus 2021

Menyetujui,

Anggota I

Anggota II



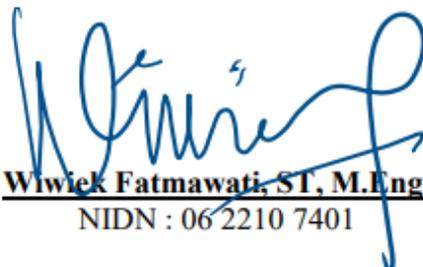
Ir. Sukarno Budi Utomo, MT
NIK : 061 907 6401



Andre Sugiono, ST, MM, Ph.D.
NIK : 050 308 8001

Digitally signed by
Dr. Andre Sugiyono

Ketua Penguji



Wiwiek Fatmawati, ST, M.Eng.
NIDN : 06 2210 7401

Activate
Go to Setfir

SURAT PERNYATAAN KEASLIAN TUGAS AKHIR

Yang bertanda tangan dibawah ini :

Nama : Kasinta Lovianti

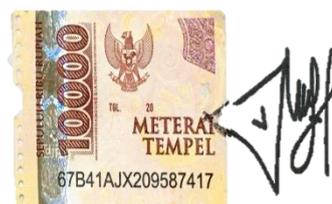
NIM : 31601601301

Judul Tugas Akhir : UPAYA MENGURANGI *DOWNTIME* MESIN *CEMENT MILL* INDARUNG IV MENGGUNAKAN METODE *RELIABILITY CENTERED MAINTENANCE* (RCM) DI UNIT PERENCANAAN DAN EVALUASI PEMELIHARAAN PT. SEMEN PADANG.

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

Semarang Juli 2021

Yang Menyatakan



Kasinta Lovianti

PERSEMBAHAN

Bismillahirrahmanirrahim

Alhamdulillah Robbil Alamin...

Setinggi puji sedalam syukur penulis haturkan kepada Allah Swt. Shalawat dan salam kepada baginda Muhammad Rasulullah Saw.

Skripsi ini merupakan salah satu anugrah yang telah Allah Swt berikan, penulis persembahkan kepada:

**Kedua Orang Tua , Ibu dan Bapak (Sumaryati & Ramidin)
Serta Saudara/I Ku tercinta
Adik-adik ku Nezza Febrian dan Gian Zola yang aku
sayang.**

Yang selalu memberikan motivasi, masukan, saran sehingga penulis tetap bisa bertahan dan menyelesaikan studi ini, dengan berbagai macam godaan yang bisa menghancurkan semua keinginan dan impian keluarga.

Terimakasih kepada Bapak Ibu dosen pembimbing dan penguji, yang telah membimbing saya dalam menyelesaikan tugas akhir ini.

Terima kasih kepada teman-teman Teknik Industri angkatan 2016 yang sering memberikan semangat, memberikan motivasi, memberikan bantuan dan memberikan doa.

Terkhusus teman-teman IEB 16.

Dan Untuk Diriku Sendiri, aku banyak mengucapkan terimakasih karena sudah mau berjuang hingga akhir.

Karena Mampu menuntaskan skripsi merupakan bukti bahwa kamu bertanggung jawab terhadap apa yang kamu pilih dan kamu kerjakan selama ini

Karena sesungguhnya sesudah kesulitan yang datang akan ada kemudahan yang siap menghampiri orang-orang yang ingin selalu berjuang melawan keadaan.

Kasinta Lovianti

MOTTO

Bismillahirrahmaanirrohiim

“Ya Rabbku , Lapangkanlah untukku dan mudahkanlah untukku urusanku, dan lepaskanlah kekakuan dari lidahku, supaya mereka mengerti perkataanku ” **(QS Thoha : 25-28)**

*“Barang siapa bertakwa kepada Allah maka Dia akan menjadikan jalan keluar baginya, dan memberinya rezeki dari jalan yang tidak ia sangka, dan barang siapa yang bertawakal kepada Allah maka cukuplah Allah baginya, Sesungguhnya Allah melaksanakan kehendak-Nya, Dia telah menjadikan untuk setiap sesuatu kadarnya.” **(QS Ath-Thalaq ayat 2-3)***

KATA PENGANTAR

Assalamuallaikum Wr. Wb.

Puji syukur atas kehadiran Allah SWT, yang telah melimpahkan rahmat dan hidayah-Nya kepada penulis sehingga dapat menyelesaikan penelitian dan sekaligus laporan tugas akhir yang berjudul **”Upaya Mengurangi Downtime Mesin Cement Mill Indarung IV Menggunakan Metode *Reliability Centered Maintenance* (RCM) Di Unit Perencanaan dan Evaluasi Pemeliharaan PT. Semen Padang”** dengan sebaik-baiknya, sholawat serta salam senantiasa tercurah kepada Nabi besar junjungan kita Nabi Muhammad SAW.

Laporan tugas akhir merupakan salah satu syarat bagi mahasiswa untuk meraih gelar sarjana (S1) di Fakultas Teknologi Industri, Jurusan Teknik Industri, Universitas Islam Sultan Agung Semarang. Dalam penyusunan laporan tugas akhir ini tidak lepas mendapat bantuan dari berbagai pihak. Dengan rasa setulus hati, penulis ingin menyampaikan banyak terima kasih kepada :

1. Allah SWT yang telah memberikan rahmat dan ridhonya serta memberikan kelapangan hati dan pikiran dalam menimba ilmu.
2. Kedua orang tuaku, Ibu Sumaryati dan Bapak Ramidin tercinta dan adik-adik ku (Nezza dan Zola) yang telah memberikan banyak kasih sayang, motivasi, semangat, dukungan materiil maupun non materiil dan tidak pernah berhenti mendo’akan disetiap sujudnya.
3. Terima kasih kepada Dosen Pembimbing saya Ibu Dr. Hj. Novi Marlyana, ST, MT, dan Bapak Irwan Sukendar ST.,MT. IPM.ASEAN.Eng. yang telah membantu dan membimbing dengan sabar sampai laporan tugas akhir ini terselesaikan.

4. Ibu Dr. Hj. Novi Marlyana, ST, MT., selaku Dekan di Fakultas Teknologi Industri beserta jajarannya.
5. Ibu Nuzulia Khoiriyah, ST, MT selaku Ketua Jurusan Teknik Industri.
6. Bapak dan Ibu Dosen jurusan Teknik Industri yang telah memberikan ilmu selama dibangku kuliah.
7. Staff dan Karyawan Fakultas Teknologi Industri yang sudah membantu dalam segala urusan tugas akhir mulai dari surat permohonan penelitian sampai sidang.
8. Terima kasih kepada FHCI (Forum Human Capital) dan pihak PT. Semen Padang terutama pada Unit Perencanaan dan Evaluasi Pemeliharaan Bapak Tony Elter selaku kepala Bidang dan Pembimbing saya Magang dan Bapak Kusnaedi Raka yang telah memberikan izin untuk saya melakukan penelitian, dan Teman-teman dari berbagai provinsi Program Magang mahasiswa bersertifikat (PMMB) di PT. Semen Padang serta seluruh karyawan PT Semen Padang yang telah sabar membantu memberikan data-data.
9. Terima kasih kepada teman seperjuangan saya dari semester 1 yang saya sayangi dan cintai yaitu teman-teman Ponpes As-Stressiyah (Ita, Mila, Kamala, Meilinda, Mila, Maulida, Imo, Fahrizal, Adit, Fadlun, Akmal, Aziz, Fajar, Ghany, Hilmi, Huda, Nabil, Satya, Zulfikar) yang telah memberikan semangat, nasehat dan dukungan dalam menyelesaikan laporan tugas akhir ini.
10. Terima kasih kepada Mba Nova Dwi Rihastuti, Mba Argiawid Arsyah yang membantu memberi semangat dan menemani selama kuliah di masa suka dan duka.
11. Terima kasih kepada teman seperjuangan Teknik Industri 2016 Viky Nurul Izza dan terutama Teman-teman saya Magang di Semen Padang Huda dan Azis yang sering menghibur dan selalu ada dalam setiap waktu selama magang 6 bulan.
12. Dan terima kasih kepada pihak-pihak yang telah membantu dan memberi semangat pada saat penyelesaian laporan tugas akhir ini.

DAFTAR ISI

HALAMAN JUDUL (Bahasa Indonesia)	Error! Bookmark not defined.
HALAMAN JUDUL (Bahasa Inggris)	Error! Bookmark not defined.
LEMBAR PENGESAHAN PEMBIMBING	iii
SURAT PERNYATAAN KEASLIAN TUGAS AKHIR	ivi
PERNYATAAN PERSETUJUAN PUBLIKASI KARYA ILMIAH	vError! Bookmark not defined.
KATA PENGANTAR	Error! Bookmark not defined.
DAFTAR ISI	xi
DAFTAR TABEL	xiviv
DAFTAR GAMBAR	xvi
DAFTAR LAMPIRAN	xvii
DAFTAR ISTILAH	xviii
ABSTRAK	xxx
BAB I PENDAHULUAN	1
1.1 Latar belakang	1
1.2 Perumusan Masalah.....	4
1.3 Batasan Masalah.....	5
1.4 Tujuan.....	5
1.5 Manfaat.....	5
1.6 Sistematika Penulisan.....	6
BAB II TINJAUAN PUSTAKA DAN DASAR TEORI	7
2.1 Tinjauan Pustaka	7
2.2 Landasan Teori	13
2.2.1 Perawatan (<i>Maintenance</i>)	13
2.2.1.1 Tujuan Utama <i>Maintenance</i>	13
2.2.1.2 Jenis-Jenis <i>Maintenance</i>	13

2.2.1.3 Kegiatan <i>Maintenance</i>	14
2.2.2 <i>Reliability</i>	16
2.2.3 <i>Mean Time Between Failure</i>	19
2.2.4 <i>Reliability Centered Maintenance (RCM)</i>	22
2.2.5 <i>Fault Tree Analysis (FTA)</i>	26
2.2.6 <i>Failure Mode Effect Analysis (FMEA)</i>	28
2.3 Hipotesa dan Kerangka Teoritis	30
2.3.1 Hipotesa	30
2.3.2 Kerangka Teoritis.....	31
BAB III METODE PENELITIAN	32
3.1 Pengumpulan Data	32
3.2 Teknik Pengumpulan Data	32
3.3 Pengujian Hipotesis.....	33
3.4 Metode Analisis.....	33
3.5 Pembahasan	33
3.6 Penarikan Kesimpulan.....	35
3.7 Diagram Alir	36
BAB IV HASIL DAN ANALISA PENELITIAN	38
4.1 Pengumpulan Data	38
4.1.1 Gambaran Umum PT. Semen Padang.....	38
4.1.2 Data hari kalender.....	38
4.1.3 Data stop peralatan.....	39
4.1.4 Data Komponen Kerusakan	39
4.1.5 Data Nama-Nama Komponen Sering Terjadi Kerusakan.....	42
4.2 Pengolahan Data.....	46
4.2.1 Perhitungan Nilai <i>Mean Time Between Failure</i>	46
4.2.1.1 <i>Number Of Failure Mesin Cement Mill Indarung IV</i>	50
4.2.2 Penentuan Penyebab <i>Downtime</i>	52
4.2.3 Pembuatan keputusan <i>Reliability Centered Maintenance</i>	54
4.2.4 Usulan Perbaikan	80
4.3 Analisa Interpretasi.....	86

4.3.1	Analisa <i>Mean Time Between Failure</i>	86
4.3.2	Analisa Penyebab <i>Downtime</i> Dominan.....	86
4.3.4	Analisa Keputusan Pemeliharaan <i>Reliability Centered Maintenance</i> 87	
4.4	Pembuktian Hipotesa.....	94
BAB V	96
5.1	Kesimpulan.....	96
5.2	Saran.....	97
DAFTAR PUSTAKA	98
LAMPIRAN		
KUESIONER KRITERIA <i>SEVERITY, OCCURENCE, DETECTION</i>		

DAFTAR TABEL

Tabel 1.1 Data stop peralatan mesin <i>cement mill</i>	1
Tabel 1.2 Jadwal perawatan di pabrik mesin <i>Cement Mill</i> Indarung IV	4
Tabel 2.1 Studi literatur	7
Tabel 2.2 Kriteria <i>occurence</i>	28
Tabel 2.3 Kriteria <i>severity</i>	29
Tabel 2.4 Kriteria <i>setection</i>	30
Tabel 4.1 Data kalender kerja.....	39
Tabel 4.2 Data stop peralatan mesin <i>cement mill</i>	39
Tabel 4.3 Data kerusakan peralatan bagian Elektrikal	40
Tabel 4.4 Data kerusakan peralatan bagian mekanikal	40
Tabel 4.5 Data kerusakan peralatan bagian Produksi.....	41
Tabel 4.6 Data kerusakan peralatan bagian Stand By	41
Tabel 4.7 Perhitungan hari kalender bulan januari-juni 2020	47
Tabel 4.8 Data perhitungan <i>downtime</i> bagian bagian Elektrikal.....	47
Tabel 4.9 Data perhitungan <i>downtime</i> bagian bagian mekanikal.....	48
Tabel 4.10 Data perhitungan <i>downtime</i> bagian bagian produksi	48
Tabel 4.11 Data perhitungan <i>downtime</i> bagian <i>bagian Stand By</i>	49
Tabel 4.12 Perhitungan frekuensi <i>downtime</i>	50
Tabel 4.13 Rekapitulasi presentase <i>downtime</i>	53
Tabel 4.14 Penyebab terjadinya <i>downtime</i>	53
Tabel 4.15 Keterangan simbol-simbol <i>fault tree</i>	57
Tabel 4.16 Hasil penilaian masing-masing komponen kriteria <i>severity</i>	59
Tabel 4.17 Tingkat kriteria <i>occurence</i> <i>Cement Mill</i> Indarung IV	60
Tabel 4.18 Tingkat kriteria <i>detection</i> <i>Cement Mill</i> Indarung IV	60

Tabel 4.19 Penentuan RPN komponen mesin <i>Cement Mill</i> Indarung IV IV	64
Tabel 4.21 Identifikasi komponen penyebab kegagalan	68
Tabel 4.22 Klasifikasi kategori konsekuensi kegagalan.....	68
Tabel 4.23 Klasifikasi tingkatan <i>maintenance</i> komponen <i>Cement Mill</i> Indarung IV.....	69
Tabel 4.24 Data frekuensi masing-masing komponen	73
Tabel 4.25 Data frekuensi masing-masing komponen	74
Tabel 4.26 Konsekuensi kegagalan dan keputusan pemeliharaan RCM mesin <i>Cement mill</i> pabrik Indarung IV	76
Tabel 4.27 Perbandingan <i>downtime</i> setiap komponen	79
Tabel 4.28 Diagram Gantt chart komponen gear box sebelum usulan perbaikan.	81
Tabel 4.29 Diagram Gantt chart komponen gear box sesudah usulan perbaikan	81
Tabel 4.31 Diagram Gantt chart komponen belt conveyor sebelum usulan perbaikan.....	81
Tabel 4.32 Diagram Gantt chart komponen belt conveyor sesudah usulan perbaikan.....	81
Tabel 4.33 Diagram Gantt chart komponen bucket elevator sebelum usulan perbaikan.....	81
Tabel 4.34 Diagram Gantt chart komponen bucket elevator sesudah usulan perbaikan.....	81
Tabel 4.35 Diagram Gantt chart komponen motor sebelum usulan perbaikan	81
Tabel 4.36 Diagram Gantt chart komponen motor sesudah usulan perbaikan.....	81

DAFTAR GAMBAR

Gambar 2.1	Grafik keandalan mesin	19
Gambar 2.2	Simbol-simbol pembuatan <i>fault tree</i>	27
Gambar 2.3	Skema parameter FMEA	28
Gambar 4.1	Komponen <i>gear box Cement Mill</i> Indarung IV	42
Gambar 4.2	Komponen sekring <i>Cement Mill</i> Indarung IV	43
Gambar 4.3	Komponen <i>belt conveyor Cement Mill</i> Indarung IV	43
Gambar 4.4	Komponen kabel <i>Cement Mill</i> Indarung IV	44
Gambar 4.5	Komponen alarm <i>Cement Mill</i> Indarung IV	44
Gambar 4.6	Komponen <i>bucket elevator Cement Mill</i> Indarung IV	45
Gambar 4.7	Komponen motor <i>Cement Mill</i> Indarung IV	45
Gambar 4.8	Komponen bearing <i>Cement Mill</i> Indarung IV	46
Gambar 4.9	Grafik <i>downtime</i> mesin <i>Cement Mill</i>	52
Gambar 4.10	Hasil Pembuatan <i>fault tree</i>	55

DAFTAR LAMPIRAN

Lampiran 1 : Kuisisioner kriteria penilaian *nilai risk periority number* (RPN)

DAFTAR ISTILAH

<i>Downtime</i>	= Berhentinya mesin produksi karena kerusakan
<i>Reliability</i>	= Keandalan suatu mesin
<i>mean time</i>	= Rata-Rata waktu antar kerusakan
<i>Between failure</i>	
<i>Packing plant</i>	= Pengepakan barang
<i>Cement mill</i>	= Mesin penggilingan semen
<i>Total stop</i>	= Jumlah waktu berhenti
<i>Total uptime</i>	= Jumlah waktu tersedia
<i>reliability centered</i>	
<i>Maintenace</i>	= Metode pendekatan Perawatan Mesin
<i>Lubrication</i>	= Pemberian minyak
<i>Failure finding</i>	= Temukan kerusakan
<i>Manufacture</i>	= Manufaktur
<i>Maintenance</i>	= Perawatan
<i>Human error</i>	= Kesalahan manusia
<i>Total productive maintenance</i>	= Jumlah perawatan keseluruhan
<i>Planned maintenance</i>	= Perawatan terencana
<i>Breakdown</i>	= Mesin terhenti
<i>Inspection</i>	= Inspeksi
<i>Overhaul</i>	= Perawatan menyeluruh
<i>preventive mainenance</i>	= Metode pendekatan Perawatan Mesin
<i>Control (PMC)</i>	
<i>Service</i>	= Perbaikan
<i>Replacement</i>	= Pergantian

Cleaning

= Pembersihan

Availability

= Waktu ketersediaan

ABSTRAK

PT Semen Padang merupakan salah satu produsen semen terkemuka dan menjadi pabrik semen pertama dan tertua di Indonesia. Saat ini memiliki lima buah pabrik pengolahan semen yaitu pabrik Indarung II, III, IV, V dan VI yang beroperasi 24 jam, salah satunya adalah pabrik Indarung IV. Mesin *Cement Mill* merupakan mesin yang memproduksi semen penggilingan pada tahapan akhir sebelum semen menuju ke *packing plan* atau siap dijual (semen setengah jadi). Kenyataan dalam penggunaannya, mesin *Cement Mill* Indarung IV ini memiliki permasalahan mengenai *downtime*. Selama proses produksi berlangsung mesin sering mengalami kerusakan atau tiba-tiba berhenti. Akibatnya proses produksi berhenti sampai mesin nyala kembali. Hal itu menyebabkan terjadinya *downtime* terus menerus sehingga menjadi permasalahan yang dihadapi perusahaan saat ini. Untuk mengatasi permasalahan tersebut, maka metode yang digunakan dalam penelitian ini yaitu *reliability centered maintenance* (RCM). Metode ini digunakan untuk mengetahui penyebab terjadinya *downtime* dan mendapatkan keputusan pemeliharaan *reliability centered maintenance* (RCM) yang tepat untuk tiap-tiap komponen yang mengalami kerusakan. Metode ini dapat menurunkan *downtime* sebesar 52,6 % dari *downtime* awal sebesar 2137,6 menit menjadi 907,35 menit setelah usulan perbaikan. Metode ini juga mendapatkan penyebab *downtime* yaitu bagian mekanikal sebesar 31%, bagian elektrikal sebesar 38%, dan bagian produksi sebesar 31%. Selain itu dihasilkan penyebab dominan adalah bagian produksi, permasalahannya yaitu proteksi *gear box pecah* dengan total 2 kali *downtime* dan total waktu terjadinya sebesar 22,30 jam selama 6 bulan. Setelah itu melakukan pembuatan keputusan pemeliharaan *reliability centered maintenance* (RCM) dengan mensertakan nilai *mean time between failure* (MTBF) sebagai pelengkap dari keputusan rcm, untuk mendapatkan komponen penyebab terjadinya kegagalan mesin *Cement Mill* Indarung IV. Hasilnya terdapat 4 keputusan pemeliharaan yang diambil untuk ke 4 komponen. Pada komponen *gear box pecah* yaitu *failure finding* dan *time-directed life-renewal restoration*, rantai *belt conveyor* yaitu *lubrication* dan *time-directed life-renewal restoration*, komponen *bucket elevator* yaitu *failure finding* dan *time-directed life-renewal restoration*, dan komponen motor yaitu *failure finding* dan *time-directed life-renewal restoration*.

Kata Kunci : *Downtime*, *Mean Time Between Failure* (MTBF), Keputusan Pemeliharaan *Reliability Centered Maintenance* (RCM).

BAB I

PENDAHULUAN

1.1 Latar belakang

Dalam industri *manufacture, maintenance* memegang peranan yang sangat penting. Hal ini disebabkan apabila mesin sering terjadi kerusakan pada tengah-tengah proses produksi maka proses produksi akan berhenti, sehingga menyebabkan produktivitas menurun serta biaya *maintenance* yang besar. Oleh karena itu tidak heran jika perusahaan akan selalu berusaha menjaga alat produksinya agar tetap bisa berjalan.

Kegiatan perawatan atau *maintenance* menurut (Asisco, Amar, & Perdana, 2012) didefinisikan sebagai suatu aktivitas untuk memelihara atau menjaga peralatan atau mesin pabrik dan mengadakan perbaikan atau penyesuaian atau penggantian yang diperlukan agar terdapat suatu keadaan operasi produksi yang memuaskan dan sesuai dengan apa yang direncanakan. Salah satu yang melakukan kegiatan perawatan terhadap mesin produksinya adalah PT Semen Padang.

PT Semen Padang berdiri pada tahun 1910 sebagai salah satu produsen semen terkemuka dan menjadi pabrik semen pertama dan tertua di Indonesia. Saat ini memiliki lima buah pabrik pengolahan semen yaitu pabrik Indarung II, pabrik Indarung III, pabrik Indarung IV, pabrik Indarung V dan pabrik Indarung VI yang memproduksi semen selama 24 jam setiap harinya.

Proses produksi semen menurut Susanto (2017) pada tahapan awal yaitu di mesin *raw mill* bahan baku yang digunakan untuk membuat semen yaitu pasir besi dan pasir silika. Pasir besi berkontribusi pada mineral Fe_2O_3 dan pasir silika berkontribusi pada mineral SiO_2 . Kedua bahan baku penolong tersebut akan dicampur dengan batukapur & tanah liat. Selanjutnya di mesin kiln dilakukan homogenisasi di blending silo, material terlebih dahulu ditampung. Pada proses kalsinasi sebagian dari bahan baku, asal peralatan suspension preheater ditambah dengan kalsiner yang memungkinkan ditambahkan bahan bakar (dan udara) untuk memenuhi kebutuhan energi yang diperlukan untuk proses kalsinasi tersebut setelah itu dilakukan pembakaran hingga selesai. Pada tahapan akhir di *Cement Mill*

adalah merupakan mesin yang memproduksi semen penggilingan pada tahapan akhir. Setelah dibakar selanjutnya dilakukan penggilingan bersama terak dengan 3%-5% gypsum natural atau sintetis (untuk pengendalian setting dinamakan retarder) dan beberapa jenis aditif (pozzolan, slag, dan batu kapur) yang ditambahkan dalam jumlah tertentu, selama memenuhi kualitas dan spesifikasi semen yang dipersyaratkan hingga proses di *Cement Mill* selesai.

Mesin *Cement Mill* Indarung IV merupakan mesin yang memproduksi semen penggilingan pada tahapan akhir di pabrik Indarung IV sebelum semen menuju ke *packing plan* atau siap dijual (semen setengah jadi). Kenyataan dalam penggunaannya, mesin *Cement Mill* Indarung IV ini sering memiliki permasalahan mengenai *downtime* dibanding mesin *raw mill* dan mesin kiln.

Menurut sherif mustofa (2015) *downtime* adalah jumlah waktu dimana suatu peralatan mesin tidak dapat beroperasi disebabkan adanya kerusakan (*failure*). Kerusakan merupakan turunnya performa mesin yang terjadi dalam waktu yang lama, kerusakan yang diakibatkan oleh manusia atau *human error* dan kerusakan mesin secara alami. Kerusakan yang disebabkan oleh *human error* antara lain yaitu operator produksi yang kurang memahami cara pengoperasian mesin sedangkan kerusakan secara alami yaitu biasanya berhubungan dengan usia mesin dan tingkat kandalan mesin. Kerusakan mesin (*failure*) umumnya terjadi ketika mesin sudah memasuki usia yang tua sehingga perlu dilakukan pengecekan terhadap usia mesin agar pada proses produksi tidak terganggu.

Selama proses produksi berlangsung, mesin *Cement Mill* Indarung IV sering kali mengalami gangguan yaitu dengan mesin yang rusak atau tiba-tiba berhenti. Apabila tiba-tiba berhenti atau rusak maka akan mengakibatkan terganggunya pada proses sesudahnya yaitu mesin *packing plan*. Akibatnya proses produksi akan tertunda sampai mesin tersebut nyala kembali sehingga perusahaan mengalami kerugian. Hal itu, yang menyebabkan terjadinya *downtime* pada mesin *Cement Mill* Indarung IV yang terjadi secara terus menerus dan berulang-berulang, sehingga menjadi salah satu permasalahan yang dihadapi perusahaan saat ini.

Pengaruh terjadinya *downtime* dapat dilihat dari total *stop* dan total *start* peralatan mesin. Total *stop* peralatan adalah waktu terjadinya kerusakan atau

berhentinya proses produksi pada mesin atau peralatan dalam waktu yang tidak ditentukan, sedangkan total *start* adalah waktu di mulainya proses produksi setelah mesin atau peralatan mengalami kerusakan atau berhenti.

Berikut ini merupakan data total *stop* dan *total start* peralatan pada bulan Januari sampai Juni tahun 2020.

Tabel 1.1 Data stop peralatan mesin *cement mill*

No	Bulan	Total Frekuensi <i>Stop</i>	Total waktu <i>Stop</i>	Total waktu <i>Start</i>
1.	Januari	6 kali	60,04 jam	70,21 jam
2.	Februari	3 kali	405,32 jam	641,53 jam
3.	Maret	4 kali	11,24 jam	15,11 jam
4.	April	6 kali	26,19 jam	41,35 jam
5.	Mei	6 kali	112,46 jam	130,47 jam
6.	Juni	7 kali	251,10 jam	416,53 jam
Total	6 bulan	32 kali	867.15 jam	2458,05 jam

Sumber : (Data staff perencanaan & evaluasi pemeliharaan, 2020)

Dari data diatas dapat kita ketahui bahwa pada bulan Januari tahun 2020 frekuensi terjadinya kerusakan atau berhentinya proses produksi yang disebabkan oleh *downtime* sebanyak 6 kali. Total *stop* atau waktu berhentinya pada mesin atau peralatan selama 60,4 jam dibulan Januari dan total *start* atau waktu dimulainya kembali proses produksi setelah mengalami kerusakan atau berhenti selama 70,21 jam.

Dalam melakukan upaya perawatan mesin, perusahaan telah menerapkan sistem perawatan yaitu *preventive maintenance*. Kegiatan *preventive maintenance* yang ada di pabrik Indarung IV khususnya mesin *Cement Mill* dilakukan sesuai dengan jadwal *maintenance* yaitu setiap satu bulan sekali. Kegiatan ini berbentuk pemeriksaan terhadap komponen-komponen peralatan atau mesin yang terdeteksi adanya kerusakan, maka dilakukan tindakan perbaikan mesin atau pergantian komponen. Perawatan yang dilakukan mesin *Cement Mill* Indarung IV sudah menggunakan *total productive maintenance* (TPM) yaitu *planned maintenance* atau perawatan terencana. Kegiatan perawatan terencana ini dilakukan ketika jadwal *maintenance* sudah ditetapkan oleh perusahaan untuk meminimasi terjadinya kerusakan mesin atau peralatan yang dapat mengakibatkan terjadinya *downtime*. Berikut ini kegiatan *preventive maintenance* yang di lakukan oleh perusahaan pada

pabrik *Cement Mill* Indarung IV :

Tabel 1.2 Jadwal perawatan di pabrik mesin *Cement Mill* Indarung IV.

No	Kegiatan	Diskripsi	Klasifikasi	Kegiatan perawatan
1.	Inspeksi	Pemeriksaan alat untuk mengetahui apakah ada <i>failure</i> atau tidak	Inspeksi	Terjadwal dan rutin
2.	<i>Service</i>	Kegiatan untuk mencapai standar yang diteloh ditentukan (produksi dan operasi)	Waktu operasi (<i>easy failure</i>)	Rutin
			<i>Stop (hard failure)</i>	Terjadwal
3.	<i>Repair</i>	Mengembalikan kemampu alat ke kondisi semula atau lebih baik	Perbaikan karena kondisi	Terjadwal dan rutin
			Pergantian	Terjadwal

Sumber : (Data staff perencanaan & evaluasi pemeliharaan, 2020)

Pada mesin *Cement Mill* Indarung IV kegiatan *preventive maintenance* yang dilakukan dengan menerapkan *total productive maintenance* (TPM) sebagai upaya untuk mengurangi *downtime* dirasa kurang efektif, karena *preventive maintenance* hanya dilakukan dalam jangka waktu yang sudah di tetapkan pada penjadwalan *maintenance* oleh perusahaan. Namun, apabila mesin atau peralatan tiba-tiba mati atau rusak dan belum sampai waktunya untuk dilakukan *preventive maintenance* maka, akan mengganggu mesin atau peralatan yang lain. Sehingga proses produksi akan terganggu dan mengakibatkan terjadinya *downtime* dan dapat menimbulkan kerugian bagi perusahaan.

Oleh sebab itu, inilah yang menjadi permasalahan pada pabrik Indarung IV khususnya mesin *Cement Mill*. Selanjutnya perlu dilakukan penelitian ini untuk mengetahui penyebab terjadinya *downtime* yang terjadi secara berulang-berulang dengan melakukan pengambilan keputusan pemeliharaan sehingga frekuensi *downtime* dapat berkurang. Hal tersebut proses produksi mesin *Cement Mill* Indarung IV dapat bekerja secara efektif, dan efisien dengan memberikan usulan perbaikan atau solusi untuk mengurangi *downtime*, sehingga agar mesin tidak mengalami kegagalan.

1.2 Perumusan Masalah

Berdasarkan uraian dari latar belakang diatas, bagaimana mengurangi

downtime pada mesin *Cement Mill* Indarung IV yang menyebabkan mesin mengalami kerusakan, sehingga kemudian perlu dilakukan pembuatan keputusan pemeliharaan mesin untuk mendapatkan usulan perbaikan dari permasalahan ini.

1.3 Batasan Masalah

Agar tujuan awal penelitian tidak menyimpang maka dilakukan pembatasan masalah, yaitu sebagai berikut:

1. Waktu penelitian dilakukan selama 6 bulan dimulai sejak tanggal 15 Februari-15 Agustus 2020.
2. Data yang digunakan terdiri dari dokumentasi, observasi, *interview*.
3. Data kinerja peralatan yang digunakan adalah dari data bulan Januari sampai Juni tahun 2020 mesin *Cement Mill*.
4. Objek yang diteliti hanya pada mesin *Cement Mill* pabrik Indarung IV unit perencanaan dan evaluasi pemeliharaan PT Semen Padang.
5. Penelitian tidak mencakup biaya-biaya.
6. Penelitian hanya sampai tahap usulan dan saran, tidak diimplementasikan pada perusahaan.

1.4 Tujuan

Adapun tujuan yang ingin dicapai dari penelitian tugas akhir ini adalah Untuk mengurangi *downtime* dan mengetahui penyebab kerusakan mesin *Cement Mill* Indarung IV, sehingga mendapatkan keputusan pemeliharaan mesin yang tepat serta dapat memberikan usulan perbaikan terhadap permasalahan ini.

1.5 Manfaat

Manfaat yang akan diperoleh dari penelitian ini adalah:

1. Bagi perusahaan yaitu perusahaan mendapatkan informasi mengenai kondisi mesin sebagai sarana meningkatkan perawatan pada setiap mesin yang ada pada proses produksi serta diharapkan dapat membantu mengurangi tingginya *downtime* dan dapat memperbaiki sistem perawatan mesin perusahaan.
2. Bagi peneliti yaitu memberi kesempatan pada peneliti untuk menerapkan

teori-teori yang telah didapatkan dibangku kuliah dan selama magang untuk memecahkan masalah pemeliharaan mesin dan *downtime* tersebut, dan dapat dijadikan sebagai bahan pertimbangan bagi perusahaan dalam acuan untuk meningkatkan kinerja kepada perusahaan.

1.6 Sistematika Penulisan

Sistem penulisan yang digunakan dalam menyusun laporan ini adalah sebagai berikut:

BAB I PENDAHULUAN

Pada bab ini berisikan uraian latar belakang, pembatasan masalah, rumusan masalah, tujuan, manfaat dan sistematika penulisan laporan.

BAB II TINJAUAN PUSTAKA

Bab ini berisikan studi pustaka tentang teori-teori yang berkaitan dengan penelitian tugas akhir ini.

BAB III METODE PENELITIAN

Pada bab ini berisikan tempat dan waktu penelitian, jenis penelitian, dan tahapan-tahapan penelitian secara sistematis yang digunakan untuk memecahkan permasalahan yang ada dalam penelitian ini. Tahapan-tahapan tersebut dijadikan sebagai pedoman dalam penelitian.

BAB IV HASIL PENELITIAN DAN PEMBAHASAN

Bab ini berisikan tentang data yang dikumpulkan, kemudian dilanjutkan dengan proses pengolahan data, tahapan pembuatan keputusan pemeliharaan, dan pembuktian hipotesa berdasarkan pengolahan data yang telah dilakukan.

BAB V PENUTUP

Pada bab ini berisikan kesimpulan dari hasil penelitian yang dilakukan, yang selanjutnya diberikan saran atau usulan kepada pihak perusahaan.

BAB II

TINJAUAN PUSTAKA DAN LANDASAN TEORI

2.1 Tinjauan Pustaka

Berikut ini merupakan beberapa penelitian-penelitian terdahulu yang telah dilakukan, (Hipni ahmad, 2018) yang berjudul “Implementasi MTBF (*Mean Time Between Failures*) untuk mengurangi biaya pemeliharaan lini pengecatan & cacat produk di pabrik aksesoris *komponen*” menggunakan metode *reliability centered maintenance*. Metode *reliability centered maintenance* digunakan untuk menentukan jadwal perawatan mesin secara berkala.

Penelitian yang dilakukan oleh (Palit & Sutanto, 2017) dengan judul penelitian “Perancangan *Reliability Centered Maintenance* (RCM) Untuk Mengurangi *Downtime* Mesin Pada Perusahaan Manufaktur Aluminium”. menggunakan metode *reliability centered maintenance*. metode *reliability centered maintenance* digunakan untuk mengurangi *downtime* mesin yang sering mengalami kegagalan.

Penelitian yang di lakukan (Sari Diana Puspita, 2017) dengan judul penelitian, “Evaluasi Manajemen Perawatan Dengan Metode *Reliability Centered Maintenance* (RCM) II Pada Mesin Blowing I Di Plant I PT. Pisma Putra Textile” menggunakan metode *reliability centered maintenance*. metode *reliability centered maintenance* digunakan untuk mengetahui faktor dan dampak kegagalan, menetapkan aktivitas dan interval perawatan sesuai RCM II *decision worksheet*, dan menghitung biaya *maintenance* yang optimal dan penurunan biaya keseluruhannya.

Penelitian yang di lakukan (Pramesti Vanni Dyah, Ag Eko Susetyo & Yogyakarta, 2018) dengan judul “Analisis Penerapan Metode *Reliability Centered Maintenance* (RCM) Untuk Meningkatkan Keandalan Pada Sistem *Maintenance*” menggunakan metode *reliability centered maintenance digunakan untuk* Sistem perawatan yang berjalan ini juga kurang memperhatikan faktor keandalan atau *reliability* dari mesin produksi sehingga ketika terjadi kerusakan, pihak perusahaan

hanya mengganti komponen yang rusak tanpa memperhatikan keandalannya.

Penelitian yang dilakukan oleh (Sahal, Syakhroni, & Marlyana, 2020) dengan judul “Perancangan Penjadwalan Perawatan Mesin Sewing Dengan Metode *Reliability Centered Maintenance* (RCM II) Di PT Apparel One Indonesia” yang menggunakan metode *reliability centered maintenance* (RCM II) digunakan untuk 6 mesin, maka terpilih 4 mesin yang mempunyai nilai prosentase *downtime* diatas 2% selama bulan maret 2018 sampai dengan oktober 2018. Sehingga Dengan penerapan metode ini diharapkan mampu memberikan interval perawatan yang lebih baik agar keandalan mesin lebih baik. Dari hasil penelitian mendapatkan nilai *risk priority number* (RPN) yang memiliki level resiko tinggi terjadi pada mesin *single needle* (komponen *feed dog* dengan nilai RPN 180 untuk mengurangi *downtime*).

Penelitian yang dilakukan oleh (Prasetya Dwi, 2018) dengan judul “Perencanaan Pemeliharaan Mesin Produksi Dengan Menggunakan Metode *Reliability Centered Maintenance* (RCM) (Studi Kasus: PT. S)”. Dimana proses produksi pipa baja memiliki tinggi frekuensi kerusakan mesin dan *downtime* membuat hasil produksi menurun, Mill 303 memiliki jumlah frekuensi terbesar. Sehingga diharapkan pada penelitian ini mengusulkan manajemen perawatan mesin dengan metode *reliability centered maintenance* (RCM). Metode RCM diharapkan dapat mengoptimalkan perawatan pada mesin kritis di lintasan produksi PT. S berdasarkan kerusakan yang ada.

Dari hasil beberapa penelitian sebelumnya dengan menggunakan metode RCM & metode RCM II, dapat diketahui bahwa metode RCM lebih cocok dan sesuai untuk digunakan sebagai acuan untuk penelitian ini. Alasannya yaitu metode RCM lebih memfokuskan untuk mendefinisikan kegagalan (*failure*) sebagai kondisi yang tidak memuaskan (*unsatisfactory*) agar berjalannya sesuai *performance* standard yang ditetapkan dengan cara pembuatan keputusan *reliability centered maintenance* (RCM) dengan mensertakan nilai MTBF untuk mendapatkan solusi yang diinginkan.

Tabel 2.1 Studi Literatur

No	Penelitian	Judul	Sumber	Metode	Permasalahan	Solusi
1.	(Hipni ahmad, 2018)	Implementasi MTBF (<i>mean time between failures</i>) untuk mengurangi biaya pemeliharaan lini pengecatan & cacat produk di pabrik aksesoris komponen.	<i>International Journal of Innovative Science and Research Technology</i> ISSN No:-2456-216	<i>Reliability Centered Maintenance</i>	Perawatan yang tidak terjadwal secara berkala menyebabkan nilai <i>mean time between failure</i> (MTBF) mesin pengecatan rendah.	Sehingga perlu dilakukan perawatan secara rutin dan terjadwal untuk meningkatkan nilai <i>mean time between failure</i> (MTBF). sehingga dapat meningkatkan keandalan mesin, mengurangi produk cacat.
2.	(Palit & Sutanto, 2015)	Perancangan <i>Reliability Centered Maintenance</i> (RCM) Untuk Mengurangi <i>Downtime</i> Mesin Pada Perusahaan Manufaktur Aluminium	Jurnal prosiding tahun 2015 Teknik Industri	<i>Reliability Centered Maintenance</i> (RCM)	Mesin pada perusahaan manufaktur aluminium mengalami kegagalan.	Mengetahui mesin yang sering mengalami kegagalan yang didapatkan dengan wawancara pihak perusahaan. Mesin beserta komponennya tersebut akan dilakukan perencanaan pemeliharaan menggunakan <i>reliability centered maintenance</i> (RCM).

Tabel 2.1 Studi Literatur lanjutan

3.	(Sari Diana Puspita, 2017)	Evaluasi Manajemen Perawatan Pada Mesin <i>Blowing</i> I di Plant I PT. Pisma Putra Textile	Jurnal Teknik Industri, Vol. XI, No. 2, Mei 2016	<i>Reliability Centered Maintenance</i> (RCM) II	untuk mengetahui faktor dan dampak kegagalan, menetapkan aktivitas dan interval perawatan sesuai RCM II	Dilakukan perawatan pada permukaan belt bergelombang, belt putus, kayu apron patah, dan paku-paku apron patah dengan <i>scheduled discard task</i> dengan interval perawatan. Menggunakan <i>decision worksheet</i> , dan menghitung biaya <i>maintenance</i> yang optimal dan penurunan biaya keseluruhannya
4.	(Pramesti Vanni Dyah, Ag Eko Susetyo & Yogyakarta, 2018)	Analisis Penerapan Metode <i>Reliability Centered Maintenance</i> (RCM) Untuk Meningkatkan Keandalan Pada Sistem <i>Maintenance</i>	EJST (<i>Industrial Engineering Journal of The University of Sarjanawiyata Tamansiswa</i>) Vol. 2 No.1, Juni 2018	<i>Reliability Centered Maintenance</i> (RCM)	Sistem perawatan yang berjalan ini juga kurang memperhatikan faktor keandalan/ <i>reliability</i> dari mesin produksi sehingga ketika terjadi kerusakan, pihak perusahaan hanya mengganti komponen yang rusak tanpa memperhatikan	Salah satu metode yang bisa digunakan untuk mengatasi permasalahan aktivitas perawatan yang belum terprogram dan keandalan mesin dikarenakan usia mesin yang sudah tua maka perlu dilakukan adanya penggambaran sistem perawatan actual dengan menggunakan metode <i>reliability centered maintenance</i> (RCM).

5.	(Sahal et al., 2020)	Perancangan Penjadwalan Perawatan Mesin Sewing Dengan Metode <i>Reliability Centered Maintenance</i> (RCM II) Di PT Apparel One Indonesia	Prosiding Konferensi Ilmiah Mahasiswa Unissula (KIMU) 2	<i>Reliability Centered Maintenance</i> (RCM II)	Pada 6 mesin di PT Apparel One terpilih 4 mesin yang mempunyai nilai prosentase <i>downtime</i> diatas 2% selama bulan maret 2018 sampai dengan oktober 2018.	Sehingga Dengan penerapan metode ini diharapkan mampu memberikan interval perawatan yang lebih baik agar keandalan mesin lebih baik. Dari hasil penelitian mendapatkan nilai <i>risk priority number</i> (RPN) yang memiliki level resiko tinggi terjadi pada mesin <i>single needle</i> (komponen <i>feed dog</i> dengan nilai RPN 180 untuk mengurangi <i>downtime</i> .
6.	(Prasetya Dwi, 2018)	Perencanaan Pemeliharaan Mesin Produksi Dengan Menggunakan Metode <i>Reliability Centered Maintenance</i> (RCM) (Studi Kasus: PT. S)	<i>JISO: Journal Of Industrial And Systems Optimization.</i>	<i>Reliability Centered Maintenance</i> (RCM)	Proses produksi pipa baja memiliki tinggi frekuensi kerusakan mesin dan <i>downtime</i> membuat hasil produksi menurun. Mill 303 memiliki jumlah frekuensi terbesar dengan jumlah 1511 kali. Mesin tersebut	Diharapkan pada penelitian ini mengusulkan manajemen perawatan mesin dengan metode <i>reliability centered maintenance</i> (RCM). Metode RCM diharapkan dapat mengoptimalkan perawatan pada mesin kritis di lintasan produksi PT. S berdasarkan kerusakan yang ada.

7.	(Hidayah & Ahmadi, 2017)	Analisis Pemeliharaan Mesin Blowmould Dengan Metode RCM Di PT. CCAI	<i>Jurnal Optimasi Sistem Industri</i> ISSN (Print) 2088-4842 ISSN (Online) 2442-8795 Artikel	<i>Reliability Centered Maintenance (RCM)</i>	Mesin Blowmould mengalami downtime yang mengakibatkan proses produksi tertunda untuk sementara waktu.	Untuk mengetahui komponen dan subsistem mesin blowmould yang paling rentan mengalami kerusakan (komponen dan subsistem kritis), mengetahui penyebab terjadinya kerusakan atau downtime pada tiap subsistem mesin blowmould, dan memberikan usulan tentang jadwal penggantian komponen mesin serta membuat rencana tindakan sebagai kegiatan perawatan untuk meningkatkan availability.
----	--------------------------	---	---	---	---	--

2.2 Landasan Teori

2.2.1 Perawatan (*Maintenance*)

Menurut (Sudrajat, 2011) perawatan adalah segala kegiatan yang penting dengan tujuan untuk menghasilkan produk yang baik atau untuk mengembalikan kedalam keadaan yang memuaskan. Perawatan atau *maintenance* dapat didefinisikan sebagai sebuah aktivitas yang dibutuhkan untuk menjaga atau mempertahankan kualitas pemeliharaan suatu fasilitas agar fasilitas tersebut dapat berfungsi dengan baik dalam kondisi siap pakai (Syahabuddin, 2019).

2.2.1.1 Tujuan Utama *Maintenance*

Berikut ini merupakan tujuan utama dari *maintenance* (Syahabuddin, 2019) adalah sebagai berikut :

- a. Memperpanjang kegunaan aset (yaitu setiap bagian dari suatu tempat kerja, bangunan dan isinya)
- b. Menjamin ketersediaan optimum mesin yang dipasang untuk produksi atau jasa untuk mendapatkan laba investasi semaksimal mungkin.
- c. Menjamin kesiapan operasional dari seluruh mesin yang diperlukan dalam keadaan darurat setiap waktu.
- d. Menjamin keselamatan orang yang menggunakan sarana tersebut.

2.2.1.2 Jenis-Jenis *Maintenance*

Berikut ini merupakan jenis-jenis dari *maintenance* (Prasetya Dwi, 2018) antara lain :

- a. Pemeliharaan pencegahan (*preventive maintenance*)

Preventive maintenance (Prasetya Dwi, 2018) adalah kegiatan pemeliharaan dan perawatan yang dilakukan untuk mencegah timbulnya kerusakan-kerusakan yang tidak terduga dan menemukan kondisi atau keadaan yang dapat menyebabkan fasilitas produksi mengalami kerusakan pada waktu digunakan dalam proses produksi. Perawatan ini memiliki keuntungan seperti akan menjamin keandalan dari *system*, keselamatan pemakai, umur pakai mesin menjadi lebih panjang, dan dapat memperendah *downtime* dari proses produksi. Sedangkan kerugiannya adalah, waktu operasi akan terbuang,

kemungkinan terjadi *human error* dan lain sebagainya. *Preventive maintenance* dibagi menjadi dua yaitu *periodic maintenance* dan *predictive maintenance*. *Predictive maintenance* adalah perawatan yang telah terjadwal seperti inspeksi mesin, pembersihan, pelumasan, dan pergantian suku cadang. Sedangkan *predictive maintenance* adalah perawatan yang dilakukan untuk mengantisipasi kerusakan sebelum terjadi kerusakan berat. Dalam metode ini dapat diprediksi kapan kerusakan pada mesin akan terjadi sehingga dapat disiapkan *Komponen* yang dibutuhkan terlebih dahulu.

b. Pemeliharaan korektif (*corrective maintenance*)

Corrective atau *breakdown maintenance* (Prasetya Dwi, 2018) adalah kegiatan pemeliharaan dan perawatan yang dilakukan setelah terjadinya suatu kerusakan atau kelainan pada fasilitas atau mesin sehingga tidak dapat berfungsi dengan baik. Kegiatan *corrective maintenance* yang dilakukan sering disebut dengan kegiatan perbaikan atau reparasi. Perbaikan yang dilakukan karena adanya kerusakan yang dapat terjadi akibat tidak dilakukannya *preventive maintenance* ataupun telah dilakukan *preventive maintenance* tetapi sampai pada suatu waktu tertentu fasilitas atau mesin tersebut tetap rusak.

c. Perawatan *breakdown*

Perawatan *breakdown* (Prasetya Dwi, 2018) merupakan perawatan dengan cara mesin atau mesin dioperasikan hingga rusak kemudian baru dilakukan perbaikan atau diganti baru. Perawatan ini tidak sesuai untuk mesin–mesin yang memiliki tingkat kritis yang tinggi atau mahal. Perawatan ini hanya sesuai untuk mesin–mesin yang sederhana.

2.2.1.3 Kegiatan *Maintenance*

Berikut ini merupakan kegiatan dari *maintenance* (Bangun, Rahman, & Darmawan, 2016) yang dilakukan antara lain sebagai berikut :

- a. Inspeksi (*inspection*) kegiatan inspeksi meliputi kegiatan pengecekan atau pemeriksaan secara berkala dimana maksud kegiatan ini adalah untuk

mengetahui apakah perusahaan selalu mempunyai mesin atau fasilitas produksi yang baik untuk menjamin kelancaran proses produksi.

- b. Kegiatan teknik (*engineering*) kegiatan ini meliputi kegiatan percobaan atas mesin yang baru dibeli, dan kegiatan-kegiatan pengembangan mesin yang perlu diganti, serta melakukan penelitian-penelitian terhadap kemungkinan pengembangan tersebut.
- c. Kegiatan produksi (*production*) kegiatan ini merupakan kegiatan pemeliharaan yang sebenarnya, yaitu merawat, memperbaiki mesin-mesin dan mesin.
- d. Kegiatan administrasi (*clerical work*) pekerjaan administrasi ini merupakan kegiatan yang berhubungan dengan pencatatan-pencatatan mengenai biaya-biaya yang terjadi dalam melakukan pekerjaan-pekerjaan pemeliharaan dan biaya-biaya yang berhubungan dengan kegiatan pemeliharaan, komponen (*komponens*) yang dibutuhkan, laporan kemajuan (*progress report*), waktu dilakukannya inspeksi dan perbaikan, serta lamanya perbaikan tersebut, komponen (*komponens*) yang tersedia di bagian pemeliharaan.
- e. Pemeliharaan bangunan (*housekeeping*) kegiatan ini merupakan kegiatan untuk menjaga agar bangunan gedung tetap terpelihara dan terjamin kebersihannya.
- f. *Repair* atau PMC (perbaikan) adalah aktivitas yang dilakukan untuk mengembalikan kondisi mesin yang mengalami gangguan, sehingga tidak dapat beroperasi seperti sebelum terjadi gangguan tersebut, dimana prosesnya hanya dilakukan untuk perbaikan yang sifatnya kecil (perbaikan setempat). Biasanya *repair* tidak terlalu banyak mengganggu kontinuitas proses produksi.
- g. *Overhaul* (perbaikan menyeluruh) adalah aktivitas perbaikan menyeluruh. Aktivitas ini memiliki makna yang sama dengan repair, hanya saja ruang lingkupnya lebih besar. Perawatan ini dilakukan apabila kondisi mesin (fasilitas) berada dalam keadaan rusak parah, sementara kemampuan untuk mengganti dengan yang baru tidak ada. *Overhaul*, biasanya dapat

mengganggu kegiatan produksi dan membutuhkan biaya yang besar. Contoh kegiatan, misalnya turun mesin pada mobil, dilakukan jika kondisi mesin rusak parah.

- h. *Replacement* (penggantian) adalah aktivitas penggantian mesin yang biasanya mesin yang memiliki kondisi yang lebih baik akan menggantikan mesin sebelumnya. *Replacement* dilakukan jika kondisi alat sudah tidak memungkinkan lagi untuk beroperasi, atau sudah melewati umur ekonomis penggunaan. *Replacement* membutuhkan investasi yang besar 10 bagi perusahaan, sehingga *alternative* ini, biasanya menjadi pilihan terakhir, setelah *repair* dan *overhaul*.

2.2.2 *Reliability*

Reliability atau keandalan mesin produksi bagi sebuah perusahaan manufaktur merupakan sebuah ‘produk’ atau hasil dari proses *maintenance*, sehingga tingkat keandalan pada suatu mesin merupakan hal yang sangat penting bagi produktivitas sebuah perusahaan manufaktur (Pramesti Vanni Dyah, Ag Eko Susetyo & Yogyakarta, 2018). Tingkat keandalan suatu mesin yaitu kemampuan suatu *equipment* untuk terus beroperasi sesuai yang diinginkan dengan menjaga agar keandalan tetap sesuai dengan kemampuan dalam pengoperasiannya.

Keandalan suatu mesin sangat dipengaruhi oleh cara perawatan mesin itu sendiri. Kondisi mesin dan peralatan yang terawat merupakan komponen penting dalam manajemen pemeliharaan mesin atau peralatan di lantai pabrik. Setiap mesin terdiri dari berbagai jenis komponen penyusunnya, masing-masing komponen memiliki kemungkinan mengalami kerusakan dan pergeseran nilai reliabilitasnya, karena seiring bertambahnya waktu nilai reliabilitas dari sebuah mesin akan semakin berkurang.

Reliability (Prasetya Dwi, 2018) bertujuan untuk mengetahui tingkat keandalan pada suatu komponen mesin yang yang dapat meminimasi sebelum terjadinya kerusakan. Komponen memiliki kemungkinan mengalami kerusakan dan pergeseran nilai reliabilitasnya, karena seiring bertambahnya waktu nilai

reliabilitas dari sebuah mesin akan semakin berkurang.

Manfaat dilakukan *reliability* atau tingkat keandalan adalah pemeriksaan yaitu tindakan yang ditujukan terhadap sistem untuk mengetahui apakah sistem masih berada dalam keadaan yang memenuhi persyaratan yang diinginkan. Penggantian komponen, yaitu melakukan penggantian komponen sistem yang sudah tidak dapat berfungsi.

Tingkat keandalan suatu mesin (Prasetya Dwi, 2018) yaitu kemampuan suatu *equipment* untuk terus beroperasi sesuai yang diinginkan dengan menjaga agar keandalan tetap sesuai dengan kemampuan dalam pengoperasiannya. Untuk mengukur tingkat keandalan dari sebuah mesin produksi, ada beberapa cara yang bisa dilakukan. Yang perlu diperhatikan adalah, proses pengukuran dari tingkat keandalan mesin harus menyediakan informasi berharga yang bisa digunakan oleh bagian *maintenance* untuk dilakukan perbaikan.

Proses pengukuran tingkat keandalan mesin juga tidak memerlukan waktu dan upaya yang besar. Cara terbaik untuk agar pengukuran tersebut lebih berguna adalah dengan merekam atau mencatat setiap *losses* atau kerugian pada tingkat 'lokasi peralatan' berada, dimana pada kondisi normal setiap item dari proses manufaktur atau proses peralatan harus diidentifikasi dan diklasifikasi dengan memberikan nomor.

Yang dimaksud "kerugian" disini adalah bagian dari unit produksi yang tidak diproduksi (atau tidak berkualitas untuk dijual) tetapi masih tetap bisa dijual, meskipun dalam kondisi yang tidak sempurna mesin (Rasindyo, Kusmaningrum, & Helianty, 2015).

Kerugian yang terjadi biasanya memiliki berbagai penyebab, misalnya persediaan yang tidak cukup, persediaan yang terlalu banyak keluar, kualitas bahan baku, kerusakan pada peralatan atau *slowdowns*, kurangnya skill dari operator mesin, dan lain sebagainya.

Berikut ini merupakan cara-cara terbaik untuk merekam atau mencatat semua kerugian (Rasindyo et al., 2015) tersebut adalah dengan:

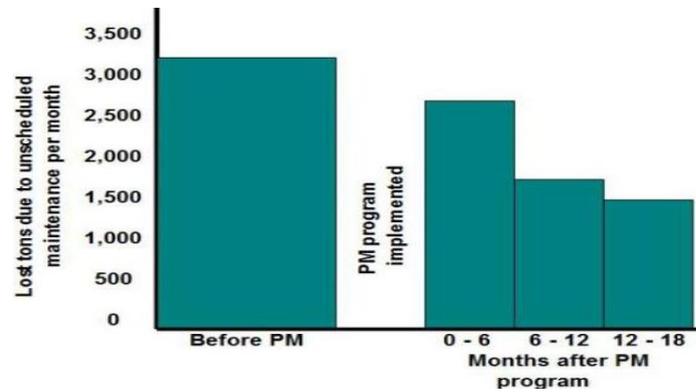
1. Menetapkan tingkat produksi maksimum untuk setiap unit produksi yang besar (biasanya pada bagian operasional manufaktur, yang memiliki beberapa proses persediaan yang masuk dan keluar).
2. Menetapkan target produksi untuk setiap unit manufaktur dan setiap produk (misalnya 90% dari produksi maksimum) untuk setiap shift kerja.
3. Mereview semua kerugian untuk setiap shift dan memastikan bahwa semua kerugian tersebut telah dicatat dengan cara yang memungkinkan bahwa informasi yang dikumpulkan akan digunakan untuk mengidentifikasi peluang perbaikan. Dalam proses ini diperlukan beberapa posisi yang harus terlibat, seperti proses *engineering*, yang bertanggung jawab untuk melakukan *review* setiap harinya.
4. Secara teratur menganalisis catatan kerugian dan menggunakan informasi tersebut untuk mengembangkan dan mempertahankan program perbaikan berkelanjutan, dan selalu fokus pada peluang tercapainya nilai mesin tertinggi.

Kerugian harus dicatat secepatnya ketika hal itu terjadi, biasanya hal ini dilakukan oleh operator per departemen, karena operatorlah yang mengetahui setiap peristiwa yang terjadi. Sebuah *post it* atau *form* catatan sederhana dapat digunakan untuk mencatat aktivitas yang merugikan. Informasi yang dicatat oleh operator ketika aktivitas kerugian terjadi harus mencakup:

- a. Nama dari mesin *manufacturing* unit
- b. Waktu; hari dan jam kejadian terjadi pertama kali
- c. Waktu; hari dan Jam kejadian berakhir
- d. Jumlah unit produksi yang rusak
- e. Penyebab kerugian (jika diketahui)
- f. Jumlah peralatan dan deskripsi kerugian jika disebabkan oleh masalah peralatan.
- g. Atau informasi lainnya yang digunakan dalam proses analisa di waktu mendatang.

Grafik dibawah ini menunjukkan hasil dari salah satu penggunaan sistem pencatatan kerugian. Setelah dianalisa, ditemukan bahwa 87 dari 12.000 item

peralatan menyumbang 80 persen dari semua *downtime* yang terjadwal. Sebuah program *preventive maintenance* berfokus pada 87 item tersebut dan dampak pengurangan kerugian juga ditampilkan dalam grafik.



Gambar 2.1 Grafik keandalan mesin (Rasindyo et al., 2015)

Keandalan (Prasetya Dwi, 2018) merupakan indikator yang paling penting dan KPI yang berguna dalam melakukan perawatan mesin dan harus dilaporkan secara berkala, dengan kemampuan mem-filter setiap departemen dari proses operasional dan *maintenance* yang disiplin. Hasil dari penerapan perawatan mesin yang disiplin akan menjadi fondasi awal dalam melakukan aktivitas perbaikan yang berkelanjutan (*continuous improvement*).

2.2.3 Mean Time Between Failure

Mean time between failure (MTBF) (Hipni ahmad, 2018) adalah rata-rata waktu suatu mesin dapat dioperasikan sebelum terjadinya kerusakan. MTBF ini dirumuskan sebagai hasil bagi dari total waktu pengoperasian mesin dibagi dengan jumlah atau frekuensi kegagalan pengoperasian mesin karena *breakdown*.

Waktu rata-rata antara kegagalan (MTBF) adalah perkiraan waktu berlalu antara kegagalan inheren dari sistem mekanis atau elektronik, selama operasi sistem normal. *Mean time between failure* dapat dihitung sebagai waktu rata-rata aritmatika (rata-rata) antara kegagalan sistem.

Definisi *mean time between failure* (Hipni ahmad, 2018) bergantung pada definisi apa yang dianggap sebagai kegagalan . Untuk sistem yang kompleks dan dapat diperbaiki, kegagalan dianggap sebagai yang di luar kondisi desain yang membuat sistem tidak berfungsi dan berada dalam status untuk

diperbaiki. Kegagalan yang terjadi yang dapat dibiarkan atau dipertahankan dalam kondisi tidak diperbaiki, dan tidak membuat sistem keluar dari layanan, tidak dianggap kegagalan menurut definisi ini. Selain itu, unit yang diturunkan untuk pemeliharaan terjadwal rutin atau pengendalian inventaris tidak dianggap dalam definisi kegagalan. Semakin tinggi MTBF, semakin lama kemungkinan sistem bekerja sebelum gagal.

Menurut kostas (Hipni ahmad, 2018) *mean time between failure* (MTBF) adalah rata-rata interval waktu kerusakan yang terjadi saat mesin selesai diperbaiki sampai mesin tersebut mengalami kerusakan kembali guna menjelaskan bahwa *mean time between failure* (MTBF) dinyatakan sebagai lamanya waktu rata-rata antar kegagalan. MTBF merupakan bagian dari model yang mengasumsikan sistem kegagalan (*failure*) agar bisa dicegah sebelum *failure* terjadi segera diperbaiki.

Berikut ini merupakan rumus dalam mencari nilai *mean time between failure* (MTBF) (Reinaldo, Santoso Budi, 2013) :

$$\text{Total uptime} = \text{hari kalender} - \text{hari stop peralatan} \dots \dots \dots (1)$$

Keterangan :

- Hari kalender

Hari kalender merupakan jumlah kalender perusahaan selama sebulan penuh tergantung jumlah hari sesuai bulan. Dalam kasus ini kalender perusahaan yang diambil selama 6 bulan.

- Hari stop peralatan

Hari stop peralatan merupakan jumlah hari dimana peralatan atau mesin mengalami kerusakan selama 6 bulan data yang akan digunakan. Jumlah hari tersebut nantinya juga disebut downtime *mean time between failure* (MTBF) (Reinaldo, Santoso Budi, 2013) .

$$\text{Total downtime} = \text{stop bagian mekanikal} + \text{stop bagian elektrikal} + \text{stop bagian produksi} + \text{stop bagian stand by} \dots \dots \dots (2)$$

Keterangan :

- Stop bagian mekanikal merupakan penanggung jawab bagian mekanikal, yang berarti semua komponen yang mengalami kerusakan bagian mekanikal atau bagian mesin.
- Stop bagian elektrikal merupakan penanggung jawab bagian elektrikal, yang berarti semua komponen yang mengalami kerusakan bagian kelistrikan.
- Stop bagian produksi merupakan penanggung jawab bagian produksi, yang berarti semua komponen yang mengalami kerusakan bagian produksi atau waktu operasi produksi.
- Stop bagian *stand by* merupakan penanggung jawab bagian *stand by*, yang berarti semua komponen yang mengalami kerusakan bukan bagian produks melainkan karna hal lain seperti silo semen penuh, bahan baku habis atau karna mesin sebelumnya rusak.

$$\text{Number of failures} = \text{Total frekuensi stop downtime bagian mekanikal, bagian elektrikal dan bagian produksi.....(3)}$$

- Stop bagian mekanikal merupakan total frekuensi bagian mekanikal, yang berarti semua komponen yang mengalami kerusakan bagian mekanikal atau bagian mesin.
- Stop bagian elektrikal merupakan total frekuensi bagian elektrikal, yang berarti semua komponen yang mengalami kerusakan bagian kelistrikan.
- Stop bagian produksi merupakan total frekuensi bagian produksi, yang berarti semua komponen yang mengalami kerusakan bagian produksi atau waktu operasi produksi.
- Stop bagian *stand by* merupakan total frekuensi bagian *stand by*, yang berarti semua komponen yang mengalami kerusakan bukan bagian produks melainkan karna hal lain seperti silo semen penuh, bahan baku habis atau karna mesin sebelumnya rusak.

$$\text{Mean time between failure} = \frac{\text{Total Uptime}}{\text{Number Of Failure}} \dots\dots\dots (4)$$

Keterangan :

- *Total uptime* (Reinaldo, Santoso Budi, 2013) merupakan waktu dimana mesin atau peralatan terjadinya kerusakan.
- *Number of failure* (Reinaldo, Santoso Budi, 2013) merupakan jumlah atau total frekuensi terjadinya kerusakan suatu mesin atau peralatan.

2.2.4 Reliability Centered Maintenance (RCM)

Reliability centered maintenance (RCM) (Asisco, 2012) didefinisikan sebagai suatu proses yang digunakan untuk menentukan apa yang harus dilakukan agar setiap asset fisik dapat terus melakukan apa yang diinginkan oleh penggunanya dalam konteks operasionalnya.

Secara mendasar, metodologi RCM (Prasetya Dwi, 2018) menyadari bahwa semua peralatan pada sebuah fasilitas tidak memiliki tingkat prioritas yang sama. RCM menyadari bahwa desain dan operasi dari peralatan berbeda-beda sehingga memiliki peluang kegagalan yang berbeda-beda juga .

Pendekatan RCM terhadap program *maintenance* memandang bahwa suatu fasilitas tidak memiliki keterbatasan finansial dan sumber daya, sehingga perlu diprioritaskan dan dioptimalkan. Secara ringkas, RCM adalah sebuah pendekatan sistematis untuk mengevaluasi sebuah fasilitas dan sumber daya untuk menghasilkan *reliability* yang tinggi dan biaya yang efektif.

2.2.4.1 Tujuan Reliability Centered Maintenance Menurut Smith

Tujuan utama dari RCM menurut smith adalah mengoptimalkan *preventive maintenance* (Dhamayanti, Alhilman, & Athari, 2016) untuk:

1. Mempertahankan fungsi sistem
2. Mengidentifikasi modus kerusakan (*failure mode*)
3. Memprioritaskan kepentingan dari modus kerusakan
4. Memilih tindakan perawatan pencegahan yang efektif dan dapat diterapkan.

Sejalan dengan Smith, menurut Moubray tujuan utama RCM (Palit & Sutanto, 2015) adalah:

1. Untuk mengembangkan desain yang sifat mampu dipeliharanya (*maintainability*) baik.

2. Untuk memperoleh informasi yang penting dalam melakukan *improvement* pada desain awal yang kurang baik.
3. Untuk mengembangkan sistem *maintenance* yang dapat mengembalikan kepada *reliability* dan *safety* seperti awal mula peralatan dari deteriorasi yang terjadi setelah sekian lama dioperasikan.
4. Untuk mewujudkan semua tujuan di atas dengan biaya minimum.

Penerapan metode RCM akan memberikan keuntungan yaitu: keselamatan dan integritas lingkungan menjadi lebih diutamakan, prestasi operasional yang meningkat, efektifitas biaya operasi dan perawatan yang lebih rendah, meningkatkan ketersediaan dan reliabilitas peralatan, umur komponen yang lebih lama, basis data yang lebih komprehensif, motivasi individu yang lebih besar, dan kerja sama yang baik diantara bagian-bagian dalam suatu instalasi.

2.2.4.2 Konsekuensi Kegagalan

Reliability centered maintenance mengklasifikasikan konsekuensi kegagalan menjadi empat kelompok (Palit & Sutanto, 2015), yaitu:

- a. Konsekuensi kegagalan tersembunyi
Kegagalan yang termasuk dalam konsekuensi ini mempunyai dampak kegagalan yang berlipat dan lebih serius seperti pada komponen yang tidak aman karena tersembunyi atau tidak diketahui oleh operator.
- b. Konsekuensi keselamatan
Kegagalan yang terjadi pada konsekuensi ini dapat menimbulkan bahaya terluka atau bahkan terbunuhnya seseorang.
- c. Konsekuensi operasi
Kegagalan yang terjadi mengakibatkan konsekuensi operasi yaitu produk, keluaran, biaya operasi dan biaya perbaikan serta dapat mematikan sistem atau berhentinya proses produksi.
- d. Konsekuensi non operasi

Kegagalan yang terjadi tidak berdampak pada keamanan ataupun produksi, namun berdampak pada biaya langsung dan dampaknya tergolong kecil.

2.2.4.3 Maintenance Task

Untuk menentukan *maintenance task* yang sesuai (Palit & Sutanto, 2015), maka didasarkan pada enam jenis *maintenance task* yang mana penjabarannya adalah sebagai berikut:

a. *Condition-directed task*

Jenis penugasan pemeliharaan bertujuan untuk mengetahui kegagalan potensial yang bisa dicegah (diperbaiki terlebih dahulu) sebelum terjadi kegagalan yang aktual dan mendeteksi kerusakan dengan cara memeriksa alat. Penugasan pemeliharaan ini mengarah kepada tes diagnosa secara berkala atau melakukan inspeksi yang mana membandingkan kondisi material yang sudah ada sebelumnya (bisa juga dengan membandingkan dengan performansi dari sebuah peralatan yang sudah standar). Apabila dalam pemeriksaan ditemukan gejala-gejala kerusakan peralatan maka dilanjutkan dengan perbaikan atau penggantian komponen.

b. *Time-directed life-renewal task*

Merupakan suatu tindakan yang bertujuan melakukan pencegahan langsung terhadap sumber kerusakan peralatan yang didasarkan pada waktu atau umur komponen. *Time-directed life-renewal task* bertugas untuk mengganti ataupun memperbaiki sebuah peralatan sebelum peralatan tersebut mencapai suatu waktu dimana probabilitas kegagalan menjadi semakin besar (misalnya saja adalah peningkatan dari probabilitas kegagalan yang dikenal dengan istilah *wear out*). Dalam penugasan pemeliharaan jenis kedua ini, ada dua macam penugasan, yaitu *replacement* dan *restoration*. Pada *replacement*, sebuah item yang sudah mencapai tingkat *wear out* harus diganti dengan item yang baru. Sedangkan pada *restoration*, sebuah item masih bisa diperbaiki dengan sehingga nantinya bisa digunakan kembali.

c. *Failure finding task*

Penugasan pemeliharaan *failure finding* ini bertujuan untuk menemukan kerusakan peralatan yang tersembunyi dari operator dengan pemeriksaan berkala dan mengevaluasi keadaan dari peralatan atau komponen.

d. *Run to failure task*

Suatu tindakan yang menggunakan peralatan sampai rusak, karena tidak ada tindakan yang ekonomis dapat dilakukan untuk pencegahan kerusakan.

e. *Servicing task*

Merupakan tugas pemeliharaan untuk menambah barang atau bahan sebelum habis digunakan pada saat beroperasi normal. Salah satu contohnya adalah dengan menambahkan tinta pada sebuah printer.

f. *Lubrication task*

Merupakan jenis pemeliharaan dalam hal melakukan pelumasan dan pemberian minyak (lubrikasi) secara rutin.

2.2.4.4 Langkah-langkah Pembuatan *Reliability Centered Maintenance*

Adapun langkah-langkah penerapan *reliability centered maintenance* menurut Moubray (Palit & Sutanto, 2015) adalah sebagai berikut :

1. Pembuatan *fault tree analysis* (FTA).

Fault Tree merupakan model grafik dari variasi paralel dan kombinasi kesalahan yang muncul sebagai hasil dari pendefinisian masalah yang ada.

2. Mengembangkan kegiatan analisis dengan *failure mode effect analysis* (FMEA)

Seperti menentukan prioritas equipment yang perlu di *maintenance* dengan membuat *failure mode and effect analysis* (FMEA) untuk setiap mesin yang sering mengalami kegagalan pada rantai produksi. Melalui FMEA didapatkan hasil penilaian RPN yang digunakan untuk mengetahui komponen kritis dari sebuah mesin yang kemudian akan dibuat pengkategorian konsekuensi kegagalan yang terjadi pada setiap komponen mesin.

3. Mengklasifikasikan tingkat konsekuensi kegagalan.

Sebagai langkah akhir, maka akan dilakukan penentuan konsekuensi kegagalan yang didasarkan atas 4 kategori, yaitu konsekuensi operasi, konsekuensi non operasi, konsekuensi kegagalan tersembunyi, dan konsekuensi keselamatan.

4. Mengambil keputusan RCM dengan mengklasifikasikan kebutuhan tingkatan *maintenance*.

Atas dasar penentuan konsekuensi kegagalan, maka diambil keputusan pemeliharaan RCM. Keputusan pemeliharaan RCM didasarkan pada 5 jenis pemeliharaan yaitu *condition directed*, *time renewal directed restoration*, *time directed renewal replacement*, *failure finding*, *lubrication*. Pada keputusan pemeliharaan RCM disertakan pula nilai *mean time between failure* (MTBF) untuk setiap komponen mesin yang mengalami kegagalan.

2.2.5 *Fault Tree Analysis* (FTA)

Fault tree analysis (FTA) (Kurniawan, Yusuf, & Parwati, 2016) merupakan model grafik dari variasi paralel dan kombinasi kesalahan yang muncul sebagai hasil dari pendefinisian masalah yang ada. Kesalahan bisa disebabkan oleh kesalahan *hardware*, *human error* atau kejadian lainnya. *Fault tree* memperlihatkan hubungan logika dari penyebab dasar yang menjadi penyebab masalah yang merupakan penyebab utama yang berada diatas. *Fault tree* dibuat untuk semua mesin bermasalah beserta seluruh komponennya. *Fault tree* memiliki simbol-simbol khusus dalam pembuatannya. Simbol-simbol dan pengertiannya dapat dilihat pada gambar ini .

Dari data *defect* yang diterima ditentukan penyebab cacat terbesar melalui diagram pareto. Setelah itu permasalahan tersebut dikosultasikan melalui wawancara dengan operator untuk mencari penyebab-penyebabnya. Analisa pohon kesalahan *fault tree*. Merupakan salah satu metode yang dapat digunakan untuk mencari akar penyebab masalah dari macam-macam permasalahan yang ada. Dengan menggunakan FTA ini, dapat dicari akar penyebab masalah dari hasil

wawancara dengan operator. *Fault tree analysis* memiliki beberapa tahapan (Kurniawan et al., 2016) :

1. Tentukan kejadian paling atas atau utama
2. Tetapkan batasan FTA
3. Periksa *system* untuk mengerti bagaimana berbagai elemen berhubungan pada satu dengan lainnya dan kejadian paling atas
4. Buat pohon kesalahan, mulai dari kejadian paling atas dan bekerja kearah bawah.
5. Analisis pohon kesalahan untuk mengidentifikasi cara dalam menghilangkan kejadian yang mengarah pada kegagalan
6. Persiapkan rencana tindakan perbaikan untuk mencegah kegagalan.

Simbol	Arti
	<i>Basic Event</i> Dasar inisiasi kesalahan yang tidak membutuhkan pengembangan yang lebih jauh
	<i>Conditioning Eventy</i> Kondisi specifiy yang dapat diterapkan ke berbagai gerbang logika.
	<i>Undevelopment Event</i> <i>Event</i> yang tidak dapat dikembangkan lagi karena informasi tidak tersedia.
	<i>Extenal Event</i> <i>Event</i> yang diekspektasikan muncul
	Gerbang <i>AND</i> Kesalahan muncul akibat semua input masalah yang terjadi.
	Gerbang <i>OR</i> Kesalahan muncul akibat salah satu input masalah yang terjadi.

Gambar 2.2 Simbol-simbol pembuatan *fault tree* (Jurnal Industrial Engineering & University, 2017)

Berikut ini merupakan penjelasan pada langkah-langkah dalam pembuatan *fault tree diagram* di atas sebagai berikut :

1. Mengidentifikasi *top event*
2. Mengidentifikasi *intermediate event* dan level pertama
3. Menghubungkan penyebab ke *top event* dengan *logic gate*

4. Mengidentifikasi *intermediate event* dan level kedua
5. Menghubungkan penyebab level kedua ke *top event* dengan *logic gate* melalui penyebab sebelumnya.
6. Ulangi dan lanjutkan

2.2.6 Failure Mode Effect Analysis (FMEA)

Failure mode effect analysis (FMEA) (Kurniawan et al., 2016) adalah sebuah metode evaluasi kemungkinan terjadinya sebuah kegagalan dari sebuah sistem, desain, proses atau servis untuk dibuat langkah penanganannya. Dalam *failure mode effect analysis* (FMEA), setiap kemungkinan kegagalan yang terjadi dikuantifikasi untuk dibuat prioritas penanganan. Dalam penelitian ini *failure mode effect analysis* (FMEA) dilakukan untuk melihat risiko-risiko yang mungkin terjadi pada operasi perawatan dan kegiatan operasional perusahaan. Dalam hal ini ada tiga hal yang membantu menentukan dari gangguan antara lain:



Gambar 2.3 Skema Parameter FMEA (Jurnal Teknik Industri, Universitas Sultan Ageng Tirtayasa, 2017)

1. Rumus mencari *Failure Mode Effect Analysis* (FMEA)

Untuk mencari rumus RPN *failure mode effect analysis* (Kurniawan et al., 2016) yaitu sebagai berikut :

$$RPN = Severity \times Occurrence \times Detection \dots \dots \dots (5)$$

Keterangannya :

- Frekuensi (*occurrence*) (Kurniawan et al., 2016) dalam menentukan *occurrence* ini dapat ditentukan seberapa banyak gangguan yang dapat menyebabkan sebuah kegagalan pada operasi perawatan dan kegiatan operasional pabrik. Berikut ini kriteria *occurrence* :

Tabel 2.2 Kriteria *occurrence*

No	Klasifikasi <i>occurrence</i> : prioritas <i>equipment Cement Mill</i> Indarung IV	Kriteria : <i>occurrence</i> dari kegagalan <i>Cement Mill</i> Indarung IV	Nilai kriteria <i>occurrence</i> ranking

1	Sangat tinggi	Kegagalan yang tak terganti	10 dan 9
2	Tinggi	Kegagalan yang berulang	8 dan 7
3	Sedang	Kegagalan sesekali	6 dan 5
4	Rendah	Sedikit kegagalan	4,3 dan 2
5	Sangat rendah	Sangat sedikit kegagalan	1

Sumber: (Jurnal Teknik Industri, Universitas Sultan Ageng Tirtayasa, 2017)

- Tingkat kerusakan (*severity*) dalam menentukan tingkat kerusakan (*severity*) ini dapat ditentukan seberapa serius kerusakan yang dihasilkan dengan terjadinya kegagalan proses dalam hal operasi perawatan dan kegiatan operasional pabrik (kurniawan et al., 2016). Berikut ini merupakan kriteria *Severity* :

Tabel 2.3 Kriteria *severity*

No	Klasifikasi <i>severity</i> : <i>perioritas equipment</i> <i>Cement Mill Indarung</i> IV	Kriteria : <i>saverity dari kegagalan</i> <i>Cement Mill Indarung IV</i>	Nilai <i>criteria</i> <i>severity</i> <i>ranking</i>
1	Berbahaya tanpa peringatan	Tingkat kegagalan sangat tinggi ketika potensi kegagalan berakibat terhadap keamanan tanpa ada peringatan sebelumnya.	10
2	Berbahaya dengan peringatan	Tingkat kegagalan sangat tinggi ketika potensi kegagalan berakibat terhadap keamanan ada peringatan sebelumnya	9
3	Sangat tinggi	Mesin tidak beroperasi	8
4	Tinggi	Mesin beroperasi tapi dengan performa berkurang. Sangat tidak puas terhadap kinerja mesin peralatan	7
5	Sedang	Mesin beroperasi tapi tingkat kenyamanan tidak terpenuhi, tidak puas terhadap kinerja mesin peralatan	6
6	Rendah	Mesin beroperasi tapi tingkat kenyamanan performa kurang. Sebagain tidak puas terhadap kinerja mesin peralatan	5
7	Sangat rendah	Tingkat kegaggalan mesin tidak terpenuhi, kerusakan di rasakan 75%	4
8	Minor	Tingkat kegaggalan mesin tidak terpenuhi, kerusakan di rasakan 50%	3
9	Sangat minor	Tingkat kegaggalan mesin tidak terpenuhi, kerusakan di rasakan 25%	2
10	Tidak ada	Hampir tidak ada efek	1

Sumber: (Jurnal Teknik Industri, Universitas Sultan Ageng Tirtayasa, 2017)

- Tingkat deteksi (*detection*) (kurniawan et al., 2016) dalam menentukan tingkat deteksi ini dapat ditentukan bagaimana kegagalan tersebut dapat diketahui sebelum terjadi. tingkat deteksi juga dapat dipengaruhi dari

banyaknya kontrol yang mengatur jalanya proses. Semakin banyak kontrol dan prosedur yang mengatur jalanya sistem penanganan operasional perawatan dan kegiatan operasional pabrik maka diharapkan tingkat deteksi dari kegagalan dapat semakin tinggi. Berikut ini kriteria penilaian *detection*:

Tabel 2.4 Kriteria *detection*

No	Klasifikasi <i>detection</i> : prioritas <i>equipment</i> <i>Cement Mill Indarung IV</i>	Kriteria : <i>detection</i> dari kegagalan <i>Cement Mill</i> <i>Indarung IV</i>	Ranking <i>criteria</i> <i>detection</i>
1	Hampir tidak mungkin	Tidak dapat mendeteksi kegagalan	10
2	Sangat jarang	Sangat jauh kemungkinan akan menemukan potensi kegagalan	9
3	Jarang	Jarang kemungkinan menemukan potensi kegagalan	8
4	Sangat rendah	Kemungkinan untuk mendeteksi kegagalan sangat rendah	7
5	Rendah	Kemungkinan untuk mendeteksi kegagalan rendah	6
6	Sedang	Kemungkinan untuk mendeteksi kegagalan sedang	5
7	Agak tinggi	Kemungkinan untuk mendeteksi kegagalan agak tinggi	4
8	Tinggi	Kemungkinan untuk mendeteksi kegagalan tinggi	3
9	Sangat tinggi	Kemungkinan untuk mendeteksi kegagalan sangat tinggi	2
10	Hampir pasti	Kegagalan dalam proses tidak dapat terjadi karena telah di cegah melalui solusi	1

Sumber: (Jurnal Teknik Industri, Universitas Sultan Ageng Tirtayasa, 2017)

2.3 Hipotesa dan Kerangka Teoritis

2.3.1 Hipotesa

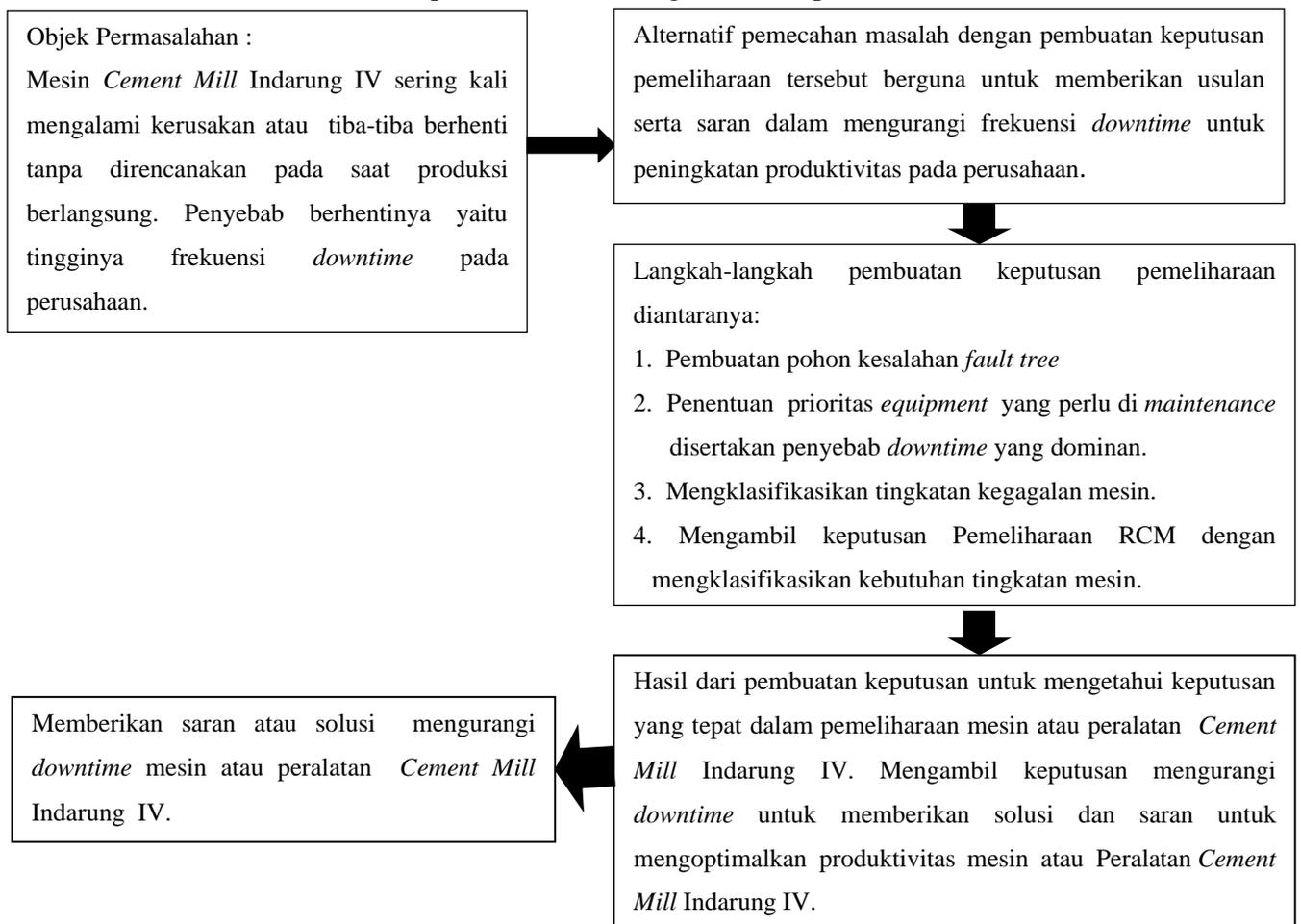
Dari penelitian sebelumnya yang memiliki masalah serupa berupa permasalahan yang berhubungan dengan tingginya frekuensi *downtime*. Masalah tersebut muncul karena mesin atau peralatan tiba-tiba mati atau rusak yang berdampak pada berhentinya produksi mesin sementara waktu yang berakibat terjadinya *downtime*. Permasalahan tersebut nantinya dapat diselesaikan dengan metode *reliability centered maintenance*, dimana metode ini dilakukan tahapan-tahapan pembuatan keputusan pemeliharaan *reliability centered maintenance* (RCM) mesin *Cement Mill Indarung IV*, sehingga mendapatkan hasil penyebab terjadinya *downtime* dan penyebab dominan terjadinya *downtime* pada permasalahan tersebut sehingga dapat berkurangnya *downtime* mesin *Cement Mill Indarung IV*.

Dalam penelitian ini, tujuan yang ingin dicapai yaitu untuk mendapatkan hasil dari pembuatan keputusan *reliability centered maintenance* untuk mendapatkan solusi dari permasalahan tersebut sehingga dapat mengurangi *downtime* perusahaan tersebut.

Berdasarkan penjelasan tersebut, maka upaya mengurangi *downtime* mesin *Cement Mill* Indarung IV menggunakan *metode reliability centered maintenance* (RCM) PT Semen Padang dapat memberikan usulan perbaikan atau masukan terhadap perusahaan.

2.3.1 Kerangka Teoritis

Berikut ini merupakan skema kerangka teoritis penelitian:



BAB III

METODE PENELITIAN

3.1 Pengumpulan Data

Data yang dikumpulkan adalah data yang diperoleh secara langsung, melalui hasil wawancara baik dengan karyawan secara langsung ataupun pihak-pihak yang bertanggung jawab, hasil rapat koordinasi minggaun dan serta melihat catatan yang ada diperusahaan yang berhubungan dengan penelitian ini. Pengumpulan data terdiri dari dua bagian yaitu sebagai berikut :

1. Data primer, merupakan data yang di input tiap minggunya menggunakan *excel* yang didapatkan dari lapangan yaitu data frekuensi *downtime* mesin, data *stop-start* peralatan, data lembar harian kerja Indarung IV, data jumlah produksi, data jumlah jam kerja, data hari kalender kerja.
2. Data sekunder diperoleh dari informasi dan data yang telah tersedia. Data yang dikumpulkan berupa tinjauan catatan perusahaan. Data sekunder yang dikumpulkan dari perusahaan antara lain sebagai berikut.
 - a. Urutan proses produksi semen
 - b. Rekap kegiatan magang.

3.2 Teknik Pengumpulan Data

Metode yang digunakan dalam mengumpulkan data, yaitu:

1. Observasi Langsung
Melakukan observasi secara langsung dengan melihat di lapangan terhadap kinerja peralatan dari mesin *Cement Mill*. Observasi langsung dilakukan dengan menginput data yang didapatkan dari lapangan ke dalam rekap data mingguan.
2. Wawancara
Melakukan tanya jawab dengan pihak perencanaan dan evaluasi pemeliharaan dan operator yang sedang bekerja saat kegiatan penelitian berlangsung mengenai hal-hal yang berhubungan dengan perawatan dan peralatan mesin

Cement Mill untuk melengkapi data yang diperoleh dari hasil observasi langsung.

3. Dokumentasi

Mengumpulkan data sekunder yang diambil dari dokumen-dokumen perusahaan yang berhubungan dengan penelitian.

3.3 Pengujian Hipotesis

Pengujian hipotesis pada studi kasus mesin *Cement Mill* Indarung IV yang berfokus pada mengurangi terjadinya *downtime* dengan penggunaan perhitungan MTBF, pembuatan keputusan pemeliharaan RCM yang mana didalamnya terdapat metode FMEA sebagai metode pendukung untuk mengurangi *downtime*. Dari penelitian sebelumnya sudah banyak metode yang digunakan dalam menyelesaikan permasalahan yang sama. Maka berdasarkan usulan tersebut perhitungan MTBF, pembuatan keputusan pemeliharaan RCM dan metode FMEA diharapkan dapat meminimasi terjadinya frekuensi *downtime*.

3.4 Metode Analisis

Setelah melakukan penelitian tentang pembuatan keputusan pemeliharaan untuk mengurangi *downtime* mesin maka perlu dilakukan analisis dari pengujian hipotesa dan pengolahan data yang telah dilakukan dilangkah-langkah sebelumnya.

3.5 Pembahasan

Langkah-langkah yang dilakukan dalam penelitian ini adalah sebagai berikut:

a. Pengumpulan data supervisor

Melakukan observasi dan wawancara kepada pihak yang terkait, misalkan supervisor pada unit *Cement Mill* seperti data frekuensi *downtime* mesin *cement mill*, data hari kerja, data lembar harian Indarung IV, data *Stop-start* peralatan, data *uptime*, data kalender kerja, data jumlah produksi.

b. Pengumpulan data operator lapangan

Melakukan observasi langsung dengan bertanya kepada operator yang sedang

bekerja untuk mendapatkan informasi atau data tentang peralatan mesin *Cement Mill* Indarung IV untuk menyelesaikan operatoranya.

c. Perhitungan Nilai *Mean Time Between Failure*

Pada tahap ini dilakukan perhitungan total *uptime*, *number of failures* untuk mendapatkan nilai dari *mean time between failure*.

d. Perbandingan Nilai *Mean Time Between Failure*

Dari hasil pada perhitungan *mean time between failure* dapat kita ketahui berapakah nilai yang di dapatkan. Nilai tersebut dibandingkan dengan nilai *mean time between failure* pada pabrik-pabrik yang lainnya. Nilai tersebut selanjutnya untuk dilakukan evaluasi apa yg menjadi pokok permasalahan dari rendahnya nilai *mean time between failure* pada mesin *Cement Mill* Indarung IV.

e. Pemilihan Penyebab *Downtime* dominan

Pemilihan penyebab *downtime* paling dominan dapat dilakukan dengan melakukan dengan mencari jumlah penyebab *downtime* paling banyak dari permasalahan.

f. Pembuatan *Reliability Centered Maintenance*

Dalam pembuatan *reliability centered maintenance* terdapat langkah-langkahnya meliputi sebagai berikut :

1. Pembuatan pohon kesalahan

Pembuatan pohon kesalahan bertujuan untuk memperoleh probabilitas kegagalan dan menentukan komponen kritis yang rawan terhadap kegagalan

2. Penentuan prioritas *equipment*

Penentuan prioritas *equipment* yang perlu di *maintenance* berdasarkan penyebab *downtime* paling dominan menggunakan FMEA. Bertujuan yaitu untuk mengetahui peralatan atau komponen yang harus di *maintenance*.

3. Mengklasifikasikan tingkat konsekuensi kegalan mesin

Mengklasifikasikan tingkat kegalan mesin dengan memilih peralatan apa saja yang terjadinya kerusakan. Mengambil keputusan pemeliharaan

RCM disertakan nilai *Mean Time Between Failure*

4. Pengambilan keputusan RCM pemeliharaan

Pengambilan keputusan ini berdasarkan komponen atau peralatan yang memiliki nilai atau point terbanyak mengalami kegagalan untuk dilakukan keputusan pemeliharaan yang tepat.

g. Analisa dan pemberian usulan perbaikan

Langkah berikutnya yaitu melakukan analisa terhadap keputusan RCM guna memberikan usulan perbaikan pada perusahaan sebagai bahan untuk meningkatkan produktifitas mesin *cement mill*.

h. Kesimpulan dan Saran

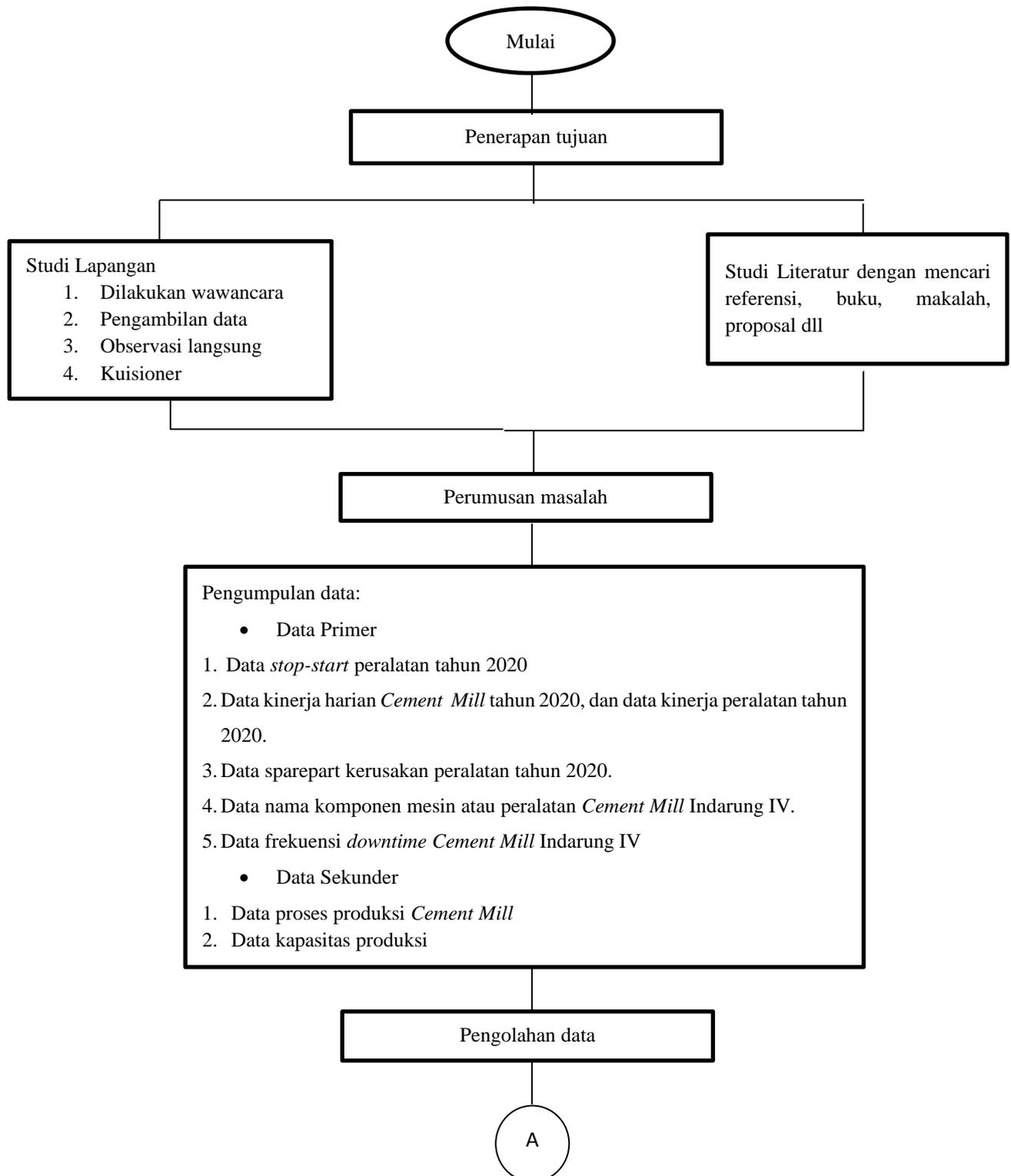
Bagian ini menjelaskan secara singkat mengenai jawaban dari rumusan masalah yang telah ditetapkan pada awal penelitian. Selain itu memberikan rekomendasi yang bisa dikembangkan oleh peneliti selanjutnya.

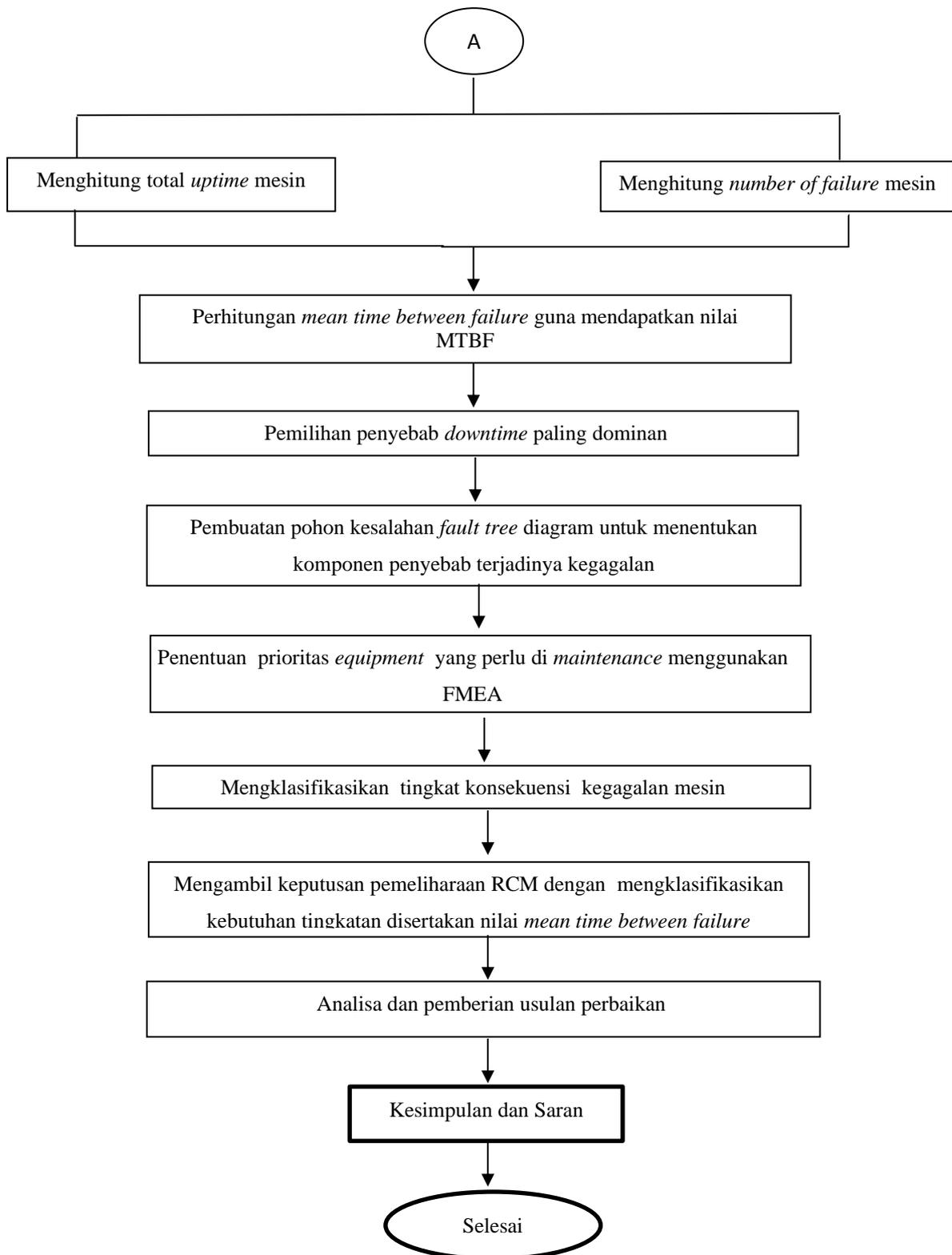
3.6 Penarikan Kesimpulan

Tahap akhir penelitian ini adalah penarikan kesimpulan atas keseluruhan hasil yang diperoleh dari langkah-langkah penelitian yang dilakukan. Penarikan kesimpulan ini merupakan jawaban dari permasalahan yang ada. Selain itu juga akan diberikan saran sebagai masukan yang positif berkaitan dengan hasil penelitian.

3.7 Diagram Alir

Berikut ini merupakan diagram alir pada penelitian ini :





BAB IV

HASIL PENELITIAN DAN PEMBAHASAN

4.1 Pengumpulan Data

Data yang dikumpulkan mulai dari data gambaran umum perusahaan, data untuk menghitung nilai *mean time between failure* dan data yang digunakan untuk membuat *reliability centered maintenance* terdiri dari data komponen yang mengalami kerusakan dengan penjelasan sebagai berikut:

4.1.1 Gambaran Umum PT. Semen Padang

1. Profil PT Semen Padang

PT Semen Padang didirikan pada tanggal 18 Maret 1910 dengan nama *NV Nederlandsch Indische Portland Cement Maatschappij* (NV NIPCM) oleh Belanda. Pabrik ini terus mengalami perkembangan dari tahun ke tahun, sehingga mengganti namanya hingga sekarang. PT Semen Padang merupakan perusahaan bergerak dibidang industri pengolahan bahan mentah menjadi bahan jadi dengan skala besar. Perusahaan yang berstatus BUMN (Badan Usaha Milik Negara). PT Semen Padang mampu memproduksi dengan total kapasitas sebesar 8.900.000 ton/tahun dengan memiliki 4 pabrik produksi dan total kapasitas produksi pada pabrik Indarung IV, pabrik Indarung IV Sebesar 1.920.000 ton/tahun.

Pabrik *Cement Mill* Indarung IV mampu memproduksi sebesar 1.982.500 ton/tahun dibanding pabrik yang lainnya. Pabrik *Cement Mill* Indarung IV memiliki kapasitas produksi yang terbesar kedua dari pada pabrik Indarung II,III ,VI dan lebih kecil kapasitas produksinya dari pada pabrik Indarung V yang memiliki kapasitas sebesar 2.159.000 ton/tahun.

4.1.2 Data Hari Kalender

Hari kalender kerja selama 6 bulan dari bulan januari-juni merupakan data yang digunakan dalam perhitungan total *uptime* seperti pada tabel dibawah

ini sebagai berikut :

Tabel 4.1 Data kalender kerja

No	Bulan	Jumlah Hari
1.	Januari	31 Hari
2.	Februari	29 Hari
3.	Maret	31 Hari
4.	April	30 Hari
5.	Mei	31 Hari
6.	Juni	30 Hari

Sumber : (Data staff perencanaan & evaluasi pemeliharaan, 2020)

4.1.3 Data Stop Peralatan

Data hari stop peralatan di dapatkan dari *downtime* atau lamanya waktu terjadi kerusakan, dengan kata lain total *stop* disebut juga *downtime*. Data *downtime* sendiri dilakukan dengan cara merekap lembar harian kerja setiap bulannya untuk mesin *Cement Mill* pada tiap harinya untuk dijadikan sebagai data *downtime* pada mesin atau peralatan. Berdasarkan hal tersebut dibawah ini merupakan data total *stop* mesin atau peralatan *Cement Mill* pabrik Indarung IV dari bulan Januari-Juni 2020 sebagai berikut :

Tabel 4.2 Data stop peralatan mesin *cement mill*

No	Bulan	Total frekuensi stop	Total waktu stop (jam)	Total waktu start (jam)
1.	Januari	6 kali	60,04 jam	70,21 jam
2.	Februari	3 kali	405,32 jam	641,53 jam
3.	Maret	4 kali	11,24 jam	15,11 jam
4.	April	6 kali	26,19 jam	41,35 jam
5.	Mei	6 kali	112,46 jam	130,47 jam
6.	Juni	7 kali	251,10 jam	416,53 jam
Total	6 bulan	32 kali	867,15 jam	2458,05 jam

Sumber : (Data staff perencanaan & evaluasi pemeliharaan, 2020)

4.1.4 Data Komponen Kerusakan

Berdasarkan penelitian yang dilakukan pada bulan Februari–Agustus 2020, di departemen perencanaan & evaluasi pemeliharaan ditemukan komponen

mesin atau peralatan *Cement Mill* Indarung IV yang mengalami kerusakan. Berikut ini merupakan data kuantitatif komponen yang mengalami kerusakan dan mengakibatkan terjadinya *downtime* saat proses produksi berlangsung antara lain :

4.1.4.1 Data Komponen Kerusakan Bagian Elektrikal

Berikut ini merupakan komponen peralatan *Cement Mill* Indarung IV pada bagian elektrikal yang mengalami kerusakan, antara lain sebagai berikut:

Tabel 4.3 Data kerusakan peralatan bagian Elektrikal

No	Masalah	Frekuensi	<i>Downtime</i> (Jam)	Nama komponen
1.	Alarm <i>low pressure</i>	1	2,23	Alarm
2.	Mekanik ganti <i>bearing</i>	1	1,19	<i>Bearing</i>
3.	Power off pada sekring	1	5,29	Sekring
4.	Power off (kabel terbakar).	1	1,55	Kabel
5.	<i>Belt conveyor confertter fault</i>	1	2,26	<i>Converter belt conveyor</i>
Total		5	13,32	

Sumber : (Data staff perencanaan & evaluasi pemeliharaan, 2020)

4.1.4.2 Data Komponen Kerusakan Bagian mekanikal

Berikut ini merupakan komponen peralatan *Cement Mill* Indarung IV pada bagian mekanikal yang mengalami kerusakan, antara lain sebagai berikut :

Tabel 4.4 Data kerusakan peralatan bagian mekanikal

No	Masalah	Frekuensi	<i>Downtime</i> (Jam)	Nama komponen
1.	<i>Belt conveyor</i> rantai (rantai) patah	1	73,52	<i>Belt conveyor</i>
2.	<i>Bucket elevator</i> patah	1	18,13	<i>Rantai bucket elevator</i>
3.	Perbaikan <i>ring seal</i> pada <i>gearbox</i>	1	11,09	<i>Gearbox</i>
4.	Motor pecah	1	11,43	Motor
Total		4	114,57	

Sumber : (Data staff perencanaan & evaluasi pemeliharaan, 2020)

4.1.4.3 Data Komponen kerusakan Bagian Produksi

Berikut ini merupakan komponen peralatan *Cement Mill* Indarung IV pada bagian produksi yang mengalami kerusakan, antara lain sebagai berikut :

Tabel 4.5 Data kerusakan peralatan Bagian Produksi

No	Masalah	Frekuensi	Downtime (Jam)	Nama komponen
1.	Mekanik ganti bearing	1	1,25	<i>Bearing</i>
2.	Proteksi <i>gear box pecah</i> > h2	2	22,30	<i>Gearbox</i>
3.	<i>Bucket elevator pecah</i>	1	6,04	<i>Bucket elevator</i>
Total		4	29,59	

Sumber : (Data staff perencanaan & evaluasi pemeliharaan, 2020)

4.1.4.4 Data Komponen Kerusakan Peralatan Bagian Stand By

Berikut ini merupakan komponen peralatan *Cement Mill Indarung IV* bagian *stand By* yang mengalami kerusakan, antara lain sebagai berikut :

Tabel 4.6 Data kerusakan peralatan bagian *stand by*

No	Masalah	Frekuensi	Downtime (Jam)	Nama komponen
1.	<i>Alarm low pressure</i>	3	12,17	Alarm
2.	Power off (sekring putus)	1	1,10	Sekring
3.	Overhaul	1	185,28	-
4.	Power mcc off kabel	1	12,05	Kabel
5.	Silo semen penuh	1	43,33	-
6.	Klinker kritis	1	3,10	-
7.	PMC	1	0,56	-
8.	Overhaul	1	389,21	-
9.	Power off	1	1,04	Sekring
10.	Power off (ada kabel terbakar)	1	1,02	Kabel
11.	Lonjakan tegangan dari sekring	1	28,31	Sekring
12.	<i>Alarm low pressure</i>	1	1,54	Alarm
13.	<i>Alarm low pressure</i>	1	3,04	Alarm
14.	<i>Alarm low pressure</i>	1	2,20	Alarm
15.	Power off (kabel tegangan pln drop)	1	4,06	Kabel
16.	PMC	1	2,39	-
17.	PMC	1	16,07	-
Total		19	708,47	

Sumber : (Data staff perencanaan & evaluasi pemeliharaan, 2020)

4.1.5 Data Nama-Nama Komponen Sering Terjadi Kerusakan

Berdasarkan data yang terjadi di lapangan, ada beberapa komponen yang sering mengalami kerusakan, kerusakan tersebut terjadi selama proses pengoprasian. Hal ini yang dijadikan sebagai data yang akan di gunakan dalam proses selanjutnya. Berikut ini nama komponen dan fungsinya :

1. *Gear Box*

Suatu komponen pemindah tenaga pada mesin mobil. *Fungsi gearbox* dalam pengoprasiaannya sendiri adalah untuk mendistribusikan tenaga bahan material pembuat semen dari mesin satu ke komponen mesin lain.



Gambar 4.1 Komponen *gear box* *Cement Mill* Indarung IV (Data staff perencanaan & evaluasi pemeliharaan, 2020)

2. Sekring

Sekring punya peran sebagai pemutus aliran listrik saat terjadi hubungan arus singkat antara kabel positif dan negatif. Dalam pengoprasiaannya sekring ini bisa disebut komponen pengaman, bila kelebihan arus maka sekring akan putus, jadi mencegah korsleting bahkan terbakar



Gambar 4.2 Komponens *Sekring Cement Mill Indarung IV* (Data staff perencanaan & evaluasi pemeliharaan, 2020)

3. *Belt Conveyor*

Belt conveyor atau ban berjalan adalah alat transportasi yang paling efisien dalam pengoperasiannya jika dibanding dengan alat berat atau truck untuk jarak jauh, karena dapat mentransport material lebih dari 2 kilometer, tergantung disain belt itu sendiri.



Gambar 4.3 Komponen *belt conveyor Cement Mill Indarung IV* (Data staff perencanaan & evaluasi pemeliharaan, 2020)

4. Kabel

Definisi kabel adalah sebagai alat pengahantar aliran listrik ke masing-masing komponen yang membutuhkan listrik.



Gambar 4.4 Komponen kabel *Cement Mill* Indarung IV (Data staff perencanaan & evaluasi pemeliharaan, 2020)

5. Alarm

Fungsi alarm yaitu sebagai pengontrol dan pendeteksi apabila terjadinya kerusakan dari suatu mesin atau peralatan.



Gambar 4.5 Komponen *alarm* *Cement Mill* Indarung IV (Data staff perencanaan & evaluasi pemeliharaan, 2020)

6. *Bucket elevator*

Bucket elevator adalah suatu alat untuk memindahkan bahan yang arahnya vertical, atau tinggi. Alat transfer ini terdiri atas rantai atau belt sebagai media transmisi dan bucket dengan interval tertentu untuk mengangkat material.



Gambar 4.6 Komponen *bucket elevator* *Cement Mill* Indarung IV (Data staff perencanaan & evaluasi pemeliharaan, 2020)

7. Motor

Motor atau yang biasa disebut katup adalah sebuah perangkat yang mengatur, mengarahkan atau mengontrol aliran dari suatu cairan (gas, cairan, padatan terfluidisasi) dengan membuka, menutup, atau menutup sebagian dari jalan alirannya.



Gambar 4.7 Komponen motor *Cement Mill* Indarung IV (Data staff perencanaan & evaluasi pemeliharaan, 2020)

8. *Bearing*

Bearing adalah sebuah elemen mesin yang berfungsi untuk membatasi gerak relatif antara dua atau lebih komponen mesin agar selalu bergerak pada arah

yang diinginkan. Bearing menjaga poros agar selalu berputar terhadap sumbu porosnya, atau juga menjaga suatu komponen yang bergerak linier agar selalu berada pada jalurnya.



Gambar 4.8 Komponen bearing *Cement Mill* Indarung IV. (Data staff perencanaan & evaluasi pemeliharaan, 2020)

4.2 Pengolahan Data

4.2.1 Perhitungan Nilai *Mean Time Between Failure*

Perhitungan nilai *mean time between failure* yang dilakukan yang telah dikumpulkan melalui wawancara kepada pihak-pihak terkait untuk data yang bersifat kualitatif. Untuk mendapatkan nilai dari *mean time between failure*, selanjutnya perlu dilakukan langkah-langkah perhitungan antara lain sebagai berikut :

4.2.1.1 Perhitungan *Total Uptime*

Untuk mencari nilai dari *mean time between failure* (MTBF), sebelumnya dilakukan perhitungan untuk mencari nilai *total uptime* atau *running days* atau jam operasional produksi (JOP). Untuk mencari *total uptime* dibutuhkan data hari kalender perusahaan dan hari *stop* peralatan. Untuk hari kalender kita sesuaikan dengan kalender perusahaan, sedangkan untuk total *stop* peralatan bisa kita dapatkan dari rekap lembar harian. Data *stop* peralatan berisi bagian-bagian komponen yang mengalami kerusakan atau permasalahan dari bulan januari hingga juni yang sudah direkap.

- Hari kalender

Hari kalender perusahaan yang dimaksudkan sesuai dengan hari kalender nasional, data yang digunakan yaitu hari kalender dari bulan Januari hingga Juni dengan jumlah sebanyak 182 hari dimana hari libur nasional hari Sabtu, Minggu dihitung karena mesin akan terus menyala dan memproduksi 24 jam penuh. Berikut ini perhitungan dari hari kalender sebagai berikut :

Tabel 4.7 Perhitungan hari kalender bulan Januari-Juni 2020

No	Bulan	Jumlah Hari
1.	Januari	31 Hari
2.	Februari	29 Hari
3.	Maret	31 Hari
4.	April	30 Hari
5.	Mei	31 Hari
6.	Juni	30 Hari

(Data staff perencanaan & evaluasi pemeliharaan, 2020)

- Perhitungan Hari Kalender

$$\begin{aligned}
 \text{Hari kalender} &= \text{Jumlah hari bulan Januari} + \text{Februari} + \text{Maret} + \text{April} + \text{Juni} \\
 &= 31 + 29 + 31 + 30 + 31 + 30 \\
 &= 182 \text{ hari}
 \end{aligned}$$

Banyaknya hari kalender yang digunakan perusahaan pada bulan Januari sebanyak 31 hari, pada bulan Februari 29 hari, bulan Maret sebanyak 31, bulan April 30 hari, bulan Mei sebanyak 31 hari dan bulan Juni sebanyak 30 hari. Sehingga jumlah hari yang digunakan sebanyak 182 hari.

- Data Hari *stop* peralatan

Data hari *stop* peralatan di dapatkan dari waktu terjadinya kerusakan atau berhenti mesin atau peralatan dari *Cement Mill* Indarung IV. Waktu terjadinya kerusakan tersebut di ambil dari penanggung jawab bagian mekanikal, bagian elektrikal, bagian produksi dan bagian *stand by*. Berdasarkan hasil penjelasan diatas ,ini *downtime* sebagai berikut :

Tabel 4.8 Data perhitungan *downtime* bagian bagian elektrikal

No	Masalah	Frekuensi	<i>Downtime</i> (Jam)
1.	Alarm low	1	2,23
2.	Ganti bearing	1	1,19
3.	Power off pada sekring	1	5,29
4.	Power off (ad kabel terbakar).	1	1,55
5.	<i>Belt conveyor confeter fault</i>	1	2,26
Total		5	13,32

(Data staff perencanaan & evaluasi pemeliharaan, 2020)

Tabel 4.9 Data perhitungan *downtime* bagian mekanikal

No	Masalah	Frekuensi	<i>Downtime</i> (Jam)
1.	<i>Belt conveyor</i> rantai (rantai) patah	1	73,52
2.	<i>Rantai bucket elevato pecah</i>	1	18,13
3.	Perbaiki reng seal pada <i>gearbox low</i> main drive	1	11,09
4.	Ada kebocoran di motor pecah	1	11,43
Total		4	114,57

(Data staff perencanaan & evaluasi pemeliharaan, 2020)

Tabel 4.10 Data perhitungan *downtime* bagian produksi

No	Masalah	Frekuensi	<i>Downtime</i> (Jam)
1.	Mekanik ganti bearing	1	1,25
2.	Proteksi gear box pecah	2	22,30
3.	Bucket elevator rantai pecah	1	6,04
Total		4	29,59

(Data staff perencanaan & evaluasi pemeliharaan, 2020)

Tabel 4.11 Data perhitungan *downtime* bagian *stand by*

No	Masalah	Frekuensi	Downtime (Jam)
1.	Alarm low	3	12,17
2.	Power off (sekring putus)	1	1,10
3.	Overhaul	1	185,28
4.	Power MCC off kabel	1	12,05
5.	Silo semen penuh	1	43,33
6.	Klinker kritis	1	3,10
7.	PMC	1	0,56
8.	Overhaul	1	389,21
9.	Power off dari GI	1	1,04
10.	Power off (ad kabel terbakar)	1	1,02
11.	Lonjakan tegangan dari sekring	1	28,31
12.	Alarm low	1	1,54
13.	Bag filter alarm low	1	3,04
14.	Alarm low	1	2,20
15.	Power off (kabel tegangan PLN drop)	1	4,06
16.	PMC	1	2,39
17.	PMC	1	16,07
Total		19	708,47

Sumber : (Data staff perencanaan & evaluasi pemeliharaan, 2020)

1. Perhitungan total *stop downtime* mesin *Cement Mill* Indarung IV

Berikut ini perhitungan dari stop dari mesin atau peralatan pabrik *Cement Mill* Indarung IV sebagai berikut :

$$\begin{aligned}
 \text{Downtime} &= \text{bagian mekanikal} + \text{bagian produksi} + \text{bagian elektrikal} \\
 &\quad + \text{bagian stand by} \\
 &\quad \underline{\hspace{10em}} \\
 &\quad \quad \quad 24 \text{ jam} \\
 &= \underline{114,57 \text{ jam} + 29,59 \text{ jam} + 13,32 \text{ jam} + 708,47 \text{ jam}} \\
 &\quad \quad \quad 24 \text{ jam} \\
 &= 867,15 \text{ jam} \\
 &= \underline{58282,56 \text{ jam}} \\
 &\quad \quad \quad 24 \text{ jam} \\
 &= 36,13 \text{ hari.}
 \end{aligned}$$

Dari hasil perhitungan di dapatkan total *downtime* sebesar 36,13 hari atau 58282,56 jam. Selanjutnya dilakukan perhitungan total *uptime* atau *running days* atau JOP untuk mendapatkan nilai *mean time between failure*

yang di cari.

2. Perhitungan *total uptime* mesin *Cement Mill* Indarung IV

Berikut ini rumus untuk menentukan perhitungan nilai dari *total uptime* atau *running days* atau jam operasional produksi (JOP) sebagai berikut :

$$\begin{aligned} \text{Total Uptime} &= \text{Total hari kalender} - \text{total stop} \\ &= 182 \text{ hari} - 36,13 \text{ hari} \\ &= 145,86 \text{ hari} \end{aligned}$$

Jadi nilai dari *total uptime* sebesar 145,86 hari atau selama 3500,6 jam selama bulan januari hingga juni dari mesin *Cement Mill* Indarung IV. Selanjutnya dilakukan perhitungan *number of failure* untuk mendapatkan nilai dari *mean time between failure*.

4.2.1.2 *Number Of Failure* Mesin *Cement Mill* Indarung IV

Pada perhitungan ini, data yang digunakan yaitu waktu peralatan terjadinya kerusakan dari penanggung jawab bagian mekanikal,elektrikal dan produksi. Untuk penanggung jawab bagian *standy by* tidak termasuk karna mesin atau peralatan yang berhenti bukan dikarenakan rusak melainkan karna bahan baku habis atau karna mesin sebelumnya rusak. Untuk mendapatkan nilai dari *number of failure* dapat kita dapat kita kelompokkan penanggung jawab dari bagian mekanikal, bagian elektrikal, bagian produksi menjadi satu.

Tabel 4.12 Perhitungan frekuensi *downtime*

No	Bagian	Frekuensi
1	Elektrikal	5
2	Mekanikal	4
3	Produksi	4
	Total	13

Sumber : (Data staff perencanaan & evaluasi pemeliharaan, 2020)

$$\begin{aligned} \text{Number of failure} &= \text{Jumlah frekuensi stop mekanikal} + \text{elektrikal} \\ &\quad + \text{produksi} \\ &= 5 + 4 + 4 \\ &= 13 \text{ kali.} \end{aligned}$$

4.2.1.3 Nilai *Mean Time Between Failure* Mesin *Cement Mill* Indarung IV

Nilai *mean time between failure* di gunakan untuk mendapatkan penyebab *downtime*. Penyebab *downtime* sendiri digunakan untuk mengetahui komponen yang banyak terjadi kerusakan. Sehingga komponen tersebut nantinya bisa dilakukan perawatan untuk mengurangi *downtime*. Berikut ini merupakan hasil perhitungan mencari nilai *mean time between* :

$$\begin{aligned}
 \text{Mean time between failure} &= \frac{\text{total uptime}}{\text{number of failure}} \\
 &= \frac{145,86 \text{ hari}}{13 \text{ kali}} \\
 &= 3501 \text{ jam} / 13 \text{ kali} \\
 &= 269,3 \text{ jam} \\
 &= 11 \text{ hari.}
 \end{aligned}$$

Setelah dilakukan perhitungan nilai *mean time between failure* mesin *Cement Mill* Indarung IV memperoleh nilai sebesar 269,3 jam atau sekitar 11 hari. Hasil ini sudah memenuhi target yang telah di tetapkan oleh perusahaan sebesar 250 jam atau 10 hari. Pada keadaan saat ini dengan hasil nilai *mean time between failure*, perlu dilakukan perhitungan *availability* untuk mendapatkan ketersediaan waktu sebelum dilakukan penentuan penyebab *downtime* paling dominan.

1. Perhitungan *Availability*

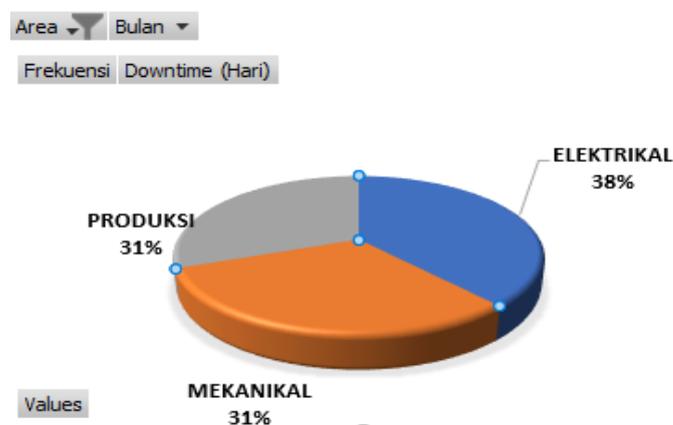
Availability merupakan proporsi dari waktu peralatan yang sebenarnya tersedia untuk melakukan suatu pekerjaan dengan waktu yang ditargetkan seharusnya tersedia untuk melakukan suatu pekerjaan. *Availability* (A) dipengaruhi oleh 2 nilai yaitu *operating time* dan *loading time*. Dimana, *operating time* = *loading time* - *downtime*, *oprating time* = *total uptime* + *idle time*, *operating time* = *total stop* + *running days*, *loading time* = *calender time*. Jadi *availability* dapat dirumuskan sebagai berikut:

$$\text{Availability (A)} = \frac{\text{Operating Time}}{\text{Loading Time}} \times 100\%$$

$$\begin{aligned}
 \text{Availability (A)} &= \frac{\text{total uptime} + \text{total downtime stand by}}{\text{Calender time}} \times 100\% \\
 &= \frac{3500,6 \text{ jam} + 708,47 \text{ jam}}{182 \text{ hari}} \times 100\% \\
 &= \frac{4209,07 \text{ jam}}{182 \text{ hari}} \times 100\% \\
 &= \frac{175,4 \text{ hari}}{182 \text{ hari}} \times 100\% \\
 &= 0,95 \text{ jam} \times 100\% \\
 &= 95\%
 \end{aligned}$$

4.2.2 Penentuan Penyebab Downtime

Untuk mendapatkan penyebab *downtime* paling dominan, sebelumnya harus dilakukan pengelompokan *downtime* peralatan berdasarkan bagian mekanikal, bagian produksi dan bagian elektrikal seperti pada tabel 4.11. Selanjutnya dibuat grafik diagram lingkaran yang bertujuan untuk menampilkan sebuah hasil data atau hasil angka yang digambarkan kedalam bentuk lingkaran. Biasanya diagram lingkaran sering digunakan untuk mengetahui perbandingan dari total jumlah yang sesuai dengan pembahasannya. Pada kali ini diagram lingkaran digunakan untuk mendapatkan penyebab terjadinya *downtime* pada *Cement Mill* Indarung IV.



Gambar 4.9 Grafik presentase terjadinya *downtime* mesin *Cement Mill* (Data staff perencanaan & evaluasi pemeliharaan, 2020)

Berdasarkan grafik diatas, selanjutnya dilakukan rekapitulasi presentase terjadinya *downtime* pada bulan januari hingga juni 2020 dalam bentuk tabel sebagai berikut :

Tabel 4.13 Rekapitulasi presentase *downtime*

No	Bulan	Presentase <i>downtime</i> mekanikal	Presentase <i>downtime</i> produksi	Presentase <i>downtime</i> elektrikal
1	Januari 2020	-	-	-
2	Februari 2020	-	-	-
3	Maret 2020	7,75 %	-	-
4	April 2020	-	7,75 %	23,25 %
5	Mei 2020	23,25 %	7,75 %	7,75 %
6	Juni 2020	-	15,5 %	23,25 %
Jumlah		4 kali	4 kali	5 kali
Total		31%	31%	38%

Sumber : (Data staff perencanaan & evaluasi pemeliharaan, 2020)

4.2.2.1 Penyebab *Downtime* Dominan

Penyebab *downtime* paling dominan dapat kita lihat dari data peralatan yang sering mengalami kerusakan lebih dari satu kali. Biasanya hal itu terjadi karena peralatan sudah memasuki usia tua atau komponen yang digunakan tidak cocok dengan mesin sehingga mengalami kerusakan yang berulang ulang.

Tabel 4.14 Penyebab terjadinya *downtime*

No	BAGIAN	Masalah	Frekuensi	<i>Downtime</i> awal (Jam)
1	ELEKTRIKAL	Alarm low	1	2,23
2		Ganti bearing	1	1,19
3		Power off pada sekring	1	5,29
4		Power off (ad kabel terbakar).	1	1,55
5		Belt conveyer conferter fault	1	2,26
6	MEKANIKAL	Belt conveyer rantai (rantai) patah	1	73,52
7		Stell belt bucket elevator patah	1	18,13
8		Perbaiki reng seal pada gearbox main drive	1	11,09
9		Ada kebocoran angin di motor pecah	1	11,43
10	PRODUKSI	Mekanik ganti bearing	1	1,25
11		Proteksi gear box	2	22,30
12		Bucket elevator rantai pecah	1	6,04
TOTAL			13	158,28

Sumber : (Data staff perencanaan & evaluasi pemeliharaan, 2020)

Banyaknya data di tabel 4.14 dapat kita simpulkan bahwa yang menjadi penyebab *downtime* dominan yaitu dari bagian produksi yang paling sering adalah proteksi gear box pada peralatan *gear box* yaitu sebanyak 2 kali dengan total *downtime* sebesar 22,30 jam yang terjadi selama 6 bulan dari bulan Januari hingga Juni 2020. Pada keadaan saat ini meskipun hasil *nilai mean time between failure* yang mencapai target perusahaan, perlu dilakukan upaya perbaikan dengan langkah-langkah pembuatan keputusan pemeliharaan *reliability centered maintenance* untuk mengurangi lamanya *downtime* terjadi pada mesin *Cement Mill* Indarung IV.

4.2.3 Pembuatan keputusan *Reliability Centered Maintenance*

Untuk mendapatkan keputusan pemeliharaan yang tepat, terlebih dahulu dilakukan tahapan-tahapan dalam pembuatan keputusan pemeliharaan *reliability centered maintenance* (RCM) sebagai berikut :

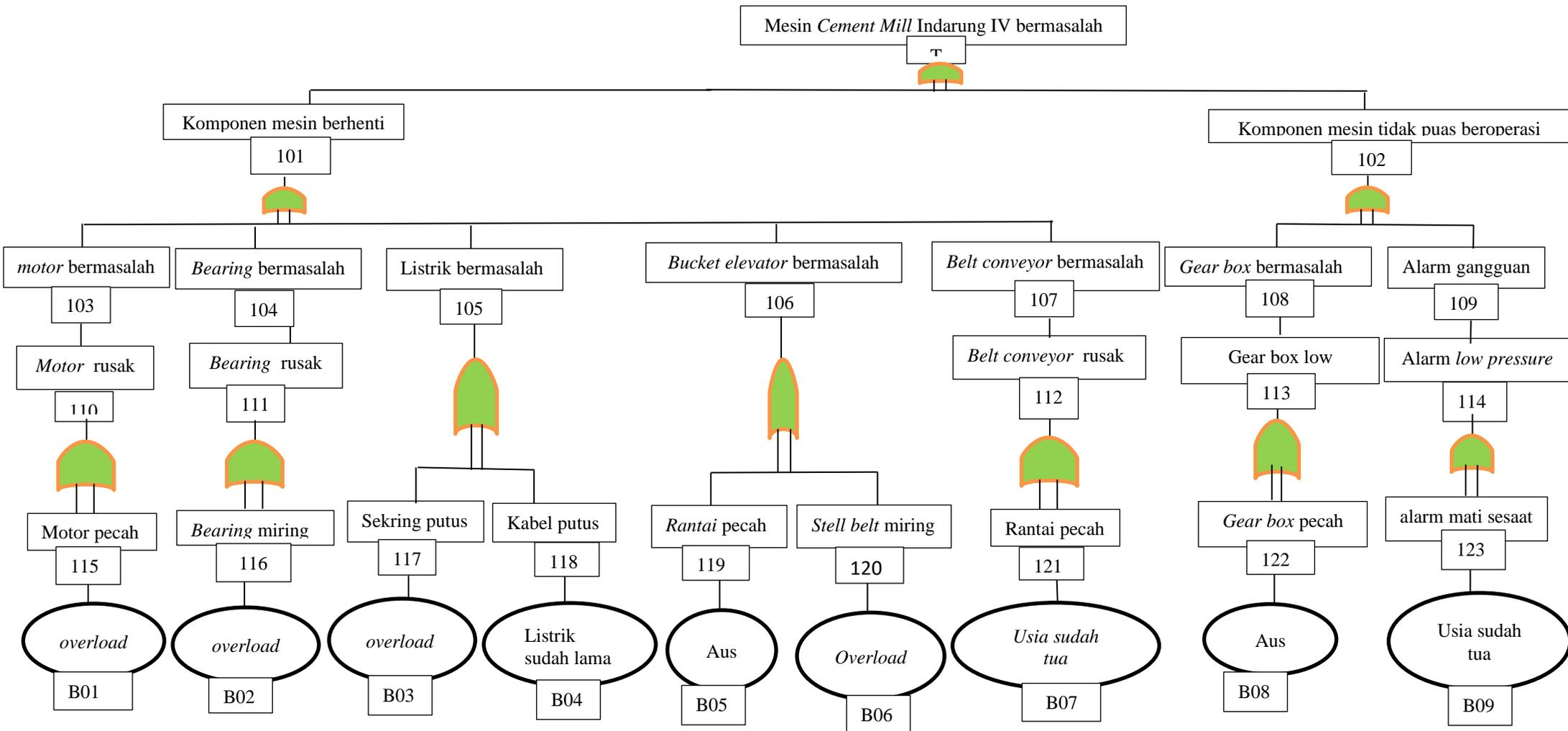
4.2.3.1 Pembuatan Pohon Kesalahan atau *Fault Tree*

Pembuatan *fault tree* bertujuan untuk memperoleh akar masalah penyebab kegagalan. Pembuatan pohon kesalahan dilakukan dengan mengidentifikasi setiap kegagalan beserta akar masalah penyebab kegagalan yang dapat ditimbulkan dari setiap komponen mesin atau peralatan *Cement Mill* Indarung IV.

Langkah pertama untuk membuat pohon kesalahan adalah melakukan pengumpulan data komponen mesin beserta permasalahan yang terjadi. Data yang digunakan dalam pembuatan *fault tree* ini adalah data komponen yang mengalami permasalahan di bagian produksi, elektrikal dan mekanikal. Komponen tersebut selanjutnya di kelompokkan berdasarkan banyaknya permasalahan yang terjadi. Berikut ini adalah tahapan-tahapan pembuatan pohon kesalahan sebagai berikut :

1. Tabel hasil *fault tree* diagram

Berdasarkan data di atas, ini merupakan hasil pembuatan *fault tree* dari data komponen yang telah identifikasi akar penyebabnya pada kinerja peralatan mesin *Cement Mill* Indarung IV dari bagian mekanikal, bagian produksi dan bagian elektrikal setiap 6 bulan sebagai berikut :



Gambar 4.10 Hasil pembuatan *fault tree* diagram

Gambar 4.10 diatas merupakan hasil *fault tree* untuk kerusakan yang terjadi pada mesin atau peralatan *Cement Mill* Indarung IV, yang terhubung dengan 4 blok sebagai *intermediate event level* pertama melalui *or gate*. *or gate* menunjukkan bahwa *top event* dapat terjadi jika setidaknya ada 1 dari 4 *intermediate event* pertama tersebut mengalami kerusakan. Kerusakan yang terjadi di masing-masing *intermediate event* pertama, disebabkan oleh kerusakan komponen yang ada *intermediate event* kedua atau langsung ke *basic eventnya*. *Basic event* adalah peristiwa paling dasar atau awal dari suatu kerusakan. *Logic gate* yang digunakan untuk terhubung ke *intermediate event* pertama maupun *intermediate event* kedua, dan ketiga yaitu *or gate*. Artinya *intermediate event* pertama dapat terjadi jika setidaknya ada 1 dari *intermediate event* kedua yang dapat terjadi jika setidaknya ada 1 *basic event* terjadi.

1. *Top level event* : 1 (T)
2. *Intermediate event level* pertama : 2 (101), (102))
3. *Intermediate event level* kedua : 7 (103), (104), (105), (106), (107), (108), (109)
4. *Intermediate event level* ketiga : 5 (110), (111), (112), (103), (104)
5. *Intermediate event level* keempat : 8 (115), (116), (117), (118), (119), (120), (121), (122), (123).
6. *Basic event* : 8 (B01), (B02), (03), (B04), (B05), (B06), (B07), (B08), (109).

Tabel dibawah ini menunjukkan keterangandari simbol-simbol yang digunakan dalam pembuatan *fault tree* diatas.

Tabel 4.15 Keterangan simbol-simbol *fault tree*

No	Simbol	Komponen	Keterangan	No	Simbol	Komponen	Keterangan
1.	T	-	Mesin <i>Cement Mill</i> bermasalah	1.	B01	Motor	<i>Overload</i>
2.	101	-	Komponen Mesin Berhenti beroperasi sementara	2.	B02	Bearing	<i>Overload</i>
3.	102	-	Komponen Mesin tidak puas beroperasi	3.	B03	Sekring	<i>Overload</i>
4.	103	Motor	<i>Motor</i> bermasalah	4.	B04	Kabel	Listrik sudah lama menyala
5.	104	Bearing	<i>Bearing</i> bermasalah	5.	B05	Rantai	Aus
6.	105	Listrik	Listrik bermasalah	6.	B06	<i>Stell belt</i>	<i>Overload</i>
7.	106	<i>Bucket elevator</i>	<i>Bucket elevator</i> bermasalah	7.	B07	Rantai	Usia sudah tua
8.	107	<i>Belt conveyor</i>	<i>Belt conveyor</i> bermasalah	8.	B08	<i>Gearbox</i>	Aus
9.	108	<i>Gear box</i>	<i>Gear box</i> bermasalah	9.	B08	Alarm	Usia sudah tua
10.	109	Alarm	Alarm mengalami gangguan				
11.	110	Motor	<i>Motor</i> rusak				
12.	111	Bearing	<i>Bearing</i> rusak				
13.	112	<i>Belt conveyor</i>	<i>Belt conveyor</i> rusak				
14.	113	Gear box	Gear box pecah				
15.	114	Alarm	Alarm <i>low pressure</i>				
16.	115	Motor	Motor pecah				
17.	116	Bearing	<i>Bearing</i> miring				
18.	117	Sekring	Sekring putus				
19.	118	Kabel	Kabel putus				
20.	119	<i>Rantai</i>	<i>Rantai</i> pecah				
21.	120	<i>Stell belt</i>	<i>Stell belt</i> miring				
22.	121	Rantai	Rantai pecah				
23.	122	<i>Gear box</i>	<i>Gear box</i> pecah				
24.	123	Alarm	Alarm mati sesaat				

Sumber : (Data staff perencanaan & evaluasi pemeliharaan, 2020)

4.2.3.2 Menentukan Prioritas *Equipment* yang Perlu di *Maintenance*

Pada proses ini, hasil pembuatan *fault tree* berupa identifikasi komponen apa saja yang sering terjadi kerusakan. Selanjutnya pada proses ini dilakukan penentuan prioritas *equipment* yang perlu di *maintenace*. Tujuan dari proses ini adalah untuk mengetahui komponen kritis dari mesin *Cement Mill* Indarung IV.

Penentuan *equipment* ini dilakukan dengan melakukan perhitungan penilaian RPN sehingga pada proses selanjutnya dapat dibuat kategori tingkat konsekuensi kegagalan komponen mesin *Cement Mill* Indarung IV.

Penilaian RPN (*Risk Priority Number*) tersebut terdiri dari *severity*, *occurrence*, dan *detection*. *Occurrence* ditentukan dari frekuensi *downtime* terjadinya jenis kegagalan berdasarkan data kinerja peralatan *Cement Mill* Indarung IV selama 6 bulan. Data tersebut kemudian dibuat *range* untuk memudahkan menentukan nilai *occurrence*. Nilai RPN digunakan untuk mengetahui seberapa kritis komponen beserta jenis kegagalannya. Berikut tahapan dalam pembuatan FMEA untuk dilakukan penentuan kriteria RPN :

1. Penentuan Kriteria *Severity*

Penilaian kriteria *severity* yang digunakan dalam menentukan prioritas *equipment* adalah skala. Skala yang digunakan untuk menentukan tingkat kegagalan *severity* adalah skala 1-10, dimana 1 untuk nilai terendah dan 10 untuk nilai tertinggi. Kriteria yang digunakan dalam pembuatan skala ini diambil berdasarkan jenis data yang sesuai. Kriteria dapat disesuaikan dengan permasalahan yang dihadapi perusahaan terhadap pengaruh dari tingkat permasalahan yang ditimbulkan berdasarkan hasil proses sebelumnya.

Sebelum memulai tahap penilaian, hal terpenting yang harus dilakukan terlebih dahulu adalah mendeskripsikan masing-masing nilai dan skala penilaian. Hal ini bertujuan agar setiap permasalahan dapat diberikan penilaian memiliki kesamaan pengertian. *Severity* menunjukkan seberapa besar dampak yang terjadi jika kegagalan tersebut terjadi.

Nilai tingkat kriteria dibawah ini tersebut, didapatkan dari hasil wawancara pada pihak karyawan Bagian Perencanaan Dan Evaluasi Pemeliharaan Bapak Kusnaedi Raka. Penilaian tingkat kriteria *severity* ditentukan dari frekuensi kegagalan yang didapatkan dari data kinerja peralatan. Pada penelitian ini didapatkan penilaian *severity* terhadap penentuan prioritas *equipment* yg perlu di *maintenance* yang terjadi, sebagai berikut :

Tabel 4.16 Hasil penilaian masing-masing komponen kriteria *severity*

No	Komponen <i>Cement Mill Indarung IV</i>	Klasifikasi severity : <i>perioritas equipment Cement Mill Indarung IV</i>	Kriteria : <i>saverity dari kegagalan Cement Mill Indarung IV</i>	Hasil penilaian <i>criteria severity</i>
1.	<i>Gearbox</i>	Sangat rendah	Tingkat kegagalan mesin tidak terpenuhi, kerusakan di rasakan 75%	7
2.	Sekring	Sangat tinggi	Mesin tidak beroperasi	5
3.	<i>Belt conveyor</i>	Berbahaya dengan peringatan	Tingkat kegagalan sangat tinggi ketika potensi kegagalan berakibat terhadap keamanan ada peringatan sebelumnya	6
4.	Motor	Tinggi	Mesin beroperasi tapi dengan performa berkurang. Sangat tidak puas terhadap kinerja mesin peralatan	4
5.	<i>Bucket elevator</i>	Berbahaya tanpa peringatan	Tingkat kegagalan sangat tinggi ketika potensi kegagalan berakibat terhadap keamanan ada peringatan sebelumnya	7
6.	<i>Stell belt elevator</i>	Berbahaya tanpa peringatan	Tingkat kegagalan sangat tinggi ketika potensi kegagalan berakibat terhadap keamanan ada peringatan sebelumnya	5
7.	Kabel	Berbahaya dengan peringatan	Tingkat kegagalan sangat tinggi ketika potensi kegagalan berakibat terhadap keamanan ada peringatan sebelumnya	3
8.	Alarm	Berbahaya tanpa peringatan	Tingkat kegagalan sangat tinggi ketika potensi kegagalan berakibat terhadap keamanan tanpa ada peringatan sebelumnya.	6
9.	Bearing	Sangat tinggi	Mesin tidak beroperasi	6

Sumber : (Data staff perencanaan & evaluasi pemeliharaan, 2020)

2. Penentuan Kriteria *Occurence*

Skala digunakan dalam menentukan kriteria yang sesuai untuk *occurence*. Dimana nilainya yaitu 1-10, nilai satu dianggap menjadi nilai terendah yang berarti sedikit kegagalan dan nilai 10 di definisikan sebagai kegagalan yang tak terganti dengan klasifikasi sangat tinggi. Dalam hal ini masalah yang terjadi dalam mesin *Cement Mill Indarung IV* selanjutnya akan dilakukan penilaian sebagai berikut :

Tabel 4.17 Tingkat kriteria *occurence* *Cement Mill* Indarung IV

No	Komponen <i>Cement Mill</i> Indarung IV	Klasifikasi <i>Occurence</i> : prioritas <i>Equipment</i>	Kriteria : <i>Occurence</i> dari Kegagalan <i>Cement Mill</i> Indarung IV	Hasil Penilaian
1.	<i>Gearbox</i>	Tinggi	Kegagalan yang berulang	4
2.	Sekring	Tinggi	Kegagalan yang berulang	5
3.	<i>Belt conveyor</i>	Tinggi	Kegagalan yang berulang	6
4.	Motor	Tinggi	Kegagalan yang berulang	4
5.	<i>Bucket elevator</i>	Tinggi	Kegagalan yang berulang	3
6.	<i>Stell belt bucket elevator</i>	Tinggi	Kegagalan yang berulang	2
7.	Kabel	Tinggi	Kegagalan yang berulang	2
8.	Alarm	Tinggi	Kegagalan yang berulang	2
9.	Bearing	Sedang	Kegagalan sesekali	2

Sumber : (Data staff perencanaan & evaluasi pemeliharaan, 2020)

3. Penentuan Kriteria *Detection*

Penentuan kriteria *detection* diperoleh setelah mendapatkan nilai dari *occurence* dan *severity*. Penilaian diperoleh dari skala 4-10, dimana Ranking 10 yang berarti hampir tidak mungkin dengan kriteria tidak dapat mendeteksi adanya suatu kegagalan. Ranking 4 menjadi nilai terendah dengan kriteria kemungkinan untuk mendeteksi kegagalan sedang. Berdasarkan hal tersebut dibuatlah tabel penentuan deteksi kegagalan seperti dibawah ini sebagai berikut:

Tabel 4.18 Tingkat kriteria *detection* *Cement Mill* Indarung IV

No	Komponen <i>Cement Mill</i> Indarung IV	Klasifikasi <i>Detection</i> : prioritas <i>Equipment Cement Mill</i> Indarung IV	Kriteria : <i>Detection</i> dari Kegagalan <i>Cement Mill</i> Indarung IV	Hasil Penilaian <i>Criteria Detection</i>
1.	<i>Gearbox</i>	Sangat tinggi	Kemungkinan untuk mendeteksi kegagalan sangat tinggi	8
2.	Sekring	Jarang	Jarang kemungkinan menemukan potensi kegagalan	2
3.	<i>Belt conveyor</i>	Jarang	Jarang kemungkinan menemukan potensi kegagalan	5
4.	Motor	Sedang	Kemungkinan untuk mendeteksi kegagalan sedang	8

Tabel 4.19 Tingkat kriteria *Detection Cement Mill Indarung IV* lanjutan

5.	<i>Bucket elevator</i>	Tinggi	Kemungkinan untuk mendeteksi kegagalan tinggi	7
6.	<i>Stell belt bucket elevator</i>	Tinggi	Kemungkinan untuk mendeteksi kegagalan tinggi	9
7.	Kabel	Tinggi	Kemungkinan untuk mendeteksi kegagalan tinggi	9
8.	Alarm	Sangat jarang	Sangat jauh kemungkinan akan menemukan potensi kegagalan	5
9.	Bearing	Sangat rendah	Kemungkinan untuk mendeteksi kegagalan sangat rendah	7

Sumber : (Data staff perencanaan & evaluasi pemeliharaan, 2020)

4. Perhitungan RPN (*Risk Periority Number*)

Berdasarkan hasil wawancara dengan pihak karyawan bagian staff perencanaan dan evaluasi pemeliharaan bapak kusnaedi raka, telah didapatkan nilai dari masing-masing komponen yang akan dilakukan perhitungan *severity*, *occurence* dan *detection*. Penentuan tersebut dengan mempertimbangkan dan mengamati komponen-komponen yang sering mengalami kerusakan pada saat proses produksi berlangsung.

Penentuan nilai RPN (*Risk Periority Number*) bertujuan untuk mendapatkan nilai masing-masing dari *severity*, *occurence*, dan *detection* pada tiap-tiap komponen. Nilai tersebut nantinya akan berpengaruh pada kinerja peralatan mesin *Cement Mill Indarung IV*. Perhitungan nilai RPN itu berfungsi untuk mendapatkan ranking tingkat kegagalan dari suatu komponen mesin *Cement Mill Indarung IV*. Berikut ini merupakan rumus dari perhitungan nilai RPN :

$$\text{RPN (Risk Periority Number)} = \text{Severity} \times \text{Occurence} \times \text{Detection}$$

Berikut ini perhitungan untuk mendapatkan nilai RPN dari masing-masing komponen diatas sebagai berikut :

- *Gear Box*

Perhitungan RPN komponen gear box :

$$\begin{aligned} \text{RPN} &= \text{Nilai Sev} \times \text{nilai Occ} \times \text{nilai Det} \\ &= 4 \times 7 \times 8 \\ &= 224 \end{aligned}$$

- Sekring

Perhitungan RPN komponen sekring :

$$\begin{aligned} \text{RPN} &= \text{Nilai Sev} \times \text{nilai Occ} \times \text{nilai Det} \\ &= 5 \times 5 \times 2 \\ &= 70 \end{aligned}$$

- Rantai *Belt Conveyor*

Perhitungan RPN komponen rantai *belt conveyor* :

$$\begin{aligned} \text{RPN} &= \text{Nilai Sev} \times \text{nilai Occ} \times \text{nilai Det} \\ &= 6 \times 6 \times 5 \\ &= 180 \end{aligned}$$

- Motor

Perhitungan RPN komponen motor :

$$\begin{aligned} \text{RPN} &= \text{Nilai Sev} \times \text{nilai Occ} \times \text{nilai Det} \\ &= 4 \times 4 \times 8 \\ &= 128 \end{aligned}$$

- Rantai *Bucket Elevator*

Perhitungan RPN komponen *bucket elevator* :

$$\begin{aligned} \text{RPN} &= \text{Nilai Sev} \times \text{nilai Occ} \times \text{nilai Det} \\ &= 3 \times 7 \times 7 \\ &= 146 \end{aligned}$$

- *Steel belt bucket elevator*

Perhitungan RPN komponen *bucket elevator* :

$$\begin{aligned} \text{RPN} &= \text{Nilai Sev} \times \text{nilai Occ} \times \text{nilai Det} \\ &= 2 \times 5 \times 9 \\ &= 90 \end{aligned}$$

- Kabel

Perhitungan RPN komponen kabel :

$$\begin{aligned} \text{RPN} &= \text{Nilai Sev} \times \text{nilai Occ} \times \text{nilai Det} \\ &= 2 \times 3 \times 9 \\ &= 54 \end{aligned}$$

- Alarm

Perhitungan RPN komponen alarm :

$$\begin{aligned} \text{RPN} &= \text{Nilai Sev} \times \text{nilai Occ} \times \text{nilai Det} \\ &= 2 \times 6 \times 5 \\ &= 60 \end{aligned}$$

- Bearing

Perhitungan RPN komonen bearing :

$$\begin{aligned} \text{RPN} &= \text{Nilai Sev} \times \text{nilai Occ} \times \text{nilai Det} \\ &= 2 \times 6 \times 7 \\ &= 72 \end{aligned}$$

Berdasarkan hasil perhitungan di dapatkan nilai RPN komponen mesin *Cement Mill* Indarung IV terbesar yaitu komponen gear box yang memiliki nilai sebesar 224 dan nilai terkecil yaitu komponen kabel nilai sebesar 54.

5. Tabel hasil nilai *Failure Mode Effect Analysis* (FMEA)

Berdasarkan hasil perhitungan diatas, selanjutnya di lakukan pembuatan tabel FMEA untuk mendapatkan nilai parameter tiap-tiap komponen. Parameter tersebut terdiri dari *potential failure mode*, *potential effect of failure*, *potential cause of failure*. Selanjutnya hasil tersebut dijumlahkan dan di ranking terbesar hingga ke terkecil, setelah itu dipilih 4 yang memiliki nilai paling besar karena dianggap memiliki tingkat konsekuensi kegagalan tertinggi. Alasan dipilih hanya 4 karena dari beberapa jurnal dan literatur yang saya baca, keempat komponen tersebut dianggap memiliki potensial kerusakan yang tinggi sehingga diilih 4 komponen saja. Berikut ini hasil pembuatan FMEA seperti pada tabel di bawah ini sebagai berikut :

Tabel 4.20 Penentuan RPN komponen mesin *Cement Mill* Indarung IV

No	Part/ process	Function	Potential Failure Mode	Potential Effect of Failure	Potential Cause of Failure	OCC	SEV	DET	RPN	RANK
1.	<i>Gear box</i>	<i>Fungsi gearbox</i> untuk mendistribusikan tenaga bahan material pembuat semen dari mesin satu ke mesin yang lain.	<i>Gear box</i> pecah	Mesin berhenti beroperasi sementara	Aus	4	7	8	224	1
2.	Sekring	Memastikan tidak terjadi kelebihan beban atau korsleting	Sekring putus	mesin berhenti beroperasi sementara	<i>Overload</i>	5	5	2	70	7
3.	<i>Belt conveyor</i>	<i>Conveyor belt</i> untuk mengangkut bahan material pembuat semen dengan kapasitas yang cukup besar.	Rantai pecah	Mesin berhenti beroperasi sementara	Sudah memasuki usia tua	6	6	5	180	2
4.	Motor	<i>Sebagai</i> alat untuk mengubah energi listrik menjadi energi mekanik.	<i>Motor</i> pecah	berhenti beroperasi sementara	Aus	4	4	8	128	4

Tabel 4.21 Penentuan RPN komponen mesin *Cement Mill* Indarung IV Lanjutan

5.	<i>Bucket elevator</i>	<i>Bucket elevator</i> adalah suatu alat untuk memindahkan bahan yang arahnya vertical, atau tinggi. Alat transfer ini terdiri atas rantai atau belt sebagai media transmisi dan bucket dengan interval tertentu untuk mengangkat material.	<i>Rantai belt bucket elevator</i> pecah	Mesin berhenti beroperasi sementara	Overload	3	7	7	146	3
		Merupakan alat yang berfungsi sebagai pengangkut bahan material tertentu untuk proses produksi semen pada tahapan akhir.	<i>Steel belt bucket elevator</i> miring	Mesin berhenti beroperasi sementara	Memasuki usia tua	2	5	9	90	5
6.	Kabel	Menghubungkan satu mesin dengan mesin lainnya	Kabel putus	mesin berhenti beroperasi sementara	<i>Overheat</i>	2	3	9	54	9
7.	Alarm	Sebagai pengontrol dan pendeeteksi apabila terjadinya kerusakan dari suatu mesin.	Alarm mati sesaat	mesin berhenti beroperasi sementara	Usia sudah tua	2	6	5	60	8
8.	Bearing	<i>Bearing</i> adalah sebuah elemen mesin yang berfungsi untuk membatasi gerak relatif antara dua atau lebih komponen mesin agar selalu bergerak pada arah yang diinginkan. Bearing menjaga poros agar selalu berputar terhadap sumbu porosnya, atau juga menjaga suatu komponen yang bergerak linier agar selalu berada pada jalurnya	Bearing pecah	Mesin terganggu saat ber operasi dan tidak lancar proses produksi	Memasuki usia tua	2	6	7	72	6

4.2.3.3 Mengklasifikasikan Tingkat Konsekuensi Kegagalan

Pada proses ini akan dilakukan penentuan tingkat konsekuensi kegagalan. Dimana data yang digunakan yaitu hasil nilai dari pengolahan proses sebelumnya dengan mendapatkan komponen kritis yang mengalami kegagalan. Komponen tersebut adalah sekring yang putus, alarm yang mati sesaat, rantai *belt conveyor* yang pecah dan *gear box* yang pecah karna aus. Berikut ini langkah-langkah mengklasifikasikan tingkat konsekuensi kegagalan masing-masing komponen *Cement Mill Indarung IV*:

1. Identifikasi penyebab terjadinya kegagalan

Identifikasi penyebab terjadinya kegagalan dimaksudkan yaitu untuk mengetahui bagian mana dari sebuah mesin atau peralatan yang terjadi *failure* pada mesin *Cement Mill Indarung IV*. Dimana bagian tersebut nantinya akan segera dilakukan perbaikan jika terjadi kerusakan seperti pada *cemet mill indarung IV* sebagai berikut :

Tabel 4.21 Identifikasi penyebab terjadinya kegagalan

No	Komponen mesin	Bagian
1.	Gear box	Bagian mekanikal
2.	Belt conveyor	Bagian mekanikal
3.	Bucket elevator	Bagian produksi
4.	Motor	Bagian mekanikal

Sumber : (Data staff perencanaan & evaluasi pemeliharaan, 2020)

2. Kategori Tingkat konsekuensi kegagalan

Pada proses ini komponen yang telah di eliminasi sebanyak 4, kemudian ke 4 part tersebut memiliki nilai RPN dengan tingkat kegagalan terbanyak dari pada komponen lain berdasarkan kriteria yang telah di tentukan. Sehingga didapatkan ranking tertinggi ke terendah. Tingkat konsekuensi kegagalan diklasifikasikan atas 4 kategori yaitu konsekuensi operasi, konsekuensi non operasi, konsekuensi tersembunyi, dan konsekuensi keselamatan.

Tabel 4.22 Klasifikasi kriteria Jenis tingkat kegagalan

No	Jenis-jenis Konsekuensi kegagalan	Contoh & Penjelasan
1.	Konsekuensi kegagalan tersembunyi	Kegagalan yang termasuk dalam konsekuensi ini mempunyai dampak kegagalan yang serius komponen yaitu berhentinya proses produksi sementara waktu di mesin <i>Cement Mill</i> Indarung IV.
2.	Konsekuensi kegagalan keselamatan	Kegagalan yang terjadi pada konsekuensi ini dapat menimbulkan bahaya terluka atau bahkan terbunuhnya seseorang. Ketika rantai <i>belt conveyor</i> bermasalah dan jatuh mengenai pekerja yang dapat mengakibatkan terluka hingga kematian.
3.	Konsekuensi operasi	kegagalan yang terjadi diakibatkan oleh produk, biaya operasi dan biaya perbaikan serta mematikan sistem atau berhentinya proses produksi. Ketika happer bermasalah dan biaya perbaikannya lebih mahal dibandingkan biaya produksi maka akan membuat proses produksi berhenti sementara waktu.
4.	Konsekuensi non operasi	Kegagalan yang terjadi tidak berdampak pada keamanan atau pun produksi, namun berdampak pada biaya langsung dan dampak tergolong kecil.

3. Pembuatan Tabel Konsekuensi Hasil Kegagalan

Berdasarkan penjelasan diatas maka dibuatlah tabel konsekuensi kegagalan. Tabel konsekuensi kegagalan tersebut bertujuan untuk mengetahui kategori konsekuensi kegagalan yang sesuai dengan jenis komponen kritis yang rawan terjadinya kegagalan. Berikut ini hasil pembuatan tabel kategori konsekuensi kegaglan seperti dibawah ini :

Tabel 4.22 Hasil tabel kategori konsekuensi kegagalan

No	Part/ Process	Potential Cause of Failure	RPN	RANK	Bagian	Kategori Konsekuensi Kegagalan	Penjelasan
1	<i>Gear box</i>	Aus	224	1	Mekanikal	<ul style="list-style-type: none"> • Konsekuensi kegagalan tersembunyi • Konsekuensi operasi 	<ul style="list-style-type: none"> • <i>Gear box</i> yang bermasalah karna aus bisa berdampak serius terhadap komponen lain jika operator produksi tidak mengetahuinya. Bisa berakibat pada proses produksi dan gear box itu sendiri. • <i>Gear box</i> bisa dikatakan masuk dalam konsekuensi operasi karena bisa mengakibatkan biaya operasi dan biaya perbaikan mahal dan dapat berhentinya sistem produksi.
2	<i>Belt Conveyor (rantai)</i>	Sudah memasuki usia tua	180	2	Mekanikal	<ul style="list-style-type: none"> • Konsekuensi operasi • Konsekuensi keselamatan 	<ul style="list-style-type: none"> • Rantai pada <i>belt conveyer</i> yang bermasalah akan berdampak serius pada komponen yang lain dan berhentinya komponen tersebut. • Rantai pada <i>belt conveyor</i> yang bermasalah akan jatuh karena memasuki usia tua dapat menimbulkan bahaya terluka atau bahkan terbunuhnya seseorang yang sedang bekerja. .
3	<i>Bucket elevator</i>	Pecah	146	3	Produksi	<ul style="list-style-type: none"> • Konsekuensi kegagalan tersembunyi • Konsekuensi keselamatan 	<ul style="list-style-type: none"> • Bucket elevator yang bermasalah karna pecah bisa berdampak serius terhadap komponen lain jika operator produksi tidak mengetahuinya. Bisa berakibat pada proses produksi yang berhenti.. • Bucket elevator bisa dikatakan masuk dalam konsekuensi operasi karena bisa mengakibatkan biaya operasi dan biaya perbaikan mahal dan dapat berhentinya sistem produksi.
4	Motor	Pecah	128	4	Mekanikal	<ul style="list-style-type: none"> • Konsekuensi kegaglan tersembunyi • Konsekuensi operasi 	<ul style="list-style-type: none"> • Motor yang pecah akan berdampak serius pada komponen yang lain dan berhentinya komponen tersebut sehingga menimbulkan masalah yang lain. • Motor yang pecah menjadi bermasalah akan jatuh karena memasuki usia tua dapat menimbulkan bahaya terluka atau bahkan terbunuhnya seseorang yang sedang bekerja.

4.2.3.4 Mengambil Keputusan *Reliability Centered Maintenance* Dengan Mengklasifikasikan Kebutuhan Tingkatan *Maintenance*.

Pada proses akhir ini akan dilakukan penentuan kebutuhan tingkat *maintenance* untuk mendapatkan keputusan *pemeliharaan Reliability Centered Maintenance*. Untuk mendapatkan keputusan pemeliharaan tersebut harus mengklasifikasikan pada 6 jenis pemeliharaan yaitu *condition directed*, *time renewal directed restoration*, *time directed renewal replacement*, *failure finding*, *lubrication*. Setelah itu baru bisa ditentukan mana yang sesuai dan cocok dengan sistem *maintenance* di pabrik *Cement Mill Indarung IV*. Berikut ini merupakan tahapan pengambilan keputusan pemeliharaan *reliability centered maintenance* dengan mengklasifikasikan tingkatan *maintenance* berdasarkan 4 Komponen mesin atau peralatan *Cement Mill Indarung IV*.

1. Kategori jenis *maintenance task Cement Mill Indarung IV*

Pada proses ini akan dilakukan klasifikasi jenis *maintenance* berdasarkan hasil pada proses sebelumnya, hasil tersebut dapat dilakukan pemeliharaan yang tepat untuk semua komponen beserta setiap jenis keagalannya sebagai berikut:

Tabel 4.23 Klasifikasi tingkatan *maintenance* komponen *Cement Mill Indarung IV*

No	Jenis <i>Maintenance</i>	Penjelasan
1	<i>Condition directed</i>	<i>Condition Directed</i> bertujuan untuk mengetahui keaglan potensial yang bisa dicegah (diperbaiki terlebih dahulu) sebelum terjadi kegagalan yang aktual dan mendeteksi kerusakan dengan cara memeriksa alat/komponen. <i>Condition directed</i> ini mengarah kepada tes diagnosa secara berkala atau melakukan inspeksi yang mana membandingkan kondisi material yang sudah ada sebelumnya (bisa juga membandingkan dengan <i>performance</i> dari sebuah komponen mesin atau peralatanyang sudah standar). Apabila dalam pemeriksaan ditemukan gejala-gejala kerusakan komponen mesin atau peralatan maka akan dilanjutkan dengan perbaikan atau penggantian komponen.
2	<i>Time directed life-renewal</i>	<i>Time directed life-renewal</i> bertujuan melakukan pencegahan langsung terhadap terhadap sumber kerusakan komponen mesin/peralatan yang didasarkan pada waktu atau umur komponen. <i>Time directed life renewal</i> bertugas untuk mengganti ataupun memperbaiki sebuah mesin atau peralatan sebelum mesin/peralatan tersebut mencapai suatu waktu dimana probabilitas kegagalan menjadi semakin besar (misalnya saja adalah peningkatan dari probabilitas kegagalan yang dikenal dengan istilah <i>wear out</i>). Dalam sitem <i>maintenance</i> jenis kedua ini ada dua macam istilah

Tabel 4.23 Klasifikasi Tingkatan *Maintenance* Komponen Lanjutan

		yaitu <i>replacement</i> dan <i>restoration</i> . Pada <i>replacement</i> sebuah item yang sudah mencapai tingkat <i>wear out</i> harus diganti dengan item yang baru. Sedangkan <i>restoration</i> , sebuah item masih bisa diperbaiki. Sehingga nantinya bisa digunakan kembali.
3	<i>Failure finding</i>	<i>Failure finding</i> bertujuan untuk menemukan kerusakan peralatan yang tersembunyi dari operator dengan pemeriksaan berkala dan mengevaluasi keadaan dari peralatan atau komponen.
4	<i>Run to failure</i>	<i>Run to failure</i> sebagai suatu tindakan untuk menggunakan peralatan sampai rusak, karena tidak ada tindakan yang ekonomis dapat dilakukan untuk pencegahan kerusakan.
5	<i>Servicing</i>	<i>Servicing</i> merupakan jenis pemeliharaan untuk menambah barang atau bahan sebelum habis digunakan pada saat beroperasi normal. Salah satu contohnya penambahan komponen pada <i>hopper</i> .
6	<i>Lubrication</i>	<i>Lubrication</i> merupakan jenis pemeliharaan dalam hal melakukan pelumasan dan pemberian minyak (lubrikasi) secara rutin.

Sumber : (Data staff perencanaan & evaluasi pemeliharaan, 2020)

2. Perhitungan Estimasi *Downtime* Setelah Usulan Perbaikan

Pada perhitungan estimasi *downtime* setelah usulan perbaikan di dapatkan dari total *start* atau lamanya waktu proses produksi setelah mengalami kerusakan. Sedangkan total *stop* didapatkan dari waktu terjadinya kerusakan suatu komponen dalam mesin atau peralatan. Perhitungan kali ini akan dilakukan untuk mendapatkan nilai *downtime* akhir dari masing-masing komponen. Tujuannya yaitu untuk membandingkan nilai *downtime* pada kondisi awal dan akhir sesudah dilakukan. Sehingga lamanya *downtime* yang terjadi berkurang. Berdasarkan penjelasan diatas, berikut ini dilakukan perhitungan *downtime* akhir setiap mesin atau komponen yang mengalami kegagalan :

- Perhitungan *downtime gear box* akhir

$$\begin{aligned}
 \text{Gear box} &= \text{total start semua bagian (mekanikal, produksi, elektrikal dan} \\
 &\quad \text{stand by)} - \text{total stop semua bagian (mekanikal, produksi,} \\
 &\quad \text{elektrikal dan stand by)} \\
 &= 55,17 \text{ jam} - 33,39 \text{ jam} \\
 &= \underline{21,68 \text{ jam}} \\
 &\quad 60 \text{ menit} \\
 &= 1300,8 \text{ menit}
 \end{aligned}$$

- Perhitungan *downtime rantai belt conveyor* (rantai) akhir

Rantai = total start semua bagian (mekanikal, produksi, elektrikal dan *stand by*) – total stop semua bagian (mekanikal, produksi, elektrikal dan *stand by*)

$$= 95,21 \text{ jam} - 73,52 \text{ jam}$$

$$= \underline{21,69 \text{ jam}}$$

$$60 \text{ menit}$$

$$= 1301,4 \text{ menit}$$

- Perhitungan *downtime bucket elevator* (rantai) akhir

Berikut ini perhitungan *downtime* alarm sebagai berikut :

Bucket elevator = total start semua bagian (mekanikal, produksi, elektrikal dan *stand by*) – total stop semua bagian (mekanikal, produksi, elektrikal dan *stand by*)

$$= 35,34 \text{ jam} - 24,17 \text{ jam}$$

$$= \underline{11,17 \text{ jam}}$$

$$60 \text{ menit}$$

$$= 670,2 \text{ menit}$$

- Perhitungan *downtime motor* akhir

Motor = total start semua bagian (mekanikal, produksi, elektrikal dan *stand by*) – total stop semua bagian (mekanikal, produksi, elektrikal dan *stand by*)

$$= 17,54 \text{ jam} - 11,43 \text{ jam}$$

$$= \underline{6,11 \text{ jam}}$$

$$60 \text{ menit}$$

$$= 336,6 \text{ menit}$$

3. Perhitungan *Mean Time Between Failure* Setiap Komponen

Perhitungan *mean time between failure* dilakukan untuk semua komponen beserta setiap jenis keagalannya dengan menyertakan nilai *mean time between failure*. Untuk menghitung MTBF, langkah pertama adalah menentukan *total uptime*. *Total uptime* di dapatkan dari jumlah keseluruhan komponen terjadi kerusakan. Berdasarkan penjelasan diatas, ini merupakan rumus perhitungan *mean time between failure* untuk ke-4 komponen :

$$\text{Mean time between failure} = \frac{\text{Total uptime}}{\text{Number of failure}} \dots\dots\dots 1$$

- Data perhitungan *mean time between failure* komponen

Berikut ini data yang digunakan untuk dilakukan perhitungan *mean time between failure* untuk masing-masing ke-4 komponen sebagai berikut:

1. Perhitungan Hari Kalender

$$\begin{aligned} \text{Hari kalender} &= \text{jumlah hari bulan Januari} + \text{Februari} + \text{Maret} + \\ &\quad \text{April} + \text{Juni} \\ &= 31 + 29 + 31 + 30 + 31 + 30 \\ &= 182 \text{ hari} \end{aligned}$$

Perhitungan hari kalender yang digunakan untuk semua komponen adalah hari kerja kalender perusahaan selama 6 bulan dengan jumlah total 182.

2. Perhitungan total *stop*

Pada perhitungan total *stop*, data yang digunakan adalah *downtime* akhir estimasi setelah usulan perbaikan masing-masing komponen. Hasil yang didapatkan yaitu pada perhitungan tersebut dapat dilihat pada perhitungan sebelumnya.

Tabel 4.24 Data frekuensi masing-masing komponen

No	Komponen	Total stop Downtime estimasi akhir (Hari)
1	<i>Gear box</i>	0,9 hari
2	Rantai <i>belt conveyor</i>	0,9 hari
3	Bucket elevator	0,5 Hari
4	Motor	0,23 Hari
Total		2,53 hari

Sumber : (Data staff perencanaan & evaluasi pemeliharaan, 2020)

- Perhitungan *total uptime*

Berikut ini merupakan perhitungan *total uptime* pada masing-masing komponen untuk selanjutnya dilakukan perhitungan *mean time between failure* :

1. Perhitungan *total uptime gear box*

$$\begin{aligned}
 \text{Total uptime} &= \text{total hari kalender} - \text{total stop downtime akhir} \\
 &= 182 \text{ hari} - 0,9 \text{ hari} \\
 &= 181,1
 \end{aligned}$$

2. Perhitungan *total uptime rantai belt conveyor*

$$\begin{aligned}
 \text{Total uptime} &= \text{total Hari Kalender} - \text{Total Stop Downtime akhir} \\
 &= 182 \text{ hari} - 0,9 \text{ hari} \\
 &= 181,1
 \end{aligned}$$

3. Perhitungan *total uptime bucket elevator*

$$\begin{aligned}
 \text{Total uptime} &= \text{total hari kalender} - \text{total stop downtime akhir} \\
 &= 182 \text{ hari} - 0,5 \text{ hari} \\
 &= 181,5 \text{ hari}
 \end{aligned}$$

4. Perhitungan *total uptime motor*

$$\begin{aligned}
 \text{Total uptime} &= \text{total hari kalender} - \text{total stop downtime akhir} \\
 &= 182 \text{ hari} - 0,23 \text{ hari} \\
 &= 181,77
 \end{aligned}$$

- Perhitungan *number of failure*

Berikut ini merupakan frekuensi terjadinya kerusakan pada masing-masing ke-4 komponen selama 6 bulan dari bulan Januari hingga Juni :

Tabel 4.25 Data frekuensi masing-masing komponen

No	Komponen	Frekuensi
1	<i>Gear box</i>	2
2	Rantai <i>belt conveyor</i>	1
3	Bucket elevator	2
4	Motor	1
Total		6 kali

Sumber : (Data staff perencanaan & evaluasi pemeliharaan, 2020)

- Perhitungan *mean time between failure* masing-masing komponen

Setelah dilakukan pengumpulan data, langkah selanjutnya adalah perhitungan *mean time between failure* pada masing-masing komponen.

Berikut ini perhitungan *mean time between failure* :

- Perhitungan *mean time between failure* komponen gear box

$$\begin{aligned}
 \text{MTBF} &= \frac{\text{Total Uptime}}{\text{Number Of Failure}} \\
 &= \frac{181,1 \text{ hari}}{2 \text{ kali}} \\
 &= 91 \text{ Hari}
 \end{aligned}$$

- Perhitungan *mean time between failure* komponen *belt conveyor*

$$\begin{aligned}
 \text{MTBF} &= \frac{\text{Total uptime}}{\text{Number of failure}} \\
 &= \frac{181,1 \text{ hari}}{1 \text{ kali}} \\
 &= 181 \text{ Hari}
 \end{aligned}$$

- Perhitungan *mean time between failure* komponen bucket elevator

$$\begin{aligned}
 \text{MTBF} &= \frac{\text{Total uptime}}{\text{Number of failure}} \\
 &= \frac{181,5 \text{ hari}}{2 \text{ kali}}
 \end{aligned}$$

$$= 91 \text{ hari}$$

➤ Perhitungan *mean time between failure* komponen motor

$$\text{MTBF} = \frac{\text{Total uptime}}{\text{Number of failure}}$$

$$= \frac{181,23 \text{ hari}}{2 \text{ kali}}$$

$$= 182 \text{ hari}$$

4. Pembuatan Tabel Keputusan Pemeliharaan *Reliability Centered Maintenance*

Setelah dilakukan perhitungan seperti diatas, selanjutnya dibuatlah tabel keputusan. Tabel keputusan tersebut berisi hasil dari perhitungan dari awal hingga akhir untuk mendapatkan keputusan pemeliharaan *reliability centered maintenance* dari setiap komponen mesin yang mengalami kegagalan pada *Cement Mill* pabrik Indarung IV sebagai berikut :

Tabel 4.26 Konsekuensi kegagalan dan keputusan Pemeliharaan RCM mesin *Cement mill* Pabrik Indarung IV

No	Part/ Process	Potential Cause of Failure	RPN	RANK	Kategori Konsekuensi Kegagalan	Maintenance Task	Kondisi downtime awal (menit)	Estimasi downtime setelah usulan (menit)	MTBF (Hari)
1	<i>Gear Box</i>	Aus	224	1	<ul style="list-style-type: none"> • Konsekuensi kegaglan tersembunyi • Konsekuensi operasi 	<ul style="list-style-type: none"> • <i>Failure finding</i> • <i>Time-directed life-renewal restoration</i> 	2003	1300,8	90,55
2	<i>Rantai Belt Conveyor</i>	Sudah memasuki usia tua	180	2	<ul style="list-style-type: none"> • Konsekuensi operasi • Konsekuensi keselamatan 	<ul style="list-style-type: none"> • <i>Lubrication</i> • <i>Time-Directed Life-Renewal Restoration</i> 	4411,4	1301,4	181
3	<i>Bucket Elevator</i>	Pecah	146	3	<ul style="list-style-type: none"> • Konsekuensi kegagalan tersembunyi • Konsekuensi keselamatan 	<ul style="list-style-type: none"> • <i>Failure finding</i> • <i>Time-directed life-renewal restoration</i> 	1450,2	660,2	91
4	<i>motor</i>	pecah	128	4	<ul style="list-style-type: none"> • Konsekuensi kegaglan tersembunyi • Konsekuensi operasi 	<ul style="list-style-type: none"> • <i>Failure finding</i> • <i>Time-directed life-renewal restoration</i> 	685	336,6	182

5. Perbandingan *Downtime* Komponen Mesin

Setelah dilakukan perhitungan dan pembuatan keputusan pemeliharaan *reliability centered maintenance* (RCM). Selanjutnya dilakukan perbandingan pada *downtime* kondisi awal dan kondisi *downtime* setelah estimasi akhir dengan presentase penurunannya. Tabel perbandingan ini bertujuan untuk mengetahui jumlah penurunan kondisi *downtime* awal dan kondisi *downtime* setelah estimasi sebagai upaya untuk mengurangi terjadinya *downtime*.

- Selisih *downtime*

Selisih *downtime* di dapatkan dari perhitungan *downtime* kondisi awal dikurangi *downtime* kondisi setelah estimasi. Berikut ini perhitungan selisih *downtime* pada setiap komponen :

1. Selisih komponen *gear box*

$$\begin{aligned} \text{Selisih downtime} &= \text{kondisi } \textit{downtime} \text{ awal } \textit{gear box} \text{ (menit)} - \\ &\quad \text{estimasi } \textit{downtime} \text{ sesudah usulan perbaikan} \\ &\quad \textit{gear box} \text{ (menit)} \\ &= 2082 \text{ menit} - 1300,8 \text{ menit} \\ &= 781,2 \text{ menit} \end{aligned}$$

2. Selisih komponen *belt conveyor*

$$\begin{aligned} \text{Selisih } \textit{downtime} &= \text{kondisi } \textit{downtime} \text{ awal rantai } \textit{belt conveyor} \\ &\quad \text{(menit)} - \text{estimasi } \textit{downtime} \text{ sesudah usulan} \\ &\quad \text{perbaikan (menit) rantai } \textit{belt conveyor}. \\ &= 4411,4 \text{ menit} - 1301,4 \text{ menit} \\ &= 3110 \text{ menit} \end{aligned}$$

3. Selisih komponen bucket elevator

$$\begin{aligned} \text{Selisih } \textit{downtime} &= \text{kondisi } \textit{downtime} \text{ awal bucket elevator (menit)} \\ &\quad - \text{estimasi } \textit{downtime} \text{ sesudah usulan} \\ &\quad \text{perbaikan (menit) bucket elevator.} \\ &= 1450,02 \text{ menit} - 660 \text{ menit} \\ &= 790,2 \text{ menit} \end{aligned}$$

4. Selisih komponen motor

$$\begin{aligned}
 \text{Selisih } downtime &= \text{kondisi } downtime \text{ awal motor (menit) - estimasi} \\
 &\quad \text{downtime sesudah usulan perbaikan motor} \\
 &\quad \text{(menit)} \\
 &= 685,8 \text{ menit} - 366,6 \text{ menit} \\
 &= 319,2 \text{ menit}
 \end{aligned}$$

- Presentase *downtime* berkurang

Presentase *downtime* di dapatkan dari hasil bagi selisih downtime akhir dengan kondisi awal *downtime* lalu di kalikan dengan persen. Berikut ini presentase dari masing-masing komponen :

- Presentase *downtime gear box*

$$\begin{aligned}
 \text{Presentase } downtime &= \frac{\text{selisih } downtime \text{ gear box (menit)}}{\text{kondisi } downtime \text{ awal gear box (menit)}} \times 100 \% \\
 &= \frac{899,4 \text{ menit}}{2082 \text{ menit}} \times 100 \% \\
 &= 39 \%
 \end{aligned}$$

- Presentase *downtime rantai belt conveyor*

$$\begin{aligned}
 \text{Presentase } downtime &= \frac{\text{selisih } downtime \text{ rantai belt conveyor (menit)}}{\text{kondisi } downtime \text{ awal rantai belt conveyor}} \times 100 \% \\
 &= \frac{3110 \text{ menit}}{4411,4 \text{ menit}} \times 100 \% \\
 &= 70,4 \%
 \end{aligned}$$

- Presentase *downtime bucket elevator*

$$\begin{aligned}
 \text{Presentase } downtime &= \frac{\text{selisih } downtime \text{ bucket elevator (menit)}}{\text{kondisi } downtime \text{ awal bucket elevator (menit)}} \times 100 \% \\
 &= \frac{790,2 \text{ menit}}{1450,2 \text{ menit}} \times 100 \% \\
 &= 54 \%
 \end{aligned}$$

➤ Presentase *downtime* motor

$$\begin{aligned} \text{Presentase } D_{\text{downtime}} &= \frac{\text{Selisih } \textit{downtime} \text{ alarm (menit)}}{\text{Kondisi } \textit{downtime} \text{ awal alarm (menit)}} \times 100 \% \\ &= \frac{319,2 \text{ menit}}{685,8 \text{ menit}} \times 100 \% \\ &= 47 \% \end{aligned}$$

Setalah dilakukan perhitungan pada sebelumnya, dibuatlah tabel perbandingan. Yang berisi selisih dan presentase *downtime* akhir. Berikut ini tabel perbandingan *downtime* kondisi awal dan *downtime* kondisi akhir :

Tabel 4.27 Perbandingan *downtime* setiap komponen

No	Komponen	Kondisi <i>Downtime</i> awal (menit)	Estimasi <i>downtime</i> sesudah usulan perbaikan (menit)	Selisih (menit)	% <i>downtime</i> berkurang
1	<i>Gear box</i>	2003	1300,8	781,2	39 %
2	<i>Rantai belt conveyor</i>	4411,4	1301,4	3110	70,4 %
3	<i>Bucket elevator</i>	1450,2	660,2	790	54%
4	Motor	685,8	366,6	319,2	47%
TOTAL		2137,6	907,35	1250,2	52,6 %

Keterangan :

Pada tabel diatas menunjukkan total kondisi awal *downtime* dari keempat komponen sebesar 2137,6 menit, dengan total estimasi *downtime* sesudah usulan perbaikan yang didapatkan sebesar 907,35 menit. Total selisih yang didapatkan sebesar 1250,2 menit hasil akhir yang didapatkan dari hasil penjumlahan menghasilkan total presentase berkurangnya *downtime* sebesar 52,6 % pada mesin peralatan *Cement Mill* Indarung IV.

4.2.4 Usulan Perbaikan

Usulan perbaikan didapatkan setelah melakukan pengolahan data, usulan perbaikan dalam penelitian ini menandakan bahwa telah terjadi penurunan *downtime*. Penurunan dari kondisi awal dan setelah dilakukan perhitungan *downtime* setelah usulan perbaikan. Nilai presentase yang diperoleh dari pengolahan data dapat menurunkan *downtime* sebesar 52,6 %, yang berarti bahwa pembuatan keputusan pemeliharaan RCM tersebut cocok dan sesuai dalam penelitian ini. usulan perbaikan dilakukan setelah melalui hasil perhitungan yang ada pada table 4.25 dan dijelaskan pada tabel 4.26.

Pada tabel dibawah ini akan didapatkan point-point yang menggambarkan pemeliharaan apa yang tepat untuk dilakukan untuk ke-4 komponen, yang sesuai dengan keputusan pemeliharaan *reliability centered maintenance* (RCM) sebagai berikut :

Tabel 4.28 Usulan perbaikan

No	Komponen	Potential Cause of Failure	Maintenance Task	Sebelum dilakukan upaya perbaikan mesin <i>Cement Mill</i> Indarung IV	Usulan perbaikan perawatan komponen mesin <i>Cement Mill</i> Indarung IV.
1.	<i>Gear box</i>	Pecah	➤ <i>Failure finding</i>	Penggantian tanpa mengecek kondisi kompone	Pengecekan secara berkala dan penyetelan ulang <i>gear box</i>
			➤ <i>Time-directed restoration</i>	<i>life-renewal</i> Komponen yang lama dibiarkan tanpa dilakukan perbaikan	Perbaikan dan Penggantian baut <i>gear box</i>
2.	<i>Rantai belt conveyor</i>	Sudah memasuki usia tua	➤ <i>Lubrication</i>	Pelumasan tiap-tiap komponen	Pengecekan secara berkala dan penyetelan ulang rantai <i>belt conveyor</i> serta dilakukan pelumasan
			➤ <i>Time-directed restoration</i>	<i>life-renewal</i> Komponen yang lama dibiarkan tanpa dilakukan perbaikan	Perbaikan dan pergantian rantai <i>belt conveyor</i>
3.	<i>Bucket elevator Motor</i>	Pecah	➤ <i>Failure finding</i>	Penggantian tanpa mengecek kondisi kompone	Cek lalu dilakukan Perbaikan komponen bucket elevator yang pecah dengan mempertimbangkan lama penggunaan.
			➤ <i>Time-directed restoration</i>	<i>life-renewal</i> Komponen yang lama dibiarkan tanpa dilakukan perbaikan	apabila lebih parah maka dilakukan pergantian dengan ketersediaan komponen.
4.	Motor	Pecah	➤ <i>Failure finding</i>	Penggantian tanpa mengecek kondisi kompone	Cek lalu dilakukan Perbaikan komponen bucket elevator yang pecah dengan mempertimbangkan lama penggunaan.
			➤ <i>Time-directed restoration</i>	<i>life-renewal</i> Komponen yang lama dibiarkan tanpa dilakukan perbaikan	apabila lebih parah maka dilakukan pergantian dengan ketersediaan komponen.

1. Diagram *Gantt Chart*

Berikut ini merupakan hasil dari pembuatan diagram *gant chart* untuk perawatan dan pemeliharaan mesin *Cement Mill* Indarung IV yang didapatkan dari hasil pembuatan keputusan pemeliharaan *reliability centered maintenance* (RCM). Komponen yang digunakan dalam pembuatan terdiri dari 4 komponen *gear box*, *Belt Conveyor*, *Bucket Elevator*, dan Motor yang sudah mendapatkan keputusan yang diambil dalam *maintenance task*.

➤ Komponen gear box sebelum perbaikan

Tabel 4.29 Diagram *gant chart* komponen gear box sebelum perbaikan.

No	Kegiatan	Minggu										Bagian
		1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	
1	Inspeksi											Produksi
2	Cek dan reset ulang											Elektrikal
3	Pembersihan komponen (cleaning)											Elektrikal
4	Perbaikan (service)											Produksi
5	Penggantian (replacement)											Mekanikal
6	PMC (preventive maintenace control)											Mekanikal,produksi, produksi
7	Overhaul (perbaikan menyeluruh)											Mekanikal,produksi, produksi

➤ komponen gear box sesudah perbaikan

Tabel 4.30 Diagram *gant chart* gear box sesudah usulan perbaikan.

No	Kegiatan	Minggu										Bagian
		1	13	26	39	52	65	78	91	104	117	
1	Inspeksi											Produksi
2	Cek dan reset ulang											Elektrikal
3	Pembersihan komponen (cleaning)											Elektrikal
4	Perbaikan (service)											Produksi
5	Penggantian (replacement)											Mekanikal
6	PMC (preventive maintenace control)											Mekanikal,produksi, produksi
7	Overhaul (perbaikan menyeluruh)											Mekanikal,produksi, produksi

➤ Komponen belt conveyor sebelum perbaikan

Tabel 4.31 Diagram *ganttt chart* komponen belt conveyor sebelum perbaikan.

No	Kegiatan	Minggu										Bagian
		1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	
1	Inspeksi											Produksi
2	Cek dan reset ulang											Elektrikal
3	Pembersihan komponen (cleaning)											Elektrikal
4	Perbaikan (service)											Produksi
5	Penggantian (replacement)											Mekanikal
6	PMC (preventive maintenace control)											Mekanikal,produksi, produksi
7	Overhoul (perbaikan menyeluruh)											Mekanikal,produksi, produksi

➤ Komponen belt conveyor sesudah usulan perbaikan

Tabel 4.32 Diagram *ganttt chart* komponen belt conveyor sesudah perbaikan

No	Kegiatan	Minggu										Bagian
		1	26	52	78	104	130	156	182	208	234	
1	Inspeksi											Produksi
2	Cek dan reset ulang											Elektrikal
3	Pembersihan komponen (cleaning)											Elektrikal
4	Perbaikan (service)											Produksi
5	Penggantian (replacement)											Mekanikal
6	PMC (preventive maintenace control)											Mekanikal,produksi, produksi
7	Overhoul (perbaikan menyeluruh)											Mekanikal,produksi, produksi

➤ Komponen bucket elevator sebelum perbaikan

Tabel 4.34 Diagram *gant chart* komponen bucket elevator sebelum perbaikan.

No	Kegiatan	Minggu										Bagian
		1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	
1	Inspeksi	■										Produksi
2	Cek dan reset ulang		■									Elektrikal
3	Pembersihan komponen (cleaning)			■								Elektrikal
4	Perbaikan (service)				■							Produksi
5	Penggantian (replacement)					■						Mekanikal
6	PMC (preventive maintenace control)						■	■				Mekanikal,produksi, produksi
7	Overhoul (perbaikan menyeluruh)							■	■	■	■	Mekanikal,produksi, produksi

➤ Komponen bucket elevator sesudah usulan perbaikan

Tabel 4.35 Diagram *gant chart* komponen bucket elevator sesudah perbaikan

No	Kegiatan	Minggu										Bagian
		1	26	52	78	104	130	156	182	208	234	
1	Inspeksi	■										Produksi
2	Cek dan reset ulang		■									Elektrikal
3	Pembersihan komponen (cleaning)			■								Elektrikal
4	Perbaikan (service)				■							Produksi
5	Penggantian (replacement)					■						Mekanikal
6	PMC (preventive maintenace control)						■	■				Mekanikal,produksi, produksi
7	Overhoul (perbaikan menyeluruh)								■	■	■	Mekanikal,produksi, produksi

➤ Komponen motor sebelum perbaikan

Tabel 4.36 Diagram *gant chart* komponen motor sebelum perbaikan.

No	Kegiatan	Minggu										Bagian
		1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	
1	Inspeksi											Produksi
2	Cek dan reset ulang											Elektrikal
3	Pembersihan komponen (cleaning)											Elektrikal
4	Perbaikan (service)											Produksi
5	Penggantian (replacement)											Mekanikal
6	PMC (preventive maintenace control)											Mekanikal,produksi, produksi
7	Overhoul (perbaikan menyeluruh)											Mekanikal,produksi, produksi

➤ Komponen motor sesudah usulan perbaikan

Tabel 4.36 Diagram *gant chart* komponen motor sesudah perbaikan

No	Kegiatan	Minggu										Bagian
		1	26	52	78	104	130	156	182	208	234	
1	Inspeksi											Produksi
2	Cek dan reset ulang											Elektrikal
3	Pembersihan komponen (cleaning)											Elektrikal
4	Perbaikan (service)											Produksi
5	Penggantian (replacement)											Mekanikal
6	PMC (preventive maintenace control)											Mekanikal,produksi, produksi
7	Overhoul (perbaikan menyeluruh)											Mekanikal,produksi, produksi

4.3 Analisa Interpretasi

4.3.1 Analisa *Mean Time Between Failure*

Pada awal tahapan yaitu dengan menghitung nilai *mean time between failure* dan telah menghasilkan nilai *mean time between failure* sebesar 269,3 jam atau sekitar 11 hari dan sudah memenuhi dari target perusahaan sebesar 250 jam atau sekitar 10 hari. Nilai *mean time between failure* di dapatkan dari perhitungan *total uptime* atau *running days* atau JOP sebesar 145,86 hari atau selama 3500,6 jam dibagi dengan jumlah frekuensi (*number of failure*) *downtime* dari bagian mekanikal, elektrikal, dan produksi lalu ditambahkan dan hasil total sebanyak 13 kali

4.3.2 Analisa Penyebab *Downtime* Dominan

Berdasarkan hasil perhitungan *mean time between failure*. Setelah itu dilakukan penentuan penyebab *downtime* untuk mendapatkan penyebab *downtime* dominan. Penentuan penyebab *downtime* dilakukan dengan mengumpulkan dan di klasifikasi komponen-komponen yang mengalami kerusakan. Dari hasil pengumpulan dan klasifikasi ditemukan penyebab *downtime* sebagai berikut :

Berdasarkan grafik diatas berikut merupakan penjelasan mengenai hasil gambar 4.1 diatas sebagai berikut :

1. Bagian mekanikal

Persentase penyebab *downtime* yang disebabkan oleh bagian mekanikal adalah 31% dengan frekuensi *downtime* sebanyak 4 kali kali dengan rincian yaitu pada bulan maret sebanyak 1 kali dan bulan mei sebanyak 3 kali.

2. Bagian elektrikal

Persentase penyebab *downtime* yang disebabkan oleh bagian elektrikal adalah sebesar 38% dengan frekuensi *downtime* sebanyak 5 kali, dengan rincian yaitu pada bulan maret sebanyak 1 kali, bulan april sebanyak 3 kali, dan bulan mei sebanyak 1 kali.

3. Bagian Produksi

Persentase penyebab *downtime* yang disebabkan oleh bagian produksi

adalah sebesar 31% dengan frekuensi *downtime* sebanyak 4 kali, dengan rincian yaitu pada bulan april sebanyak 1 kali dan bulan mei sebanyak 1 kali dan paa bulan juni sebanyak 2 kali .

Berdasarkan hasil diatas penyebab terjadinya *downtime* dominan yaitu pada bagian produksi dengan presentase mencapai 15% sebanyak 2 kali dengan masalah yaitu Proteksi *gear box* pada komponen *gear box*.

4.3.4 Analisa Keputusan Pemeliharaan *Reliability Centered Maintenance*

Pada tahapan ini telah dilakukan pembuatan keputusan pemeliharaan *reliability centered maintenance*. Keputusan pemeliharaan RCM tersebut menghasilkan jenis pemeliharaan yang sesuai dan cocok untuk mengurangi terjadinya *downtime* yang disebabkan oleh komponen yang terjadi kegagalan. Berikut ini hasil dari pembuatan keputusan pemeliharaan *reliability centered maintenance* :

1. Pembuatan Pohon Kesalahan (*Fault Tree*)

Komponen yang digunakan dalam pembuatan pohon kesalahan terdiri antara lain : sekring, kabel, *bucket elevator*, rantai *belt conveyor*, *gear box*, motor, bearing dan *alarm*. Dari hasil pembuatan pohon kesalahan ditemukan masing-masing komponen tersebut memiliki akar permasalahan.

Berdasarkan Gambar 4.10 diatas merupakan hasil *fault tree* untuk kerusakan yang terjadi pada mesin atau peralatan *Cement Mill* Indarung IV, yang terhubung dengan 4 blok sebagai *intermediate event level* pertama melalui *or gate*. *Or gate* menunjukkan bahwa *top event* dapat terjadi jika setidaknya ada 1 dari 4 *intermediate event* pertama tersebut mengalami kerusakan. Kerusakan yang terjadi di masing-masing *intermediate event* pertama, disebabkan oleh kerusakan komponen yang ada *intermediate event* kedua atau langsung ke *basic eventnya*. *Basic event* adalah peristiwa paling dasar atau awal dari suatu kerusakan. *Logic gate* yang digunakan untuk terhubung ke *intermediate event* pertama maupun *intermediate event* kedua, dan ketiga yaitu *or gate*. Artinya *intermediate event* pertama dapat terjadi jika setidaknya ada 1 dari *intermediate event* kedua yang dapat terjadi jika setidaknya ada 1 *basic event* terjadi.

- *Top level event* : 1 (t) mesin *cement mill* indarung iv bermasalah
- *Intermediate event level* pertama: 2 (mesin berhenti beroperasi sementara (101), mesin tidak puas beroperasi (102))
- *Intermediate event level* kedua: 6 (motor bermasalah (103), bearing bermasalah (104), listrik bermasalah (105), bucket elevator bermasalah (106), gear box bermasalah (107), alarm mengalami gangguan (108))
- *Intermediate event level* ketiga: 4 (motor rusak (109), bearing rusak (110), gear box berhenti (111), alarm low pressure (112))
- *Intermediate event level* keempat: 8 motor pecah (113), bearing miring (114), sekring putus (115), (116), (117), (118), (119), (120).
- *Basic event* : 8 (*overload* (b01), *overload* (b02), *overload* (03), listrik sudah lama (b04), aus (b05), *overload* (b06), *overload* (b07), usia sudah tua (b08)

Keterangan :

- Pada komponen bearing, ditemukan masalah adanya bagian dari bearing pecah. Setelah dicek yang menjadi penyebab bearing yaitu faktor sudah memasuki usia yang lama.
- Pada komponen elektrik yaitu saat sekring bermasalah, ditemukan bahwa sekring putus, yang menjadi penyebab sekring putus adalah sering mengalami *overload*.
- Pada komponen elektrik yaitu kabel saat bermasalah, ditemukan adanya bagian dari kabel putus dan bahwa penyebab dari kabel putus karena *overheat*.
- Pada komponen *bucket elevator* saat terjadi bermasalah, ditemukan dua masalah yang sering terjadi yaitu rantai *bucket elevator* pecah lahan pada *bucket elevator* yang pecah adalah aus.
- Pada komponen *bucket elevator* saat terjadi bermasalah *stell belt bucket elevator* miring. Penyebab dari permasalahan *stell belt bucket elevator* miring adalah *overload*.
- Pada komponen *belt conveyor* saat mengalami bermasalah, ditemukan bahwa rantai pada *belt conveyor* pecah penyebabnya adalah faktor

memasuki usia tua atau sudah lama.

- Pada komponen *gear box* saat bermasalah ditemukan akar dari masalahnya yaitu bagian dari *gear box* ada yang pecah. Penyebab *gear box* pecah yaitu aus.
- Pada komponen alarm saat bermasalah ditemukan akar dari masalahnya yaitu tiba-tiba alarm mati sesaat. Penyebab dari alarm yang mati saat itu sudah memasuki usia lama atau tua.
- Pada komponen *motor* bermasalah ditemukan akar dari masalahnya yaitu bagian *motor* ada yang pecah. penyebabnya adalah faktor memasuki usia tua atau sudah lama.

1. Penentuan Prioritas *Equipment* yang perlu di *maintenance* menggunakan FMEA (*Failure Mode Effect Analysis*)

Penentuan kriteria *Risk Priority Number* (RPN) Dengan menentukan masing-masing kriteria dari parameter 1 sampai 10 dengan mengkalikan masing-masing nilai *detection*, nilai *severity* dan nilai *occurrence* untuk mendapatkan hasil RPN yang dicari. Nilai tersebut didapatkan dari wawancara oleh pihak

karyawan bagian perencanaan dan evaluasi pemeliharaan yaitu bapak koesnaedi raka pratama selaku stff perencanaan dan evaluasi pemeliharaan.

- Komponen *Gear Box berfungsi sebagai* untuk mendistribusikan tenaga bahan material pembuat semen dari mesin satu ke mesin yang lain. *Potential failure mode gear box* yang terjadi yaitu pecah, *potential effect of failure* mesin *Cement Mill* Indarung IV berhenti beroperasi sementara dan *potential cause of failure* adalah aus. Setelah dilakukan perhitungan didapatkan nilai RPN sebesar 224 dari nilai *occurrence* sebesar 4, nilai *severity* 7, nilai *detection* sebesar 8, menempati ranking 1.
- Komponen *sekring berfungsi* untuk memastikan tidak terjadi kelebihan beban atau korsleting *potential failure mode sekring* yang terjadi yaitu sekring putus, *potential effect of failure* mesin *Cement Mill* Indarung IV berhenti beroperasi sementara dan *potential cause of failure* adalah *overload*. setelah dilakukan perhitungan didapatkan nilai rpn sebesar 70

dari nilai *occurence* sebesar 5, nilai *severity* 5, nilai *detection* sebesar 2, menempati ranking 7.

- Komponen *belt conveyor berfungsi* untuk mengangkut bahan material pembuat semen dengan kapasitas yang cukup besar. *Potential failure mode belt conveyor* yang terjadi yaitu rantai pecah, *potential effect of failure* mesin *Cement Mill Indarung IV* berhenti beroperasi sementara dan *potential cause of failure* adalah sudah memasuki usia tua. Setelah dilakukan perhitungan didapatkan nilai rpn sebesar 180 dari nilai *occurence* sebesar 6, nilai *severity* 6, nilai *detection* sebesar 5, menempati ranking 2.
- Komponen motor *berfungsi sebagai* alat untuk mengubah energi listrik menjadi energi mekanik. Alat yang berfungsi sebaliknya, mengubah energi mekanik menjadi energi listrik disebut generator atau dinamo. *Potential failure motor* yang terjadi yaitu pecah, *potential effect of failure* mesin *Cement Mill Indarung IV* berhenti beroperasi sementara dan *potential cause of failure* adalah aus. Setelah dilakukan perhitungan didapatkan nilai rpn sebesar 128 dari nilai *occurence* sebesar 4, nilai *severity* 4, nilai *detection* sebesar 8, menempati ranking 4.
- Komponen *bucket elevator berfungsi sebagai* suatu alat untuk memindahkan bahan yang arahnya vertical, atau tinggi. Alat transfer ini terdiri atas rantai atau belt sebagai media transmisi dan bucket dengan interval tertentu untuk mengangkut material. *Potential failure mode rantai belt bucket elevator* terjadi yaitu pecah dan *potential effect of failure* mesin *Cement Mill Indarung IV* berhenti beroperasi sementara dan *potential cause of failure* adalah *overload*. Setelah dilakukan perhitungan didapatkan nilai RPN sebesar 146 dari nilai *occurence* sebesar 3, nilai *severity* 7, nilai *detection* sebesar 7, menempati ranking 3.
- Komponen *stell belt bucket elevator berfungsi sebagai* suatu alat untuk memindahkan bahan yang arahnya vertical, atau tinggi. Alat transfer ini terdiri atas rantai atau belt sebagai media transmisi dan bucket dengan

interval tertentu untuk mengangkut material. *Potential failure mode steel belt bucket elevator* yang terjadi yaitu miring dan *potential effect of failure* mesin *Cement Mill Indarung IV* berhenti beroperasi sementara dan *potential cause of failure* adalah memasuki usia tua. Setelah dilakukan perhitungan didapatkan nilai RPN sebesar 70 dari nilai *occurrence* sebesar 2, nilai *severity* 7, nilai *detection* sebesar 5, menempati ranking 7.

- Komponen kabel berfungsi sebagai Menghubungkan satu mesin dengan mesin lainnya. *Potential failure mode steel* kabel yang terjadi yaitu putus dan *potential effect of failure* Mesin *Cement Mill Indarung IV* berhenti beroperasi sementara dan *potential cause of failure* adalah *overheat*. Setelah dilakukan perhitungan didapatkan nilai RPN sebesar 54 dari nilai *occurrence* sebesar 2, nilai *severity* 3, nilai *detection* sebesar 9, menempati ranking 9
- Komponen *alarm* berfungsi sebagai pengontrol dan pendeeteksi apabila terjadinya kerusakan dari suatu mesin. *Potential failure mode alarm* yang terjadi yaitu mati sesaat, *potential effect of failure* mesin *Cement Mill Indarung IV* berhenti beroperasi sementara dan *potential cause of failure* adalah usia sudah tua. Setelah dilakukan perhitungan didapatkan nilai RPN sebesar 60 dari nilai *occurrence* sebesar 2, nilai *severity* 6, nilai *detection* sebesar 5, menempati ranking 8.
- Komponen bearing berfungsi sebagai adalah sebuah elemen mesin yang berfungsi untuk membatasi gerak relatif antara dua atau lebih komponen mesin agar selalu bergerak pada arah yang diinginkan. Bearing menjaga poros agar selalu berputar terhadap sumbu porosnya, atau juga menjaga suatu komponen yang bergerak linier agar selalu berada pada jalurnya. *Potential failure mode bearing* yang terjadi yaitu pecah, *potential effect of failure* mesin *Cement Mill Indarung IV* berhenti beroperasi sementara dan *potential cause of failure* adalah sudah memasuki usia tua. Setelah dilakukan perhitungan didapatkan nilai RPN sebesar 72 dari nilai *occurrence* sebesar 2, nilai *severity* 6,

nilai *detection* sebesar 7, menempati ranking 6.

Dari hasil perhitungan *risk priority number* (RPN) kemudian di ranking, dipilih 4 komponen yang perlu di *maintenance*. Komponen tersebut memiliki nilai RPN paling tinggi diantara yang lain yaitu *komponen gear box*, *komponen belt conveyor*, *komponen rantai bucket elevator*, *komponen motor*.

2. Mengklasifikasikan Tingkat Konsekuensi Kegagalan

Pada proses ini akan dilakukan penentuan tingkat konsekuensi kegagalan. Dimana data yang digunakan yaitu hasil nilai dari pengolahan proses sebelumnya dengan mendapatkan komponen kritis yang mengalami kegagalan. Komponen tersebut adalah sekring yang putus, alarm yang mati sesaat, rantai *belt conveyor* yang pecah dan *gear box* yang pecah karna aus. Berikut ini hasil dari pembuatan tabel konsekuensi yaitu :

- Komponen *gear box* termasuk dalam tingkat konsekuensi kegagalan tersembunyi dan konsekuensi operasi.
- Komponen rantai *belt conveyor* termasuk dalam tingkat konsekuensi operasi dan konsekuensi keselamatan
- Komponen *bucket elevator* termasuk dalam tingkat konsekuensi kegagalan tersembunyi dan konsekuensi keselamatan.
- Komponen motor termasuk dalam tingkat konsekuensi kegagalan tersembunyi dan konsekuensi operasi.

3. Mengambil Keputusan *Reliability Centered Maintenance* Dengan Mengklasifikasikan Kebutuhan Tingkatan *Maintenance*.

Pada proses akhir ini dilakukan penentuan kebutuhan tingkat *maintenance* untuk mendapatkan keputusan *pemeliharaan reliability centered maintenance*. Untuk mendapatkan keputusan pemeliharaan tersebut harus mengklasifikasikan pada 6 jenis pemeliharaan yaitu *condition directed*, *time renewal directed restoration*, *time directed renewal replacement*, *failure finding*, *lubrication*. Pengambilan keputusan dilakukan dengan mendapatkan perhitungan *downtime* masing-masing komponen, pada estimasi setelah usulan perbaikan. Berikut ini hasil dari pembuatan tabel keputusan pemeliharaan *reliability centered maintenance* :

- Komponen *gear box* mendapatkan tingkatan *maintenance* berupa *lubrication* dan *time directed life renewal restoration*. Pada kondisi *downtime* awal sebesar 2003 menit dan kondisi *downtime* setelah usulan perbaikan sebesar 1300,8 menit. Nilai *mean time between failure* yang didapatkan sebesar 90,55 hari.
- Komponen rantai *belt conveyor* mendapatkan tingkatan *maintenance* berupa *failure finding* dan *time directed life renewal restoration*. Pada kondisi *downtime* awal sebesar 4411,4 menit dan kondisi *downtime* setelah usulan perbaikan sebesar 1301,4 menit. Nilai *mean time between failure* yang didapatkan sebesar 181 hari.
- Komponen bucket elevator mendapatkan tingkatan *maintenance* berupa *time directed life renewal restoration*. Pada kondisi *downtime* awal sebesar 1450,2 menit dan kondisi *downtime* setelah usulan perbaikan sebesar 660 menit. Nilai *mean time between failure* yang didapatkan sebesar 91 hari
- Komponen motor mendapatkan tingkatan *maintenance* berupa *failure finding* dan *time directed life renewal restoration*. Pada kondisi *downtime* awal sebesar 685,8 menit dan kondisi *downtime* setelah usulan perbaikan sebesar 366,6 menit. Nilai *mean time between failure* yang didapatkan sebesar 181 hari.

4. Perbandingan *Downtime*

Setelah mengambil keputusan *reliability centered maintenance*, selanjutnya di lakukan analisa hasil perbandingan masing-masing setiap komponen. Tujuannya yaitu untuk membandingkan nilai *downtime* pada kondisi awal dan akhir dari setiap komponen sehingga diperoleh presentase berkurangnya.

- Komponen *gear box* pada kondisi awal *downtime* mencapai sebesar 2003 menit setelah dilakukan pembuatan keputusan *reliability centered maintenance* mengalami penurunan sebesar 1300,8 menit. Total selisih yang di dapatkan sebesar 781,2 menit dengan presentase *downtime*

berkurangnya sebesar 39 %.

- Komponen rantai *belt conveyor* pada kondisi awal *downtime* mencapai sebesar 4411,4 menit setelah dilakukan pembuatan keputusan *reliability centered maintenance* mengalami penurunan sebesar 1301,4 menit. Total selisih yang di dapatkan sebesar 3110 menit dengan presentase *downtime* berkurangnya sebesar 70,4 %.
- Komponen bucket elevator pada kondisi awal *downtime* mencapai sebesar 1450,2 menit setelah dilakukan pembuatan keputusan *reliability centered maintenance* mengalami penurunan sebesar 660 menit. Total selisih yang di dapatkan sebesar 790,2 menit dengan presentase *downtime* berkurangnya sebesar 54 %.
- Komponen motor pada kondisi awal *downtime* mencapai sebesar 685,8 menit setelah dilakukan pembuatan keputusan *reliability centered maintenance* mengalami penurunan sebesar 366,6 menit. Total selisih yang di dapatkan sebesar 319,2 menit dengan presentase *downtime* berkurangnya sebesar 47 %.

Total *downtime* pada ke 4 komponen *downtime* kondisi awal sebesar 2137,6 menit setelah dilakukan pembuatan *reliability centered maintenance* berkurang sebesar 907,35 menit. Total selisih yang didapatkan sebesar 1250,2 menit dengan presentase *downtime* berkurang sebesar 52,6 %.

4.4 Pembuktian Hipotesa

Berdasarkan data yang telah dianalisa, metode *reliability centered maintenance* digunakan untuk mengetahui komponen penyebab terjadinya kegagalan dan memberikan keputusan pemeliharaan yang cocok dan sesuai pada mesin atau peralatan. Hal tersebut terlihat dari *downtime* kondisi awal yang di dapatkan dari data arsip perusahaan, sedangkan *downtime* kondisi setelah usulan perbaikan di dapatkan dari hasil pembuatan pohon kesalahan (*fault tree*) dimana terdapat 8 komponen yang mengalami kegagalan dengan ditemukan *potential cause of failure*.

Selanjutnya dibuatlah perhitungan RPN dimana parameter kriterianya 1

sampai 10, lalu di ranking dan dieliminasi sebanyak 4 komponen yang memiliki nilai RPN tertinggi untuk dibuat kategori konsekuensi kegagalan tiap-tiap komponen. Sebagai langkah akhir dilakukan pembuatan keputusan dengan menentukan *maintenance task* yang cocok dan sesuai tiap-tiap komponen. Komponen tersebut selanjutnya dilakukan perhitungan kondisi *downtime* akhir setelah usulan perbaikan dan nilai *mean time between failure* masing-masing komponen. Dari hasil perhitungan yang dilakukan pada pabrik *Cement Mill Indarung IV*, hasil perbandingan yang didapatkan *downtime* berkurang dengan rata-rata 52,6 % dari *downtime* awal sebagai upaya untuk mengurangi terjadinya *downtime* pada mesin atau peralatan *Cement Mill Indarung IV*.

BAB V

KESIMPULAN DAN SARAN

5.1 Kesimpulan

Berdasarkan pengumpulan dan pengolahan data yang telah diuraikan diatas dapat disimpulkan beberapa hal berikut ini :

1. Penyebab downtime yang ditemukan setelah pengolahan data dalam pabrik *Cement Mill* Indarung IV, yang terdiri dari bagian mekanikal sebesar 31%, bagian elektrikal sebesar 38%, dan bagian produksi sebesar 31%. Penyebab tersebut masing-masing memiliki komponen yang mengakibatkan terjadinya *downtime* pada mesin atau peralatan *Cement Mill* Indarung IV.
2. Setelah menemukan yang menjadi penyebab terjadinya *downtime*, dimana salah satu tersebut menjadi penyebab terjadinya *downtime* dominan. Penyebab tersebut yaitu bagian produksi dengan permasalahannya adalah proteksi gear box pecah. Selama 6 bulan dari bulan januari hingga juni 2020 komponen *gear box pecah* sebanyak 2 kali dengan total lamanya sebesar 22,30 jam.
3. Setelah melakukan pembuatan keputusan pemeliharaan *reliability centered maintenace*, yang bertujuan untuk mendapatkan komponen penyebab terjadinya kegagalan mesin *Cement Mill* Indarung IV. Hasilnya terdapat 4 komponen yaitu rantai *gear box*, *belt conveyor*, bucket elevator, motor dan. keputusan pemeliharaan yang diambil komponen *gear box pecah* yaitu *failure finding* dan *time-directed life-renewal restoration*, komponen rantai *belt conveyor* yaitu *lubrication* dan *time-directed life-renewal restoration*, komponen bucket elevator yaitu *failure finding* dan *time-directed life-renewal restoration*, komponen motor yaitu *failure finding*, *time-directed life-renewal restoration*.

5.2 Saran

Saran yang diberikan bagi perusahaan dengan harapan untuk menjadi lebih baik adalah sebagai berikut:

1. Perusahaan diharapkan dapat mengambil kebijakan yang tepat dalam upaya mengurangi terjadinya *downtime* dengan mengambil keputusan pemeliharaan *reliability centered maintenance*, sehingga perusahaan dapat mengetahui komponen apa saja yang menjadi penyebab terjadinya kegagalan pada mesin atau peralatan *Cement Mill* Indarung IV.
2. Perbaikan, pengecekan dan pergantian pada komponen yang terjadi kegagalan agar komponen tersebut tidak terjadi kembali kegagalan yang diakibatkan oleh *downtime* seperti pada diagram *gant chart*.
3. Perusahaan dapat menerapkan usulan perbaikan yang telah dilakukan agar dapat mengurangi terjadinya *downtime*. Sehingga perusahaan menjadi lebih baik dan dapat mengetahui komponen apa saja yang masih perlu dilakukan perbaikan.

DAFTAR PUSTAKA

- Allawiyah Uthari Sri (Industrial Engineering, & University), B. (2017). Perencanaan interval perawatan komponen mesin filler dengan metode fault tree analysis untuk meningkatkan availability. *Industrial Engineering Brawijaya University*, 101(1), 90.
- Asisco, H., Amar, K., & Perdana, Y. R. (2012). Usulan Perencanaan Perawatan Mesin dengan Metode Reliability Centered Maintenance (RCM) di PT. Perkebunan Nusantara VII (Persero) Unit Usaha Sungai Niru Kab. Muara Enim. *Kaunia*, 8(2), 78–98.
- Bangun, I. H., Rahman, A., & Darmawan, Z. (2016). Perencanaan Pemeliharaan Mesin Produksi Dengan Menggunakan Metode Reliability Centered Maintenance (RCM) II Pada Mesin Blowing OM (Studi Kasus : PT Industri Sandang Nusantara Unit Patal Lawang). *Jurnal Rekayasa dan Manajemen Sistem Industri (JRMSI)*, 2(5), 997–1008.
- Data staff perencanaan & evaluasi pemeliharaan, 2020. (2020). *Copy of Kertas Kerja Perhitungan Kinerja 2020* (hal. 10). hal. 10.
- Dhamayanti, D. S., Alhilman, J., & Athari, N. (2016). Usulan Preventive Maintenance Pada Mesin Komori Ls440 Dengan Menggunakan Metode Reliability Centered Maintenance (Rcm Ii) Dan Risk Based Maintenance (Rbm) Di Pt Abc. *Jurnal Rekayasa Sistem & Industri (JRSI)*, 3(02), 31. <https://doi.org/10.25124/jrsi.v3i02.29>
- Hidayah, N. Y., & Ahmadi, N. (2017). Analisis Pemeliharaan Mesin Blowmould Dengan Metode RCM Di PT. CCAI. *Jurnal Optimasi Sistem Industri*, 16(2), 167. <https://doi.org/10.25077/josi.v16.n2.p167-176.2017>
- Hipni ahmad, R. E. (2018). *Implementation MTBF (Mean Time Between Failures) to Reduce Cost of Maintenance Painting Line & Product Defect at Sparepart Accessories Factory*. 3(6).
- Jr.F.B.B Reinaldo, Santoso Purnomo budi, soekono R. (2013). Analisa dan Penerapan Model Maintenance Quality Function Deployment (MQFD) untuk Meningkatkan Kualitas Sistem Pemeliharaan Mesin Gilingan (Studi. *jurnal*

rekayasa mesin, 4(1), 1–11.

- Kurniawan, B. H., Yusuf, M., & Parwati, C. I. (2016). Evaluasi Perawatan Mesin Dengan Metode Fault Tree Analysis (FTA) dan Failure Mode And Effect Analysis (FMEA) pada Cv. Julang Marching. *Jurnal Rekavasi Teknik Industri*, 4(2), 60–118.
- Palit, H. C., & Sutanto, W. (2015). Perancangan RCM Untuk Mengurangi Downtime Mesin Pada Perusahaan Manufaktur Alumunium. *Prosiding Seminar Nasional Manajemen Teknologi XV*, 2(11), 1–7.
- Pramesti Vanni Dyah, Ag Eko Susetyo, P. S. T. I., & Yogyakarta, U. S. T. (2018). Analisis Penerapan Metode Reliability Centered Maintenance (Rcm) Untuk Meningkatkan Keandalan Pada Sistem Maintenance. *Industrial Engineering Journal of The University of Sarjanawiyata Tamansiswa*, 2(1), 44–53.
- Prasetya Dwi, A. I. W. (2018). Menggunakan Metode Reliability Centered Maintenance (Rcm) (Studi Kasus : Pltu Paiton Unit 3). *JISO: Journal Of Industrial And Systems Optimization*, 1(1), 7–14.
- Rasindyo, M. R., Kusmaningrum, & Helianty, Y. (2015). Analisis Kebijakan Perawatan Mesin Cincinnati Dengan Menggunakan Metode Reliability Centered Maintenance Di PT. Dirgantara Indonesia. *Jurnal Online Institut Teknologi Nasional*, 03(1), 400–410.
- Sari Diana Puspita, R. M. F. (2017). Evaluasi Manajemen Perawatan dengan Metode Reliability Centered Maintenance (RCM) II pada Mesin Cane Cutter 1 dan 2 di Stasiun Gilingan PG Meritjan - Kediri. *Jurnal Teknik Industri*, 10(2), 99. <https://doi.org/10.21107/rekayasa.v10i2.3611>
- Syhabuddin, A. (2019). Analisis Perawatan Mesin Bubut Cy-L1640G Dengan Metode Reliability Centered Maintenance (Rcm) Di PT. Polymindo Permata. *JITMI (Jurnal Ilmiah Teknik dan Manajemen Industri)*, 2(1), 27. <https://doi.org/10.32493/jitmi.v2i1.y2019.p27-36>
- Wawan, E. Febianti, P. F. (2017). Usulan Peningkatkan Keandalan Mesin Main Pump Hydraulic Unit Pada Lini Continuous Casting. *Jurnal Teknik Industri*, 5(2), 3–8.

- Charis, N. M. (2016). *Analisa Kegagalan Dan Usulan Kebijakan Maintenance Mesin Carding Dengan Metode Reliability Centered Maintenance II (RCM II)(Studi Kasus: PT Sari Warna Asli Unit V Kudus–Spinning II)* (Doctoral Dissertation, Fakultas Teknologi Industri Unissula).
- Reskin, M. R. (2018). *Analisis Kecelakaan Kerja Karyawan Produksi Dengan Pendekatan Fault Tree Analysis (FTA)*(Studi Kasus: Cv. Jordan Semarang) (Doctoral Dissertation, Universitas Islam Sultan Agung).
- Sahal, M. F., Syakhroni, A., & Marlyana, N. (2020). Perancangan Penjadwalan Perawatan Mesin Sewing Dengan Metode *Reliability Centered Maintenance (RCM II)* Di PT Apparel One Indonesia. *Prosiding Konferensi Ilmiah Mahasiswa Unissula (KIMU) Klaster Engineering*, 0(0), 180–188.
- Ardianto, W. (2020). *Peningkatan Kinerja Belt Conveyor 244bc5 Di Seksi Operasi Crusher Pt. Semen Gresik, Pabrik Tuban Menggunakan Metode Value Engineering* (Doctoral Dissertation, Universitas Islam Sultan Agung Semarang).
- Fatmawati, W., Sukendar, I., & Suprobo, P. S. (2009). PENJADWALAN KERJA DENGAN METODE ALGORITMA ACTIVE SCHEDULE DAN HEURISTIC SCHEDULE UNTUK MINIMISASI WAKTU PENYELESAIAN. In *dalam Proceedings Seminar Nasional Teknologi Industri (SNT), Semarang*.
- Ambara, A. A., Marlyana, N., & Syakhroni, A. (2020). ANALISA EFEKTIVITAS MESIN TENUN PRODUKSI C1037 MENGGUNAKAN PENGUKURAN OVERALL EQUIPMENT EFFECTIVENESS (OEE)(Studi Kasus: PT. Apac Inti Corpora). *Prosiding Konferensi Ilmiah Mahasiswa Unissula (KIMU) Klaster Engineering*.
- Tifani, R. M., Sugiyono, A., & Fatmawati, W. (2020). ANALISA EFEKTIFITAS MESIN AIR JET LOOM (AJL) GUNA MENGURANGI BREAKDOWN DENGAN METODE OVERALL EQUIPMENT EFFECTIVENESS (OEE) dan SIX BIG LOSSES DI PT. PRIMATEXCO INDONESIA. *Prosiding Konferensi Ilmiah Mahasiswa Unissula (KIMU) Klaster Engineering*.

KUESIONER KRITERIA *SEVERITY, OCCURENCE, DETECTION*

Assalamu'alaikum wr. wb.

Saya Kasinta Lovianti mahasiswa angkatan 2016 Jurusan Teknik Industri Fakultas Teknologi Industri Universitas Islam Sultan Agung Semarang yang sedang melakukan penelitian Tugas Akhir dengan judul **“UPAYA MENGURANGI *DOWNTIME* MESIN *CEMENT MILL* INDARUNG IV MENGGUNAKAN METODE *RELIABILITY CENTERED MAINTENANCE*”**.

Sehubungan dengan penelitian tersebut, saya memohon bantuan dan kesediaan bapak/ibu untuk berkenan mengisi kuesioner ini. Identitas dan informasi responden terkait kuesioner ini.

Wassalamu'alaikum wr. wb.

IDENTITAS

Nama :

Jabatan :

TINGKAT KEPENTINGAN

Kuesioner Kriteria ini bertujuan untuk mengetahui kriteria *severity, occurence, detection* dari masing-masing komponen mesin *Cement Mill*. Pernyataan dibawah ini bermaksud untuk mengetahui pendapat staff mengenai tingkat kriteria-kriteria *severity, occurence, detection*. Proses ini dilakukan dengan menetapkan skala 1 hingga 10 untuk mendapatkan nilai suatu kriteria. Skala tersebut akan dijelaskan pada tabel dibawah ini :

Petunjuk Pengisian

Berilah nilai angka pada masing-masing kolom hasil penilaian di tabel *severity*, *occurrence* dan *detection* yang sesuai menurut Anda untuk digunakan menghitung nilai RPN.

Berikut ini merupakan kuesioner penilaian *kriteria severity*, *occurrence*, *detection* yang akan digunakan dalam perhitungan RPN yaitu sebagai berikut :

1. Kriteria Severity

No	Komponen Cement Mill Indarung IV	Hasil Penilaian Criteria Severity
1.	<i>Gear box</i>	7
2.	Sekring	5
3	<i>Belt conveyer</i>	6
4	Motor	4
5	<i>Bucket levator</i>	7
6	<i>Stell belt elevator</i>	5
7	Kabel	3
8	Alarm	6
9	Bearing	6

Keterangan :

Ranking	Klasifikasi Severity : prioritas Equipment Cement Mill Indarung IV	Kriteria : Saverity dari Kegagalan Cement Mill Indarung IV
10	Berbahaya tanpa peringatan	Tingkat kegagalan sangat tinggi ketika potensi kegagalan berakibat terhadap keamanan tanpa ada peringatan sebelumnya.
9	Berbahaya dengan peringatan	Tingkat kegagalan sangat tinggi ketika potensi kegagalan berakibat terhadap keamanan ada peringatan sebelumnya
8	Sangat tinggi	Mesin tidak beroperasi
7	Tinggi	Mesin beroperasi tapi dengan performa berkurang. Sangat tidak puas terhadap kinerja mesin peralatan
6	Sedang	Mesin beroperasi tapi tingkat kenyamanan tidak terpenuhi, tidak puas terhadap kinerja mesin peralatan
5	Rendah	Mesin beroperasi tapi tingkat kenyamanan performa kurang. Sebagain tidak puas terhadap kinerja mesin peralatan
4	Sangat rendah	Tingkat kegagalan mesin tidak terpenuhi, kerusakan di rasakan 75%
3	Minor	Tingkat kegagalan mesin tidak terpenuhi, kerusakan di rasakan 50%
2	Sangat minor	Tingkat kegagalan mesin tidak terpenuhi kerusakan dirasakan 25%
1	Tidak ada	Hampir tidak ada efek

2. *Kriteria Occurence*

No	Komponen <i>Cement Mill Indarung IV</i>	Hasil Penilaian <i>Criteria Occurence</i>
1.	<i>Gear box</i>	4
2.	Sekring	5
3	<i>Belt conveyer</i>	6
4	Motor	4
5	<i>Bucket levator</i>	3
6	<i>Stell belt elevator</i>	2
7	Kabel	2
8	Alarm	2
9	Bearing	2

Keterangan :

Ranking	Klasifikasi <i>occurence</i> : Prioritas <i>Equipment Cement Mill Indarung IV</i>	Kriteria : <i>Occurence</i> Dari Kegagalan <i>Cement Mill Indarung IV</i>
10 dan 9	Sangat tinggi	Kegagalan yang tak terganti
8 dan 7	Tinggi	Kegagalan berulang
6 dan 5	Sedang	Kegagalan sesekali
4,3 dan 2	Rendah	Sedikit kegagalan
1	Sangat rendah	Sangat sedikit kegagalan

3. Kriteria *Detection*

No	Komponen <i>Cement Mill Indarung IV</i>	Hasil Penilaian <i>Criteria Detection</i>
1.	<i>Gear box</i>	8
2.	<i>Sekring</i>	2
3.	<i>Belt conveyor</i>	5
4.	<i>Motor</i>	8
5.	<i>Bucket levator</i>	7
6.	<i>Stell belt elevator</i>	9
7.	Kabel	9
8.	Alarm	5
9	Bearing	7

Keterangan :

Ranking	Klasifikasi <i>Detection</i> : prioritas <i>Equipment</i> <i>Cement Mill Indarung IV</i>	Kriteria : <i>Detection</i> dari Kegagalan <i>Cement Mill Indarung IV</i>
10	Hampir tidak mungkin	Pengontrol tidak dapat mendeteksi kegagalan
9	Sangat jarang	Sangat jauh kemungkinan pengontrol akan menemukan potensi kegagalan
8	Jarang	Jarang kemungkinan menemukan potensi kegagalan
7	Sangat rendah	Kemungkinan untuk mendeteksi kegagalan sangat rendah
6	Rendah	Kemungkinan untuk mendeteksi kegagalan rendah
5	Sedang	Kemungkinan untuk mendeteksi kegagalan sedang
4	Agak tinggi	Kemungkinan untuk mendeteksi kegagalan agak tinggi
3	Tinggi	Kemungkinan untuk mendeteksi kegagalan tinggi
2	Sangat tinggi	Kemungkinan untuk mendeteksi kegagalan sangat tinggi
1	Hampir pasti	Kegagalan dalam proses tidak dapat terjadi karena telah di cegah melalui solusi