

USULAN INTERVAL WAKTU PERAWATAN, ANALISIS *BUSINESS CONSEQUENCE* DAN PENENTUAN UMUR EKONOMIS MESIN *ROTARY DRYER* MENGGUNAKAN METODE *RISK BASED MAINTENANCE* DAN ANALISIS *REPLACEMENT*

DI PT XYZ

PROPOSED INTERVAL MAINTENANCE TIME, BUSINESS CONSEQUENCE ANALYSIS, AND ECONOMIC LIFE DETERMINATION USING RISK BASED MAINTENANCE AND REPLACEMENT ANALYSIS METHODS AT PT XYZ

Silmi Nur Inayah¹, Endang Budiasih², Aji Pamoso³

¹Prodi S1 Teknik Industri, Fakultas Rekayasa Industri, Universitas Telkom

²Prodi S1 Teknik Industri, Fakultas Rekayasa Industri, Universitas Telkom

³Prodi S1 Teknik Industri, Fakultas Rekayasa Industri, Universitas Telkom

¹Silminurinayah@student.telkomuniversity.ac.id, ²endangbudiasih@telkomuniversity.co.id ³aji_p9juli@telkomuniversity.co.id

Abstrak

Rotary Dryer merupakan mesin yang terdapat pada PT XYZ, yang berperan dalam proses drying bahan baku semen. Karena fungsi tersebut, jika terjadi downtime pada mesin, akan mengakibatkan berhentinya proses produksi. Berdasarkan data frekuensi kerusakan, jumlah kerusakan terjadi sebanyak 32 kali dalam periode 2016-2019. Tujuan dari penelitian ini adalah untuk mengetahui nilai risiko, interval perawatan optimal pada komponen kritis dan umur ekonomis dari mesin Rotary Dryer. Maka dari itu digunakan metode *Risk Based Maintenance* untuk mengetahui nilai risiko akibat kegagalan yang terjadi dan interval perawatan optimal pada komponen kritis mesin Rotary Dryer. Selain itu, dilakukan juga penentuan business consequence menggunakan *risk matrix business consequence* dan untuk penentuan umur ekonomis mesin digunakan metode *Analisis Replacement*. Berdasarkan pengolahan data menggunakan metode *Risk Based Maintenance* risiko yang harus diterima perusahaan jika terjadi kegagalan sebesar Rp65,066,006, nilai tersebut melebihi batas kriteria penerimaan dan berdasarkan *risk matrix business consequence* mesin Rotary Dryer berada pada area merah, sehingga perlu adanya perbaikan untuk mengurangi konsekuensi yang lebih tinggi. Pada interval perawatan usulan setiap 1816 jam, risiko yang ditimbulkan lebih kecil dibandingkan dengan risiko eksisting, dan persentasi risiko memenuhi kriteria penerimaan yang ditetapkan perusahaan. Umur ekonomis mesin Rotary Dryer didapatkan pada tahun ke-19 (tahun 2039) berdasarkan perhitungan menggunakan metode *Analisis Replacement*.

Kata kunci: *Realibility, Risk Based maintenance, Risk Matrix Business Consequence, Analisis Replacement*

Abstract

Rotary Dryer is a machine found in PT XYZ, which plays a role in the drying process of cement raw materials. Because of this function, if there is downtime on the machine, it will result in the cessation of the production process. Based on damage frequency data, the amount of damage occurred 32 times in the 2016-2019 period. The purpose of this study is to determine the risk value, optimal maintenance intervals on critical components and the economic life of the Rotary Dryer machine. Therefore the Risk Based Maintenance method is used to determine the risk value due to failures that occur and optimal maintenance intervals on critical components of the Rotary Dryer machine. In addition, the business consequence determination is also done using a risk matrix business consequence and for determining the economic life of the machine used the Analyst Replacement method. Based on data processing using the Risk Based Maintenance method the risk that must be accepted by the company in the event of a failure of Rp65,066,006, the value exceeds the acceptance criteria limit and based on the risk matrix business consequences Rotary Rotary machine is in the red area, so there needs to be improvements to reduce the higher consequences. At the proposed maintenance interval every 1816 hours, the risk incurred is smaller than the existing risk, and the percentage of risk meets the acceptance criteria set by the company. The economic life of a Rotary Dryer machine is obtained in the 19th year (year 2039) based on calculations using the Replacement Analysis method.

Keywords: *Realibility, Risk Based maintenance, Risk Matrix Business Consequence, Analisis*

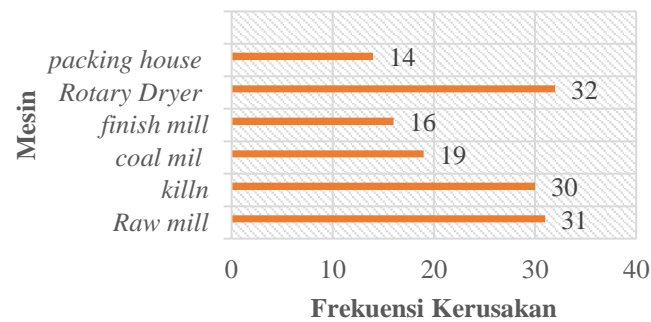
1. Pendahuluan

Program percepatan pembangunan oleh Pemerintah Indonesia telah mendorong pengembangan infrastruktur diseluruh wilayah Indonesia. Upaya pemerintah dalam pembangunan infrastruktur merupakan bagian terintegrasi dari pembangunan nasional dan untuk menumbuhkan potensi ekonomi masyarakat sebagai roda penggerak pertumbuhan

ekonomi. Dalam 10 tahun terakhir pembangunan properti dan infrastruktur di Indonesia berkembang pesat dan telah menjadikan Indonesia sebagai pasar yang sangat potensial bagi industri semen. Hal tersebut terlihat dari adanya peningkatan permintaan domestik semen dari tahun 2016–2018. Berdasarkan data Asosiasi semen Indonesia Pada tahun 2016 permintaan domestik semen sebanyak 61,6 juta ton, sedangkan untuk tahun 2017 meningkat menjadi 66,6 juta ton dan kembali mengalami peningkatan pada tahun 2018 sebanyak 69,5 juta ton.

PT XYZ merupakan perusahaan yang bergerak pada bidang industri semen sejak tahun 1975 dengan didirikannya sebuah pabrik semen di wilayah Citereup, Jawa Barat. Saat ini PT XYZ telah mempunyai 13 pabrik dengan total kapasitas produksi tahunan sebesar 24,9 juta ton semen. Sepuluh pabrik berlokasi di Kompleks Pabrik Citeureup, Bogor, Jawa Barat; dua pabrik di Kompleks Pabrik Palimanan, Cirebon, Jawa Barat; dan satu pabrik di Kompleks Pabrik Tarjun, Kotabaru, Kalimantan Selatan. PT XYZ memproduksi beberapa jenis semen diantaranya *Portland Composite Cement (PCC)*, *Ordinary Portland Cement (OPC)*, *Portland Pozzolan Cement (PPC)*, *Oil Well Cement (OWC)*, Semen Putih, Acian Putih TR30, Beton Siap-Pakai (*Ready Mix Concrete/RMC*), agregat, dan *TR Superslag Cement*.

Plant 5 merupakan salah satu pabrik yang dioperasikan oleh PT XYZ dengan kapasitas desain terpasang mencapai 350 ribu ton semen per tahun. Berdasarkan rencana produksi, peningkatan produksi akan terus dilakukan sehingga hal ini harus sejalan dengan *availability* dan *reliability* dari mesin produksi yang dimiliki perusahaan, karena mesin merupakan salah satu elemen penggerak dalam proses produksi. Jika mesin mengalami kerusakan maka proses produksi dapat berhenti dan menimbulkan kerugian bagi perusahaan. Data kerusakan mesin dalam satu tahun terakhir pada Plant 5 dapat dilihat sebagai berikut:



Berdasarkan Gambar I.4 data kerusakan mesin di plant 5 dari tahun 2017-2019, frekuensi kerusakan raw mill sebanyak 31 kali, killn sebanyak 30, coal mil sebanyak 19 kali, *finish mill* sebanyak 16 kali, *Rotary Dryer* sebanyak 32 kali, dan packing house sebanyak 14 kali. Berdasarkan data tersebut mesin *Rotary Dryer* dijadikan sebagai objek pada penelitian ini karena mengalami kerusakan yang paling sering yaitu sebanyak 32 kerusakan. *Rotary Dryer* merupakan mesin yang digunakan dalam proses *drying* berfungsi untuk mengurangi kadar air dari bahan baku, yaitu limestone, silica sand, dan kaolin. Pengoperasian mesin yang terus menerus merupakan salah satu penyebab sering terjadinya kerusakan pada mesin *Rotary Dryer*.

Tingkat kesiapan dan keandalan suatu mesin perlu dijaga dengan baik agar mesin dapat beroperasi sesuai dengan fungsinya, sehingga perusahaan dapat melakukan efisiensi terhadap proses produksi. Upaya yang dapat digunakan untuk memastikan kondisi dari suatu mesin, peralatan, maupun komponen yang digunakan dalam suatu perusahaan untuk mempertahankan keandalannya adalah dengan melakukan manajemen perawatan (*maintenance*). *Maintenance* secara berkala dilakukan untuk mengatasi kerusakan dan meminimasi *downtime* yang terjadi disuatu perusahaan. Kegiatan perawatan pada mesin *Rotary Dryer* dibagi menjadi 3 bagian yaitu *preventive maintenance*, *corrective maintenance*, dan *overhaul*. Namun data perusahaan menunjukkan bahwa kegiatan *corrective maintenance* masih sering dilakukan dan berdampak pada tingginya biaya perawatan dan hilangnya pendapatan (*Loss Revnue*) karena adanya *downtime*. *Downtime* dapat terjadi karena beberapa faktor, salah satunya karena adanya kerusakan komponen. Selain itu, saat terjadi kerusakan pada mesin, tidak jarang mesin harus menunggu perbaikan dikarenakan tidak tersedianya spare part yang dibutuhkan. Ketersediaan *spare part* merupakan hal yang sangat penting untuk menjamin kelangsungan dalam kegiatan perawatan. Berdasarkan permasalahan tersebut, dalam menjalankan proses operasinya mesin dihadapkan pada berbagai risiko yang dapat menghambat berlangsungnya proses produksi. Maka dari itu, perusahaan membutuhkan kebijakan *maintenance* yang baru dengan mempertimbangkan realibility, waktu perawatan dan risiko akibat terjadinya kegagalan pada mesin. Dengan mengetahui besar nilai risiko dan biaya yang harus ditanggung oleh perusahaan jika mesin *Rotary Dryer* mengalami kegagalan, maka perusahaan dapat melakukan evaluasi dari kegiatan perawatan yang telah dilakukan sebelumnya dan segera melakukan penjadwalan perawatan mesin, sehingga dapat mengatasi kerusakan atau dapat mencegah terjadinya kerusakan. Untuk mengetahui nilai risiko akibat kegagalan mesin, metode yang dapat digunakan adalah *Risk Based Maintenance*. *Risk Based Maintenance* merupakan salah satu metode kuantitatif yang didasarkan pada integrasi pendekatan *reliability* dan risiko untuk mencapai jadwal *maintenance* optimal dan meminimalkan risiko akibat *failure* [1]. Pada penelitian ini juga digunakan *risk matrix business consequence* untuk mengetahui konsekuensi bisnis dari ketidakandalan mesin dan penentuan umur ekonomis dari mesin *Rotary Dryer*. Penentuan umur ekonomis dilakukan untuk mengetahui lama waktu suatu mesin dapat dipakai dan masih menguntungkan secara ekonomis. Ketika mesin digunakan melampaui umur ekonomisnya maka akan berdampak pada meningkatnya biaya operasional dan biaya *maintenance* dari mesin tersebut, sehingga penting bagi perusahaan untuk mengetahui umur ekonomis dari mesin tersebut. Pada penelitian ini metode yang digunakan untuk mengetahui umur ekonomis dari mesin *Rotary Dryer* adalah analisis *Replacement* dengan menggunakan pendekatan *EUAC (Equivalent Uniform Annual Cost)*.

2. Dasar Teori /Material dan Metodologi/perancangan

2.1 Risk Based Maintenance

Risk Based Maintenance (RBM) merupakan pendekatan yang membantu dalam membuat keputusan mengenai perbaikan atau penggantian komponen aset untuk menjaga integritas aset selama operasi [2]. Tujuan dari Risk Based Maintenance yaitu untuk mengurangi risiko yang ditimbulkan akibat kegagalan yang terjadi pada komponen atau sistem saat beroperasi. Nilai risiko digunakan untuk efisiensi dan efektifitas inspeksi dan kegiatan maintenance. Risk Based Maintenance memiliki modul yang berkaitan yaitu perkiraan risiko, evaluasi risiko, dan perencanaan pemeliharaan [3].

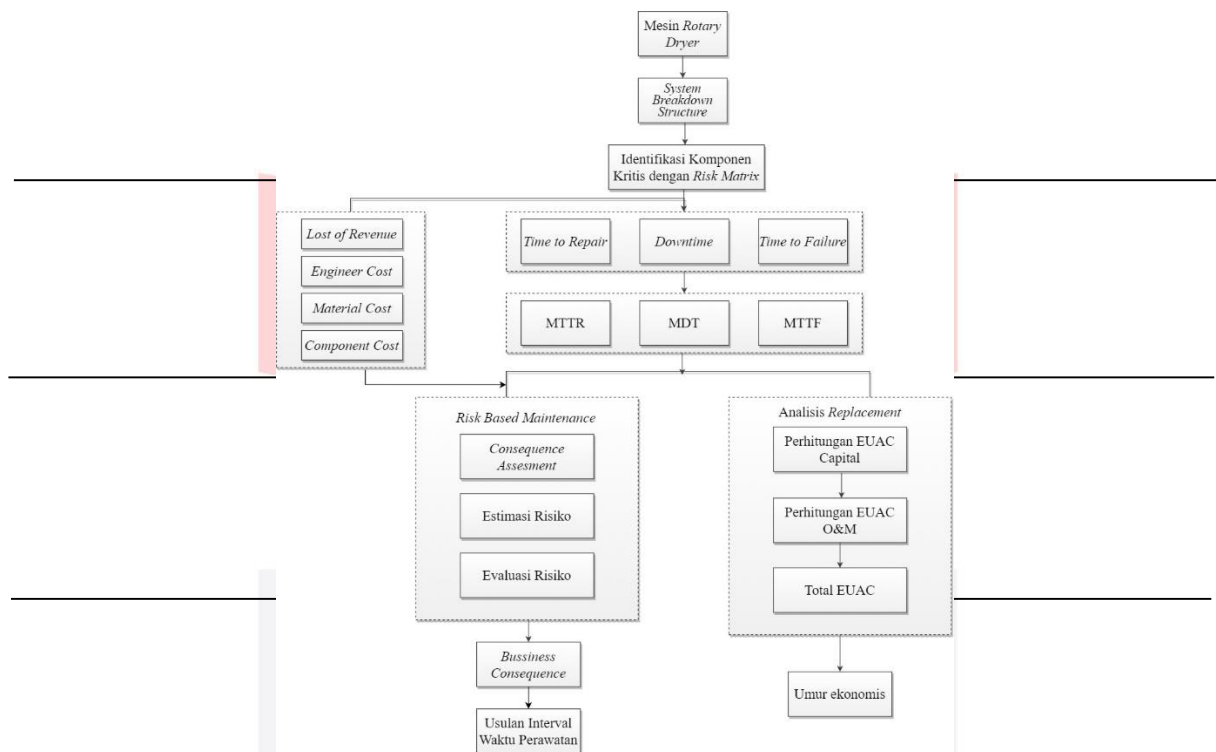
2.2 Business Consequence

Business consequence dari kegagalan merupakan indikator yang diukur berdasarkan uang yang dikenal sebagai biaya yang tidak dapat diandalkan. Risk matrix business consequence dapat dijadikan sebagai referensi untuk pihak management perusahaan dalam membuat keputusan berdasarkan nilai referensi uang bukan hanya berdasarkan peluang atau probabilitas [4].

2.3 Analisis Replacement

Model Analisis *replacement* merupakan metode yang digunakan untuk mengetahui kapan suatu aset yang dipertahankan (*defender*) harus diganti, kemudian alternatif mesin mana saja yang dapat dijadikan sebagai penggantinya (*challenger*), serta memperoleh kebijakan penggantian terhadap suatu aset dengan melihat unsur-unsur ekonomisnya [5]. Analisis *replacement* ditujukan untuk menentukan apakah peralatan yang digunakan saat ini perlu diganti dengan peralatan baru dan ekonomis, dan kapan penggantian itu sebaiknya dilakukan. Pada penelitian ini perhitungan metode analisis replacement menggunakan pendekatan Equivalent Uniform Annual Cost (EUAC). Total EUAC dihitung berdasarkan penjumlahan antara nilai EUAC *Capital Recovery* dan EUAC *Operational and Maintenance (O&M)*. Kemudian pengambilan keputusan dilakukan dengan memilih nilai yang paling minimum dari nilai total EUAC.

2.3 Model Konseptual



Gambar 1 Model Konseptual

Penelitian diawali dengan menentukan mesin yang akan dijadikan objek penelitian berdasarkan data historis frekuensi kerusakan mesin. Kemudian dilakukan pengukuran kuantitatif dengan mengolah data *Time to Repair (TTR)*, *Time to Failure*, dan *Downtime* berdasarkan data historis kerusakan. Selanjutnya penentuan distribusi yang mewakili dari data kerusakan (TTF, TTR, dan DT) dengan menggunakan uji Anderson-Darling, kemudian penentuan parameter dari hasil distribusi yang paling mewakili. Pada metode *Risk Based Maintenance*, diawali dengan penyusunan skenario kegagalan, selanjutnya perhitungan kegagalan probabilistik atau peluang kegagalan (Pf). Setelah itu dilakukan perhitungan konsekuensi kegagalan untuk menilai besar konsekuensi dari tiap kegagalan yang terjadi yaitu *system performance loss* berdasarkan data *loss revenue*, *engineer cost*, *material cost*, dan harga mesin. Untuk mengetahui nilai risiko dilakukan perhitungan dengan mengkalikan peluang kegagalan dengan nilai *system performance loss*. Kemudian dilakukan evaluasi risiko penyusunan kriteria penerimaan risiko dengan membandingkan risiko terhadap kriteria penerimaan. Selanjutnya penentuan *Business Consequence* dengan menggunakan *risk matrix business consequence 5x5*, dengan parameter nilai peluang kegagalan (Pf) dan konsekuensi akibat ketidakandalan mesin dalam ukuran finansial. Berdasarkan nilai risiko dan *risk matrix business consequence*, perencanaan *maintenance* usulan dilakukan yaitu dengan estimasi untuk mendapatkan durasi interval yang optimal dalam melakukan maintenance

Setelah itu untuk mengetahui umur ekonomis mesin dilakukan perhitungan dengan menggunakan metode Analisis *Replacement*.

3. Pembahasan

3.1 Penentuan Komponen kritis

Penentuan komponen kritis dilakukan dengan tujuan agar penelitian berfokus pada komponen yang memiliki dampak signifikan, yaitu ketika terjadi kerusakan pada komponen tersebut dapat mengganggu kelangsungan proses produksi dan akan menimbulkan kerugian bagi perusahaan. Berdasarkan hasil wawancara yang dilakukan sistem yang sering mengalami kerusakan adalah *mechanic system*, sehingga penentuan komponen kritis difokuskan pada komponen-komponen yang terdapat pada *mechanic system*.

Likelihood	Consequence				
	Not significant	Minor	Moderate	Major	Chatastropic
Almost Certain					
Likely				<i>Lifter</i>	
Possible				<i>Liner</i>	
Unlikely					
Rare					

Gambar 2 Risk Matrix

dalam *risk matrix* terdapat empat tingkatan risiko yaitu *low* artinya risiko dapat diterima, *medium* artinya risiko dapat ditoleransi, *high* artinya harus dilakukan investigasi dan perbaikan, dan *extreme* artinya harus ada perbaikan lebih lanjut agar kerugian dapat dikurangi. *Risk matrix* diatas menunjukkan bahwa komponen *lifter* dan *liner* berada pada area merah, sehingga komponen tersebut akan diteliti lebih lanjut karena memiliki risiko tinggi.

3.2 Penentuan Distribusi Time to Failure (TTF), Time to Repair (TTR) dan Downtime (DT)

Penentuan distribusi pada data *Time to Failure* (TTF), *Time to Repair* (TTR) dan *Downtime* (DT) dilakukan dengan menggunakan uji Anderson Darling. Dengan menggunakan uji tersebut akan diketahui distribusi yang paling mewakili untuk data *Time to Failure* (TTF), *Time to Repair* (TTR) dan *Downtime* (DT). Nilai Anderson Darling (AD) merupakan nilai yang menunjukkan apakah suatu distribusi dapat mewakili penyebaran suatu data. Hal tersebut ditunjukkan dengan semakin kecil nilai AD tersebut maka semakin mewakili distribusi terhadap penyebaran data tersebut. Nilai P-Value digunakan untuk mengetahui suatu hipotesis ditolak atau diterima dengan ketentuan H0 ditolak jika $P\text{-Value} < \alpha$. Tabel 1 menunjukkan distribusi terpilih pada masing masing komponen.

Tabel 1 Distribusi Data TTF, TTR, dan DT

Data	Komponen	Distribusi Terpilih
<i>Time to Failure</i>	<i>Liner</i>	Weibull
	<i>lifter</i>	Weibull
<i>Time to Repair</i>	<i>Liner</i>	Normal
	<i>lifter</i>	Weibull
<i>Downtime</i>	<i>Liner</i>	Normal
	<i>lifter</i>	Normal

3.3 Penentuan MTTF, MTTR, dan MDT

Penentuan parameter distribusi dilakukan berdasarkan distribusi yang mewakili, kemudian dilakukan perhitungan MTTF, MTTR, dan MDT berdasarkan parameter tersebut. Parameter distribusi didapatkan dengan menggunakan bantuan software Av sim+ 9. Tabel 2 menunjukkan parameter distribusi dan nilai MTTF, MTTR, dan MDT.

Tabel 2 Nilai MTTF, MTTR, dan MDT

Komponen	MTTF	MTTR	MDT
<i>Liner</i>	2463.21	5.74	6.357
<i>lifter</i>	2416.59	5.35	6.602

3.4 Perhitungan Risk Based Maintenance

a) Perhitungan Kegagalan Probabilistik Mesin

Perhitungan kegagalan probabilistik dilakukan untuk mengetahui peluang kegagalan (Pf) dari komponen kritis mesin *Rotary Dryer* dalam interval waktu 2880 jam. Parameter yang digunakan dalam melakukan perhitungan berdasarkan hasil penentuan distribusi yang mewakili pada data *time to failure* yaitu distribusi Weibull pada komponen *liner* dan *lifter*. Dalam menghitung peluang kegagalan (Pf) didapatkan dengan cara menggunakan persamaan (II.10) dan perhitungan menunjukkan bahwa nilai dari kegagalan probabilistik atau nilai peluang kegagalan (Pf) dari komponen *liner* adalah sebesar 0.65948 dan komponen *lifter* adalah sebesar 0.67478. Hasil perhitungan peluang kegagalan dapat dilihat sebagai berikut:

Tabel 3 Perhitungan Peluang Kegagalan (Pf)

Komponen	Waktu Operasi Mesin (jam)	Reliability (Rm)	Peluang Kegagalan (Pf)
<i>Liner</i>	2880	3.40522E-01	0.65948
<i>Lifter</i>		3.25218E-01	0.67478

b) Perhitungan Konsekuensi Kegagalan

Perhitungan perkiraan konsekuensi dilakukan untuk mengetahui konsekuensi yang diterima perusahaan akibat kegagalan fungsi yang terjadi pada komponen kritis mesin. Pada penelitian ini kerusakan yang terjadi pada komponen kritis mesin *Rotary Dryer* berdampak pada *system performance loss*. Tabel 4 menunjukkan perhitungan kerugian kinerja sistem yang dihitung berdasarkan persamaan sebagai berikut:

$System\ Performance\ Loss = (MDT \times Loss\ Revenue) + (MTTR \times Engineer\ Cost) + Material\ Cost + \text{Harga Mesin}$

Tabel 4 Nilai *System Performance Loss*

Komponen	<i>System Performance Loss</i>
<i>Liner</i>	Rp31,486,909
<i>lifter</i>	Rp65,652,412

c) Perhitungan Perkiraan Risiko Kegagalan

Perhitungan perkiraan risiko kegagalan pada mesin dilakukan untuk mengetahui nilai risiko jika terjadi kegagalan. Perhitungan dilakukan dengan mengkalikan nilai peluang kegagalan (Pf) dengan konsekuensi kegagalan yaitu *system performance loss*. Tabel menunjukkan bahwa jika terjadi *downtime* akibat kerusakan pada komponen *liner* dan *lifter* maka total risiko yang harus ditanggung perusahaan adalah sebesar Rp65,066,006 Perhitungan perkiraan risiko kegagalan dapat dilihat sebagai berikut:

Tabel 5 Perkiraan risiko kegagalan

Komponen	Peluang Kegagalan (Pf)	<i>System Performance Loss</i>	Perkiraan Risiko Kegagalan
<i>Liner</i>	0.65948	Rp31,486,909	Rp20,764,911
<i>Lifter</i>	0.67478	Rp65,652,412	Rp44,301,095
Total Risiko			Rp65,066,006

c) Risk Evaluation

Penentuan kriteria penerimaan risiko merupakan batasan risiko yang dapat diterima oleh perusahaan ketika mesin atau komponen mengalami kerusakan. Penyusunan kriteria penerimaan risiko dilakukan melalui wawancara pada departemen Maintenance di PT XYZ. Kriteria penerimaan risiko yang diterima oleh perusahaan adalah sebesar 0.5% dari kapasitas produksi selama satu tahun. Untuk mengetahui persentase risiko yang diterima oleh perusahaan ketika mengalami kegagalan yang diakibatkan oleh komponen kritis dilakukan dengan cara membagi nilai risiko dengan kapasitas produksi mesin selama satu tahun. Berikut ini merupakan perhitungan kriteria penerimaan risiko. Berdasarkan tabel, besar risiko yang harus ditanggung perusahaan jika terjadi kegagalan adalah sebesar Rp65,066,006 atau sebesar 0.8% dari total kapasitas produksi.

Tabel 6 Evaluasi Risiko

Periode Operasi Mesin (1 tahun)	Kapasitas Produksi (1 tahun)	Total Risiko	%Risiko	Acceptance Criteria
2880	Rp8,568,000,000	Rp65,066,006	0.8%	0.5%

3.5 Penentuan Business Consequence

Penentuan *business consequence* dilakukan dengan menggunakan *risk matrix business consequence* 5x5. Parameter yang digunakan yaitu nilai peluang kegagalan (Pf) dan biaya apabila terjadi kegagalan fungsi. Nilai peluang kegagalan didapatkan dari perhitungan sebelumnya yaitu sebesar 0.99538 untuk komponen *liner* dan 0.99992 untuk komponen *lifter*. Perhitungan biaya didapatkan dari perhitungan money loss yang dapat dilihat pada tabel IV.13. Gambar IV.3 menunjukkan risk matriks business consequence. Berdasarkan *risk matriks business consequence* komponen *liner* berada pada area merah, dengan nilai peluang kegagalan (Pf) > 70% dan berada pada kategori very high dan business consequence pada kategori low. low.

Tabel 7 Perhitungan *Money lost*

Komponen	<i>Loss Production Hour</i>	<i>Equipment Cost</i>	<i>Labor Maintenance Cost</i>	<i>Money lost</i>
<i>liner</i>	Rp56,896,875	Rp51,376,696.50	Rp1,658,137.50	Rp109,931,709
<i>Lifter</i>	Rp78,563,800	Rp70,941,479.80	Rp2,289,574	Rp151,794,853

Probability of Failure	Very High Pf > 70%					
	High 50% < Pf < 70%			<i>Liner</i>	<i>Lifter</i>	
	Medium 30% < Pf < 50%					
	Low 10% < Pf < 30%					
	Very Low Pf < 10%					
	Very Low <i>Less than Rp 50.000.000</i>	Low <i>More than Rp 50.000.000 but less than Rp 100.000.000</i>	Medium <i>More than Rp 100.000.000 but less than Rp 150.000.000</i>	High <i>More than Rp 150.000.000 but less than Rp 300.000.000</i>	Very High <i>More than Rp 300.000.000</i>	
(Rp) <i>Business Consequence</i>						

Gambar 3 Risk Matrix Business Consequence

3.4 Perhitungan Interval Waktu Perawatan Usulan

Penentuan interval waktu perawatan usulan dilakukan karena persentase risiko melebihi kriteria penerimaan risiko yang ditetapkan perusahaan, selain itu berdasarkan *risk matrix business consequence* kedua komponen kritis berada pada area merah artinya memiliki tingkatan risiko *high* dan *extreme*. Penentuan interval waktu perawatan didasarkan pada minimasi biaya perawatan dan risiko yang juga dipengaruhi oleh parameter distribusi kerusakan yang terpilih yaitu distribusi Weibull. Perhitungan dilakukan dengan percobaan *trial and error* dan dilihat berdasarkan besarnya nilai *reliability*. Perhitungan interval waktu perawatan usulan adalah sebagai berikut:

Tabel 8 Interval Waktu Perawatan Usulan

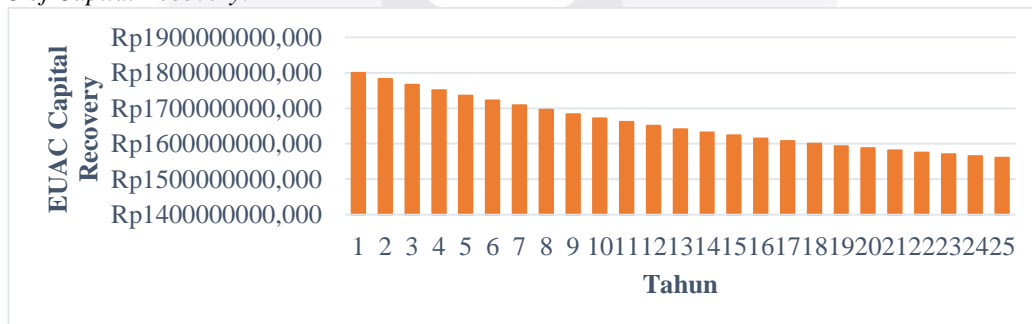
Komponen	Interval Usulan (jam)	Kapasitas Produksi Mesin	Total Biaya Perawatan	Total Risiko	<i>Reliability</i>	Persentase Risiko	Kriteria Penerimaan
Liner	1816	Rp8,568,000,000	Rp22,949,804	Rp34,908,115	0.60079	0.41	0.50%
Lifter					0.65975		

Dari hasil pengolahan data menunjukkan bahwa terdapat perbedaan antara interval waktu perawatan usulan dengan interval perawatan eksisting yang dilakukan oleh perusahaan. Interval perawatan usulan adalah setiap 1816 jam pada kedua komponen liner dan lifter, dan dapat diketahui bahwa nilai risiko yang ditimbulkan lebih kecil dibandingkan dengan eksisting. Persentase risiko pada interval waktu perawatan usulan adalah 0.41%, sehingga memenuhi kriteria penerimaan risiko dari perusahaan sebesar 0.5%.

3.4 Perhitungan Analisis Replacement

a) Perhitungan EUAC *Capital Recovery*

EUAC of Capital Recovery didapatkan dari *salvage value* dari harga mesin *Rotary Dryer* untuk tahun tertentu. Dalam melakukan perhitungan, mesin diasumsikan mengalami penyusutan 2% setiap tahunnya. Gambar 3 menunjukkan grafik dari *EUAC of Capital Recovery*.

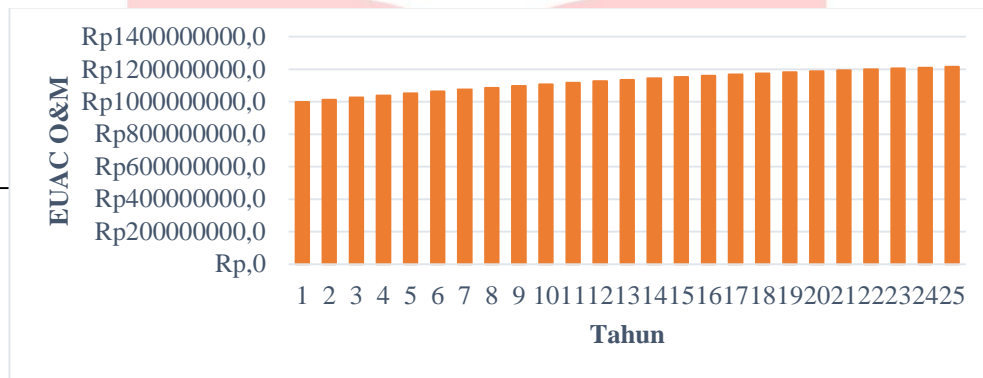


Gambar 4 Grafik *EUAC of Capital Recovery*

Grafik diatas menunjukkan penurunan nilai *EUAC of Capital Recovery* setiap tahunnya. Hal tersebut terjadi karena mesin *Rotary Dryer* merupakan *fixed asset*, sehingga mengalami penyusutan atau penurunan nilai aset bersamaan dengan berlalunya waktu.

b) Perhitungan EUAC O&M

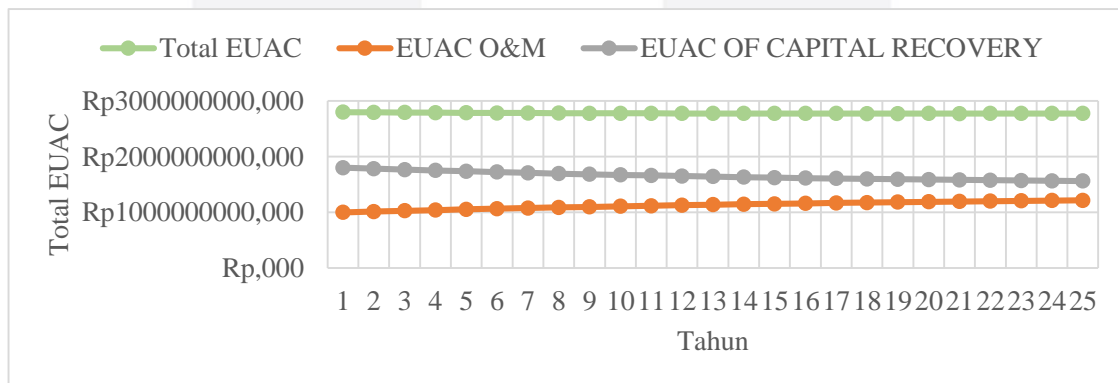
Perhitungan EUAC O&M didapatkan dari total biaya operasional dan total biaya *maintenance* selama mesin beroperasi dalam interval waktu satu tahun. Dalam melakukan perhitungan EUAC O&M untuk nilai peningkatan inflasi (G) diasumsikan sebesar 2.9% diperoleh dari rata-rata inflasi pada tahun 2019 berdasarkan Bank Indonesia. Grafik pada gambar 3 menunjukkan peningkatan nilai EUAC O&M setiap tahunnya dimana nilai EUAC O&M pada tahun 2021 sebesar Rp 998,957,923 dan pada tahun 2045 sebesar Rp 1,215,014,540. Gambar V.3 menunjukkan grafik dari EUAC O&M sebagai berikut:



Gambar 5 Grafik EUAC O&M

c) Perhitungan Total EUAC

Perhitungan total EUAC didapatkan dari penjumlahan *EUAC of Capital Recovery* dan perhitungan EUAC O&M, yaitu biaya yang dikeluarkan perusahaan dalam penggunaan mesin *Rotary Dryer*. Umur ekonomis diperoleh jika nilai total EUAC memiliki nilai minimum. Gambar 5 menunjukkan grafik dari total EUAC, yaitu sebagai berikut:



Gambar 6 Grafik Total EUAC

Pada gambar 5 grafik menunjukkan bahwa nilai total EUAC mesin *Rotary Dryer* terus mengalami peningkatan setiap tahunnya, namun pada tahun ke-19 terjadi penurunan total biaya EUAC, dan kembali meningkat pada tahun ke-20. Berdasarkan perhitungan didapatkan total EUAC minimum sebesar Rp 2,774,304,312 pada tahun ke-19 (tahun 2019). Grafik diatas juga menunjukkan semakin lama mesin digunakan, semakin besar biaya operasional dan biaya *maintenance*. Perhitungan umur ekonomis dilakukan untuk menentukan penggantian suatu aset atau mesin atau masih dapat dipertahankan dengan memperhatikan unsur-unsur ekonomisnya, yaitu dengan membandingkan antara biaya yang akan dikeluarkan oleh aset atau mesin tersebut dengan manfaat yang akan diperolehnya.

4. Kesimpulan

Berdasarkan perhitungan dan analisis yang telah dilakukan pada bab sebelumnya, berikut ini merupakan kesimpulan yang menjawab perumusan masalah yang telah dipaparkan sebelumnya.

1. Hasil perhitungan dengan menggunakan metode Risk Based Maintenance, menunjukkan nilai risiko yang harus diterima perusahaan jika terjadi kegagalan pada komponen kritis mesin *Rotary Dryer* yaitu sebesar Rp341,113,483 dalam interval satu tahun operasi mesin.
2. Berdasarkan *risk matrix business consequence* didapatkan bahwa komponen kritis mesin *Rotary Dryer* yaitu liner dan lifter memiliki tingkatan risiko yang tinggi, sehingga harus dilakukan perbaikan berupa usulan interval waktu
3. Usulan interval waktu perawatan berdasarkan metode Risk Based Maintenance yaitu setiap 1816 jam untuk kedua komponen kritis dengan total risiko sebesar Rp34,908,115, dan persentase risiko sebesar 0.41% memenuhi kriteria penerimaan risiko yang ditetapkan perusahaan.
4. Hasil perhitungan dengan menggunakan metode Analisis *Replacement*, umur ekonomis mesin *Rotary Dryer* terdapat pada tahun ke-19 (tahun 2039) dengan total nilai EUAC minimum sebesar Rp 2,774,304,312.

Daftar Pustaka

- [1] D. S. Dhamayanti, J. Alhilman, and N. Athari, "Usulan Preventive Maintenance Pada Mesin Komori LS440 (RCM II) dan Risk Based Maintenance (RBM) di PT ABC," J. Rekayasa Sist. Ind., vol. 3,

- no. April, pp. 31–37, 2016.
- [2] M. Khalifa, F. Khan, and J. Thorp, “Risk-based maintenance and remaining life assessment for gas turbines,” *J. Qual. Maint. Eng.*, vol. 21, no. 1, pp. 100–111, Mar. 2015.
 - [3] F. I. Khan and M. R. Haddara, “Risk-based maintenance of ethylene oxide production facilities,” *J. Hazard. Mater.*, 2004.
 - [4] F. Vicente, “Assessing the cost of unreliability in gas plant to have a sustainable operation,” *Pet. Chem. Ind. Conf. Eur. Conf. Proceedings, PCIC Eur.*, 2012.
 - [5] M. Giatman, *Ekonomi Teknik*. Jakarta: PT Raja Ghafindo Persada, 2006.