

USULAN KEBIJAKAN PERAWATAN UNTUK MESIN CENTRIFUSE CF-ALK-01 DENGAN METODE RISK BASED MAINTENANCE (RBM) DAN BAYESIAN NETWORK PADA PT SINKONA INDONESIA LESTARI

PROPOSED OF MAINTENANCE POLICY FOR CENTRIFUSE MACHINE CF-ALK-01 USING RISK BASED MAINTENANCE (RBM) AND BAYESIAN NETWORK METHODS IN PT SINKONA INDONESIA LESTARI

Virgyawan Samagaha¹, Fransiskus Tatas Dwi Atmaji², Aji Pamoso³

^{1,2,3} Program Studi Teknik Industri, Fakultas Rekayasa Industri, ³ Universitas Telkom

¹samagahav@students.telkomuniversity.ac.id, ²franstatas@telkomuniversity.ac.id, ³aji_p9@yahoo.com

Abstrak

PT Sinkona Indonesia Lestari (SIL) adalah perusahaan yang bergerak pada industri kimia. Perusahaan ini memproduksi garam kina dan turunannya untuk banyak industri, terutama obat-obatan, minuman, dan industri kimia lainnya. Pada divisi pengolahan yang ada pada PT SIL terdapat 3 unit yaitu unit penggilingan, pengolahan, dan alkaloid. Penulis ditempatkan pada unit alkaloid dimana pada unit tersebut terdapat mesin *reaktor*, *centrifuse*, dan pompa. Berdasarkan data yang dimiliki divisi teknik PT SIL, mesin yang memiliki riwayat kerusakan yang tinggi adalah mesin centrifuse. Komponen kritis dipilih menggunakan 2 cara yaitu menggunakan risk matrix dan diagram pareto. Komponen kritis yang terpilih dari mesin *centrifuse* adalah *vat belt B110*, *contactor TOR LRD 21*, dan *contactor LCD1D32M7*. Pada penelitian ini digunakan metode *Risk Based Maintenance (RBM)* dan *Bayesian Network (BN)* karena metode ini bertujuan untuk mengetahui nilai risiko yang diterima perusahaan dan mengurangi resiko terjadinya kegagalan pada sistem saat menjalankan fungsinya, dengan mengoptimalkan perawatan mesin. Hasil dari pengumpulan dan pengolahan data yang dilakukan maka berhasil didapatkan persentase kegagalan berdasarkan data MTTF dari *vat belt B110*, *contactor TOR LRD 21*, dan *contactor LCD1D32M7* adalah 92%, 90%, dan 89%. Sedangkan risiko yang didapat perusahaan sebesar 1.19% dengan biaya risiko Rp 1.544.702.478. Usulan yang diberikan adalah interval waktu perawatan setiap 2200 jam dengan persentase risiko 0.99% dengan biaya risiko Rp 1.285.163.144.

Kata Kunci: *risk based maintenance, bayesian network, risk matrix, interval waktu perawatan, maintenance plan*

Abstract

PT Sinkona Indonesia Lestari is a company engaged in the chemical industry. This company produces quinine salt and its derivatives for many industries, especially pharmaceuticals, beverages, and other chemical industries. In the processing division of PT SIL, there are 3 processing division units in PT SIL, namely milling, processing, and alkaloid units. The author is placed on an alkaloids unit where there is a reactor, centrifuse, and pump engine. Based on data held by the engineering division PT SIL, a machine that has a high track record of the damage is a centrifuse machine. Critical components are chosen using two ways, namely using a risk matrix and pareto diagram. Critical components selected from centrifuse machine is vat belt B110, contactor TOR LRD 21, and contactor LCD1D32M7. This research uses the Risk Based Maintenance (RBM) and Bayesian Network (BN) method because it aims to find out the value of the risk received by the company and reduce the risk of system failure when carrying out its functions, by optimizing engine maintenance. The result of data collection and processing carried out, then the percentage of failure is obtained based on MTTF data from vat belt B110, contactor TOR LRD 21, and contactor LCD1D32M7 were 92%, 90%, and 89%. While the risk obtained by the company is 1,19% with a risk of Rp 1.544.702.478. The proposal given is the maintenance time interval every 2200 hours with a risk percentage of 0,99% and risk free of Rp 1.285.163.144.

Keywords: *Risk Based Maintenance, Bayesian Network, Risk Matrix, Maintenance Time Intervals, Maintenance Plan*

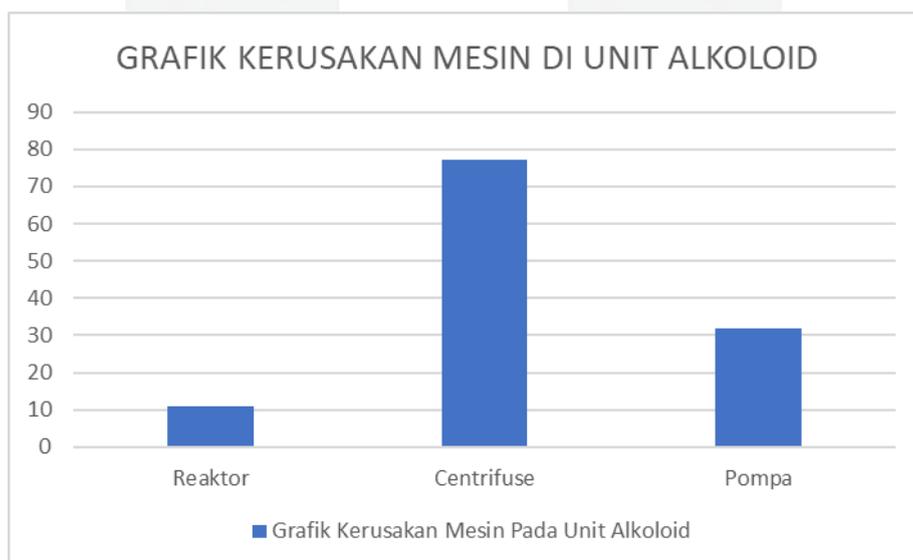
1. Pendahuluan

Industri manufaktur merupakan industri yang paling penting di sebuah negara. Perkembangan industri manufaktur bisa dikatakan sebagai cerminan perkembangan industri secara nasional sebuah negara. Perusahaan-perusahaan yang bergerak di bidang manufaktur adalah perusahaan yang melibatkan tenaga kerja, mesin, dan bahan baku yang kemudian diproses untuk menjadi sebuah barang atau produk yang memiliki nilai jual.

Pada sebuah industri manufaktur, bagian produksi sangat perlu diperhatikan karena bagian ini memiliki peranan yang sangat penting. Peningkatan produktivitas sebuah perusahaan juga bergantung pada efisiennya proses produksi. Dalam kegiatan produksi, proses ini tidak lepas dari penggunaan mesin-mesin dan peralatan yang mendukung jalannya produksi. Mesin-mesin inilah yang nantinya melakukan proses produksi dari bahan mentah menjadi produk yang memiliki nilai. Mengingat penggunaan mesin-mesin produksi yang memiliki intensitas tinggi maka seringkali didapati mesin-mesin ini mengalami kerusakan, mulai dari kerusakan kecil hingga kerusakan yang membuat proses produksi terhenti. Jika hal ini terjadi maka perusahaan akan mengalami kerugian seperti contohnya produk yang tidak sempurna atau cacat, tidak tercapainya target, *loss revenue* dan besarnya biaya perbaikan mesin.

PT Sinkona Indonesia Lestari adalah perusahaan yang bergerak pada industri kimia. Perusahaan ini memproduksi garam kina dan turunannya untuk banyak industri, terutama obat-obatan, minuman, dan industri kimia lainnya. PT Sinkona Indonesia Lestari (SIL) didirikan pada 25 Oktober 1986 dan sebagai satu-satunya Perusahaan Indonesia yang memproduksi kina. Perusahaan ini baru mulai berjalan ketika 30 Agustus 1991 setelah mendapat izin usaha industri farmasi dari Menteri Kesehatan. PT SIL berlokasi di Jalan Raya Ciater KM 171, Kabupaten Subang, Jawa Barat, 41281.

Pada PT SIL terdapat divisi produksi yang berisi tiga unit, yaitu unit penggilingan, alkaloid, dan unit pengolahan. PT SIL juga memiliki departemen teknik yang bertugas untuk memelihara dan memperbaiki mesin-mesin yang ada pada departemen produksi. Departemen produksi sangat vital karena disitulah proses produksi berlangsung sehingga keberadaannya sangat bergantung dengan departemen teknik. Untuk menjaga dan mengoptimalkan proses produksi maka kegiatan perawatan mesin menjadi penting untuk dilakukan. Bersama dengan manajer dari departemen teknik, penulis ditempatkan di divisi produksi bagian alkaloid. Mesin *centrifuse* dipilih menjadi objek penelitian karena memiliki frekuensi kerusakan yang paling tinggi dari beberapa mesin yang ada pada unit alkaloid.



Gambar 1 Grafik Kerusakan Mesin Pada Unit Alkoloid

Untuk menekan angka kerusakan mesin *centrifuse* dan mengetahui akibat yang ditanggung perusahaan saat mesin mengalami kegagalan maka perusahaan perlu mengetahui berapa besar biaya risiko dan biaya perawatan yang ditanggung perusahaan agar dapat membuat rencana perawatan yang lebih baik dari

sebelumnya. Untuk alasan tersebut maka digunakanlah metode *Risk Based Maintenance* dan *Bayesian Network* dalam mencari dalam menilai risiko kegagalan setiap komponen dan nilai risiko biaya yang ditanggung oleh perusahaan sehingga dapat merencanakan usulan perawatan dengan nilai risiko yang lebih rendah.

2. Dasar Teori dan Metodologi Penelitian

2.1 Dasar Teori

2.1.1 Pengertian *Maintenance*

Maintenance adalah kombinasi dari berbagai tindakan yang dilakukan untuk menjaga suatu barang atau memperbaikinya, sampai pada suatu kondisi yang bisa diterima [1]. Selain itu *maintenance* merupakan suatu aktifitas untuk melakukan pemeliharaan dengan cara membatasi dan menghilangkan terjadinya kerusakan pada fasilitas (mesin, peralatan, bangunan, serta instalasi) agar tetap berada pada kondisi semula [2].

2.1.2 *Risk Matrix*

Risk matrix adalah sebuah tools yang digunakan untuk mengetahui karakteristik dan mengurutkan sebuah resiko kegagalan atau kecelakaan berdasarkan tingkatannya. Selain itu *risk matrix* juga merupakan sebuah alat bantu untuk membuat keputusan tindakan perawatan atau pengendalian apa yang harus dilakukan sesuai dengan tingkat resiko yang telah dihitung menggunakan matriks penilaian resiko. Hal ini penting karena *risk matrix* dapat mengukur tingkat resiko kegagalan yang ada pada mesin-mesin di lantai produksi.

2.1.3 *Risk Based Maintenance (RBM)*

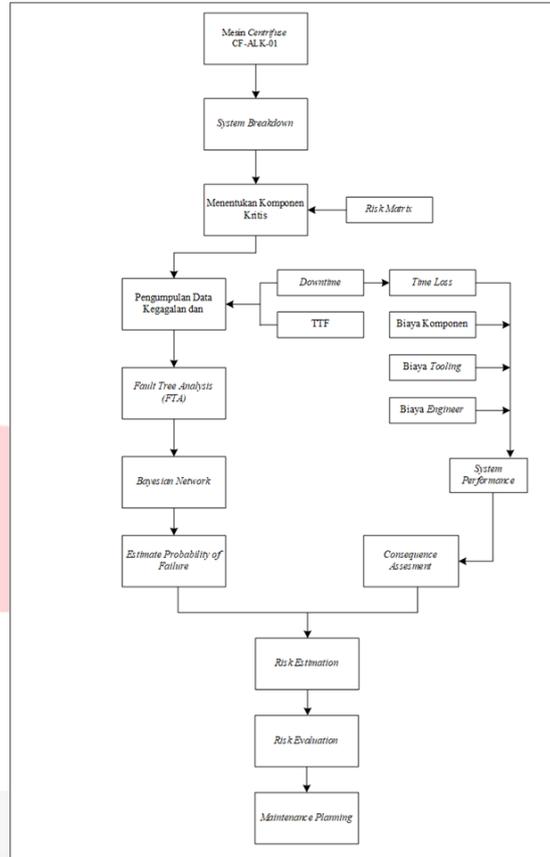
Metode RBM merupakan suatu metode kuantitatif yang didasarkan dari integrasi pendekatan antara *reliability* dan sebuah strategi pendekatan risiko yang bertujuan untuk mengoptimalkan jadwal *maintenance* dan untuk meminimalkan risiko yang ditimbulkan akibat *failure* yang terjadi [3]. Metode *risk based maintenance* di turunkan menjadi 3 modul utama yaitu *risk estimation*, *risk evaluation*, dan *maintenance planning*.

2.1.4 *Bayesian Network*

Bayesian network (BN) atau *probabilistic network* adalah suatu *probabilistic graphical model* (PGM) yang digambarkan dengan sebuah anak panah. *Bayesian network* sendiri berfungsi untuk mempresentasikan tentang sebuah ketergantungan antara satu variabel dengan variabel lainnya. Jika sebuah variabel X memiliki anak panah terhadap variabel Y, maka BN mengidentifikasi pengaruh variabel X terhadap variabel Y dan dinyatakan dalam probabilitas. *Bayesian Network* dapat merepresentasikan hubungan sebab akibat diantara variabel-variabel yang terdapat pada struktur *Bayesian Network*.

2.2 Model Konseptual

Alur penelitian dapat dilihat secara menyeluruh pada *flowchart* gambar dibawah. Inilah yang akan menjadi acuan penulis dalam melakukan penelitian. *Flowchart* ini menjaga agar penelitian berjalan secara sistematis dan sesuai dengan waktu yang ditentukan



Gambar 2 Model Konseptual

3. Pembahasan

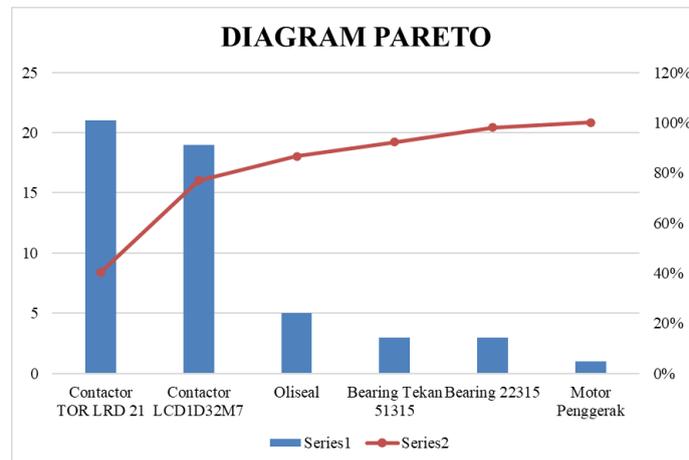
3.1 Penentuan Subsistem Kritis

Likelihood	Saverity				
	Insignification	Minor	Moderate	Major	Catastropic
Almost Certain	H	H	E	E	E (Vant Belt B110)
Likely	M	H	H (Contactor LCD1D32M7, Contactor TOR LRD 21)	E	E
Possible	L	M	H	E	E
Unlikely	L	L	M	H (Motor Penggerak)	E
Rare	L	L	M (Puley B3, As Kaki, Basket luar, Basket dalam)	H	H (Bearing Tekan 51315, Bearing 22315, Oliseal)

Gambar 3 Risk Matrix

Dari hasil *risk matrix* yang didapat terlihat bahwa tidak ada komponen yang masuk dalam zona hijau (*low*). Pada zona kuning (*moderate*) terdapat 4 komponen yang berada di zona ini yaitu *puley B3*, as kaki, basket luar, dan basket dalam. Sedangkan untuk zona *orange (high)* menjadi zona dengan

komponen paling banyak yaitu 6 komponen yang berisi *contactor* LCD1D32M7, *contactor* TOR LRD 21, motor penggerak, *bearing tekan* 51315, *bearing* 22315, dan *oliseal*. Terakhir pada zona merah (*extreme*) hanya terdapat 1 komponen yaitu *vant belt* B110. Untuk komponen kritis dipilih berdasarkan zona *orange* dan zona merah, yang berarti ada 7 komponen kritis yang terpilih melalui *risk matrix*. Dikarenakan keterbatasan dan terlalu banyak komponen kritis yang terpilih, maka dilakukan kembali eliminasi pada zona *orange* menggunakan diagram pareto.



Gambar 4 Diagram Pareto

Diagram pareto menggunakan data frekuensi kerusakan dari setiap komponen yang ada di zona *orange* dan akhirnya terpilih 2 komponen dari 6 komponen yang ada. Sehingga terpilih 3 komponen kritis yang menjadi perhatian pada penelitian ini, yaitu *vant belt* B110, *contactor* TOR LRD 21, dan *contactor* LCD1D32M7.

3.2 Penentuan Distribusi

Penentuan distribusi TTF, TTR, dan DT dilakukan dengan menggunakan data kerusakan dari mesin centrifuse yang dimiliki PT SIL. Data kerusakan yang digunakan adalah dalam rentang waktu Januari 2016 sampai Desember 2019. Data kerusakan yang digunakan adalah waktu kerusakan, lama waktu perbaikan, dan waktu perbaikan selesai. Untuk menentukan distribusi TTF, TTR, dan DT dari komponen kritis yang terpilih, digunakan uji Anderson Darling (AD) dengan bantuan software Minitab 17 dengan tingkat kepercayaan 99% sehingga nilai α sebesar 0,01. Untuk TTF distribusi yang terpilih adalah weibull untuk *vant belt* B110 dan *contactor* TOR LRD 21, sedangkan untuk komponen *contactor* LCD1D32M7 distribusi yang terpilih adalah normal. Untuk TTR dan DT distribusi yang terpilih adalah weibull untuk semua komponen. Setelah distribusi TTF, TTR, dan DT ditentukan maka tahap selanjutnya menentukan MTTF, MTTR, dan MDT dengan menggunakan bantuan *software* AvSim+ 9.0.

Tabel 1 Hasil Uji Distribusi

	Komponen	Distribusi	P-Value	Nilai AD
TTF	Vant Belt B110	Weibull	>0.250	0.237
	Contactor TOR LRD 21	Weibull	0.034	0.798
	Contactor LCD1D32M7	Normal	0.303	0.413
TTR	Vant Belt B110	Weibull	0.012	0.976
	Contactor TOR LRD 21	Weibull	0.055	0.714
	Contactor LCD1D32M7	Weibull	0.023	0.859
DT	Vant Belt B110	Weibull	0.105	0.605
	Contactor TOR LRD 21	Weibull	0.035	0.035
	Contactor LCD1D32M7	Weibull	0.023	0.855

3.3 Parameter Distribusi dan Perhitungan MTTR, MTTF dan MDT

Setelah distribusi TTF, TTR, dan DT ditentukan maka tahap selanjutnya menentukan MTTF, MTTR, dan MDT setiap komponen kritis dengan menggunakan bantuan *software* AvSim+ 9.0. Penentuan parameter dilakukan menggunakan distribusi yang telah terpilih sebelumnya. Perhitungan MTTF, MTTR, dan MDT juga mengikuti rumus distribusi yang mewakili masing-masing komponen kritis. Berikut merupakan hasil MTTF, MTTR, dan MDT dari masing-masing komponen kritis:

Tabel 2 Hasil Parameter MTTF, MTTR, dan MDT

	Komponen	Distribusi	Parameter		Hasil
			η	β	
MTTF	Vant Belt B110	Weibull	η	1689.86	1504.811
			β	2.80358	
	Contactor TOR LRD 21	Weibull	η	1836.27	1640.697
			β	3.0391	
	Contactor LCD1D32M7	Normal	μ	1721.62	1721.620
			σ	638.387	
MTTR	Vant Belt B110	Weibull	η	0.530886	0.470
			β	2.3389	
	Contactor TOR LRD 21	Weibull	η	0.354764	0.316
			β	2.72641	
	Contactor LCD1D32M7	Weibull	η	0.353381	0.314
			β	2.66287	
MDT	Vant Belt B110	Weibull	η	1.03658	0.921
			β	2.60752	
	Contactor TOR LRD 21	Weibull	η	0.615252	0.559
			β	4.18327	
	Contactor LCD1D32M7	Weibull	η	0.82025	0.728
			β	2.52103	

3.4 Analisis Risk Based Maintenance (RBM)

3.4.1 Consequence Assessment

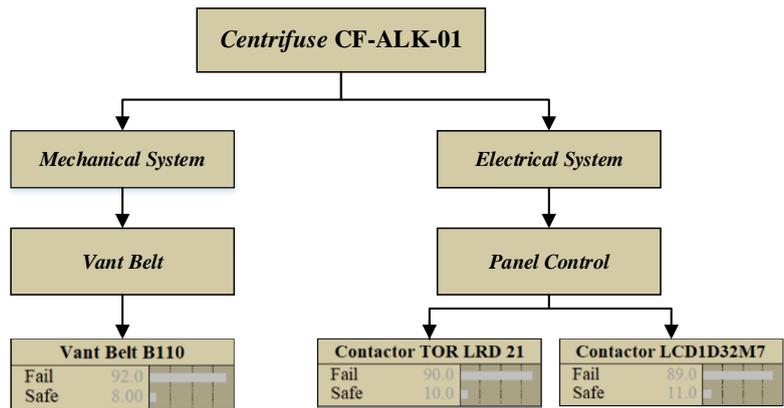
Merupakan daftar kegagalan fungsional yang kemungkinan terjadi pada masing-masing subsistem kritis. Setiap kegagalan fungsional memiliki dampak kegagalan fungsional dan memiliki nilai normalisasi konsekuensi yang berbeda-beda tergantung pengaruh kegagalan terhadap operasional sistem.

3.4.2 Risk Estimation

Tabel 3 Probabilistic of Failure

Komponen	Parameter Distribusi				Periode (hours)	R(T)	Q(T)
	η	β	μ	σ			
Vant Belt B110	1689.86	2.80358	-	-	3840	0.000046008	0.999953992
Contactor TOR LRD 21	1836.27	3.0391	-	-		0.000081685	0.999918315
Contactor LCD1D32M7	-	-	1721.62	638.387		0.00045	0.99955

Analisis dilakukan dengan cara menghitung peluang kegagalan yang terjadi terhadap suatu mesin dalam kurun waktu satu tahun (16 jam x 20 hari x 12 bulan = 3840 jam). Data yang digunakan adalah nilai parameter distribusi yang terpilih dari masing-masing komponen kritis yang didapatkan dari TTF saat pengolahan data.



Gambar 5 Bayesian Network

Setelah itu dilakukan penyusunan *bayesian network* yang dikembangkan dari *fault tree* yang dibuat sebelumnya. Dapat dilihat dari tabel dibawah bahwa *probability of failure* yang didapat menggunakan *bayesian network* sangat tinggi yaitu 92% pada komponen *vant belt* B110, 90% pada *contactor TOR LRD 21*, dan 89% pada *contactor LCD1D32M7*. Dengan hasil tersebut dapat dikatakan bahwa risiko yang dimiliki komponen kritis adalah *major risk* dan dapat merugikan perusahaan.

Tabel 4 Perhitungan Bayesian Network

Komponen	Periode	MTTF	Failure Rate	Probability of Failure
Vant Belt B110	3840	1504.81	0.000665	92%
Contactor TOR LRD 21		1640.70	0.000609	90%
Contactor LCD1D32M7		1721.62	0.000581	89%

3.4.3 Rekapitulasi Perkiraan Konsekuensi dan Risiko

Tabel 5 Perhitungan Risiko

No	Komponen	System Performance Loss	Q(T)	Risk
1	Vant Belt B110	Rp 681,986,344	0.999953992	Rp 681,954,967
2	Contactor TOR LRD 21	Rp 395,957,587	0.999918315	Rp 395,925,243
3	Contactor LCD1D32M7	Rp 467,032,432	0.99955	Rp 466,822,267
TOTAL				Rp 1,544,702,478

Perhitungan selanjutnya adalah *system performance loss*, hal ini dihitung karna SPL adalah salah satu konsekuensi dari kerusakan komponen. *System performance loss* dihitung menggunakan data dari waktu *downtime*, *loss of revenue*, *MTTR*, biaya *engineer*, biaya *tooling*, dan harga komponen. Kemudian Langkah selanjutnya setelah menghitung SPL adalah menghitung risiko. *System performance loss* (SPL) dan *risk* dihitung menggunakan persamaan berikut:

$$SPL = Loss\ production + (MTTR \times Biaya\ Engineer) + Biaya\ Tooling + Biaya\ Komponen.$$

$$Risk = Probability\ of\ Failure\ (Q(T)) \times System\ Performance\ Loss.$$

3.4.4 Penyusunan Kriteria Penerimaan Risiko

Tabel 6 Kriteria Penerimaan Risiko

Periode 1 Tahun	Hourly Rate	Kapasitas Mesin 1 Tahun	Total Risiko	Persentase	Persentase Kriteria Penerimaan	Kriteria Penerimaan
3840	Rp33,750,000	Rp 129,600,000,000	Rp 1,544,702,478	1.19%	1%	Rp1,296,000,000

Dari hasil perhitungan, nilai persentase risiko yang didapat adalah sebesar 1,19%, yang artinya nilai tersebut melebihi persentase kriteria penerimaan yang ditetapkan perusahaan sebesar 1%, sehingga perlu dibuat perancangan interval perawatan terhadap komponen kritis tersebut.

3.4.5 Usulan Interval Perawatan

Tabel 7 Usulan Interval Perawatan

Komponen	Interval Perawatan Usulan	Total Produksi Mesin 1 Tahun (Rp)	Biaya Perawatan Usulan	Risiko	Persentase	Acceptance
<i>Vant Belt B110</i>	1400	Rp 129,600,000,000	Rp 555,196,011	Rp 303,959,083	0.63%	1%
<i>Contactor TOR LRD 21</i>				Rp 140,563,310		
<i>Contactor LCD1D32M7</i>				Rp 377,595,721		
Total				Rp 822,118,114		

Dari tabel perhitungan diatas dapat dilihat dengan interval perawatan usulan yang baru sesar 1400 jam dapat menghasilkan risiko Rp 822.118.114 lebih kecil dari risiko sebelumnya dan juga lebih kecil dari risiko penerimaan yang telah ditetapkan. Dengan nilai risiko yang lebih kecil maka dihasilkan persentase penerimaan sebesar 0.63%, tidak melewati persentase risiko penerimaan yang ditetapkan oleh perusahaan. Dengan hasil usulan yang didapat, maka dapat dibuktikan bahwa interval waktu perawatan usulan mampu memperkecil risiko yang didapat oleh perusahaan

4. Kesimpulan

Berdasarkan perhitungan *Bayesian Network*, didapatkan probabilitas kegagalan setiap komponennya adalah 92% pada komponen *vant belt B110*, 90% pada *contactor TOR LRD 21*, dan 89% pada *contactor LCD1D32M7*. Sedangkan berdasarkan perhitungan *Risk Based Maintenance (RBM)*, menghasilkan total risiko sebesar Rp 1.544.702.478 dengan persentase 1,19%. Hasil tersebut masih melebihi kriteria penerimaan yang telah ditetapkan oleh perusahaan yaitu sebesar 1% dengan total risiko Rp 1.296.000.000. Sehingga dibuatlah usulan interval waktu perawatam yang baru yaitu sebesar 1400 jam dengan biaya perawatan usulan Rp 555.196.011 hasilnya total risikonya sebesar Rp 822.118.114 dengan besar persentase 0.63%, sehingga dapat memperkecil persentase risiko agar dapat diterima oleh perusahaan.

Daftar Pustaka

- [1] A. Corder and K. Hadi, *Teknik Manajemen Perawatan*. Jakarta: Erlangga, 1988.
- [2] Y. Rosa, "Perencanaan dan Penerapan Preventive Maintenance Peralatan Laboratorium," *Jurnal Teknik Mesin*, vol. 2, no. 2, p. 109, 2005.
- [3] F. I. Khan and M. Haddara, "Risk-Based Maintenance (RBM): A new approach for process plant inspection and maintenance," *Process Safety Progress*, 2004, doi: 10.1002/prs.10010.