

## Analisis Penerapan Sistem Perawatan dengan Menggunakan Metode Reliability Centered Maintenance (RCM) pada Cement Mill Type Tube Mill di PT Cemindo Gemilang Medan

Rima Melati Simanungkalit, Suliawati, Tri Hernawati

Fakultas Teknik, Program Studi Teknik Industri, Universitas Islam Sumatera Utara, Medan, Indonesia

### INFORMASI ARTIKEL

Diterima Redaksi: 26 Desember 2022

Revisi Akhir: 13 Juni 2023

Diterbitkan Online: 04 Juli 2023

### KATA KUNCI

RCM; Reliability; FMEA; MSI; Inherent Availability

### KORESPONDENSI

Phone: +62 822 8898 4050

E-mail: [rimasimanungkalit07@gmail.com](mailto:rimasimanungkalit07@gmail.com)

### A B S T R A K

PT Cemindo Gemilang Medan merupakan salah satu perusahaan yang bergerak dibidang industri manufaktur yang menghasilkan produk berupa semen dengan kapasitas produksi 30 ton/jam. Salah satu proses yang berlangsung adalah proses penggilingan material pembuatan semen yang berlangsung di *Cement Mill*. Berdasarkan data-data yang didapat dari departemen produksi, diambil data selama 6 bulan pada periode bulan Januari 2022 – Juni 2022. Diketahui bahwa mesin *Cement Mill* mengalami total *downtime* yang mengakibatkan proses produksi menurun, dimana proses produksi berlangsung secara kontinyu yaitu 24 jam per hari. Untuk mengatasi permasalahan tersebut maka dilakukan analisa penerapan sistem perawatan dengan menggunakan metode *Reliability Centered Maintenance* (RCM) melalui pendekatan *Failure Mode and Effect Analysis* (FMEA) sebuah prosedur struktural guna mengetahui dan mencegah terjadinya kegagalan dengan menentukan faktor kualitatif komponen kritis dan menghitung nilai resiko prioritas (RPN). Menurut Anthony M. Smith, 1992 (Shinta, dkk 2021) penelitian dengan metode RCM (Reliability Centered Maintenance), secara umum dibagi menjadi 2 yaitu, secara kualitatif dan secara kuantitatif. Analisa kualitatif terdiri dari FMEA (Failure Mode and Effect Analysis), dan LTA (Logic Tree Analysis). Sedangkan analisa kuantitatif terdiri dari perhitungan MTBF (Mean Time Between Failure), MTTR (Mean Time to Repair), penentuan reliability, dan failure rate. Dari hasil analisa kualitatif terdapat 4 komponen MSI (Maintenance Significant Item), yaitu mill bearing, mill diaphragm, mill fan dan vibrating sensor. Dari hasil Analisa kuantitatif didapatkan subsistem dengan reliability rate berdasarkan Inherent Availability-nya yang paling rendah yaitu mill fan sebesar 79,92%. Tindakan dan rencana perawatan yang disarankan berdasarkan metode RCM (Reliability Centered Maintenance) yaitu melakukan pengecekan secara rutin, membuat re-design untuk mengurangi failure, serta melakukan training pada bagian maintenance mengenai konsep perawatan.

### PENDAHULUAN

Parameter kepuasan konsumen semakin tinggi khususnya dibidang industri manufaktur, salah satunya menginginkan produk bisa diterima dengan waktu yang cepat dan kualitas yang bagus. Untuk memenuhi parameter ini, perusahaan harus melakukan sistem perawatan yang tepat untuk memastikan mesin produksinya dalam kondisi handal. Mesin yang handal akan mendukung pencapaian target produksi baik secara kualitas maupun kuantitas [1].

PT Cemindo Gemilang Medan merupakan salah satu perusahaan yang bergerak dibidang industri manufaktur yang menghasilkan produk berupa semen dengan kapasitas produksi 30 ton/jam. Salah satu proses yang berlangsung di PT Cemindo Gemilang Medan adalah proses penggilingan material pembuatan semen yang berlangsung di *Cement Mill*. Bahan baku yang telah ditransport ke dalam *Cement Mill* akan melalui 4 tahapan proses, yaitu penghancuran (*Crushing*), penghalusan (*Cascading*), pengeringan (*Drying*) dan transportasi (*Transporting*), dimana empat tahapan ini berlangsung secara berkesinambungan didalam *ball mill*. Sistem kerja pada mesin *Cement Mill* sangat mempengaruhi sistem kerja

pada mesin-mesin lain yang terjadi dalam proses pembuatan semen di PT Cemindo Gemilang Medan. Oleh karena itu mesin *Cement Mill* dikategorikan sebagai mesin kritis, sehingga perusahaan mengharapkin kinerja dari mesin *Cement Mill* berjalan maksimal dan dapat beroperasi sesuai dengan fungsinya.

Berdasarkan data-data yang didapat dari departemen produksi, diambil data selama 6 bulan pada periode bulan Januari 2022 – Juni 2022. Diketahui bahwa mesin *Cement Mill* mengalami total *downtime* yang mengakibatkan proses produksi menurun, dimana proses produksi berlangsung secara kontinyu yaitu 24 jam per hari. Untuk mengatasi permasalahan tersebut peneliti menganalisa penerapan sistem perawatan dengan menggunakan metode *Reliability Centered Maintenance* (RCM) melalui pendekatan *Failure Mode and Effect Analysis* (FMEA) sebuah prosedur struktural guna mengetahui dan mencegah terjadinya kegagalan dengan menentukan faktor kualitatif komponen kritis dan menghitung nilai resiko prioritas (RPN). Dimana kunci dari penerapan *Reliability Centered Maintenance* (RCM) selain mempertimbangkan dari segi Reliabilitas (menjamin aset beroperasi sesuai dengan desain asli dan menjalankan fungsinya sesuai yang diharapkan) ialah adanya identifikasi kegagalan-kegagalan fungsi pada sistem atau komponen, hal demikian dapat menjamin kebijakan atau tindakan-tindakan yang dilakukan sesuai dengan karakteristik kerusakan pada fasilitas.

## TINJAUAN PUSTAKA

### Penelitian Terdahulu

Tabel 1 Penelitian Terdahulu

NO	Nama Peneliti	Judul Penelitian	Tahun Penelitian	Variabel Penelitian	Alat Analisis	Hasil Penelitian
1	Ilham, Ida, dan Heksa	Analisis Sistem Perawatan Mesin Bubut Menggunakan Metode Reliability Centered Maintenance (RCM) Di Cv. Jaya Perkasa Teknik	2021	Sistem Perawatan Mesin Bubut	Metode Kuantitatif FMEA, LTA, Total Minimum Downtime	Sistem Perawatan berpengaruh terhadap total biaya pemeliharaan berdasarkan interval waktu pergantian optimum
2	Hj Ninny Siregar, Sirmas Munthe	Analisa Perawatan Mesin Digester Dengan Metode Reliability Centered Maintenance (RCM) Pada PTPN II Pagar Merbau	2019	Sistem Perawatan Mesin Digester	Metode FMEA, LTA, Total Minimum Downtime	Meningkatkan keandalan mesin Digester dengan Menurunkan Breakdown Time
3	Hauf Wildan, Hadi Suroso, dan Denny	Implementasi Reliability Centered Maintenance (RCM) Pada Weigher M-2306 Unit Phosphoric Acid (PA) Di PT Ptrokimia Gresik	2021	Sistem Weigher	Metode Analisa Kuantitatif & Kualitatif dengan Implementasi Software RCM yaitu Reliasoft Weibull++ 6	Meningkatkan keandalan system Weigher, Antisipasi Kegagalan Sistem

### Pemeliharaan (*Maintenance*)

Suatu kegiatan yang dilakukan secara berulang-ulang dengan tujuan agar peralatan selalu memiliki kondisi yang sama dengan keadaan awalnya. *Maintenance* atau pemeliharaan merupakan ujung tombak menurunkan biaya, menurunkan kerusakan mesin dan meningkatkan efisiensi. Mereka selalu dibutuhkan untuk mendukung sistem manufaktur [2].

### Reliability Centered Maintenance (RCM)

Sebuah pendekatan sistematis untuk mengevaluasi sebuah fasilitas dan sumber daya untuk menghasilkan reliability yang tinggi dan biaya yang efektif. Penekanan terbesar pada *Reliability Centered Maintenance* (RCM) adalah menyadari bahwa konsekuensi atau resiko dari kegagalan adalah jauh lebih penting dari pada karakteristik teknik itu sendiri [2].

Pendekatan RCM dalam melaksanakan program maintenance dominan bersifat predictive dengan pembagian sebagai berikut:

1. < 10% Reactive.
2. 25% - 35% Preventive.
3. 45% - 55% Predictive.

Analisa proses RCM berdasarkan “seven basic question”. Ketujuh pertanyaan itu diterjemahkan ke dalam analisa proses RCM yang dibagi menjadi tiga tahap meliputi pertama identifikasi fungsi, kedua analisa kegagalan fungsional dan ketiga seleksi kegiatan.

### Identifikasi MSI

Dimaksudkan untuk melakukan pemilihan komponen yang layak untuk dilakukan perawatan atau tetap pada perencanaan perawatan yang sudah ada. Pemilihan dilakukan berdasarkan jenis kategori kekritisitas (*criticality categories*) dari dampak kegagalan fungsional dari komponen yang secara fungsional diidentifikasi dalam hirarki fungsional sistem. Moubray [3] meninjau kekritisitas dari beberapa aspek antara lain:

1. Keamanan pekerja (*personal safety*)
2. Polusi terhadap lingkungan (*pollution to the environment*)
3. Ketersediaan sistem (*system availability*)

Tabel 2 Tabel Bobot Nilai dan Koefisien Kekritisitas Berdasarkan Dampak Kegagalan.

No	Dampak Kegagalan	Bobot Nilai	Kategori Kekritisitas	Koefisien
1	Safety (S)	1	Tidak menimbulkan kecelakaan	0.3
		2	Kemungkinan menimbulkan kecelakaan	
		3	Kemungkinan mengakibatkan kematian	
2	Enviroment (E)	1	Tidak menimbulkan polusi	0.15
		2	Polusi yang ditimbulkan tidak parah	
		3	Polusi yang ditimbulkan parah	
3	Availability (A)	1	Sistem tidak berfungsi kurang dari 4 jam	0.3
		2	Sistem tidak berfungsi 4-8 jam	
		3	Sistem tidak berfungsi lebih dari 8 jam	
4	Cost (C)	1	Total biaya perbaikan tanpa melakukan PM akan lebih kecil dibanding total biaya perbaikan ditambah biaya PM	0.25
		2	Total biaya perbaikan tanpa melakukan PM akan 1 s/d 5 kali lebih besar dibanding total biaya perbaikan ditambah biaya PM	
		3	Total biaya perbaikan tanpa melakukan PM akan 5 kali lebih besar dibanding total biaya perbaikan ditambah biaya PM	

Sumber: Moubray, 1997

Berdasarkan pada Tabel 2 dapat diketahui kategori kekritisitas beserta koefisiennya. Formula pendekatan yang digunakan untuk menentukan indeks kekritisitas suatu komponen adalah:

$$MSI = [(S*0.3) + (E*0.15) + (A*0.3) + (C*0.25)]$$

Jika nilai MSI > 1.5 maka analisa dan dampak kegagalan (FMEA) dapat dilakukan.

### Failure Mode and Effect Analysis (FMEA)

FMEA merupakan suatu metode yang bertujuan untuk mengevaluasi desain sistem dengan mempertimbangkan bermacam-macam mode kegagalan dari sistem yang terdiri dari komponen-komponen dan menganalisis pengaruh-pengaruhnya terhadap keandalan sistem tersebut [4]. Konsep FMEA adalah sebagai alat perencanaan kualitas untuk mengidentifikasi kegagalan atau kerusakan. Hasil dari FMEA berupa rencana tindakan untuk eliminasi atau penyelidikan kegagalan.

Arti FMEA secara harfiah adalah:

1. *Failure* yaitu prediksi kemungkinan kegagalan atau cacat.
2. *Mode* yaitu penentuan mode kegagalan.
3. *Effect* yaitu identifikasi pengaruh tiap komponen terhadap kegagalan.
4. *Analysis* yaitu perbaikan berdasarkan hasil evaluasi terhadap penyebab.

Dalam FMEA, dilakukan perhitungan *Risk Priority Number* (RPN) untuk menentukan tingkat prioritas dari suatu kegagalan. RPN merupakan hubungan antara tiga buah variabel yaitu *Severity* (Keparahan), *Occurance* (Frekuensi Kejadian), dan *Detection* (Deteksi Kegagalan) yang menunjukkan tingkat resiko yang mengarah pada tindakan perbaikan. *Risk Priority Number* ditentukan dengan persamaan sebagai berikut:

$$RPN = Severity \times Occurance \times Detection$$

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

Hasil RPN menunjukkan tingkatan prioritas peralatan yang dianggap beresiko tinggi, sebagai penunjuk ke arah tindakan perbaikan. Ada tiga komponen yang membentuk nilai RPN. ketiga komponen tersebut adalah:

### Severity (Keparahan)

Severity adalah tingkat keparahan atau efek yang ditimbulkan oleh kegagalan terhadap keseluruhan mesin. Severity tersusun atas angka 1 hingga 10 [4]. Kriteria penentuan severity dapat dilihat pada Tabel 3 berikut ini:

Table 3 Kriteria dan skala rangking untuk Severity

No	Efek	Kriteria: Severity untuk FMEA	Rangking
1	- Kinerja sistem Berhenti - Berbahaya tanpa peringatan	<ul style="list-style-type: none"> <li>Mesin rusak parah</li> <li>Tidak tersedianya komponen pengganti</li> <li>Tingkat operator maintenance dan keselamatan tidak sesuai dengan peraturan pemerintah yang tidak disertai peringatan</li> </ul>	10
2	- Kinerja sistem berjalan dengan sangat lambat - Berbahaya dan ada peringatan	<ul style="list-style-type: none"> <li>Mesin rusak cukup parah</li> <li>Tidak tersedianya komponen pengganti</li> <li>Tingkat operator maintenance dan keselamatan tidak sesuai dengan peraturan pemerintah yang disertai peringatan</li> </ul>	9
3	- Kinerja sistem berjalan dengan lambat - Sangat tinggi	<ul style="list-style-type: none"> <li>Mesin rusak cukup parah</li> <li>Komponen atau spare part tersedia</li> <li>Downtime lebih dari 8 jam</li> </ul>	8
4	- Kinerja Sistem berjalan dengan sedikit tersendat - Tinggi	<ul style="list-style-type: none"> <li>Mesin rusak cukup parah</li> <li>Mesin dapat beroperasi secara manual</li> <li>Downtime diantara 4 – 8 jam</li> </ul>	7
5	- Kinerja Sistem berjalan cukup lancar - Sedang	<ul style="list-style-type: none"> <li>Mesin rusak ringan</li> <li>Mesin dapat beroperasi secara manual</li> <li>Downtime diantara 1 – 4 jam</li> </ul>	6
6	- Kinerja Sistem berjalan lancar - Rendah	<ul style="list-style-type: none"> <li>Mesin rusak ringan</li> <li>Rusak pada settingan mesin</li> <li>Downtime diantara 0,5 – 1 jam</li> </ul>	5
7	- Kinerja Sistem Berjalan dengan perlakuan khusus - Sangat rendah	<ul style="list-style-type: none"> <li>Mesin rusak ringan</li> <li>Downtime diantara 10 – 30 menit</li> </ul>	4
8	- Kinerja Sistem sedikit terganggu - Kecil	<ul style="list-style-type: none"> <li>Mesin rusak ringan</li> <li>Menunggu komponen atau spare part</li> <li>Downtime terjadi hingga 10 menit</li> </ul>	3
9	- Kinerja Sistem tetap berjalan - Sangat Kecil	<ul style="list-style-type: none"> <li>Mesin Error</li> <li>Salah Setting-an</li> <li>Variasi parameter proses tidak didalam batas spesifikasi.</li> <li>Pengaturan atau pengendalian proses lainnya dibutuhkan selama produksi.</li> <li>Tidak terdapat downtime.</li> </ul>	2
10	- Kinerja Sistem tidak terganggu - Tidak Ada	<ul style="list-style-type: none"> <li>Mesin kotor</li> <li>Vriasi parameter proses didalam batas spesifikasi.</li> <li>Pengaturan atau pengendalian proses dapat dilakukan selama maintenance rutin.</li> </ul>	1

Sumber: Stamatis, D. H, 2003;79

### Occurence (Frekuensi Kejadian)

Occurence adalah tingkat keseringan terjadinya kerusakan atau kegagalan. Occurence berhubungan dengan estimasi jumlah kegagalan kumulatif yang muncul akibat suatu penyebab tertentu pada mesin [4].

Table 4. Kriteria dan skala ranking untuk *Occurence*

No	<i>Probability of Occurance</i>	Rangking
1	Lebih besar dari 50% per total jumlah kerusakan mesin	10
2	35 – 50% per total jumlah kerusakan mesin	9
3	31 – 35% per total jumlah kerusakan mesin	8
4	26 – 30% per total jumlah kerusakan mesin	7
5	21 – 25% per total jumlah kerusakan mesin	6
6	15 – 20% per total jumlah kerusakan mesin	5
7	11 – 14% per total jumlah kerusakan mesin	4
8	5 – 10% per total jumlah kerusakan mesin	3
9	< 5% per total jumlah kerusakan mesin	2
10	Tidak pernah sama sekali	1

Sumber: Stamatis, D. H, 2003;81

### **Detection (Deteksi)**

*Detection* diberikan pada sistem pengendalian yang digunakan saat ini yang memiliki kemampuan untuk mendeteksi penyebab atau mode kegagalan [4]. Kriteria penilaian *detection* dapat dilihat pada Tabel 5.

Table 5. Kriteria dan skala ranking untuk *Detection*

No	Deteksi	<i>Criteria Likelihood of Detection</i>	Rangking
1	Sepenuhnya tidak pasti	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Alat atau informasi tidak dapat mendeteksi penyebab kerusakan</li> </ul>	10
2	Sangat Jarang	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Sangat jarang kemungkinannya alat atau informasi mendeteksi penyebab kerusakan</li> <li>• Alat untuk mendeteksi kerusakan mengalami keausan dan di dalam alat tersebut ada komponen yang rusak</li> </ul>	9
3	Jarang	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Jarang kemungkinannya alat atau informasi untuk mendeteksi penyebab kerusakan</li> </ul>	8
4	Sangat rendah	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Kemampuan alat atau informasi untuk mendeteksi kerusakan sangat rendah</li> </ul>	7
5	Rendah	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Alat atau informasi untuk mendeteksi kerusakan rendah</li> </ul>	6
6	Cukup	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Alat atau informasi untuk mendeteksi kerusakan cukup untuk mendeteksi penyebab kerusakan</li> </ul>	5
7	Cukup tinggi	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Alat atau informasi cukup tinggi kemungkinannya dalam mendeteksi penyebab kerusakan</li> </ul>	4
8	Tinggi	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Alat atau informasi tinggi kemungkinannya dalam mendeteksi penyebab kerusakannya</li> </ul>	3
9	Sangat tinggi	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Alat atau informasi sangat tinggi dapat mendeteksi penyebab kerusakan</li> </ul>	2
10	Hampir pasti	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Operator produksi dalam memberikan laporan kerusakan sama engga napa yang terjadi di lapangan</li> </ul>	1

Sumber: Stamatis, D. H, 2003;81

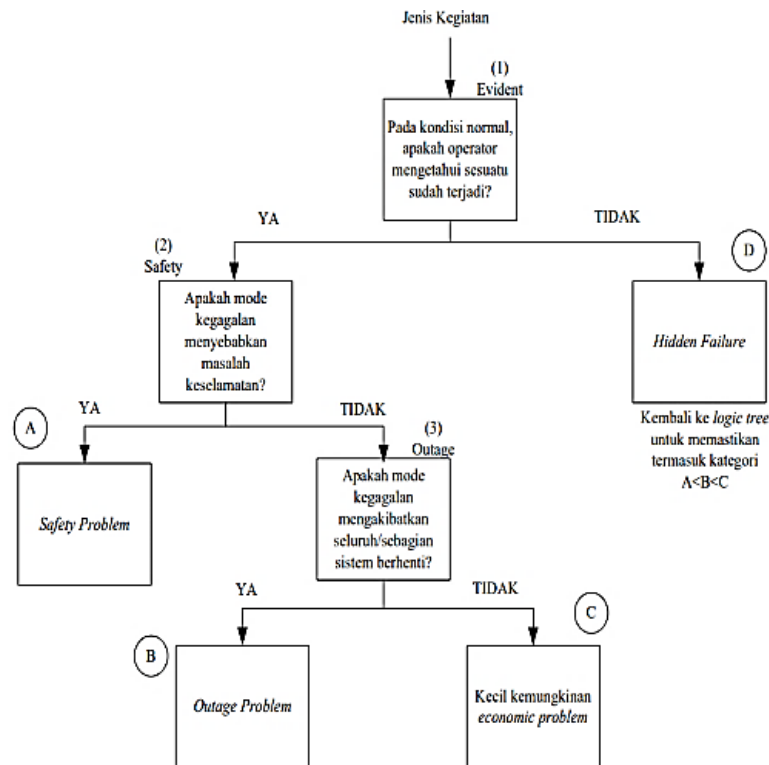
### **Logic Tree Analysis (LTA)**

Penyusunan *Logic Tree Analysis* (LTA) memiliki tujuan untuk memberikan prioritas pada tiap mode kerusakan dan melakukan tinjauan fungsi, kegagalan fungsi sehingga status mode kerusakan tidak sama. Prioritas suatu mode kerusakan dapat diketahui dengan menjawab pertanyaan-pertanyaan yang telah disediakan dalam LTA ini [5]. Analisis kekritisan menempatkan setiap mode kerusakan ke dalam satu dari empat kategori. Empat hal yang penting dalam analisis kekritisan yaitu sebagai berikut:

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

- a. Kategori A (*Safety problem*)
- b. Kategori B (*Outage problem*)
- c. Kategori C (*Economic problem*)
- d. Kategori D (*Hidden failure*)

Pada Gambar 1 berikut ini dapat dilihat struktur pertanyaan dari *Logic Tree Analysis* (LTA).



Gambar 1. *Logic Tree Analysis* (LTA)

### **Reliability (Keandalan)**

*Reliability* atau kehandalan adalah keadaan dimana suatu sistem, mesin maupun komponen dapat bekerja secara memuaskan dalam suatu periode waktu tertentu jika digunakan sesuai kondisi operasi standar (*specified operating conditions*) pada lingkungan tertentu dengan tanpa terjadinya kegagalan fungsi atau kerusakan [6]. Pemeliharaan komponen atau peralatan tidak bisa lepas dari pembahasan mengenai keandalan (*reliability*). Selain keandalan merupakan salah satu tolak ukur keberhasilan suatu sistem pemeliharaan, selain itu juga keandalan digunakan untuk menentukan penjadwalan pemeliharaan sendiri.

*Reliability* menurut Sifonte, J.R [5] antara lain sebagai berikut:

1. Untuk menentukan kemungkinan beroperasinya suatu sistem, mesin maupun komponen tanpa terjadi kerusakan dengan pengoperasian secara terus menerus sesuai dengan fungsinya.
2. *Reliability* menjadi indikator kondisi suatu sistem, mesin maupun komponen. Kondisi tersebut dapat berupa positif atau negatif. Kemampuan yang diharapkan (*Satisfactory Performance*) Komponen ini memberikan indikasi yang spesifik bahwa kriteria dalam menentukan tingkat kepuasan harus digambarkan dengan jelas. Untuk setiap unit terdapat suatu standar untuk menentukan apa yang dimaksud dengan kemampuan yang diharapkan.
3. Tujuan yang diinginkan, dimana kegunaan peralatan harus spesifik. Hal ini dikarenakan terdapat beberapa tingkatan dalam memproduksi suatu barang konsumen.
4. Waktu (*Time*) Waktu merupakan bagian yang dihubungkan dengan tingkat penampilan sistem, sehingga dapat menentukan suatu jadwal dalam dalam fungsi *reliability*.

*Reliability* dapat didefinisikan sebagai kemungkinan suatu sistem atau komponen dapat melakukan fungsinya dengan baik pada periode tertentu dan pada kondisi tertentu. Dimana frekuensi kegiatan pemeliharaan terhadap sistem komponen

akan berdampak pada kehandalan suatu sistem atau komponen tersebut. Sehingga kehandalan sistem berbanding terbalik dengan frekuensi kegiatan pemeliharaan perbaikan.

Berdasarkan pernyataan tersebut diatas maka fungsi reliability dapat dituliskan dengan rumus berikut (Lewis E, 1987 dalam [5]).

Fungsi *Reliability*

$$R(t) = e^{-t/MTBF} \quad (1)$$

$$= e^{-\lambda t} \quad (2)$$

Dimana:

R = Nilai Kehandalan

$\lambda$  = *Failure Rate*

t = Waktu Operasi / *Operating Time* (Jam)

e = Nilai *Exponensial* (2,718)

Untuk menghitung nilai operating time dapat menggunakan persamaan sebagai berikut (Nakajima, 1998) dalam [7]:

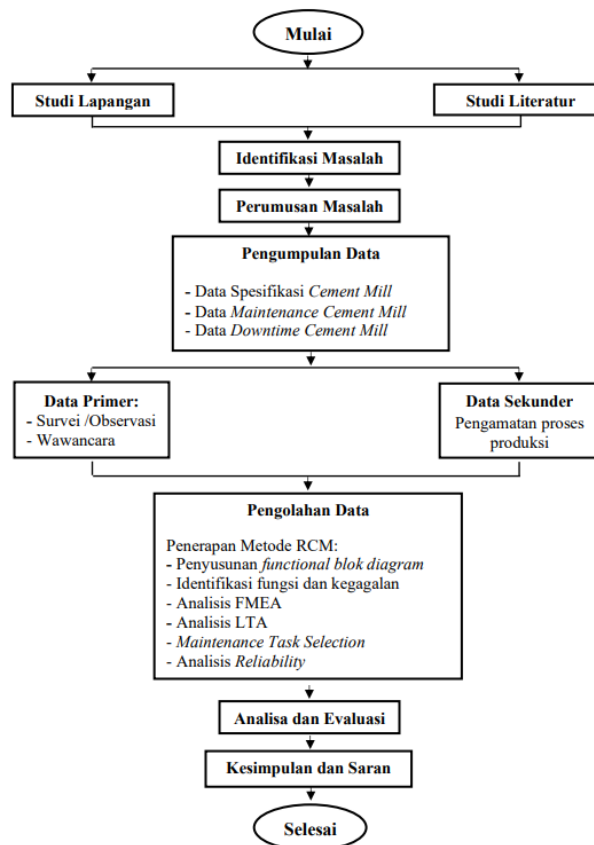
$$\text{Operating time} = \text{Loading time} - \text{downtime (jam)} \quad (3)$$

Dengan *loading time* dapat diperoleh sebagai berikut:

$$\text{Loading time} = \text{availability time} - \text{planned downtime} \quad (4)$$

Dimana *loading time* merupakan waktu produksi aktual yang merupakan pengurangan waktu total operasi mesin dikurangi dengan waktu pemeliharaan mesin yang terjadwal.

## METODOLOGI

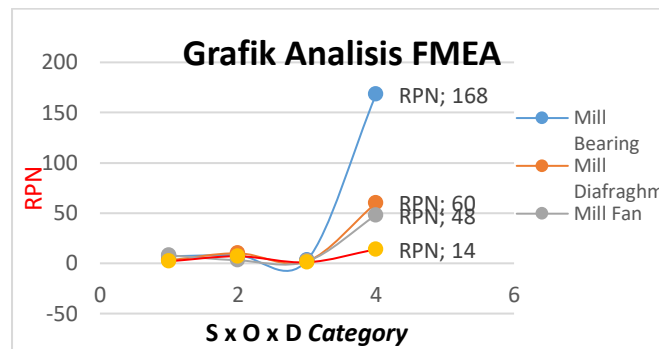


Gambar 2. Langkah-langkah Proses Penelitian

**HASIL DAN PEMBAHASAN**

**Analisis Failure Mode dan Komponen Kritis dengan FMEA (Failure Mode and Effect Analysis)**

Mesin kritis merupakan mesin yang mengalami frekuensi kerusakan terbesar dengan total nilai *downtime* terbesar [8]. Hasil pengolahan data untuk nilai RPN dapat dilihat sebagai berikut:



Gambar 3 Grafik Analisis FMEA

Berdasarkan grafik diatas maka dapat diketahui nilai komponen mesin *cement mill* yang memiliki nilai RPN tertinggi terdapat pada *mill bearing*, yaitu sebesar 168. Pada grafik memperlihatkan prioritas dari *cement mill* yang memiliki risiko paling tinggi dan membutuhkan tindakan perbaikan adalah *mill bearing*. *Failure* atau kegagalan dikarenakan sering terjadinya *overload input material* dan temperature yang terlalu tinggi, sehingga fungsi *mill bearing* sebagai salah satu alat transfer *input material* tidak berjalan.

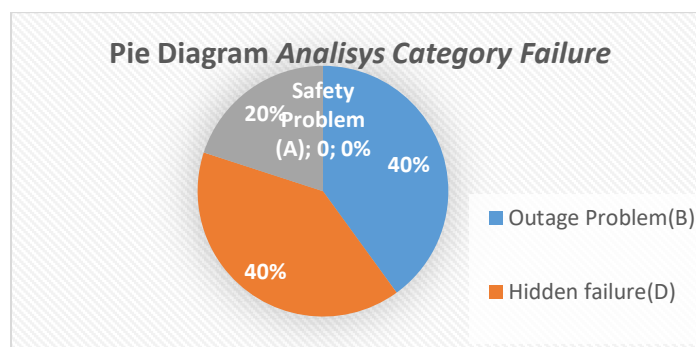
**Analisa Logic Tree Analisis (LTA)**

LTA merupakan proses yang kualitatif yang digunakan untuk mengetahui konsekuensi yang ditimbulkan oleh masing-masing *failure mode*. Tujuan *Logic Tree Analysis (LTA)* adalah mengklasifikasikan *failure mode* ke dalam beberapa kategori sehingga nantinya dapat ditentukan tingkat prioritas dalam penanganan masing-masing *failure mode* berdasarkan kategorinya [9].

Tabel 6 Hasil Identifikasi LTA pada komponen *Cement Mill*

NO	Nama Komponen	Kriteria Kegagalan			Kategori LTA	Keterangan
		E	S	O		
1	<i>Mill Bearing</i>	Y	N	Y	B	<i>Outage problem</i>
2	<i>Mill Diafraghm</i>	N	N	N	D	<i>Hidden failure</i>
3	<i>Mill Fan</i>	N	N	N	D	<i>Hidden failure</i>
4	<i>Vibrating Sensor</i>	Y	N	N	C	<i>Economic problem</i>

Sumber: Pengolahan Data



Gambar 4. Diagram Analisis Category Failure

Hasil *Logic Tree Analysis* yang ditunjukkan pada diagram, dari total *failure mode* pada setiap *komponen cement mill* menunjukkan bahwa 0% kategori A hal ini dikarenakan *Failure Mode* tidak mempunyai konsekuensi safety terhadap personel maupun lingkungan. 40% diantaranya adalah kategori B karena *Failure Mode* mempunyai konsekuensi terhadap operasional *plant* yang dapat menyebabkan sebagian atau seluruh proses produksi terhenti sehingga menimbulkan kerugian yang signifikan. Kemudian 20 % kategori C *failure mode* tidak berdampak pada safety maupun operasional *plant*

dan hanya menyebabkan kerugian ekonomi yang relatif kecil untuk perbaikan. 40 % kategori D karena *Failure Mode* tergolong sebagai *hidden Failure* yang berdampak pada frekuensi kegagalan yang relatif cepat dan menimbulkan kerugian ekonomi akibat lambatnya proses produksi berjalan.

### Analisa Pemilihan Tindakan Perawatan (Task Selection)

Pemilihan tindakan merupakan tahap terakhir dalam proses RCM. Proses ini akan menentukan tindakan yang tepat untuk mode kerusakan tertentu.

Tabel 7 Hasil Identifikasi *Task Selection* pada komponen *Cement Mill*

NO	Nama Komponen	Mode Kegagalan ( <i>Failure Mode</i> )	Kategori <i>Task Selection</i>		
			C.D	T.D	F.F
1	<i>Mill Bearing</i>	Kebocoran dan keausan pada sudu-sudu terpasang	N	Y	N
2	<i>Mill Diafraghm</i>	Penyumbatan dan <i>wet clogging</i>	N	N	Y
3	<i>Mill Fan</i>	Penyumbatan pada <i>fan bag filter</i>	N	N	Y
4	<i>Vibrating Sensor</i>	<i>Signal Error</i>	N	N	N

Sumber: Pengolahan Data

Dari pengolahan data *task selection* dapat diambil tindakan *maintenance* untuk masing-masing kegagalan pada komponen mesin *cement mill* adalah sebagai berikut:

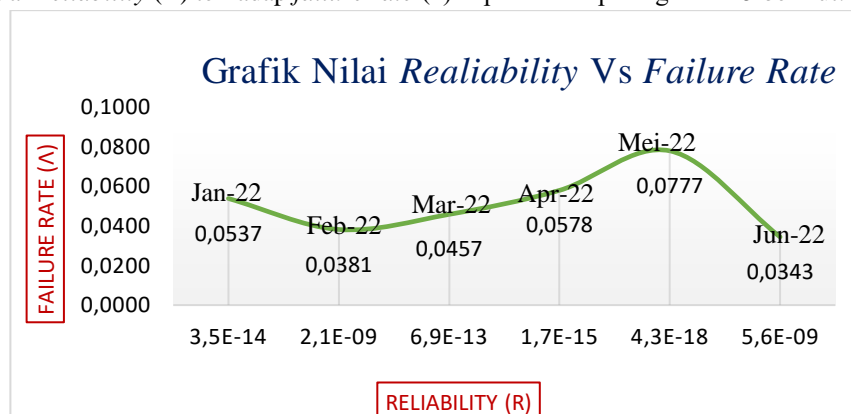
1. *Mill Bearing*: Tindakan perawatan yang harus dilakukan adalah *Time Directed* (T.D) yaitu melakukan *planned maintenance* (perawatan terencana) yang bertujuan untuk melakukan pencegahan langsung terhadap sumber kerusakan yang didasarkan pada waktu atau umur komponen.
2. *Mill Diafraghm*: Tindakan yang diambil adalah *Finding Failure* (F.F) dengan tujuan untuk menemukan kerusakan tersembunyi dengan pemeriksaan berkala,
3. dengan *ceck inspection*, terhadap sistem penyebab kegagalan fungsi pada *Mill Diafraghma*.
4. *Mill Fan* : Tindakan yang diambil adalah *Finding Failure* (F.F) melakukan *ceck sheet inspection* untuk menemukan kegagalan yang tersembunyi akibat komponen lain yang berkesinambungan pada *mill fan*, seperti pemeriksaan alat sensor dll.
5. *Vibrating Sensor*: Tindakan *maintenance* yang tepat adalah dengan *Re-Design* atau memodifikasi ulang *Vibrating Sensor*, yang bertujuan untuk mengatasi kegagalan fungsi akibat desain yang belum sesuai dengan kondisi area produksi atau lapangan.

### Analisis Keandalan (Reliability) dan Penerapan RCM pada Cement Mill

Berdasarkan hasil pengolahan data yang telah dilakukan, maka dapat dibuat analisa nilai keandalan fungsi sistem dan persentase penerapan RCM pada *cement mill* maupun setiap *komponen* pada fungsi system [10], sebagai berikut:

#### Analisis Fungsi Keandalan Sistem (Reliability) pada Cement Mill

Grafik nilai keandalan *reliability* (R) terhadap *failure rate* ( $\lambda$ ) dapat dilihat pada gambar 5 berikut:

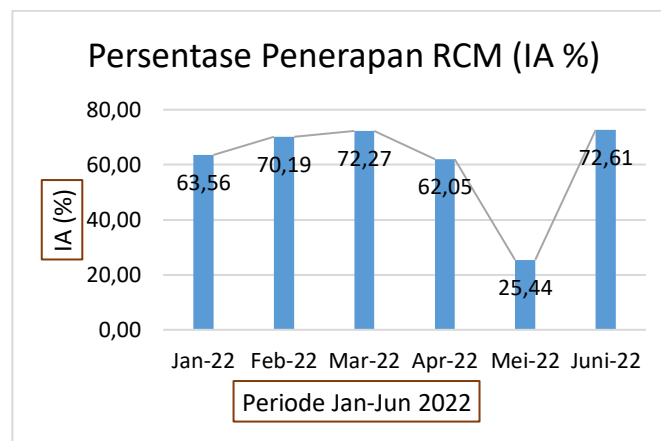


Gambar 5. Grafik Nilai *Reliability* Vs *Failure Rate* Periode Januari-Juni 2022

Berdasarkan hasil grafik dari nilai keandalan (*value of reliability*) terhadap nilai *failure rate* (rasio kegagalan) dapat diketahui bahwa nilai *reliability* berbanding terbalik terhadap jumlah kegagalan (*failure*), yaitu jika nilai kegagalan semakin besar maka nilai keandalan mesin tersebut semakin rendah. Artinya banyaknya jumlah kegagalan yang terjadi akan mempengaruhi keandalan mesin tersebut. Dari data pada grafik tersebut dapat dilihat bahwa nilai keandalan menurun drastis pada periode Mei 2022 yaitu sebesar  $4,3 \times 10^{-18}$ , hal ini dikarenakan *failure* yang meningkat dan mesin *cement mill* mengalami *overhaul* mesin dengan waktu yang relative lama untuk pergantian atau perbaikan komponen mesin *cement mill*.

#### Analisis Penerapan RCM pada Cement Mill

Persentase nilai penerapan sistem perawatan dengan menggunakan metode RCM dapat dilihat pada gambar 6 berikut:



Gambar 6. Grafik Persentase Penerapan RCM Periode Januari-Juni 2022

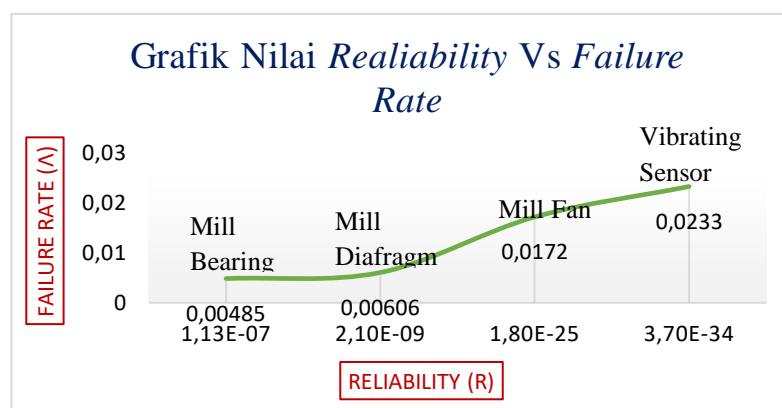
Dari *chart coloum* diatas dapat diketahui bahwa persentase yang paling rendah yaitu pada periode Mei 2022 sebesar 25,44%, nilai ini jauh diatas nilai yang diharapkan dan standar RCM menurut *ANSI* yaitu sebesar 90%. Hal ini dikarenakan *failure* yang meningkat dan mesin *cement mill* mengalami *overhaul* mesin dengan waktu yang relative lama untuk pergantian atau perbaikan komponen mesin *cement mill*. Sedangkan yang tertinggi yaitu sebesar 72,61% terjadi pada bulan Juni 2022.

#### Analisis Keandalan (Reliability) dan Penerapan RCM pada Sub Sistem Komponen Cement Mill

Berdasarkan hasil pengolahan data yang telah dilakukan, maka dapat dibuat analisa nilai keandalan fungsi sistem dan persentase penerapan RCM pada *Sub Sistem* Komponen Kritis *Cement mill*, sebagai berikut:

#### Analisis Fungsi Keandalan Sistem (Reliability) pada Cement Mill

Grafik nilai keandalan *reliability* (R) terhadap *failure rate* ( $\lambda$ ) dapat dilihat pada gambar 7 berikut:



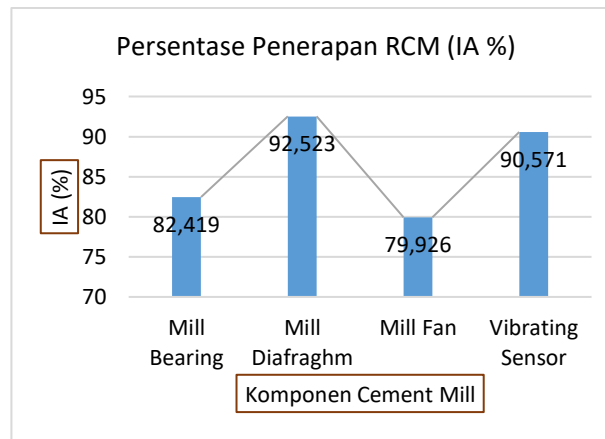
Gambar 7. Grafik Nilai Reliability Vs Failure Rate Pada Sub Sistem Komponen Cement Mill

Berdasarkan hasil grafik dari nilai keandalan (*value of reliability*) terhadap nilai *failure rate* (rasio kegagalan) dapat diketahui bahwa nilai *reliability* berbanding terbalik terhadap jumlah kegagalan (*failure*), yaitu jika nilai kegagalan

semakin besar maka nilai keandalan mesin tersebut semakin rendah. Artinya banyaknya jumlah kegagalan yang terjadi akan mempengaruhi keandalan mesin tersebut. Dari data pada grafik tersebut dapat diketahui bahwa nilai keandalan paling rendah yaitu pada *vibrating sensor* dengan nilai keandalan  $3,7 \times 10^{-34}$  dengan frekuensi kegagalan paling tinggi yaitu sebesar 0.0233 kerusakan/jam. Penyebab utamanya adalah kegagalan fungsi yang signifikan cukup besar terjadi pada *vibrating sensor* dikarenakan *hidden failure*.

#### Analisa Penerapan RCM pada Sub Sistem Komponen Cement Mill

Persentase nilai penerapan sistem perawatan dengan menggunakan metode RCM [7] dapat dilihat pada gambar 8 berikut:



Gambar 8. Grafik Persentase Penerapan RCM Pada Sub Sistem Komponen *Cement Mill*

Dari *chart coloum* diatas dapat diketahui bahwa persentase yang paling rendah yaitu pada *Mill Fan* yaitu sebesar 79,92% disusul dengan *Mill bearing* 82,41% nilai ini jauh diatas nilai yang diharapkan dan standar RCM menurut ANSI yaitu sebesar 90%. Sedangkan yang masih dalam kategori masih mencapai standart keandalan adalah *Mill diafraghm* dan *vibrating sensor*.

## KESIMPULAN DAN SARAN

Komponen (*sub sistem*) yang termasuk kategori kritis berdasarkan nilai MSI yang paling rendah pada *Cement Mill* yaitu *Mill Bearing* *Mill Diafraghm*, *Mill Fan* dan *Vibrating Sensor*. Nilai RPN yang tertinggi ada pada *mill bearing*, semakin tinggi nilai RPN maka *downtime* semakin sering terjadi dan tingkat keparahan yang semakin tinggi. Nilai keandalan menurun drastis pada periode Mei 2022 menjadi  $4,3 \times 10^{-18}$ , persentase penerapan RCM berdasarkan indeks *Inherent Availability* yang paling rendah yaitu pada periode Mei 2022 sebesar 25,44%, nilai ini jauh diatas nilai yang diharapkan dan standar RCM menurut ANSI yaitu sebesar 90%, dikarenakan tingginya *downtime* pada periode Mei 2022. Untuk Sub Sistem pada *cement mill*, dengan nilai *reliability* terendah yaitu pada *vibrating sensor* dengan nilai keandalan  $3,7 \times 10^{-34}$  dengan frekuensi kegagalan (*failure rate*) paling tinggi yaitu sebesar 0.0233 kerusakan/jam. Sedangkan persentase penerapan RCM berdasarkan indeks *Inherent Availability* yang paling rendah yaitu pada *Mill Fan* yaitu sebesar 79,92% disusul dengan *Mill bearing* 82,41%.

Tindakan dan rencana perawatan yang tepat untuk dilakukan berdasarkan metode RCM (*Reliability Centered Maintenance*) untuk *Mill Bearing*, *Mill Diafraghm*, *Mill Fan* dan *Vibrating Sensor* berturut-turut adalah *Time Directed* (T.D) yang bertujuan untuk melakukan pencegahan langsung terhadap sumber kerusakan yang didasarkan pada waktu atau umur komponen; *Finding Failure* (F.F) dengan tujuan untuk menemukan kerusakan tersembunyi dengan pemeriksaan berkala, melakukan *ceck sheet inspection* untuk menemukan kegagalan yang tersembunyi akibat komponen lain yang berkesinambungan pada *mill fan*, seperti pemeriksaan alat sensor dll. *Re-Design* atau memodifikasi ulang *Vibrating Sensor*, yang bertujuan untuk mengatasi kegagalan fungsi akibat desain yang tidak sesuai dengan komponen tersebut.

Untuk pengembangan penelitian (penelitian selanjutnya) disarankan untuk menentukan tindakan dan rencana perawatan dengan menggunakan metode RCM (*Reliability Centered Maintenance*) tidak hanya berdasarkan indeks keandalan saja, tetapi faktor-faktor lain seperti biaya, dan analisis kinerja teknisi dalam menangani tindakan *maintenance* dapat diikuti sertakan sehingga didapatkan periode *maintenance* yang optimal. Untuk perusahaan (PT. Cemindo Gemilang Medan) disarankan untuk menggunakan hasil penelitian ini dalam kegiatan perawatan *cement mill* dan mengevaluasinya, dari segi

sumber daya manusia. Melakukan *record* kegagalan tiap komponen dalam satuan jam, agar perhitungan keandalan dan penentuan periode *preventive maintenance* lebih akurat.

## DAFTAR PUSTAKA

- [1] Wibowo, Hidayatullah, Nalhadi. 2021. “Analisis Perawatan Pada Mesin Bubut dengan Pendekatan *Reliability Centered Maintenance* (RCM) “. Serang: Jurnal Rekayasa Industri, Universitas Serang Raya. Vol. 3, No.2
- [2] Hasan, I, et all. 2019. “Penerapan *Reliability Centered Maintenance* (RCM) Pada Mesin *Ripple Mill*”. Riau: Jurnal Teknik Mesin, Universitas Muhammadiyah Riau. Vol 6, No. 1.
- [3] Hidayat, et all. 2021. “Perancangan RCM (*Reliability Centered Maintenance*) Untuk Mengurangi *Downtime* Mesin Pembuatan Botol, Studi Kasus PT.IGLAS”. Gresik (UMG): Jurnal Teknik Industri-Produksi.
- [4] Shinta, H.D & Yanti.R, dkk. 2021. “Analsis Perawatan Mesin dengan Metode RCM terhadap Mesin *Air Jet Loom* (AJL)”. Yogyakarta: Jurnal Jurusan Teknik Industri, Fakultas Teknologi Industri Univ. Islam Indonesia.
- [5] Sifonte, Jesus R & Picknell James V.R. 2017. *Reliability Centered Maintenance* (RCM)-*Reengineered*. New York: ISBN, CRC Press of Taylor & Francis Group, LLC.
- [6] Raharja, Suardika, Heksa. 2021. “Analisis Sistem Perawatan Mesin Bubut Menggunakan Metode RCM di CV, Jaya Perkasa Teknik”. Malang: Jurnal Teknik Industri, Fakultas Teknologi Industri, Institut Teknologi Malang.
- [7] Japan Institute of Plant Maintenance, *Benchmark World Class RCM*, ([www.RCM.com/world-class-RCM.html](http://www.RCM.com/world-class-RCM.html)), diakses tanggal 25 Mei 2022)
- [8] Prayoga, A.D & Achmadi, Fuad. 2022. “Analisa Komponen Kritis Dan Penerapan RCM II (Studi Kasus: *Gas Turbine Compressor* (GTC) Pada Fasilitas Eksplorasi dan Produksi Lepas Pantai PT.X)
- [9] Rokhyadi & Siboro. 2021. “Analisis Perbaikan Kinerja Booster Compressor Menggunakan Metode RCM (Studi Kasus Chevron Indonesia Company)”. Balikpapan: Jurnal Rekayasa Mesin Inovasi Teknologi, Univ. Balikpapan.
- [10] Siregar, Hj. N, & Munthe, S. 2019. “Analisa Perawatan Mesin Digester Dengan Metode RCM Pada PTPN II Pagar Merbau”. Medan: Jurnal Teknik Industri Manufaktur, Program Studi Teknik Industri, Universitas Medan Area