

**USULAN JADWAL MAINTENANCE MESIN UNTUK MENGURANGI OPPORTUNITY LOST
AKIBAT TERJADINYA UNRELIABILITY PADA MESIN WEAVING SHUTTLE DENGAN
MENGUNAKAN METODE RISK BASED MAINTENANCE (RBM)
DAN COST OF UNRELIABILITY (COUR)**

**PROPOSED MAINTENANCE SCHEDULE OF MACHINE TO REDUCE OPPORTUNITY
LOSS DUE TO UNRELIABILITY IN WEAVING SHUTTLE MACHINE USING
THE METHOD RISK-BASED MAINTENANCE (RBM)
AND COST OF UNRELIABILITY (COUR)**

Latief Setiawan¹, Endang Budiasih², Aji Pamoso³

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

¹latiefsetiawann@gmail.com ²endangbudiasih@tekomuniversity.ac.id

³aji_p9juli@yahoo.com

Abstrak

PT. ABC merupakan perusahaan yang bergerak di bidang industri tekstil di Indonesia yang berada di Majalaya, kab. Bandung. PT. ABC memproduksi barang tekstil yaitu sarung. Untuk memproduksi sarung, proses produksinya cukup kompleks, namun beberapa proses masih menggunakan tenaga manusia untuk pembuatannya. Untuk proses yang memakai mesin yaitu pada proses weaving, mesin yang digunakan yaitu mesin *Weaving shuttle* bermerek RRT dan Suzuki.

Dari hasil perhitungan risiko menggunakan *Risk-Based Maintenance*, mesin *Weaving shuttle* mempunyai risiko sebesar Rp. 5.441.055.159 atau sebesar 22.36% dari total kapasitas produksi. Risiko tersebut telah melewati kriteria penerimaan risiko yang telah ditetapkan perusahaan yaitu sebesar 10% dari total kapasitas produksi. Setelah itu, dihitung biaya yang disebabkan ketidakkampurawatan mesin dengan metode *Cost Of Unreliability* dengan hasil Rp. 172.316.806 berdasarkan *active repair time (Corrective time)*, dan Rp. 187.784.793 berdasarkan pada *downtime*. Interval waktu perawatan didapat dari hasil perhitungan RAM yang menghasilkan *interval maintenance* sebesar 16 jam, dari hasil tersebut dihitung dengan menggunakan metode *Cost Of Unreliability* dan kesimpulannya biaya yang disebabkan ketidakkampurawatan adalah Rp.0 karena dengan *interval maintenance* yang ketat akan menjaga performansi mesin sehingga tidak ada kerusakan di jam produksi.

Kata Kunci – *Risk Based Maintenance*, *Cost Of Unreliability*, *Interval Maintenance*.

Abstract

PT. ABC is a company engaged in the textile industry in Indonesia located in Majalaya, Kab. Bandung. PT. ABC produces textile goods that is sarong. To produce sarongs, the production process is quite complex, but some processes still use human power for its manufacture. For the process of using the machine that is in the weaving process, the machine used is Weaving shuttle branded PRC and Suzuki.

From the calculation of risk using Risk-Based Maintenance, Weaving shuttle machine has a risk of Rp. 5.441.055.159 or 22.36% of the total production capacity. The risk has passed the risk acceptance criteria set by the company that is equal to 10% of total production capacity. After that, the calculated costs caused by the incompetence machine with Cost Of Unreliability method with the results of Rp. 172.316.806 based on active repair time (Corrective time), and Rp. 187.784.793 based on downtime. The interval of maintenance time is obtained from the calculation of RAM which resulted in maintenance interval of 16 hours, from the result is calculated by using Cost Of Unreliability method and the conclusion of the company do not have the cost caused by the lack of maintenance because with strict maintenance interval will keep the machine performance.

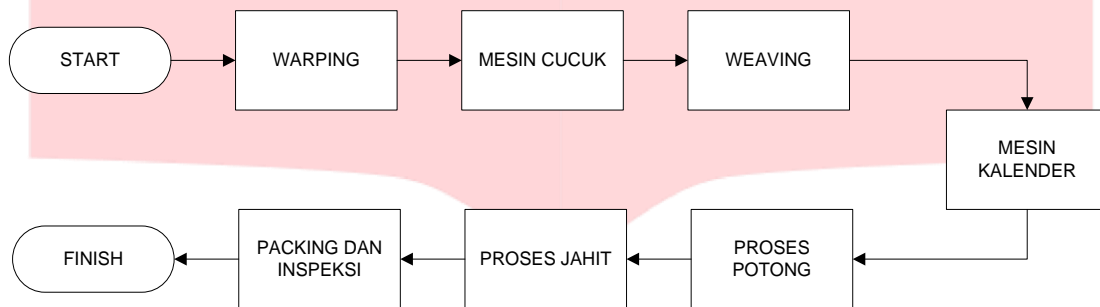
Keywords – *Risk Based Maintenance*, *Cost Of Unreliability*, *Interval Maintenance*.

1. Pendahuluan

PT. ABC adalah salah satu pabrik yang memproduksi sarung, banyak perusahaan brand sarung ternama yang meminta bantuan kepada PT. ABC ini untuk dibuatkan sarung yang desainnya mengikuti alur zaman. PT. ABC sendiri berada di Jl. Pangkalan Raja No.5 Majalaya. PT. ABC sudah mampu melebarkan sayap ekspornya sampai ke Malaysia dan beberapa negara timur tengah.

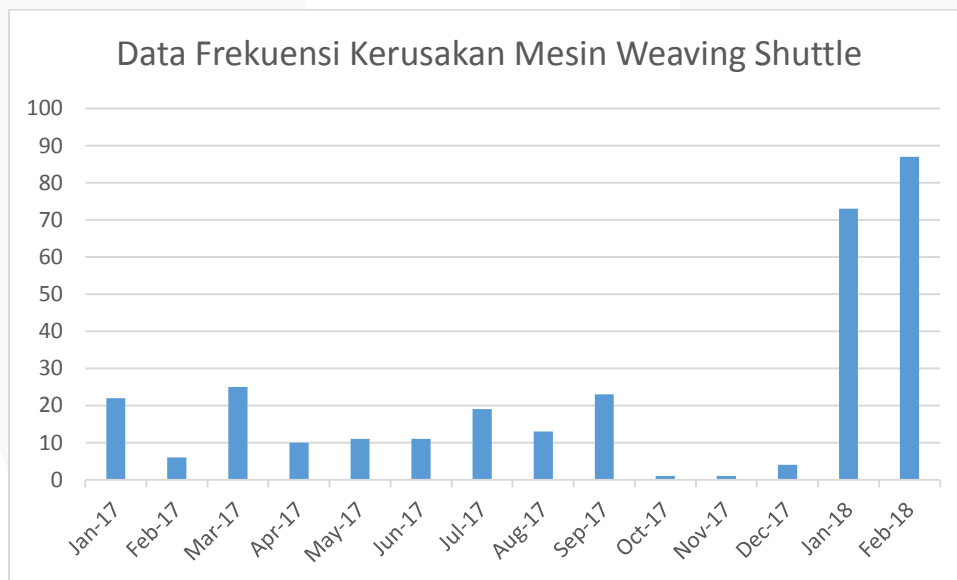
PT. ABC dapat memproduksi 50-100 kodi sarung pada bulan-bulan biasa, dan dapat memproduksi hingga 500-600 kodi perminggunya. Untuk masalah perawatan mesin sendiri, PT. ABC memiliki system *maintenance* mingguan, bulanan, bahkan ada yang tahunan tergantung dengan jenis mesinnya.

PT. ABC memiliki 8 proses produksinya yang akan dijelaskan pada skema dibawah ini :



Gambar 1 Alur Produksi Sarung

Namun, di PT. ABC juga sering terjadi kerusakan mesin pada sistem tertentu, hal tersebut menyebabkan adanya biaya yang dikeluarkan untuk proses *maintenance* sekaligus ada biaya yang timbul dari ketidakmampuan mesin tersebut termasuk program keandalan yang buruk dan pekerjaan perawatan yang buruk. *Cost Of Unreliability* dapat mencakup seluruh fasilitas produksi sebagai suatu jaringan untuk sistem keandalan dan seluruh biaya yang ditimbulkan akibat mesin gagal melakukan pekerjaannya.[8] . Berikut adalah data frekuensi kerusakan mesin *Weaving shuttle* yang dialami oleh PT. ABC dari bulan Januari 2017 sampai dengan Februari 2018.



Gambar 2 Data Frekuensi Kerusakan Mesin Weaving Shuttle

2. Dasar Teori dan Metodologi Penelitian

2.1 Dasar Teori

2.1.1 Manajemen Perawatan

Menurut [4] perawatan (*maintenance*) didefinisikan sebagai kegiatan yang bertujuan agar sebuah sistem/komponen yang rusak akan diperbaiki dalam suatu kondisi tertentu pada periode tertentu. *Maintenance* atau perawatan dilakukan agar pemilik mesin ataupun owner perusahaan dapat menerima kondisi mesin yang selalu prima serta menjaga produktifitas mesin tersebut. Manajemen perawatan berfungsi sebagai menjamin adanya availibilitas yang tinggi sehingga mampu memberikan performansi dan produktifitas sesuai dengan kapasitas yang dijanjikan.

2.1.1.1 Preventive Maintenance

Preventive maintenance adalah serangkaian kegiatan terjadwal yang bertujuan untuk memelihara sistem tertentu dengan menyediakan fasilitas yang sistematis guna mencegah kegagalan yang akan datang [2]. Sedangkan *Preventive maintenance* memiliki beberapa tujuan sebagai berikut :

1. Meminimasi akibat dari terjadinya kegagalan pada suatu mesin
2. Mendeteksi terjadinya kegagalan
3. Menemukan kegagalan yang tersembunyi
4. Meningkatkan reliability dan availability komponen sistem tersebut

2.1.1.2 Corrective Maintenance

Corrective Maintenance adalah sebuah kegiatan perawatan yang dilakukan setelah sebuah komponen / sistem mengalami sebuah kerusakan yang bertujuan mengembalikan kehandalan suatu mesin ke kondisi seperti semula. Kegiatan ini tidak terjadwal

2.1.2 Risk Based Maintenance (RBM)

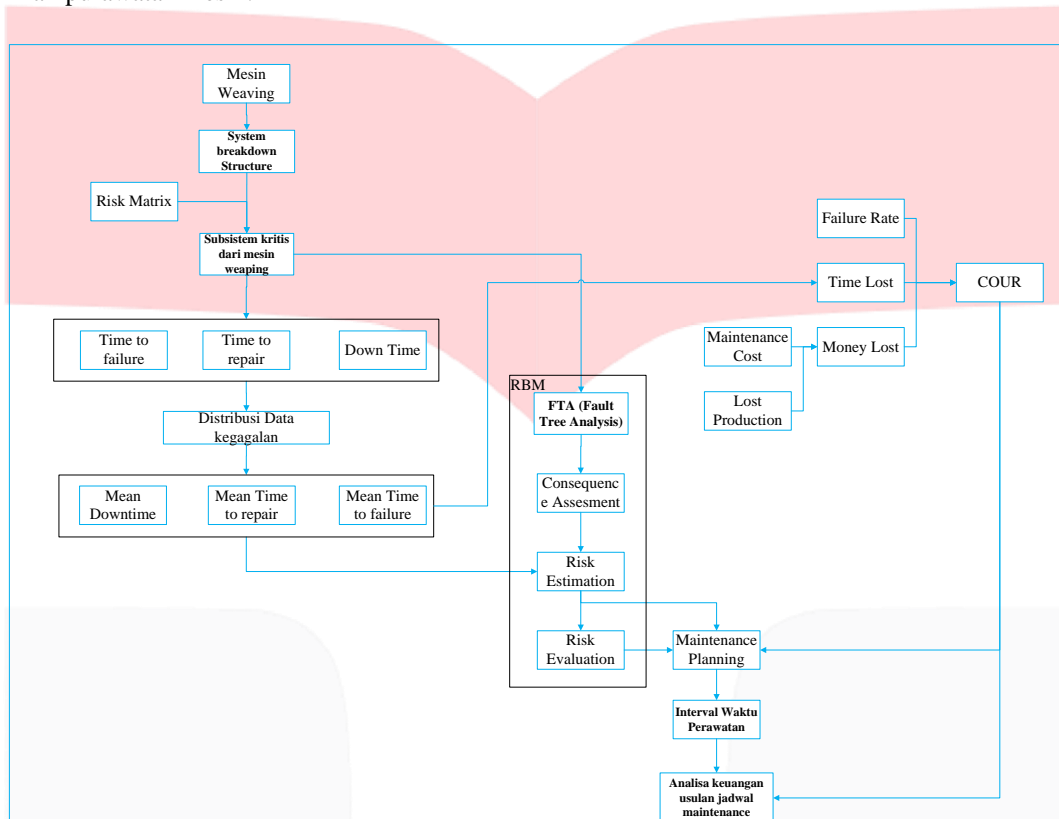
RBM merupakan suatu metode kuantitatif hasil integrasi antara pendekatan reliabilitas dan strategi pendekatan risiko untuk mencapai jadwal *maintenance* yang optimal. RBM bertujuan untuk mengurangi risiko yang ditimbulkan akibat kegagalan yang terjadi pada fasilitas operasi. Nilai kuantitatif dari risiko merupakan dasar untuk memprioritaskan kegiatan *maintenance* dan inspeksi [5]. Dalam bukunya, mereka mengatakan bahwa RBM terdiri dari tiga modul yang saling berkaitan, yakni perkiraan risiko (*risk estimation*), evaluasi risiko (*risk evaluation*), dan perencanaan *maintenance* (*maintenance planning*).

2.1.3 Cost Of Unreliability (COUR)

Menurut Fernando Vicente (2012) *Cost Of Unreliability* (COUR) adalah biaya yang timbul dari ketidakmampuran mesin tersebut termasuk program keandalan yang buruk dan pekerjaan perawatan yang buruk. Untuk menemukan *Cost Of Unreliability*, maka sebaiknya memulai dengan gambaran besar dan membantu program peningkatan biaya langsung, yaitu dengan mengidentifikasi sumber masalah biaya, level masalah, dan masalah apa saja yang muncul. COUR mempelajari fasilitas produksi sebagai suatu jaringan untuk sistem keandalan, dan biaya yang terjadi saat sistem gagal untuk melakukan pekerjaannya. [8]

2.2 Model Konseptual

Penelitian ini dimulai dengan menentukan subsistem kritis. Selanjutnya dilakukan penentuan distribusi DT, TTF, dan TTR subsistem. Lalu dengan menggunakan metode *Risk Based Maintenance* (RBM) dan *Cost Of Unreliability* (COUR), akan menghasilkan risiko dan biaya yang ditimbulkan akibat ketidakmampurawatan mesin, langkah terakhir akan menentukan jadwal *maintenance* agar menurunkan biaya yang diakibatkan ketidakmampurawatan mesin.



Gambar 3 Model Konseptual

3. Pembahasan

3.1 Uji Distribusi dan Penentuan Parameter Distribusi Downtime, TTF dan TTR

Pengujian data Downtime, TTF dan TTR di uji *Anderson Darling* dengan memakai *software* Minitab 17 untuk masing-masing subsistem, setelah masing-masing subsistem dicari distribusinya, penentuan parameter sesuai dengan distribusi masing-masing subsistem dengan menggunakan *software* Avsim+ 9.0.

3.2 Perhitungan Mean Downtime (MDT), Mean Time To Failure (MTTF) dan Mean Time To Repair (MTTR)

Langkah selanjutnya yaitu menghitung MDT, MTTF dan MTTR berdasarkan distribusi yang telah terpilih di tahap yang sebelumnya. Jika distribusi yang terpilih adalah normal maka μ merupakan MDT, MTTF dan MTTR dari subsistem tersebut. Namun jika distribusi yang terpilih adalah distribusi Weibull maka perhitungan MDT, MTTF dan MTTR menggunakan rumus dibawah ini. Hasil perhitungan MTTF, MTTR, dan MDT dapat dilihat pada Tabel 1, Tabel 2, dan Tabel 3.

$$MDT = \eta .\Gamma (1 + 1/\beta)$$

Tabel 1 Distribusi MTTF

Sistem	Parameter		(1+(1/Beta))	Tabel Gamma	MTTF (Hours)
GUN	η	262.709	2.070936705	1.032094315	271.14
	β	0.93376			
LADE	η	299.988	2.072265321	1.032736202	309.81
	β	0.93261			
Teropong	η	234.383	2.120367839	1.057014429	247.75
	β	0.89256			
Sisir Tenun	η	270.816	2.507177178	1.336082956	361.83
	β	0.66349			

Tabel 2 Hasil distribusi MTTR

Sistem	Parameter		(1+(1/Beta))	Tabel Gamma	MTTR (minutes)	MTTR (hours)
GUN	μ	155.742			155.74	2.5957
	σ	61.6055				
LADE	η	398.166	1.30770651	0.896331381	356.89	5.948144675
	β	3.24985				
Teropong	μ	70.6216			70.62	1.177026667
	σ	13.9192				
Sisir Tenun	μ	326.88			326.88	5.448
	σ	98.8144				

Tabel 3 Hasil Distribusi MDT

Subsistem	Distribusi	Parameter		(1/ β)+1	Tabel Gamma	MDT (minutes)	MDT (Hours)
Gun	Weibull	η	210.49	1.256162	0.905153515	190.5257633	3.175429389
		β	3.90378				
Lade	Weibull	η	418.596	1.2607882	0.904243821	378.5128466	6.308547443
		β	3.83453				
Teropong	Normal	μ	75.6216			75.6216	1.26036
		σ	10.8362				
Sisir Tenun	Normal	μ	340.84			340.84	5.680666667
		σ	92.3951				

3.3 Perhitungan Risk Based Maintenance (RBM)

3.3.1 Analisis kegagalan probabilistik

Risk-Based Maintenance (RBM) dilakukan agar dapat menghitung risiko akibat kerusakan yang dialami oleh mesin *weaving shuttle*. RBM membutuhkan data MDT, MTTF, MTTR, *hourly rate*, harga komponen, *engineer cost*, dan *material cost*. Ada tiga tahap penentuan interval perawatan optimal, yaitu penyusunan skenario, evaluasi risiko, dan perancangan perawatan. Perhitungan risiko diperoleh dari hasil perkalian antara *probability of failure* dengan *system performance loss*. Sedangkan *system performance loss* didapat dari persamaan berikut: $System\ Performance\ Loss = Loss\ Production + (Mean\ Time\ To\ Repair \times Engineer\ Cost) + Material\ Cost + Harga\ Komponen$.

Tabel 4. *System Performance Loss*

No	Subsistem	Waktu Downtime	MTTR	Loss of Revenue	Engineer Cost	Material Cost	Harga Komponen	System Performance Loss
1	Gun	259.050	2.596	Rp 3,840,000	Rp 213,023	Rp 2,016,000	Rp 23,360,000	Rp 1,020,680,943.09
2	Lade	905.083	5.95	Rp 3,840,000	Rp 213,023	Rp 2,016,000	Rp 60,608,000	Rp 3,539,411,090.00
3	Teropong	43.067	1.18	Rp 3,840,000	Rp 213,023	Rp 2,016,000	Rp 16,640,000	Rp 184,282,733.43
4	Sisir Tenun	157.483	5.448	Rp 3,840,000	Rp 213,023	Rp 2,016,000	Rp 30,720,000	Rp 638,632,547.82
TOTAL								Rp 5,383,007,314.34

Tabel 5. *Risk*

No	Subsistem	System Performance Loss	Q(T)	Risk
1	Gun	Rp 1,020,680,943.09	0.999999981	Rp 1,020,680,924.12
2	Lade	Rp 3,539,411,090.00	0.999999844	Rp 3,539,410,537.35
3	Teropong	Rp 184,282,733.43	0.999999971	Rp 184,282,728.09
4	Sisir Tenun	Rp 638,632,547.82	0.999490133	Rp 638,306,930.11
TOTAL				Rp 5,382,681,119.67

3.3.2 Analisis Evaluasi Risiko

Langkah selanjutnya adalah menganalisis evaluasi risiko, risiko yang sudah dihitung pada tahap sebelumnya akan dibandingkan dengan kriteria penerimaan risiko, kriteria penerimaan risiko tersebut berasal dari kebijakan perusahaan, kriteria penerimaan tersebut adalah 10%.

Tabel 6. Kriteria Penerimaan

Periode 1 tahun (Hour)	Hourly Rate	Kapasitas Produksi Mesin Selama 1 Tahun	Total Risiko	Persentase	Kriteria Penerimaan	kriteria penerimaan
5736	Rp 3,840,000	Rp 22,026,240,000	Rp 5,382,681,120	24.44%	10%	Rp 2,202,624,000

Berdasarkan tabel 6, persentase risiko sebesar 24.44% dari total kapasitas produksi melebihi dari kriteria penerimaan yang ditentukan oleh perusahaan yaitu sebesar 10%. Karena hal tersebut maka harus dibuat interval waktu usulan agar meminimasi risiko.

3.4 Penentuan interval waktu

Pada penelitian ini, penentuan interval waktu perawatan menggunakan hasil data tugas akhir yang sudah dianalisis dengan metode RAM [9]

Tabel 7 *Reliability Sistem*

t(hours)	Gun	Lade	Teropong	Sisir Tenun	Reliability System
8	97%	98%	97%	98%	90,16%
16	94%	95%	94%	96%	81,28%
24	92%	93%	91%	94%	73,28%
32	89%	90%	88%	93%	66,07%
40	87%	88%	86%	91%	59,57%

[9]

Tabel 8 *Maintainability*

t(hours)	Gun	Lade	Teropong	Sisir Tenun
1	32%	15%	57%	17%
2	54%	29%	82%	31%
3	69%	40%	92%	42%
4	79%	49%	97%	52%
5	85%	57%	99%	60%
6	90%	64%	99%	67%
7	93%	69%	100%	72%
8	95%	74%	100%	77%
9	97%	78%	100%	81%
10	98%	81%	100%	84%

[9]

Berdasarkan hasil ini, dapat diberikan saran kepada perusahaan untuk melakukan *maintainability* atau kembali ke fungsi awal pada saat mesin memiliki nilai *reliability system* sudah mendekati 80% (menurut *key performance indicators* IVARA), yaitu saat $R(t)=16$ jam dengan dilakukan *maintainability* selama 1 jam untuk meningkatkan *reliability* dan memperhatikan kegiatan perawatan pada mesin-mesin yang kritis.. [9]

3.5 Perhitungan *Cost Of Unreliability (COUR)*

3.5.1 Perhitungan *Failure Rate*

Langkah pertama dalam perhitungan *Cost Of Unreliability (COUR)* adalah perhitungan *Failure Rate*. Data yang dibutuhkan yaitu *study interval*, *number of failures*, dan *MTTF*. *Study interval* dipakai sesuai kalender 2017 yaitu 5736 jam. *Number of failure* adalah jumlah kerusakan subsistem dalam satu tahun *study interval*. *MTTF* sudah didapatkan di perhitungan sebelumnya. Hasil perhitungan *Failure Rate* dapat dilihat pada tabel 9.

Tabel 9 *Failure Rate*

	Gun	Lade	Teropong	Sisir Tenun
<i>Study Interval (hrs)</i>	5736	5736	5736	5736
<i>Number of Failures</i>	12	11	9	8
MTTF	271.1405	309.81	247.75	361.83
<i>Failure Rate</i>	0.002092	0.001918	0.001569	0.001395

3.5.2 Perhitungan *Time Lost*

Langkah kedua dalam perhitungan *COUR* adalah menghitung *Time Lost*, untuk perhitungan *Time Lost* ini, dibutuhkan *Failure Rate* dan *number of failure* yang sudah dihitung pada tahap sebelumnya. *Corrective time/failure* didapat dari *MTTR* yang sudah dihitung pada tahap sebelumnya. *Corrective Lost Time* didapat dari perkalian antara *number of failure* dengan *corrective time/failure*. Hasil perhitungan *Time Lost* dapat dilihat pada tabel 10 dan tabel 11

Tabel 10 Hasil Perhitungan *Corective Lost Time*

	Gun	Lade	Teropong	Sisir Tenun
<i>Failure Rate</i>	0.00209205	0.001917713	0.001569038	0.0013947
<i>Number of Failure(s)</i>	12	11	9	8
<i>Corrective Time/Failure</i>	2.596	5.95	1.18	5.45
<i>Corrective Lost Time Hrs/Years</i>	31.14840	65.42959	10.59324	43.58400

Tabel 11 Hasil Perhitungan *DownTime Lost Time*

	Gun	Lade	Teropong	Sisir Tenun
Failure Rate	0.00209205	0.001917713	0.001569038	0.0013947
Number of Failure(s)	12	11	9	8
Downtime/Failure	3.18	6.31	1.26	5.7
DT Lost time Hrs/Years	38.11	69.39	11.34	45.45

3.5.3 Perhitungan Money Lost

Tahap ketiga dalam perhitungan COUR adalah perhitungan Money Lost. Data yang dibutuhkan dalam perhitungan Money Lost ini adalah *downTime Lost Time* dan *corrective Lost Time* yang sudah didapat dari perhitungan sebelumnya. Pada perhitungan Money Lost juga dibutuhkan data *lost production cost* dan *equipment/spare part* dan juga *labor maintenance* yang masing-masing bernilai Rp.30.000, Rp.15.750 dan Rp. 213.022. *Equipment / spare part cost* didapatkan dengan mengalikan *Lost Time* dengan biaya *maintenance*. *Labor Maintenance Cost* didapatkan dengan mengalikan *Lost Time* dengan biaya *labor maintenance*. Perhitungan *corrective cour* dan *downtime cour* didapatkan dengan menjumlahkan *lost production cost*, *equipment / sparepart cost*, dan *labor maintenance cost*. Hasil perhitungan *corrective cour* dan *downtime cour* dapat dilihat pada tabel 12 dan tabel 13

Tabel 12 Hasil Perhitungan *Corrective COUR*

	Gun	Lade	Teropong	Sisir Tenun	TOTAL
Corrective Lost Time Hrs/ Years	31.15	65.43	10.59	43.58	
Lost Production Cost	Rp 934,452.00	Rp 1,962,887.74	Rp 317,797.20	Rp 1,307,520.00	
Equipment/Spare Part Cost	Rp 490,587.30	Rp 1,030,516.06	Rp 166,843.53	Rp 686,448.00	
Labor Maintenance Cost	Rp 6,635,317.12	Rp 13,937,990.01	Rp 2,256,600.88	Rp 9,284,382.55	
Corrective COUR	Rp 8,060,387.57	Rp 16,931,459.25	Rp 2,741,252.20	Rp 11,278,394.13	Rp 39,011,493.14

Tabel 13 Hasil Perhitungan *Downtime COUR*

	Gun	Lade	Teropong	Sisir Tenun	TOTAL
DT Lost time Hrs/Years	38.11	69.39	11.34	45.45	
Lost Production Cost	Rp 1,143,154.58	Rp 2,081,820.66	Rp 340,297.20	Rp 1,363,360.00	
Equipment/Spare Part Cost	Rp 600,156.15	Rp 1,092,955.84	Rp 178,656.03	Rp 715,764.00	
Labor Maintenance Cost	Rp 8,117,263.54	Rp 14,782,503.79	Rp 2,416,367.92	Rp 9,680,888.85	
DT COUR	Rp 9,860,612.38	Rp 17,957,349.69	Rp 2,935,332.49	Rp 11,760,058.29	Rp 42,513,352.86

3.6 Perhitungan Cost Of Unreliability (COUR) Usulan

Untuk usulan *Cost Of Unreliability* akan memakai cara yang sama dengan perhitungan cour eksisting, namun yang berbeda ada *number of failure*nya. Usulan ini akan muncul terkait jadwal *maintenance* setiap $t = 16$ jam untuk melakukan *maintainability* pada *reliability* mendekati 80%. Maka dari itu, usulan tersebut akan menekan *number of failure* mencapai nol pada masa study interval. Untuk hasil perhitungan cour usulan dapat dilihat pada tabel 14 dan tabel 15

Tabel 14. Hasil Perhitungan *Corrective COUR Usulan*

	Gun	Lade	Teropong	Sisir Tenun	TOTAL
Corrective Lost Time Hrs/ Years	0.00	0.00	0.00	0.00	
Lost Production Cost	Rp -	Rp -	Rp -	Rp -	
Equipment/Spare Part Cost	Rp -	Rp -	Rp -	Rp -	
Labor Maintenance Cost	Rp -	Rp -	Rp -	Rp -	
Corrective COUR	Rp -	Rp -	Rp -	Rp -	Rp -

Tabel 16 Hasil Perhitungan *Downtime COUR Usulan*

	Gun	Lade	Teropong	Sisir Tenun	
<i>DT Lost time Hrs/Years</i>	0.00	0.00	0.00	0.00	TOTAL
<i>Lost Production Cost</i>	Rp -	Rp -	Rp -	Rp -	
<i>Equipment/Spare Part Cost</i>	Rp -	Rp -	Rp -	Rp -	
<i>Labor Maintenance Cost</i>	Rp -	Rp -	Rp -	Rp -	
<i>DT COUR</i>	Rp -	Rp -	Rp -	Rp -	

4. Kesimpulan

Berdasarkan perhitungan risiko dengan memakai metode *Risk Based Maintenance* (RBM) sebesar Rp. 5.551.055.189. Jadwal *maintenance* usulan yang bertujuan untuk mengurangi biaya unreliability adalah pada saat t=16 jam. 4. Perhitungan biaya yang dikeluarkan akibat masalah kegagalan reliabilitas, keandalan yang buruk, dan pekerjaan perawatan yang buruk dilakukan dengan memakai metode *Cost Of Unreliability* (COUR) dengan rincian biaya yang disebabkan oleh ketidakhandalan sistem adalah Rp. 39.011.493 berdasarkan *active repair time* (*Corrective Time*), dan Rp. 42.513.352 berdasarkan pada *Downtime*. Setelah usulan jadwal *maintenance* diaplikasikan, maka biaya yang disebabkan oleh ketidakmampurawatan mesin sebesar Rp.0.

Daftar Pustaka

- [1] Ayhari, A. (2002). Manajemen Produksi Perencanaan Sistem Produksi. Yogyakarta: BPFE.
- [2] Blanchard, B. S., & Fabrycky, W. J. (1990). System Engineering and Analysis. Englewood Cliffs: NJ.
- [3] Daley, D. T. (2009). Reliability Assesment : A Guide to Aligning Expectations, Practices, & Performance. Industrial Press.
- [4] Ebeling, C. (1997). Introduction Reliability *Maintainability* Engineering.
- [5] Khan, F. I., & Haddara, M. (2004). *Risk-Based Maintenance* (RBM): A new approach for process plant inspection and *maintenance* .
- [6] Priyanta, D. (2000). Keandalan Dan Perawatan. Surabaya.
- [7] Pujiono, B. N., Tama, I. P., & Efranto, R. Y. (2013). ANALISIS POTENSI BAHAYA SERTA REKOMENDASI PERBAIKAN DENGAN METODE HAZARD AND OPERABILITY STUDY (HAZOP) MELALUI PERANGKINGAN OHS RISK ASSESSMENT AND CONTROL (Studi Kasus: Area PM-1 PT. Ekamas Fortuna). 253-264.
- [8] Sujatman, E. S., Atmaji, F. T., & Supratman, N. A. (2016). e-Proceeding of Engineering : Vol.3. PERFORMANCE ASSESSMENT BERBASIS RELIABILITY MENGGUNAKAN METODE RELIABILITY, AVAILABILITY, *MAINTAINABILITY* (RAM) DAN *COST OF UNRELIABILITY* (COUR) PADA MESIN CINCINNATI MILACRON DI DIREKTORAT AEROSTRUCTURE PT DIRGANTARA INDONESIA, 2478.
- [9] Yusra, A. F. (2018). ANALISIS PERFORMANCE MESIN WEAVING PADA PT ABC MENGGUNAKAN METODE RELIABILITY AVAILIBILITY *MAINTAINABILITY* (RAM) DAN OVERALL EQUIPMENT EFFECTIVENESS (OEE). Bandung.