

# Usulan Perancangan Perbaikan Mesin 334-WF1 Menggunakan Metode *Reliability Centered Maintenance* (RCM) II dan *Risk Matrix* pada Line Produksi Narogong 2 di PT Solusi Bangun Indonesia-Narogong Plan

1<sup>st</sup> Irfan Akmal Diastyono  
Fakultas Rekayasa Industri  
Universitas Telkom  
Bandung, Indonesia

irfanakmald@student.telkomuniversity.ac.id

2<sup>nd</sup> Fransiskus Tatas Dwi Atmaji  
Fakultas Rekayasa Industri  
Universitas Telkom  
Bandung, Indonesia

franstatas@telkomuniversity.ac.id

3<sup>rd</sup> Nopendri  
Fakultas Rekayasa Industri  
Universitas Telkom  
Bandung, Indonesia

nopendri@telkomuniversity.ac.id

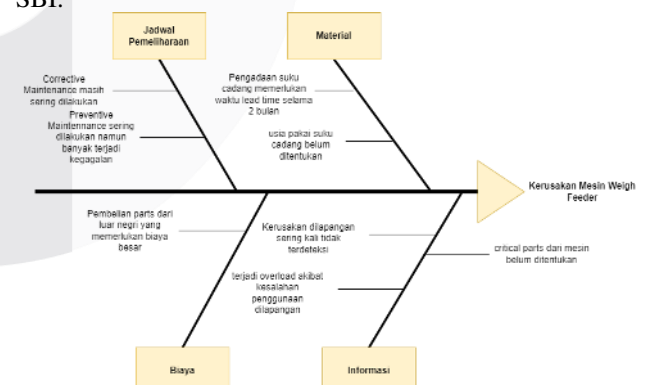
**Abstrak**—PT Solusi Bangun Indonesia merupakan sebuah perusahaan produsen semen yang berada di Indonesia. Perusahaan ini memiliki beberapa plan produksi diantaranya, Cilacap, Narogong dan lainnya. Berdiri sejak 2019 PT Solusi Bangun Indonesia telah memiliki banyak peran aktif dalam pembangunan Indonesia. Bergerak dalam bidang produksi semen membuat PT Solusi Bangun Indonesia memiliki banyak mesin yang berhubungan dengan industri. Pada tahun 2019 hingga 2021, PT Solusi bangun Indonesia mengalami kerusakan pada mesin *Weigh Feeder* dan kerusakan ini membuat *Downtime machine*. Padahal akhir – akhir ini angka *Ship out* semen di PT Solusi Bangun Indonesia sedang mengalami peningkatan. Hal ini disebabkan oleh kurangnya perawatan pada mesin tersebut dan tidak adanya komponen pengganti yang rusak tersebut. Oleh karena itu diperlukan analisis *Reliability Centered Maintenance* II dan *Risk Matrix* untuk mendapatkan kebijakan jadwal pemeliharaan mesin dan komponen cadangan pengganti untuk *Fast Moving Parts* yang optimal.

**Kata kunci**— *maintenance, failure mode and effect analysis, reliability centered maintenance ii, risk matrix, downtime machine.*

## I. PENDAHULUAN

PT SBI merupakan perusahaan negara yang bergerak dibidang produksi semen. Berletak di Narogong, Bogor PT SBI ini memiliki 2 buah line produksi yang bekerja selama 24 jam sehari dan tidak pernah berhenti. Sekalinya mesin tersebut berhenti hanya untuk overhaul. Mesin *Weight Feeder* merupakan salah satu alat yang digunakan dalam industri pembuatan semen. Letaknya yang berada pada tahap mixing awal bahan baku semen menjadi krusial karena Ketika *weight feeder* ini tidak berfungsi secara baik maka akan merubah komposisi bahan baku yang telah di atur awal. Perannya yang krusial ini

membuat mesin ini dituntut untuk terus prima agar kualitas semen yang dihasilkan tidak berubah. Angka reliabilitas yang rendah membuat mesin ini mulai tidak reliable, kurangnya reliabilitas dari mesin ini juga mempengaruhi produksi semen yang tidak stabil disaat permintaan dari pasar sedang tinggi – tingginya. Kerusakan yang terjadi ini juga dapat mempengaruhi kualitas semen yang dihasilkan, karena ketika alat ini tidak dapat bekerja dengan baik maka akan berpengaruh pada komposisi bahan baku yang tidak konsisten dan nantinya kualitas semen yang dihasilkan tidak dapat sebaik yang diharapkan. Tuntutan tersebut membuat penulis tertarik untuk meneliti mesin tersebut. Berikut merupakan gambar mesin *Weigh Feeder* yang ada di PT SBI.



Dari ilustrasi tersebut dapat dilihat bahwa mesin *Weigh feeder* mengalami kondisi kritis, faktor yang menyebabkan hal tersebut diantaranya: Biaya pemeliharaan, Informasi, jadwal pemeliharaan dan material (suku cadang).

Faktor yang pertama yaitu material. Dalam pengadaan material suku cadang memerlukan waktu yang lama. Biasanya waktu yang diperlukan dalam mempersiapkan suku cadang tersebut selama 2 bulan, hal ini dikarenakan suku cadang yang di pesan perlu didatangkan dari Jerman

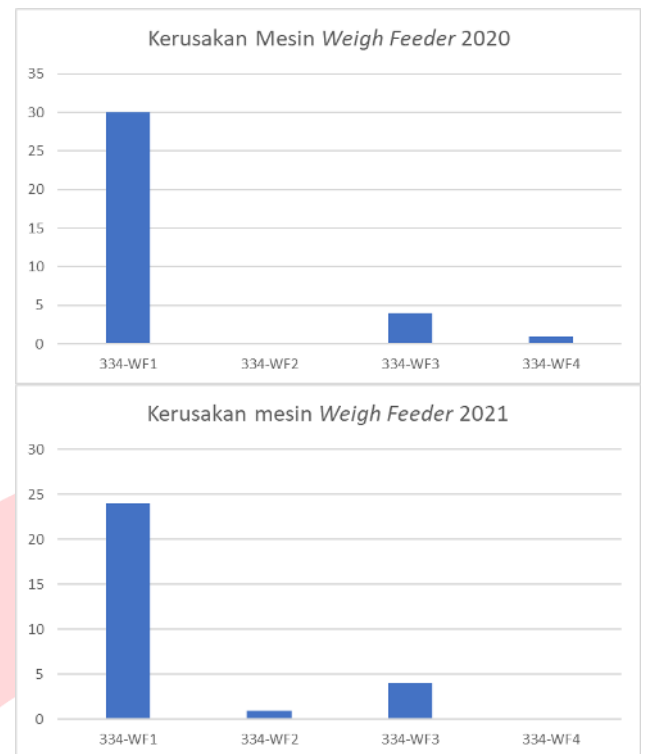
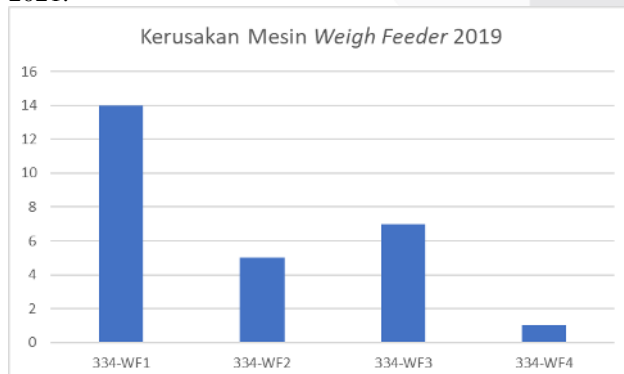
sehingga waktu pengirimannya lama dan juga terkadang terjadi kerusakan pada saat pengiriman barang sehingga perlu waktu yang lebih lama lagi untuk mendatangkan suku cadang tersebut. Selain itu usia suku cadang yang belum di tentukan membuat masalah material ini menjadi semakin buruk. Usia suku cadang yang belum ditentukan karena banyaknya suku cadang yang ada di plan produksi tersebut.

Faktor yang kedua adalah jadwal pemeliharaan jadwal pemeliharaan menjadi masalah karena di plan produksi tersebut masih sering melakukan corrective maintenance hal ini disebabkan karena jadwal pemeliharaan yang tidak sesuai dengan masalah yang terjadi dilapangan. Selain itu preventive maintenance juga sudah diterapkan di lapangan namun kendalanya banyak ketidak sesuaian yang ada dilapangan semisal ada bagian mesin yang harus dikalibrasi dijadwal namun kondisinya masih sangat layak untuk digunakan.

Faktor ketiga adalah biaya, biaya perawatan mesin yang membengkak ini disebabkan oleh usia mesin yang sudah tua. Perlu banyak dilakukan pergantian bagian mesin. Disisi lain mesin-mesin tersebut juga memerlukan biaya besar karena suku cadangnya sendiri biasanya didatangkan langsung dari Jerman.

Faktor keempat yang menjadi masalah adalah informasi. Informasi yang sering tidak tersampaikan ini karena beberapa faktor. Yang pertama yaitu seringnya kerusakan yang tidak terdeteksi hal ini dikarenakan tidak adanya sensor yang mendeteksi kerusakan tersebut dan juga tidak ada operator yang memeriksa mesin tersebut secara langsung. Selanjutnya critical parts yang belum ditentukan membuat mesin-mesin tersebut mengalami kerusakan. Terakhir adanya overload akibat kesalahan pengguna hal ini diakibatkan karena adanya mati mesin sehingga terjadi penumpukan material dimesin tersebut.

Faktor – faktor tersebut belum dilakukan secara maksimal sehingga mempengaruhi kinerja dari mesin 334-WF1, 334-WF2, 334-WF3 dan 334-WF4. Dari keempat mesin yang terkena imbasnya tersebut, penulis mengolah data kerusakan dari keempat mesin tersebut untuk memilih mesin mana yang akan lebih diteliti dalam tugas akhir. Berikut merupakan hasil dari pengolahan data frekuensi kerusakan dari keempat mesin tersebut yang ada di PT SBI divisi Reliability selama 3 tahun dari 2019 hingga 2021.



Berdasarkan grafik diatas, dari keempat mesin tersebut yang paling sering mengalami kerusakan adalah mesin 334-WF1 dan hal itu terjadi mulai dari tahun 2019. Karena kerusakan mesin ini menyebabkan terganggunya proses feeding pada mesin Raw Mill di line produksi NAR 2. Karena kerusakan ini juga mempengaruhi proses selanjutnya hingga di khawatirkan mematikan Rotary Kiln yang ada di NAR2. Hal ini menjadi sangat krusial mengingat bahwa Rotary Kiln merupakan komponen penting dari sebuah line produksi semen itu sendiri. Akibat matinya Rotary Kiln ini juga membuat kerugian yang sangat besar bagi perusahaan karena mahalnya biaya yang diperlukan untuk menyalakan Rotary Kiln tersebut. Walaupun pemeliharaan yang dilakukan sudah menerapkan preventive maintenance dan corrective maintenance, namun yang membuat banyaknya kerusakan yang terjadi adalah usia mesin yang sudah tua. Oleh karena itu predictive maintenance merupakan cara yang tepat untuk mengurangi kerugian dari kerusakan yang ditimbulkan dari mesin Weigh feeder.

## II. KAJIAN TEORI

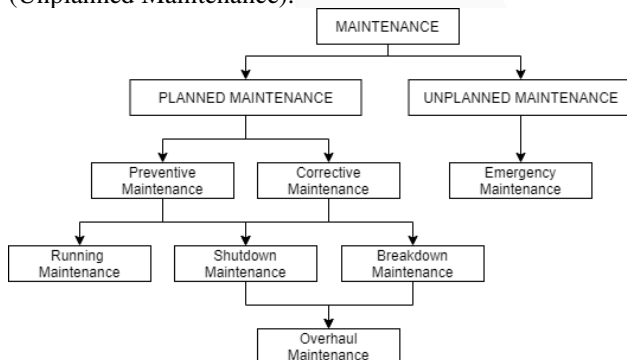
## A. Pemeliharaan

Pemeliharaan adalah kegiatan yang meliputi perawatan, perbaikan, penggantian, pembersihan, penyetelan, pengukuran, dan pemeriksaan fasilitas yang dipelihara. Pemeliharaan dilahirkan dari keinginan manusia untuk memperoleh kenyamanan dan keamanan dalam menggunakan fasilitas tertentu sehingga dapat memenuhi kebutuhan manusia. Karena hal tersebut pemeliharaan pada alat memiliki beberapa tujuan pokok di dalam sebuah industri, yaitu:

1. *Memperpanjang usia kegunaan fasilitas terutama pada mesin.*
2. Menjamin ketersediaan dan keandalan fasilitas secara ekonomis maupun teknis.
3. Menjamin keselamatan, Kesehatan, dan keamanan kerja operator yang menggunakan mesin tersebut maupun peralatan yang ada di lingkungan industri tersebut.
4. Menjamin kesiapan operasional dari seluruh mesin atau peralatan yang diperlukan dalam keadaan darurat setiap saat.

## B. Jenis Pemeliharaan

Secara umum pemeliharaan ini dibagi menjadi dua kelompok yaitu pemeliharaan terencana (Planned Maintenance) dan pemeliharaan tidak terencana (Unplanned Maintenance).



Jenis – jenis pemeliharaan dapat di rincikan sebagai berikut:

1. Pemeliharaan pencegahan (Preventive Maintenance) adalah kegiatan pemeliharaan yang bertujuan untuk mencegah adanya kerusakan pada alat yang digunakan. Ruang lingkup kegiatan ini meliputi inspeksi, perbaikan kecil, pelumasan, dan penyetelan ulang. Hal tersebut dilakukan agar alat – alat yang digunakan selama produksi terhindar dari kerusakan yang lebih besar.
2. Pemeliharaan korektif (Corrective Maintenance) adalah kegiatan pemeliharaan yang dilakukan untuk memperbaiki dan meningkatkan kondisi alat hingga alat tersebut dapat melanjutkan kegiatan produksi Kembali. Dalam kegiatannya dapat dilakukan peningkatan fungsinya, seperti melakukan perubahan atau modifikasi rancangan pemeliharaan supaya peralatan tersebut menjadi lebih baik.
3. Pemeliharaan Darurat (Emergency Maintenance) adalah kegiatan perbaikan yang dilakukan karena terjadi kerusakan secara mendadak dan tidak terduga.

4. Pemeliharaan Berjalan (Running Maintenance) adalah pekerjaan pemeliharaan yang dilakukan ketika alat tersebut sedang beroperasi. Pemeliharaan ini diterapkan untuk alat – alat yang bekerja terus menerus demi menunjang kegiatan produksi. Kegiatan pemeliharaan berjalan ini meliputi kegiatan pembersihan, pemeriksaan, dan penyetelan.

5. Pemeliharaan Berhenti (Shutdown Maintenance) adalah pekerjaan pemeliharaan yang dilakukan ketika alat atau mesin harus dalam keadaan berhenti. Kegiatan pemeliharaan berhenti ini meliputi kegiatan pembersihan, pemeriksaan, dan Overhaul.

6. Pemeliharaan setelah terjadi kerusakan (Breakdown Maintenance) adalah pekerjaan pemeliharaan yang dilakukan setelah terjadi kerusakan pada peralatan dan untuk memperbaikinya harus memperhatikan segi kesiapan suku cadang, material, peralatan, dan tenaga kerjanya.

7. Pemeliharaan Menyeluruh (Overhaul Maintenance) adalah kegiatan pemeliharaan rutin yang meliputi pembongkaran, pembersihan, pemeriksaan, pengukuran, perbaikan, perakitan, dan pengetesan.

Selain Planned Maintenance dan Unplanned Maintenance yang sudah di sebutkan di atas, ada pula beberapa jenis pemeliharaan lainnya yang dianggap sebagai jenis pekerjaan pemeliharaan seperti:

1. Pemeliharaan dengan cara penggantian (Replacement instead of Maintenance) adalah pemeliharaan yang dilakukan dengan cara mengganti bagian – bagian yang rusak tanpa dilakukan pemeliharaan karena biaya yang dikeluarkan untuk mengganti part lebih murah dari pada dilakukan pemeliharaan.

2. Penggantian yang direncanakan (Planned Replacement) adalah pemeliharaan yang dilakukan dengan cara membuat jadwal penggantian pada part yang bisa diperkirakan usia kerusakannya, biasanya dilakukan pada mesin yang masih baru karena masih ada petunjuk untuk jadwal penggantian partnya. Keuntungan dari metode ini adalah membuat perusahaan selalu memiliki suku cadang yang diperlukan untuk penggantian part dan juga perusahaan selalu memiliki kondisi mesin yang prima.

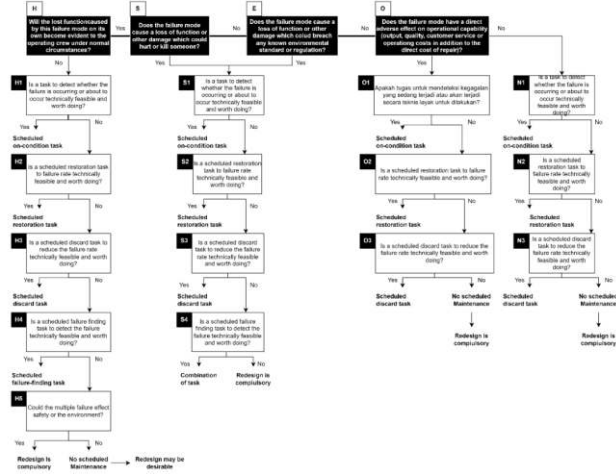
## C. System Breakdown Structure (SBS)

Dalam membuat System Breakdown Structure (SBS) perlu mempertimbangkan bagaimana sistem itu akan bekerja, bagaimana sistem dirancang, apa yang akan dilakukan sistem tersebut, dan bagaimana manpower akan mengelola antar sistem yang kritis. SBS adalah cara untuk mengakomodasi perbaikan sistem secara terus menerus dalam perbaikan pada sistem yang kompleks. Pokok gagasannya adalah membuat setiap komponen terkecil dari sebuah sistem tersebut menjadi terlihat. Komponen kecil tersebut sangatlah penting bagi mesin yang bekerja secara terus – menerus, karena kerusakan mesin sekecil apapun dapat berpengaruh pada sistem tersebut. Ditakutkan rusaknya komponen kecil dapat merusak komponen lain dan berujung pada kerusakan sistem yang memerlukan biaya besar dalam perbaikannya. Identifikasi ini membuat pendekatan seperti kuantitatif dan kualitatif, dapat dilakukan secara sistematis tanpa campur tangan komponen lainnya. SBS juga dapat didefinisikan sebagai

hierarki yang menunjukkan system, lingkungan, dan komponen pengguna. Pada pembuatan SBS diperbolehkan untuk menambahkan subsistem dimanapun yang diperlukan. Contoh, Sub-sistem 1 dapat terdiri dari beberapa sub-sistem didalamnya.

D. RCM II

Menurut Moubray (1997) mendefinisikan RCM sebagai suatu proses yang digunakan untuk menentukan apa yang harus dilakukan untuk memastikan bahwa setiap aset fisik terus berfungsi untuk memenuhi fungsi yang dimaksud dalam konteks operasi saat ini. Menurut (Fei dan Wikoff, 2014), Reliability Centered Maintenance adalah perawatan yang memiliki prinsip zero-based, proses terstruktur yang digunakan untuk mengidentifikasi manajemen kegagalanstrategi yang diperlukan untuk memastikan aset meneuhi persyaratan di lingkungan operasionalnya dengan cara yang paling aman dengan biaya yang efektif. Secara garis besar, RCM merupakan proses sistematis yang dilakukan untuk merawat semua fasilitas fisik agar beroperasi dengan baik sesuai dengan desain dan fungsinya. Fungsi utama RCM adalah memberikan jadwal perawatan dan tugas pemeliharaan yang tepat untuk dibawa pada setiap mesin komponen lainnya.



E. Failure Mode and Effect Analysis

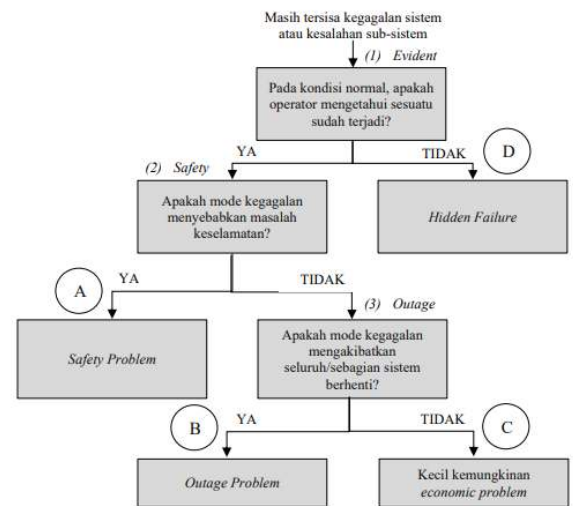
Failure Mode and Effect Analysis (FMEA) merupakan proses identifikasi kegagalan dari sebuah komponen yang dapat menyebabkan kegagalan fungsi dari sebuah sistem. Penerapan FMEA dapat dilakukan dengan mencari nilai severity, occurrence dan detection. Konsentrasi FMEA ini bertujuan untuk mengidentifikasi kemungkinann kegagalan dan pengaruhnya terhadap peralatan, sehingga dapat dilakukan modifikasi maupun perbaikan dari asset tersebut. Identifikasi potensi kegagalan dapat menjadi umpan balik agar terciptanya program keandalan yang efektif. Prioritas pada mode kegagalan dapat diatur sesuai dengan nomor prioritas resikoanya (RPN) FMEA sistem. Upaya yang lebih serius dapat dilakukan pada item RPN yang lebih tinggi berdasarkan analisis diagram pareto yang diperoleh dari analisis tersebut.

F. Logic tree Analysis

Logic Tree Analysis (LTA) bertujuan untk memberikan prioritas pada setiap mode kerusakan dan melakukan peninjauan terhadap fungsi dan kegagalan fungsi. Prioritas suatu mode kerusakan dapat diketahui dengna menjawab pertanyaan-pertanyaan yang telah disediakan

pada LTA ini. LTA berisi informasi mengenai nomor dan nama kegagalan fungsi, noomor dan mode kerusakan, analisis kekritisan dan keterangan tambahan yang dibutuhkan. Analisis kekritisan menempatkan setiap mode kerusakan ke dalam satu dari empat kategori. Empath al yang penting dalam analisis kekritisan tersebut adalah sebagai berikut:

1. Evident, yaitu apakah operator mengetahui dalam kondisi ormal, telah terjadi kerusakan dalam sistem?
2. Safety, yaitu apakah kerusakan ini menyebabkan masalah keselamatan?
3. Outage, yaitu apakah mode kerusakan ini menyebabkan masalah keselamatan?
4. Category, yaitu pengkategorian setelah menjawab pertanyaan – pertanyaan yang diajukan. Pengkategorian terbagi menjadi 4 kategori yaitu:
  - a. Kategori A (Safety Problem)
  - b. Kategori B (Outage Problem)
  - c. Kategori C (Economic Problem)
  - d. Kategori D (Hidden Problem)



F. Index of Fit

Dalam menentukan distribusi kerusakan dapat ditentukan menggunakan nilai Index of Fit terbesar lalu diuji menggunakan Goodness of Fit. Perhitungan Mean Time to Failure (MTTF) dan Mean Time to Repair (MTTR) yang dipengaruhi oleh distribusi yang sesuai dengna pola kerusakan mesin. MTTF menyatakan ekspektasi masa pakai sebuah mesin yang dinyatakan sebagai rata-rata interval waktu terjadinya kerusakan, sedangkan MTTR merupaka rata-rata interval Waktu perbaikan atau perawatan sebuah komponen. Menurut Ebelling (1997), untuk mengidentifikasi distribusi dari sebuah data kerusakan dapat menggunakan Least-Square curve fitting. Least-Square curve fitting digunakan untuk mengidentifikasi distribusi dari sebuah komponen menggunakan index of fit yang terbesar. Menurut Ebelling (1997), rumus index of fit diperoleh dari penurunan rumus coefficient of determination. Dengan menurunkan rumus tersebut maka didapatlah rumus untuk menghitung index of fit. Index of fit atau koefisien korelasi (r) menunjukkan hubungan linear yang kuat antara dua peubah acak xi dan yi nilai r rentannya antara 0 dan 1 semakin dekat nilai r dengan angka 1 maka hubungnan linear yang kuat antara dua peubah acak semakin baik. Nilai r = 0 menandakan hubungan antara peubah acak

semakin tidak linear namun bukan berarti tidak ada hubungan sama sekali. Salah satu kriteria untuk mengidentifikasi distribusi adalah memilih nilai index of fit terbaik yaitu yang nilainya paling besar untuk menentukan jenis distribusi suatu data. Index of fit adalah turunan dari rumus Coefficient of determination. Menurut Walpole (1995) turunan dari coefficient of determination adalah metode umum dalam perhitungan least-square curve fitting

G. Risk matrix

Risk Matrix atau matriks resiko merupakan matriks yang digunakan selama penilaian resiko untuk menentukan tingkat risiko dengan mempertimbangkan kategori probabilitas atau kemungkinan terhadap kategori keparahan konsekuensi. Ini adalah mekanisme visualisasi resiko yang dapat membantu dalam pengambilan keputusan.

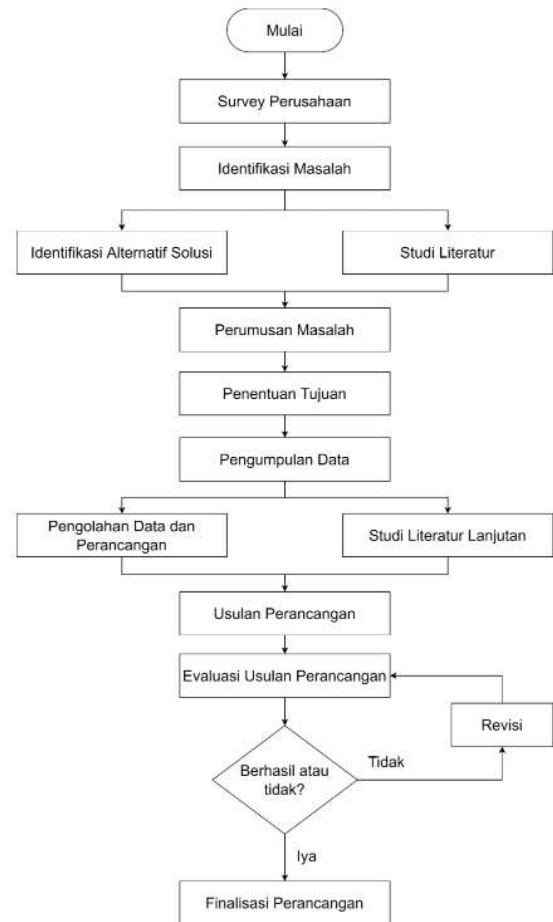
Dalam pelaksanaannya ada dua dimensi dalam matriks resiko. Dimensi tersebut menunjukkan seberapa parah dan kemungkinan suatu kejadian itu terjadi. Dua dimensi ini kemudian membentuk matriks. Kombinasi probabilitas dan tingkat keparahan akan memberikan kejadian apapun sebuah tempat di matriks resiko. Berikut merupakan gambaran matriks resiko.

		Impact →				
		Negligible	Minor	Moderate	Significant	Severe
Likelihood ↑	Very Likely	Low Med	Medium	Med Hi	High	High
	Likely	Low	Low Med	Medium	Med Hi	High
	Possible	Low	Low Med	Medium	Med Hi	Med Hi
	Unlikely	Low	Low Med	Low Med	Medium	Med Hi
	Very Unlikely	Low	Low	Low Med	Medium	Medium

Pada dasarnya matriks resiko dibagi kedalam 3 bagian atau daerah.

1. Kategori rendah, tingkat keparahan ini biasanya digambarkan dengan warna hijau, menunjukkan resiko dari suatu kejadian tidak cukup tinggi atau dapat dikendalikan.
2. Kategori tinggi, tingkat keparahan yang tinggi biasanya digambarkan dengan warna merah, menunjukkan sebuah kegiatan membutuhkan pengendalian lebih untuk mengurangnya.
3. Kategori sedang, berada diantara dua daerah sebelumnya, setiap kejadian yang jatuh di daerah ini biasanya dinilai sebagai kejadian yang perlu dipantau.

III. METODE



Pada proses pengerjaan penelitian ini metode yang digunakan adalah studi lapangan, studi literatur, identifikasi masalah, penentuan alternatif solusi, pengumpulan data, pengolahan data, analisis, kesimpulan dan saran.

IV. HASIL DAN PEMBAHASAN

A. Distribusi TTF

Tabel dibawah menggambarkan nilai Index of fit dari distribusi TTF komponen Belt Drive. Dapat disimpulkan bahwa distribusi TTF dari Belt Drive adalah Weibull.

Distribusi	Index of Fit (r)
Normal	0.67353
Eksponensial	0.8782
Weibull	0.9403

Tabel dibawah menggambarkan nilai Index of fit dari distribusi TTF komponen Chute. Dapat disimpulkan bahwa distribusi TTF dari Belt Drive adalah Weibull.

Distribusi	Index of Fit (r)
Normal	0.72277
Eksponensial	0.9573
Weibull	0.9782

B. MTTF (Mean Time to Failure)

Langkah selanjutnya adalah menentukan nilai mean time to failure (MTTF) komponen kritis menggunakan rumus sesuai dengan distribusi terpilih. Berikut ini merupakan hasil dari perhitungan MTTF komponen kritis.

**Belt Drive (Weibull)**  
 $MTTF = \eta \Gamma(1+1/\beta)$   
 $= 384.606 \times \Gamma(1+1/0.383888)$   
 $= 384.606 \times \Gamma(1+2.604926437)$   
 $= 384.606 \times \Gamma(3.604926437)$   
 $= 384.606 \times 3.737892536$   
 $= 1437.616 \text{ Jam}$

**Chute (Weibull)**  
 $MTTF = \eta \Gamma(1+1/\beta)$   
 $= 1214.02 \times \Gamma(1+1/0.420605)$   
 $= 1214.02 \times \Gamma(1+2.377527)$   
 $= 1214.02 \times \Gamma(3.377527)$   
 $= 1214.02 \times 2.910654956$   
 $= 3533.59333 \text{ Jam}$

Komponen	Distribusi	Parameter		MTTF (Jam)
		$\eta$	$\beta$	
Belt Drive	Weibull	$\eta$	667.395	1437.616
		$\beta$	0.481213	
Chute	Weibull	$\eta$	1214.02	3533.59
		$\beta$	0.420605	

**C. Distribusi TTR**

Distribusi	Index of Fit (r)
Normal	0.5916
Eksponensial	0.9847
Weibull	0.9393

Berdasarkan Tabel diatas perhitungan kompone Belt Drive index of fit (r), didapatkan hasil bahwa nilai r yang paling besar adalah distribusi eksponensial.

Distribusi	Index of Fit (r)
Normal	0.9717
Eksponensial	0.8659
Weibull	0.8739

Berdasarkan perhitungan index of fit (r), didapatkan hasil bahwa nilai r yang paling besar adalah distribusi Normal untuk komponen Chute.

**D. Penentuan MTTR**

Langkah selanjutnya adalah menentukan nilai mean time to repair (MTTR) komponen kritis menggunakan rumus sesuai dengan distribusi terpilih. Berikut ini merupakan hasil dari perhitungan MTTR komponen kritis.

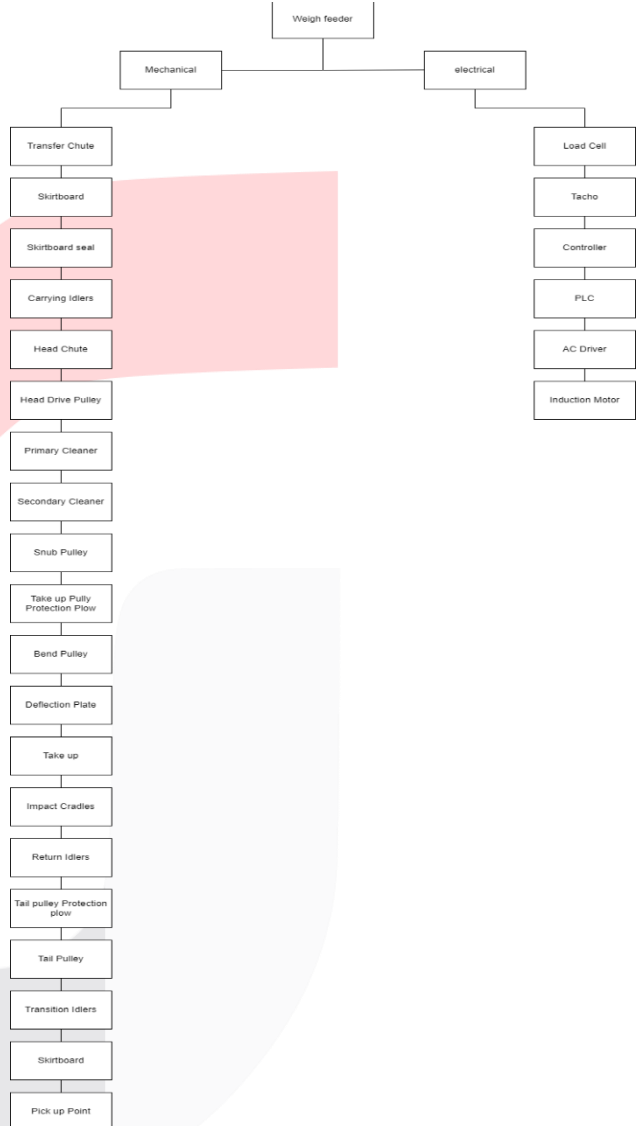
**Belt Drive (Eksponensial)**  
 $MTTR = 1/\lambda$   
 $= 1.52862$

**Chute (Normal)**  
 $MTTR = \mu$   
 $= 0.94$

Komponen	Distribusi	Parameter	MTTR (Jam)
----------	------------	-----------	------------

Drain Chamber	Eksponensial	$\lambda$	0.654184	1.52
Door Seal	Normal	$\mu$	0.94	0.94

**E. Sistem BreakDown Structure**



Mesin 334-WF1 digunakan untuk menimbang bahan baku material pembuat semen. Mesin ini terbagi dalam 2 sub-sistem, diatnranya adalah:

**1. Subsistem Mekanik**

Subsistem mekanik adalah sistem yang berinteraksi berdasarkan prinsip mekanismenya. Terdapat beberapa subsistem mekanik pada mesin 334-WF1 yaitu transfer chute, skirtboard, skirtboard seal, carrying idlers, head chute, head drive pulley, primary cleaner, secondary cleaner, snub pulley, take up pully protection plow, bend pulley, deflection plate, take up, impact cradles, return idlers, tail pulley protection plow, tail pulley, transition idlers, skirtboard, dan pick up point.

**2. Subsistem Elektrik**

Subsistem elektrik adalah sistem yang dalam penerapannya menggunakan arus listrik. Terdapat beberapa subsistem

elektrik pada mesin 334-WF1 yaitu load cell, tacho, controller, PLC, AC Driver, dan induction motor.

334-WF1. Berikut ini adalah tabel FMEA dari lima komponen mesin 334-WF1 yang mengalami *downtime* terbanyak.

F. FMEA (Failure Mode and Effect Analysis)

G. LTA (Logic Tree Analysis)

No	Equipment	Function (F)	Function Failure (FF) (Loss of function)	Failure Mode (FM) (Cause of Failure)	Effect of Failure (What Happens When it Fails)	FMEA			
						S	O	D	RPN
1	(1) Belt Drive	(1) Menjaga kelancaran pergerakan dari <i>belt conveyor yang membawa material</i>	(1) Belt Drive tidak berjalan dengan lancar mengakibatkan belt conveyor miring dan material yang ada di atasnya tumpah	(1) Belt drive yang sering terkena debu dari material (2) Seal bocor akibat terkena material (3) Poros unit yang digerakkan tidak sejajar untuk menggerakkan poros unit	(1) Belt conveyor berjalan miring dan material jatuh dari belt conveyor	8	3	9	216
2	(2) Chute	(2) Menjaga material yang jatuh dari bin agar sesuai dengan tonase yang diinginkan	(2) Terjadi penyumbatan di mulut Chute	(1) Material yang berat di dalam bin menekan material yang ada di bawahnya sehingga terjadi pengerasan di mulut Chute	(2) Material yang seharusnya jatuh sesuai tonase yang diinginkan menjadi terhambat dan tidak sesuai	8	3	7	168

Tahap ini memberikan informasi dari kegagalan fungsi dan penyebab dari setiap kegagalan fungsi pada mesin

No	Equipment	Function (F)	Function Failure (FF)	Failure Mode (FM)	Effect of failure	Critically Analysis			
						E	S	O	C
1	(1) Belt Drive	(1) Menjaga kelancaran pergerakan dari <i>belt conveyor yang membawa material</i>	(1) Belt Drive tidak berjalan dengan lancar mengakibatkan belt conveyor miring dan material yang ada di atasnya tumpah	(1) Belt drive yang sering terkena debu dari material dan seal yang bocor mengakibatkan putaran belt drive terhambat (2) Seal bocor akibat terkena material (3) Poros unit yang digerakkan tidak sejajar untuk menggerakkan poros unit	(1) Belt conveyor berjalan miring dan material jatuh dari belt conveyor	Y	N	Y	B

No	Equipment	Function (F)	Function Failure (FF)	Failure Mode (FM)	Effect of failure	Critically Analysis			
						E	S	O	C
2	Chute	(2) Menjaga material yang jatuh dari bin agar sesuai dengan tonase yang diinginkan	(2) Terjadi penyumbatan di mulut Chute	(1) Material yang berat di dalam bin menekan material yang ada di bawahnya sehingga terjadi pengerasan di Chute	(2) Material yang seharusnya jatuh sesuai tonase yang diinginkan menjadi terhambat dan tidak sesuai	Y	N	Y	B

Pada bagian ini merupakan lanjutan dari FMEA untuk memberikan prioritas dari table FMEA dan penentuan pemeliharaan komponen yang harus didahulukan. Pengambilan data LTA dilakukan dengan cara wawancara yang nantinya menjadi pertimbangan. Pertanyaan yang diajukan mengacu pada flowchart LTA.

1	1	1	Belt Drive kotor	Scheduled on-Condition	29
		2	Seal bocor		
		3	Poros tidak sejajar		

H. Penentuan Interval Waktu Preventive Maintenance Task.

Penentuan interval waktu preventive maintenance task dihasilkan dari pengolahan data pada RCM II Decisions Worksheet. Berdasarkan worksheet tersebut didapatkan bahwa kelima komponen yang merupakan fungsi utama mesin 334-WF1 mendapatkan hasil scheduled on-condition task. Perhitungan interval waktu scheduled on-condition task dilakukan dengan cara menghitung 1/2 dari P-F Interval masing – masing komponen tersebut. P-F Interval adalah waktu rata – rata antar kerusakan (MTTF) dari setiap komponen kritis terpilih yang sudah dihitung sebelumnya. Berikut ini merupakan perhitungan interval waktu pengecekan berkala:

RCM II Decision Worksheet					Sistem: Mesin 334-WF1	
					Sub Sistem: Drain Chamber	
Information Reference					Proposed Maintenance Task	Interval Time (Bulan)
F	FF	Failure Mode				
4	4	1	Pengerasan di ujung Chute	Scheduled on-Condition	2.4	

**Belt Drive**  
 Interval = 1/2 x P-F Interval (MTTF)  
 = 1/2 x 1437.616  
 = 718.808 Jam  
 = 29 hari

**Chute**  
 Interval = 1/2 x P-F Interval (MTTF)  
 = 1/2 x 3533.59  
 = 1766.795 Jam  
 = 2.4 bulan

Dari perhitungan di atas, maka diketahui bahwa preventive maintenance pada komponen Belt Drive dilakukan setiap 29 hari sekali selama mesin tersebut beroperasi. Sedangkan preventive maintenance pada komponen Chute dilakukan setiap 2.4 bulan sekali selama mesin tersebut beroperasi.

I. Kebijakan RCM II

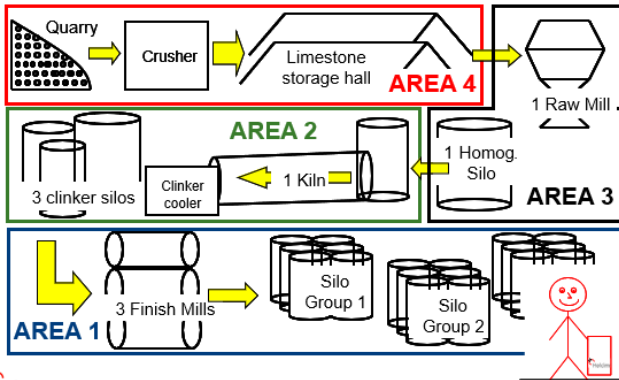
J. Risk Matrix

RCM II Decision Worksheet					Sistem: Mesin 334-WF1	
					Sub Sistem: Mesin Belt Drive	
Information Reference					Proposed Maintenance Task	Interval Time (Hari)
F	FF	Failure Mode				

Setelah mengetahui jarak waktu perbaikan yang optimal untuk komponen belt drive dan chute selanjutnya adalah menentukan komponen kritis menggunakan pendekatan risk matrix. Tujuan utama pendekatan ini adalah agar pengguna dari mesin 334-WF1 dapat mengetahui secara pasti komponen apa saja yang harus di stok demi menjaga reliabilitas dari mesin tersebut.

Di dalam jalur produksi NAR 2, terbagi menjadi 4 area. Area 1 merupakan area dari finish mill hingga silo dengan jenis semen masing-masing. Area 2 merupakan area dari kiln hingga clinker silo. Area 3 merupakan area raw mill dan homogen silo. Sementara area 1 merupakan area limestone hall dan weigh feeder. Setiap area ini memiliki masing-masing penyimpanan sehingga memungkinkan mematikan mesin dan menjaga agar produksi tetap berjalan.





Berhubung mesin 334-WF1 ada di area 4 maka perlu dicari seberapa lama silo di area tersebut dapat mengatasi mesin mati yang terjadi di area tersebut. Berikut merupakan perhitungan kemampuan silo di area 4:

Area 4				
Stockpile	Capacity (ton)	Actual Storage Average	Average Consumption (ton/day)	Highest Consumption (ton/day)
Limestone	80000	39329	16440	18096
Reserve (days)			2.392274939	2.17353227

Operation loss From (days):	0 to 0.5	0.5 to 1	1 to 2	over 2
A - Very high (once per 3 months)				
B - Moderate (once per 6 months)				
C - Occasional (once per 1 year)		H:1; L:1; J:1; L:1;	K:1;	M:1; W:1;
D - Remote (once per 2 to 3 years)		G:1; Q:1; R:1; T:1;		E:1; S:1;
E - Unlikely (once per 5 years)		U:1; V:1; X:1;	A:1; D:1; P:1;	B:1; C:1; N:1; O:1;
F - Impossible (once per 20 yrs.)	F:1;			
	IV : Negligible	III : Moderate	II : High	I : Catastrophic

Berdasarkan tabel tersebut dapat disimpulkan bahwa terdapat 9 komponen yang masuk ke dalam kategori critical parts, diantaranya: PID controller analog output, PID controller input, load cell, belt drive, belt conveyor, return roller, coupling motor, digital output, dan impact roller.

Setelah mengetahui apa saja komponen kritis yang terdapat di mesin 334-WF1 maka dapat dicari tahu seberapa banyak biaya yang perlu disiapkan oleh perusahaan untuk menyediakan suku cadang dari mesin tersebut. Berikut merupakan rincian biaya suku cadang yang perlu disiapkan.

no	suku cadang	harga/pcs
1	PID controller input	Rp 9.500.000,00
2	PID controller output	Rp 9.500.000,00
3	Load cell	Rp 13.500.000,00
4	Belt drive	Rp 1.461.705,00
5	belt conveyor	Rp 31.415.500,00
6	return roller	Rp 1.587.548,00
7	coupling motor	Rp 7.591.115,00
8	digital output	Rp 325.000,00
9	impact roller	Rp 2.000.000,00
Total		Rp 76.880.868,00

Berdasarkan tabel diatas dapat disimpulkan bahwa diperlukan dana Rp 76.880.868,00 untuk menjamin reliabilitas dari mesin 334-WF1 agar mesin tersebut memiliki kehandalan maksimal dalam penggunaannya.

Karena keterbatasan penyimpanan gudang maka perlu diseleksi diantara ke Sembilan komponen tersebut. Penyeleksian ini didasarkan pada penggunaan komponen cadangan yang terjadi mulai dari 2019 hingga 2021. Berikut merupakan tabel tanggal penggunaan komponen.

No	Komponen	Component ID	Penggunaan komponen
1	PID controller analog output	300000061114	4/10/2019
2	PID controller analog output	-	-
3	Load Cell	300000080478	7/19/2021
			4/22/2021
			11/17/2020
			6/19/2020
			8/14/2019
			5/17/2019
4	Belt Drive	300000106298	2/9/2021
			2/9/2021
			6/16/2020
			1/13/2020
5	Belt conveyor	300000099243	11/27/2020
6	return roller	300000043649	3/2/2021
7	coupling motor	300000062665	5/17/2019
			5/15/2019
8	digital output	300000102818	12/31/2019
			2/21/2019
9	impact roller	305000150633	7/8/2021
			3/2/2021
			2/7/2020

Berdasarkan tabel tersebut dipilih dua komponen yang paling kritis berdasarkan banyaknya komponen yang digunakan dalam interval waktu tiga tahun, mulai dari 2019 hingga 2021. Didapatkan dua komponen paling kritis untuk distok yaitu *belt drive* dan *load cell* kedua komponen tersebut dipilih untuk disediakan karena kedua komponen tersebut sering digunakan dalam 3 tahun terakhir.

Untuk mengadakan komponen tersebut maka perlu dilakukan pengadaan komponen melalui *procurement*. Berikut merupakan tabel biaya yang diperlukan untuk melakukan pengadaan komponen tersebut.

No	komponen	komponen ID	Harga	Jumlah	Total
1	Belt Drive	300000106298	Rp 1,461,705.00	2	Rp 2,923,410.00
2	Load Cell	300000080478	Rp 13,500,000.00	2	Rp 27,000,000.00

Total	Rp 29,923,410. 00
-------	-------------------------

Untuk meminimasi nilai warehouse maka dari kesembilan komponen tersebut harus diseleksi kembali dan mencari komponen yang paling kritis. Komponen yang dianggap kritis didasarkan pada banyaknya pergantian komponen tersebut dalam kurun waktu dari tahun 2019 hingga 2021. Setelah mempertimbangkan yang didasarkan pada data penggunaan komponen cadangan, dari kesembilan komponen tersebut maka dipilihlah 2 komponen yang paling kritis yaitu Load Cell dan Belt Drive. Load cell dipilih karena komponen tersebut diganti sebanyak enam kali selama interval waktu yang telah ditentukan. Selain itu dibanding kesembilan komponen yang lain komponen ini juga memiliki jumlah penggantian terbanyak. Sementara Belt Drive dipilih karena komponen ini memiliki jumlah penggantian komponen kedua terbanyak. Komponen ini mengalami pergantiannya sebanyak lima kali selama interval waktu yang telah ditentukan.

Dengan pemilihan kedua komponen tersebut kedalam komponen kritis maka terjadi penghematan biaya dalam pengadaan komponen cadangan tersebut. Untuk pengadaan kesembilan komponen terpilih dengan jumlah satu unit disetiap jenisnya memerlukan biaya sejumlah Rp76.880.868,00. Sedangkan untuk pengadaan dua komponen kritis dengan jumlah dua unit disetiap jenisnya hanya memerlukan biaya sejumlah Rp 29.923.410,00.

## V. KESIMPULAN

Berdasarkan hasil pembuatan RCM II Decision Worksheet diperoleh 1 proposed maintenance task yaitu scheduled on-condition task untuk semua komponenn yang memiliki kegagalan fungsi. Untuk dua komponen yang paling kritis yaitu Belt Drive mendapatkan hasil interval waktu pemeliharaan selama 29 hari sekali dan Chute mendapatkan hasil interval waktu pemeliharaan selama 2,4 bulan sekali. Sehingga harapannya ketika hal tersebut diterapkan maka mesin tersebut akan reliabel ketika digunakan. 2.

Berdasarkan hasil pengolahan data menggunakan metode Risk Matrix diperoleh komponen yang harus dilakukan pembelian untuk komponen cadangan yaitu Load Cell dan Belt Drive. Hal itu berdasarkan dari data penggunaan komponen tersebut dari tahun 2019 hingga 2021. Biaya yang perlu dikeluarkan sebanyak Rp 29,923,410.00. dana tersebut diperlukan untuk membeli Load cell sebanyak 2 unit dan Belt Drive sebanyak 2 unit. Diharapkan dengan adanya komponen cadangan tersebut maka mesin 334-WF1 memiliki kehandalan dan kemudahan dalam penerapan kebijakan perawatan komponen tersebut.

## REFERENSI

- [1] Atmaji, F. T. D., & Alhilman, J. (2018). A framework of wireless maintenance system monitoring: A case study of an automatic filling machine at SB company. 2018 6th International Conference on Information and Communication Technology, ICoICT 2018, 0(c), 227–232. <https://doi.org/10.1109/ICoICT.2018.8528722>
- [2] Alhilman, J., Atmaji, F. T. D., & Athari, N. (2017). Software application for maintenance system: A combination of maintenance methods in the printing industry. 2017 5th International Conference on Information and Communication Technology (ICoICT), 1–6.
- [3] Ebeling, C. E. (2019). An introduction to reliability and maintainability engineering. Waveland Press.
- [4] Maulidina, L. N., Atmaji, F. T. D., & Alhilman, J. (2020). Penerapan Metode Reliability and Risk Centered Maintenance (Rrcm) Untuk Usulan Kebijakan Maintenance Mesin Injeksi Plastik (Studi Kasus Pada Cv. Xyz). Jurnal PASTI, 13(3), 275. <https://doi.org/10.22441/pasti.2019.v13i3.005>
- [5] Mobley, R. K. (2002). An introduction to predictive maintenance. Elsevier.
- [6] Montgomery, D. C. (2020). Introduction to statistical quality control. John Wiley & Sons.
- [7] Moubray, J. (2001). Reliability-centered maintenance. Industrial Press Inc.
- [8] Nakagawa, T. (2006). Maintenance theory of reliability. Springer Science & Business Media.
- [9] Ngadiyono, Y. (2010). Pemeliharaan Mekanik Industri. Universitas Negeri Yogyakarta. Yogyakarta. Praharsi, Y., Kumala Sriwana, I., & Sari, D. M. (2015). Perancangan Penjadwalan Preventive Maintenance Pada Pt. Artha Prima Sukses Makmur. Jurnal Ilmiah Teknik Industri, 13(1), 59–65.
- [10] Schwab, K. (2019). Revolusi Industri Keempat. Gramedia Pustaka Utama. Susanto, A. D., & Azwir, H. H. (2018). Perencanaan Perawatan Pada Unit Kompresor Tipe Screw Dengan Metode RCM di Industri Otomotif. Jurnal Ilmiah Teknik Industri, 17(1), 21. <https://doi.org/10.23917/jiti.v17i1.5380>
- [11] Aggarwal, K. K. (1993). Reliability engineering (Vol. 3). Springer Science & Business Media.
- [12] Fredo Zakaria, B., Ary Murti, M., Surya Wibowo, A., & Elektro, T. (2020). Sistem Pemantauan Kompresor Udara Berbasis Internet of Things Monitoring System Air Compressor Based on Internet of Things. 7(1), 274–274. Horner, R. M. W., El-Haram, M. A., & Munns, A. K. (1997). Building maintenance strategy: A new management approach. Journal of Quality in Maintenance Engineering, 3(4), 273–280. <https://doi.org/10.1108/13552519710176881>
- [13] Hyman, W. A. (2003). The Theory and Practice of Preventive Maintenance. Journal of Clinical Engineering, 28(1). [https://journals.lww.com/jcejournal/Fulltext/2003/01000/The\\_Theory\\_and\\_Practice\\_of\\_Preventive\\_Maintenance\\_37.aspx](https://journals.lww.com/jcejournal/Fulltext/2003/01000/The_Theory_and_Practice_of_Preventive_Maintenance_37.aspx)
- [14] Indrawan, D. (2020). Analisa Overheating Pada Kompresor Sullair LS16-60/75/100. JTTM : Jurnal Terapan Teknik Mesin, 1(1), 25–31. <https://doi.org/10.37373/msn.v1i1.14>
- [15] Kapur, K. C., & Pecht, M. (2014). Reliability engineering (Vol. 86).
- [16] John Wiley & Sons. Rosa, Y. (2005). Perencanaan dan Penerapan Preventive Maintenance Peralatan Laboratorium. Jurnal Teknik Mesin, 2(2), 109.
- [17] Selvik, J. T., & Aven, T. (2011). A framework for reliability and risk centered maintenance. Reliability

- Engineering and System Safety, 96(2), 324–331.  
<https://doi.org/10.1016/j.res.2010.08.001>
- [18] Smith, A. M. (1993). Reliability-centered maintenance. McGraw-Hill New York.
- [19] Avrilio, N. F., Endang Prasetyaningsih, & Nita P. A. Hidayat. (2021). Penerapan Planned Maintenance untuk Mereduksi Downtime Mesin MOJ-3 di Departemen Finishing PT. XYZ. Jurnal Riset Teknik Industri, 1(1), 68–76. <https://doi.org/10.29313/jrti.v1i1.232>
- [20] Campbell, J. D., Reyes-Picknell, J. V., & Kim, H. S. (2015). Uptime: Strategies for excellence in maintenance management. CRC Press.
- [21] Hyman, W. A. (2003). The Theory and Practice of Preventive Maintenance. Journal of Clinical Engineering, 28(1).  
[https://journals.lww.com/jcejournal/Fulltext/2003/01000/The\\_Theory\\_and\\_Practice\\_of\\_Preventive\\_Maintenance.37.aspx](https://journals.lww.com/jcejournal/Fulltext/2003/01000/The_Theory_and_Practice_of_Preventive_Maintenance.37.aspx)
- [22] Braglia, M., Grassi, A., & Montanari. (2004). Multiattribute Classification Method for Spare Parts Inventory Management. Journal of Quality in Maintenance Engineering, 55-65
- [23] Zimmer, W. (1999). An Introduction to Reliability and Maintainability Engineering. Journal of Quality Technology, 464-466.
- [24] Vijay, C., & Alok, S. (2014). Reliability-Centered Maintenance (RCM) of Quenching Car Used In Coke Oven Plants. International Journal of Engineering Research and Development, 10(7), 20-24.
- [25] Smith, A. M., & Hinchcliffe, G. R. (2003). RCM: Gateway to World Class Maintenance. In RCM Gateway to World Class Maintenance
- [26] Ristic, D., Stankovic, M., & Savic, S. (2008). Risk Assesment Matrices, Dependability and Quality Management, Research Center of Depenability and Quality Management.
- [27] Sharma, R. K., & Kumar, S. (2008). Performance Modeling in Critical Engineering System Using RAM Analysis. Reliability Engineering and System Safety, 913-919.
- [28] Joan Deva, P. M., & Iskandar. (2022). Preventive Maintenance Mesin FBB Can Body Maker Dengan Metode RCM di PT IMCP. JTM, 10, 41- 54.
- [29] Janse, O. F., Adi, S., & Bambang, S. (2013). Uji Normalitas Berdasarkan Metode AndersonDarling, Cramer-Von Mises dan Lilliefors Menggunakan Metode Bootstrap. Seminar Nasional Matematika dan Pendidikan Matematika FMIPA UNY. Yogyakarta
- [30] Mlenaers, A., Baets, H., Pintelon, L., & Waeyenbergh, G. (2012). Criticality Classification of Spare Parts: A Case Study. International Journal of Production Economics, 570-578.