

PENILAIAN KINERJA BERBASIS *RELIABILITY* MENGUNAKAN METODE *COST OF UNRELIABILITY (COUR)* PADA MESIN *FILLOMATIC ROTARY LIQUID FILLER & CAPPER* DI PT XYZ

Pebrina Donna Izzaqi, Judi Alhilman, dan Aji Pamoso
Program Studi Teknik Industri, Fakultas Rekayasa Industri, Universitas Telkom
Jl. Telekomunikasi No.01, Terusan Buah Batu, Bandung 40257
Email: pebrinadonnaizzaqi@gmail.com

Abstrak

PT XYZ adalah perusahaan farmasi di Indonesia yang memproduksi obat batuk. Salah satu mesin yang digunakan pada proses pembuatan obat tersebut adalah *Mesin Fillomatic Rotary Liquid Filler & Capper* untuk proses *filling* dan *capping*. Mesin tersebut mengalami masalah kegagalan, dimana terjadi 41 kali kerusakan pada Januari-Desember 2018. Oleh karena itu, perlu untuk menjaga keandalan mesin yang digunakan. *Risk matrix* digunakan untuk menentukan sistem serta subsistem kritis dan didapatkan subsistem kritis yaitu *conveyor*, *center plate*, *capper* dan *star wheel*. Penelitian berfokus pada keempat subsistem tersebut menggunakan *Cost of Unreliability (COUR)* untuk mengetahui kerugian perusahaan saat sistem mengalami kegagalan. Dari hasil perhitungan COUR, didapatkan nilai *corrective money lost* sebesar Rp14.260.567.697,19 dan *downtime money lost* sebesar Rp33.112.418.213,73. Setelah diketahui besarnya nilai COUR digunakan *business risk matrix* untuk mengetahui konsekuensi bisnis perusahaan, keempat subsistem tersebut masuk kedalam area gelap yang artinya perlu dilakukan perbaikan lebih lanjut untuk mengurangi konsekuensi yang tinggi.

Kata kunci: *Cost of Unreliability* , *Corrective* , *Downtime*, Konsekuensi Bisnis.

Abstract

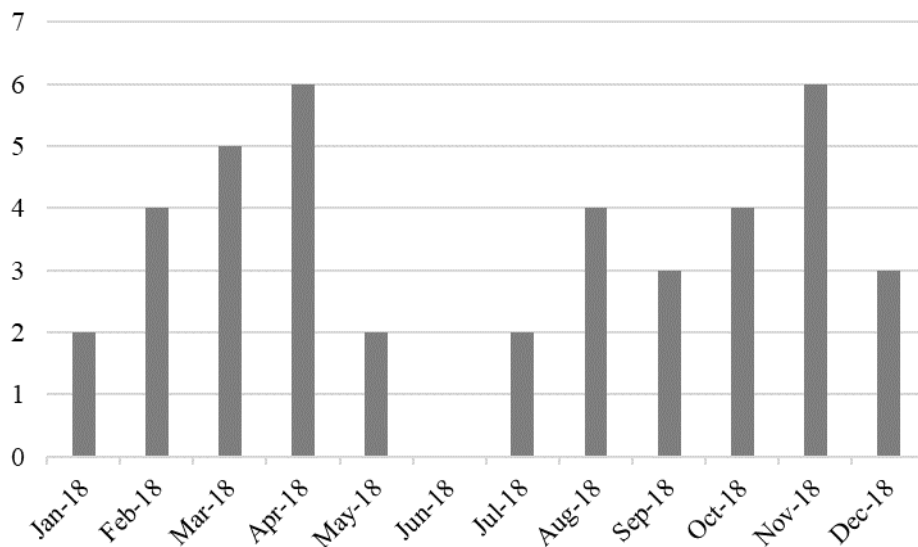
PT XYZ is the pharmaceutical company in Indonesia that produces cough medicine. One of the machines used in the process of making the drug is Fillomatic Rotary Liquid Filler & Capper for filling and capping process. That machine has failure problem, there were 41 damages in January-December 2018. Therefore, the company is required to preserve the reliability of this machine in use. Risk matrix is used to found critical systems and subsystems and obtained critical subsystems namely conveyor, center plate, capper and star wheel. The research focus on four subsystems using Cost of Unreliability (COUR) to estimate the financial loss by company when the system fails. Based on COUR calculation, obtained corrective money lost value of Rp14.260.567.697,19 downtime money lost worth Rp33.112.418.213,73. After the COUR value is known, the business risk matrix is used to determine the company's business consequences and the four subsystems are included in the dark area, that means further improvements are needed to reduce the high consequences.

Keywords: *Cost of Unreliability* , *Corrective* , *Downtime*, *Business Consequence*.

PENDAHULUAN

Industri farmasi merupakan salah satu sektor perindustrian yang terus berkembang. Dengan bertambahnya industri farmasi, segala kegiatan yang dilaksanakan saat ini dituntut untuk dapat memanfaatkan teknologi yang ada. Perusahaan dapat memanfaatkan teknologi mesin dalam melakukan proses produksi untuk meminimasi waktu pengerjaan. Penggunaan mesin dalam perusahaan harus dilakukan secara baik dan sesuai dengan kapasitas supaya mesin tersebut dapat terus berfungsi sebagaimana mestinya, sehingga proses produksi berjalan dengan lancar dan tujuan perusahaan tercapai. Dalam penggunaannya, tingkat keandalan mesin perlu dijaga karena mesin yang digunakan terus-menerus tingkat keandalannya akan berkurang. Untuk dapat mempertahankan keandalan mesin, kegiatan perawatan sangat diperlukan. Kegiatan perawatan mesin berguna untuk menjaga, memelihara, mempertahankan dan memaksimalkan kinerja mesin agar dapat beroperasi sesuai dengan fungsinya (Kirana, Alhilman, & Sutrisno, 2016).

PT XYZ merupakan salah satu perusahaan farmasi yang ada di Indonesia. Salah satu mesin yang mengalami banyak kerusakan berdasarkan hasil wawancara yaitu Mesin *Fillomatic Rotary Liquid Filler & Capper* yang digunakan pada proses *filling* sekaligus *capping*. Mesin tersebut tercatat mengalami kerusakan sebanyak 41 kali dalam periode Januari 2018 sampai Desember 2018. Berikut merupakan frekuensi kerusakan Mesin *Fillomatic Rotary Liquid Filler & Capper*.



Gambar 1. Frekuensi Kerusakan Periode Januari-Desember 2018

Dari data yang telah dipaparkan, diketahui bahwa permasalahan terbesar yang terjadi pada Mesin *Fillomatic Rotary Liquid Filler & Capper*. Hal tersebut menyebabkan adanya biaya yang harus dikeluarkan perusahaan untuk proses maintenance dan biaya lainnya akibat mesin yang kurang andal sehingga menyebabkan *downtime*. *Downtime* yang sering terjadi pada mesin juga dapat disebabkan oleh beberapa faktor, salah satunya karena mesin yang digunakan sudah lama atau melewati batas optimal. Untuk itu perusahaan perlu mengetahui besarnya kerugian baik dari segi waktu maupun biaya yang disebabkan oleh mesin yang berhenti saat proses produksi karena adanya *downtime*. Besar dari kerugian yang harus ditanggung perusahaan dapat dihitung menggunakan metode *Cost of Unreliability* (COUR). *Cost of Unreliability* merupakan seluruh biaya yang dihasilkan dari masalah yang berhubungan dengan kegagalan, termasuk biaya yang berhubungan dengan

program perawatan yang buruk (Vicente, 2012). Selain itu aspek penting lainnya yang harus dipertimbangkan adalah konsekuensi bisnis dari kegagalan. Konsekuensi bisnis dari kegagalan adalah indikator yang diukur dengan uang dan dikenal sebagai biaya tidak dapat diandalkan. Matriks risiko bisnis digunakan dengan tujuan untuk membantu pihak management untuk mengambil keputusan.

TINJAUAN PUSTAKA

Aktivitas yang bertujuan agar komponen atau sistem yang rusak dapat diperbaiki pada suatu kondisi dan periode tertentu merupakan kegiatan perawatan (Eliyus, Alhilman, & Sutrisno, 2014). Tujuan utama dari pemeliharaan adalah memperpanjang masa manfaat asset, memastikan ketersediaan optimal peralatan untuk produksi, memastikan kesiapan operasional peralatan, dan memastikan keselamatan pengguna fasilitas (Saedudin, Alhilman, & Atmaji, 2015).

Cost of Unreliability, seperti yang dipelajari dalam penelitian sebelumnya, memiliki peran penting agar perusahaan dapat meminimalisir biaya akibat ketidakandalan peralatan sehingga perusahaan dapat mencapai tujuannya. Keandalan mesin dianggap memiliki peran yang penting dalam menjalankan target produksi, sehingga mesin harus mempunyai tingkat keandalan yang tinggi. *Cost of Unreliability* digunakan untuk menghitung kerugian finansial yang disebabkan oleh kegagalan dari mesin dan perhitungan yang dilakukan berdasarkan *downtime* mesin dan biaya yang terkait dengan *unreliability* (Alhilman, 2017). COUR menilai biaya ketidakandalan dan membantu pengguna akhir dan *Original Equipment Manufacturer* (OEM) untuk membuat keputusan yang tepat dalam hal keandalan, ketersediaan, dan perbaikan pemeliharaan untuk pengoperasian yang berkelanjutan (Vicente, 2012). Kegagalan komponen pada mesin merupakan faktor utama untuk menentukan *cost of unreliability*. Ketika sejumlah besar mesin diganti pada saat yang sama dalam suatu organisasi, maka efek langsungnya akan menjadi kegagalan awal dan membutuhkan ketersediaan operasional organisasi (Bradley & Dawson, 1998). Untuk mengetahui kegagalan dari sistem *failure rates* untuk setiap sistem dicari. Kemudian waktu yang hilang akibat kegagalan dicari untuk membantu mengidentifikasi di mana masalah yang terjadi dengan menggunakan *failure rates* dan *corrective time*. Langkah terakhir yaitu mencari *money lost* dari kegagalan sistem (Barringer & Associates, 2010). Evaluasi biaya yang tidak dapat diandalkan dari seluruh sistem yang digunakan oleh seorang perencana sistem untuk menyeimbangkan investasi dalam berbagai segmen (Billinton & Goel, 2002). Selain itu efek kebijakan garansi dengan dua dimensi juga dapat digunakan pada prosedur untuk meramalkan *Cost of Unreliability* (Kleyner & Sandborn, 2006).

Dalam perhitungan *Cost Of Unreliability*, digunakan langkah-langkah berikut untuk menyelesaikannya:

1. Perhitungan *failure rate* mesin dengan menggunakan data yang diperoleh dari kerusakan mesin. Perhitungan *failure rate* dengan menggunakan persamaan berikut:

$$Failure\ rate = 1/MTTF \quad (1)$$

2. Perhitungan *time lost* yang disebabkan oleh waktu *repair* dan *downtime* mesin. Perhitungan *time lost* dengan menggunakan persamaan berikut:

$$Corrective\ Lost\ Time = Corrective\ Time/Failure\ (MTTR) \times S \quad (2)$$

$$Downtime\ Lost\ Time = Downtime/Failure\ (MDT) \times S \quad (3)$$

dimana : S = number of failure

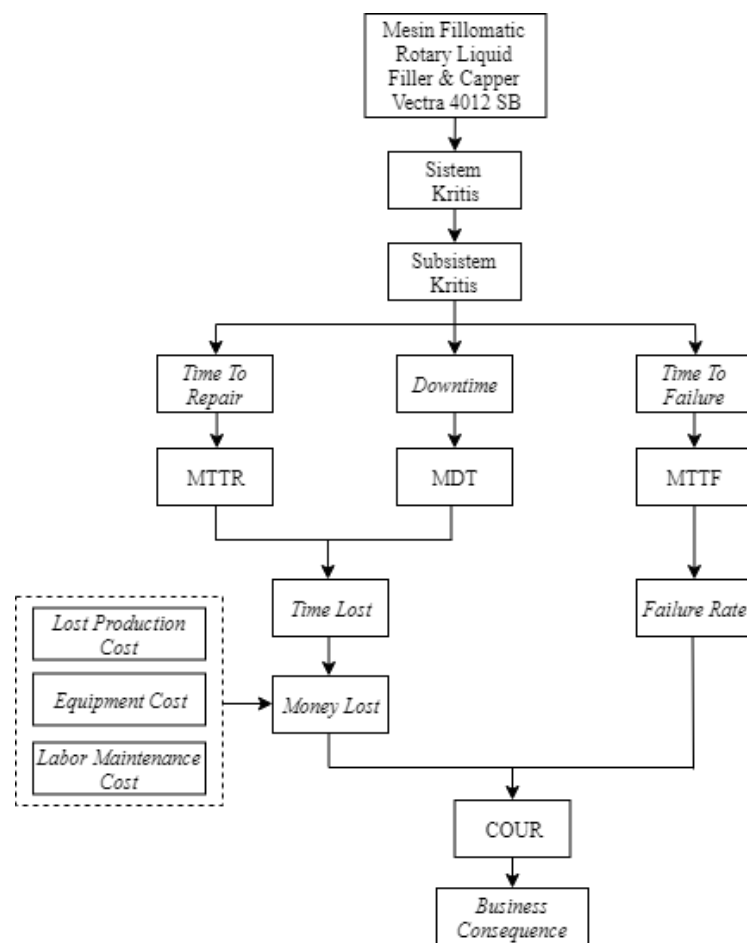
3. Perhitungan *Money Lost* pada *corrective* dan *downtime* yang akan terjadi dikarenakan ketidak andalan dari mesin. Perhitungan dengan persamaan sebagai berikut:

$$\text{Value of Corrective/Downtime COUR} = \text{LPC} + \text{EC} + \text{LC} \quad (4)$$

dimana : LPC = *Lost Production Cost*
 EC = *Equipment Cost*
 LC = *Labor Maintenance Cost*

METODE PENELITIAN

Penelitian diawali dengan menentukan mesin yang akan diteliti berdasarkan hasil wawancara dengan perusahaan yang sering mengalami kerusakan.



Gambar 2. Langkah Penelitian

Langkah pertama yang dilakukan yaitu pemilihan sistem dan subsistem kritis, kemudian melakukan perhitungan MTTR, MTTF dan MDT untuk perhitungan dengan metode COUR. Data MDT dan MTTR digunakan untuk perhitungan time lost dan *money lost*, sedangkan data MTTF digunakan untuk perhitungan *failure rate*. *Lost production cost*, *equipment cost* dan juga *labor maintenance cost* digunakan untuk perhitungan *money lost*. Setelah didapatkan perhitungan COUR dilakukan penentuan *business consequence* untuk referensi management mengambil tindakan.

HASIL DAN PEMBAHASAN

Penentuan Sistem dan Subsystem Kritis

Mesin *Fillomatic Rotary Liquid Filler & Capper* memiliki tiga sistem yaitu *electric*, *mechanic* dan *pneumatic system*. Penentuan sistem kritis dilakukan dengan menggunakan *risk matrix* sesuai Tabel 1., sistem yang terpilih yaitu *mechanic* karena masuk area yang lebih gelap dengan memiliki risiko tertinggi dibanding sistem lain.

Tabel 1. Risk Matrix Sistem

Likelihood	Concequence				
	Insignificant 1	Minor 2	Moderate 3	Major 4	Chatastropic 5
Almost Certain 5				Mechanic	
Likely 4					
Possible 3		Pneumatic			
Unlikely 2		Electric			
Rare 1					

Setelah itu dilanjutkan pemilihan subsystem kritis dari sistem *mechanic* yang terdiri dari *conveyor*, *center plate*, *capper*, *star wheel*, *main motor*, *filler* dan *hopper*. Dengan menggunakan *risk matrix* yang sama, subsystem yang terpilih adalah yang berada di paling gelap dan lebih terang di atasnya yaitu *conveyor*, *center plate*, *capper* dan *star wheel*.

Tabel 2. Risk Matrix Subsystem

Likelihood	Concequence				
	Insignificant 1	Minor 2	Moderate 3	Major 4	Chatastropic 5
Almost Certain 5				Conveyor	
Likely 4					
Possible 3				Center Plate	
Unlikely 2		Hopper		Caper, Star Wheel	
Rare 1			Main motor, filler		

Time To Failure (TTF), Time To Repair (TTR) dan Downtime (DT)

Penentuan distribusi dan parameter untuk TTF, TTR dan DT menggunakan *failure histories* subsystem Mesin *Fillomatic Rotary Liquid Filler & Capper* selama tahun 2016-2018 (periode 3 tahun). Perhitungan TTF, TTR dan DT menggunakan Uji Anderson-Darling dengan software Minitab 17 dan Avsim+ 9.0. Hasil dari uji distribusi dan juga parameter beserta nilai *Mean Time To Failure (MTTF)*, *Mean Time To Repair (MTTR)* dan *Mean Downtime* dapat dilihat pada tabel berikut.

Tabel 3. Distribusi dan *Mean Time To Failure*

Subsistem	Distribusi	Parameter	$\Gamma(1+1/\beta)$	MTTF (jam)
Conveyor	Weibull	η 876,37	1,5286	1339,63
		β 0,592829		
Center Plate	Weibull	η 1305,3	1,3599	1775,11
		β 0,652744		
Capper	Ekspensial	μ 3138,63 ϵ 0,0685061	-	3138,63
Star Wheel	Weibull	η 1907,98	1,8259	3483,71
		β 0,526572		

Tabel 4. Distribusi dan *Mean Time To Repair*

Subsistem	Distribusi	Parameter	$\Gamma(1+1/\beta)$	MTTR (jam)
Conveyor	Weibull	η 1,53696	2,9207	4,4890
		β 0,420032		
Center Plate	Ekspensial	μ 3,08312 ϵ 0,06121	-	3,0831
		μ 2,54125 ϵ 0,0832762	-	2,541
Star Wheel	Ekspensial	μ 3,27667 ϵ 0,0532303	-	3,2767

Tabel 5. Distribusi dan *Mean Downtime*

Subsistem	Distribusi	Parameter	$\Gamma(1+1/\beta)$	MDT (jam)
Conveyor	Weibull	η 5,2418	1,3818	7,2432
		β 0,643484		
Center Plate	Weibull	η 4,25075	1,2569	5,3429
		β 0,705232		
Capper	Weibull	η 8,35797	1,6616	13,8875
		β 0,558863		
Star Wheel	Weibull	η 7,84215	1,2425	9,7441
		β 0,714056		

Failure Rate

Langkah pertama dari perhitungan COUR yaitu menghitung failure rate. Data yang diperlukan adalah *study interval*, jumlah kegagalan (*number of failure*) dan juga data MTTF. Lamanya waktu pengamatan penelitian adalah sebesar 14976 jam yang diperoleh dari jumlah waktu operasi di perusahaan selama 312 hari per tahun dalam rentang waktu tiga tahun (tahun 2016 – 2018). *Number of Failure* adalah jumlah kegagalan yang terjadi pada lamanya waktu pengamatan untuk subsistem *conveyor*, *center plate*, *capper* dan *star wheel*. Data MTTF didapatkan dari hasil perhitungan sebelumnya.

Tabel 6. Hasil Perhitungan *Failure Rate*

	Conveyor	Center Plate	Capper	Star Wheel
<i>Study Interval</i> (jam)	14976	14976	14976	14976
<i>Number of Failure</i>	17	16	8	9
<i>MTTF</i> (jam)	1339,63	1775,11	3138,63	3483,71
<i>Failure Rate</i>	0,000746472	0,000563345	0,00031861	0,00028705

Time Lost

Time lost yang diperoleh digunakan untuk menganalisis penyebab kerugian finansial akibat ketidakandalan dari mesin. *Time lost* dikelompokkan menjadi *corrective lost time* dan *downtime lost time*. Perbedaan antara keduanya adalah penggunaan MTTR untuk *corrective* dan MDT untuk *downtime*.

Tabel 7. Hasil Perhitungan *Corrective Lost Time*

	<i>Conveyor</i>	<i>Center Plate</i>	<i>Capper</i>	<i>Star Wheel</i>
<i>Failure Rate</i>	0,000746472	0,000563345	0,00031861	0,00028705
<i>Number of Failure</i>	17	16	8	9
<i>Corrective Time / Failure (MTTR)</i>	4,4890	3,0831	2,5413	3,2767
<i>Corrective Lost Time Hours / 3 years</i>	76,3131	49,3299	20,33	29,4900

Tabel 8. Hasil Perhitungan *Downtime Lost Time*

	<i>Conveyor</i>	<i>Center Plate</i>	<i>Capper</i>	<i>Star Wheel</i>
<i>Failure Rate</i>	0,000746472	0,000563345	0,00031861	0,00028705
<i>Number of Failure</i>	17	16	8	9
<i>Downtime / Failure (MDT)</i>	7,2432	5,3429	13,89	9,7441
<i>Downtime Lost Time Hours / 3 years</i>	123,1336	85,4867	111,0999	87,6973

Money Lost

Money lost merupakan langkah terakhir untuk perhitungan COUR. Perhitungan *money lost* dibedakan menjadi dua berdasarkan *corrective* dan *downtime*, berbeda penggunaan *time lostnya* saja. *Money lost* merupakan penjumlahan dari *lost production cost*, *equipment/spare part cost* dan *labor maintenance cost*.

Tabel 9. Hasil Perhitungan *Corrective COUR*

	<i>Conveyor</i>	<i>Center Plate</i>	<i>Capper</i>	<i>Star Wheel</i>
<i>Corrective Lost Time Hours / 3 years</i>	76,3131	49,3299	20,3300	29,4900
<i>Number of Failure</i>	17	16	8	9
<i>Lost Production Cost</i>	Rp 6.135.571.877,89	Rp 3.966.125.568,00	Rp 1.634.532.000,00	Rp 2.370.998.412,00
<i>Equipment Cost</i>	Rp 65.627.194,79	Rp 42.422.401,76	Rp 17.483.252,11	Rp 25.360.631,04
<i>Labor Maintenance Cost</i>	Rp 1.063.980,48	Rp 687.772,92	Rp 283.447,12	Rp 411.159,07
<i>Corrective COUR</i>	Rp 6.202.263.053,17	Rp 4.009.235.742,68	Rp 1.652.298.699,22	Rp 2.396.770.202,12

Setelah didapatkan nilai *corrective COUR*, nilai *downtime COUR* dihitung dengan cara yang sama. *Time lost* yang digunakan adalah *downtime lost time* dari perhitungan sebelumnya. Berikut merupakan hasil perhitungan dari *downtime lost time*.

Tabel 10. Hasil Perhitungan *Downtime* COUR

	<i>Conveyor</i>	<i>Center Plate</i>	<i>Capper</i>	<i>Star Wheel</i>
<i>Corrective Lost Time Hours / 3 years</i>	123,1336	85,4867	111,0999	87,6973
<i>Number of Failure</i>	17	16	8	9
<i>Lost Production Cost</i>	Rp 9.899.939.593,76	Rp 6.873.132.619,33	Rp 8.932.435.146,86	Rp 7.050.862.413,40
<i>Equipment Cost</i>	Rp 105.891.557,80	Rp 73.516.278,88	Rp 95.542.953,94	Rp 75.417.309,14
<i>Labor Maintenance Cost</i>	Rp 1.716.766,22	Rp 1.191.882,21	Rp 1.548.989,54	Rp 1.222.702,65
<i>Corrective COUR</i>	Rp 10.007.547.917,78	Rp 6.947.840.780,41	Rp 9.029.527.090,35	Rp 7.127.502.425,19

Nilai dari *corrective* COUR dan *downtime* COUR telah didapatkan. Berikut merupakan nilai total dari *corrective* COUR dan juga *downtime* COUR.

Tabel 11. Total *Corrective* dan *Downtime* COUR

	Jenis Biaya	Jumlah
<i>Corrective</i> COUR	Rp	14.260.567.697,19
<i>Downtime</i> COUR	Rp	33.112.418.213,73

Penentuan *Business Consequence*

Business consequence merupakan suatu referensi untuk pihak management mengenai tindakan yang harus dilakukan akibat ketidakhandalan suatu subsistem. Penentuan *business consequence* dilakukan dengan menggunakan bantuan *risk matrix business consequence* 5x5. Untuk parameter yang digunakan yaitu nilai *probability of failure* (POF) dan juga biaya yang dihasilkan akibat ketidakhandalan suatu subsistem. Data yang dibutuhkan untuk perhitungan nilai POF yaitu data *failure rate* (λ) dan waktu yang ditentukan (t). Lamanya waktu yang digunakan untuk perhitungan POF dan biaya kegagalan adalah tiap satu tahun atau setara dengan 4992 jam berdasarkan jam kerja efektif. Untuk nilai *corrective* COUR dan *downtime* COUR diketahui dari perhitungan sebelumnya dibagi tiga karena data yang akan dicari adalah per tahun atau 4992 jam. Berikut perhitungan POF untuk tiap subsistem dan *business risk matrix* berdasarkan *corrective* COUR dan *downtime* COUR.

Tabel 12. Perhitungan POF

	<i>Conveyor</i>	<i>Center Plate</i>	<i>Capper</i>	<i>Star Wheel</i>
Laju kerusakan (λ)	0,000746472	0,000563345	0,00031861	0,00028705
R (4992jam)	2%	6%	20%	24%
Q (4992jam)	98%	94%	80%	76%

Tabel 13. Perhitungan POF (Lanjutan)

	<i>Conveyor</i>	<i>Center Plate</i>	<i>Capper</i>	<i>Star Wheel</i>
Corrective				
COUR / year	Rp2.067.421.017,72	Rp1.336.411.914,23	Rp 550.766.233,07	Rp 798.923.400,71
Downtime				
COUR / year	Rp3.335.849.305,93	Rp2.315.946.926,80	Rp 3.009.842.363,45	Rp 2.375.834.141,73

Tabel 14. Business Risk Matrix Corrective COUR

Probability of Failure	Very High POF > 70%			<i>Capper, Star Wheel</i>	<i>Conveyor, Center Plate</i>
	High 50% < POF < 70%				
	Medium 30% < POF < 50%				
	Low 10% < POF < 30%				
	Very Low POF < 10%				
		Very Low less than Rp 100.000.000	Low More than Rp 100.000.000 but less than Rp 500.000.000	Medium More than Rp 500.000.000 but less than Rp 1.000.000.000	High More than Rp 1.000.000.000 but less than Rp 10.000.000.000
					Very High less than Rp 10.000.000.000
					(Rp) Business Consequence

Tabel 15. Business Risk Matrix Downtime COUR

Probability of Failure	Very High POF > 70%			<i>Conveyor, Center Plate, Capper, Star Wheel</i>	
	High 50% < POF < 70%				
	Medium 30% < POF < 50%				
	Low 10% < POF < 30%				
	Very Low POF < 10%				
		Very Low less than Rp 100.000.000	Low More than Rp 100.000.000 but less than Rp 500.000.000	Medium More than Rp 500.000.000 but less than Rp 1.000.000.000	High More than Rp 1.000.000.000 but less than Rp 10.000.000.000
					Very High less than Rp 10.000.000.000
					(Rp) Business Consequence

PENUTUP

Kesimpulan

Berdasarkan hasil dan perhitungan sebelumnya, diketahui bahwa nilai COUR terbagi menjadi dua yaitu *corrective* COUR dan *downtime* COUR. Nilai *corrective* COUR yang didapatkan sebesar Rp 14.260.567.697,19 sedangkan nilai *downtime* COUR sebesar Rp 33.112.418.213,73. Setelah perhitungan COUR, dilakukan analisis *business consequence* menggunakan *business risk matrix* dan didapatkan hasil untuk subsistem conveyor, *center plate*, *capper* dan *star wheel* merupakan subsistem yang terletak di area yang paling gelap dengan konsekuensi tinggi yang berarti membutuhkan tindakan lebih lanjut dari perusahaan.

Saran

Saran untuk penelitian selanjutnya yaitu melakukan implementasi dari hasil penelitian dan dapat menjadwalkan kegiatan *maintenance* yang baik. Selain itu dapat juga ditentukan untuk umur mesin supaya perusahaan dapat merencanakan kegiatan *maintenance* untuk pencegahan mesin rusak.

DAFTAR PUSTAKA

- Alhilman, J. 2017. Cost of unreliability method to estimate loss of revenue based on unreliability data: Case study of Printing Company. *IOP Conference Series: Materials Science and Engineering*, 277(1). <https://doi.org/10.1088/1757-899X/277/1/012072>
- Barringer & Associates. 2010. Cost of Unreliability. *Cost of Unreliability*, 1.
- Billinton, R., & Goel, L. 2002. Unreliability Cost Assessment of an Electric Power System Using Reliability Network Equivalent Approaches. *IEEE Power Engineering Review*, 22(7), 58. <https://doi.org/10.1109/MPER.2002.4312404>
- Bradley, M., & Dawson, R. 1998. The cost of unreliability: A case study. *Journal of Quality in Maintenance Engineering*, 4(3), 212–218. <https://doi.org/10.1108/13552519810225209>
- Eliyus, A. R., Alhilman, J., & Sutrisno. 2014. Estimasi Biaya Maintenance Yang Optimal Dengan (Studi Kasus : Pt Toa Galva). *Jurnal Rekayasa Sistem & Industri (JRSI)*, 48–54.
- Kirana, U. T., Alhilman, J., & Sutrisno. 2016. Perencanaan Kebijakan Perawatan Mesin Corazza FF100 Pada Line 3 PT XYZ Dengan Metode Reliability Centered Maintenance (RCM) II. *Jurnal Rekayasa Sistem & Industri (JRSI)*, 03, 47–53.
- Kleyner, A., & Sandborn, P. 2006. Forecasting the cost of unreliability for products with two-dimensional warranties. *Safety and Reliability for Managing Risk*, 1903–1908.
- Saedudin, R. R., Alhilman, J., & Atmaji, F. T. D. 2015. Optimization Of Preventive Maintenance Program And Total Site Crew For Base Transceiver Station(BTS) Using Reliability Centered Maintenance (RCM) And Life Cycle Cost (LCC) Method. *International Seminar on Industrial Engineering and Management*, 21–27. <https://doi.org/10.1109/IEEM.2013.6962621>
- Vicente, F. 2012. Assessing the cost of unreliability in gas plant to have a sustainable operation. *Petroleum and Chemical Industry Conference Europe Conference Proceedings, PCIC EUROPE*. Tersedia pada: <https://www.scopus.com/inward/record.uri?eid=2-s2.0-84867757668&partnerID=40&md5=dc3ae9241445bfb6ce05931456914e5e>