

**USULAN WAKTU *PREVENTIVE MAINTENANCE* UNTUK  
MENURUNKAN *DOWNTIME* MESIN *PAPER MILL 1* DENGAN  
*RELIABILITY BLOCK DIAGRAM*  
(Studi Kasus: PT Indah Kiat *Pulp and Paper*)**

**Kulsum, Evi Febianti, Irpan Supriatna H**

<sup>1</sup>Program Studi Teknik Industri, Fakultas Teknik, Universitas Sultan Ageng Tirtayasa, Banten  
[kulsum@untirta.ac.id](mailto:kulsum@untirta.ac.id)

**Abstrak**

PT Indah Kiat Pulp and Paper Serang mill merupakan produsen kertas. Produk yang di hasilkan di PT Indah Kiat Pulp and Paper Serang mill yaitu kertas warna cokelat (brown paper) dan kertas warna putih (white paper) dengan jumlah gramatur (gsm) yang berbeda beda. Berdasarkan laporan dari pihak maintenace perusahaan PT Indah Kiat Pulp and Paper Serang mill pada area produksi PMA terhadap kerusakan mesin yang beroperasi selama 3 tahun terakhir, didapatkan mesin yang mengalami waktu downtime tertinggi yaitu terjadi pada mesin paper mill 1. Terjadinya downtime dapat menyebabkan proses produksi terhenti serta menyebabkan produk yang di hasilkan tidak sesuai kualitas yang di tentukan. Penelitian yang dilakukan yaitu menggunakan reliability block diagram untuk menentukan keandalan mesin paper mill 1 sehingga dapat di tentukan penjadwalan preventive maintenance. Penelitian ini bertujuan menentukan penjadwalan preventive maintenance pada mesin paper mill 1 untuk menurunkan waktu downtime dengan menggunakan simulasi monte carlo. Dari hasil yang di dapatkan periode waktu preventive maintenance untuk menjaga keandalan sub-equipment pada mesin paper mill 1 di PT Indah Kiat Pulp and Paper Serang mill adalah untuk sub-equipment dryer setiap 8 hari, sub-equipment wire part setiap 16 hari, sub-equipment press part setiap 18 hari, sub-equipment size press setiap 28 hari, sub-equipment rewinder setiap 44 hari, sub-equipment calender setiap 41 hari dan sub-equipment pope reel setiap 30 hari. Dengan hasil penjadwalan preventive maintenance yang sudah di dapatkan lalu di simulasikan dengan simulasi monte carlo. Hasil dari simulasi di hitung waktu avaibility, hasil avaibility preventive lebih besar dari corrective maka dengan demikian penerapan preventive maintenance yang diusulkan tidak mengurangi availability dari sistim Paper Mill 1.

**Kata kunci:** *Maintenance, Reliability, Reliability Block Diagram, Preventive Maintenace, Monte Carlo*

**Abstract**

*PT Indah Kiat Pulp & Paper Serang mill is a paper. The products are produced in PT Indah Kiat Pulp & Paper mill namely Serang brown paper (brown paper) and paper white (white paper) by the number of grammage (GSM) that is different. Based on the report from the maintenace company PT Indah Kiat Pulp & Paper Serang mill in the production area of FDI against engine damage in operation for the last 3 years, it was found that the engine experienced the highest downtime occurs at paper mill 1 machine. The occurrence of downtime can cause production process stalled and led to products that are produced do not match the specified quality. The study was conducted using a reliability block diagram is to determine the reliability of mill paper machine 1 so that it can be determined scheduling preventive maintenance. This study aims to determine the scheduling of preventive maintenance at the mill paper machine 1 to reduce downtime by using monte carlo simulation. From the results in getting period of preventive maintenance to maintain the reliability of the sub-equipment at the mill paper machine 1 at PT Indah Kiat Pulp & Paper Serang mill is to sub-equipment dryer every 8 days, sub-equipment wire parts every 16 days, sub- press equipment part every 18 days, sub-equipment size press every 28 days, sub-equipment rewinder every 44 days, sub-equipment calender every 41 days and sub-equipment pope reel every 30 days. The results of the simulation calculated avaibility time, the results of preventive avaibility larger than the dcorrectiveith suchpreventive maintenance of the proposed application does not reduce the availability of the system Paper Mill 1.*

**Keywords:** *Maintenance, Reliability, Reliability Block Diagram, preventive maintenace, Monte Carlo*

## PENDAHULUAN

Salah satu hal yang sangat mendukung kelancaran kegiatan operasional dalam suatu perusahaan yaitu mesin-mesin yang digunakan untuk produksi harus dalam keadaan siap pakai untuk melakukan kegiatan produksi. Mesin merupakan komponen utama dalam melakukan kegiatan produksi. Apabila suatu mesin mengalami kerusakan, maka akan terjadi kegagalan untuk menghasilkan produk. Dan hal yang paling fatal adalah jika suatu mesin sama sekali tidak berfungsi sehingga akan menghambat suatu proses produksi bahkan produksi akan berhenti (*off*) (Mushofik, 2016). Kegiatan perawatan (*maintenance task*) adalah serangkaian tindakan yang dibutuhkan untuk mencapai suatu hasil yang dapat mengembalikan atau mempertahankan suatu peralatan pada kondisi yang selalu dapat berfungsi. (Kurnia, 2016). PT Indah Kiat *Pulp and Paper Serang mill* merupakan produsen kertas. Produk yang di hasilkan di PT Indah Kiat *Pulp and Paper Serang mill* yaitu kertas warna cokelat (*brown paper*) dan kertas warna putih (*white paper*) dengan jumlah gramatur (gsm) yang berbeda beda. Waktu kerusakan mesin biasa disebut dengan *downtime*, dimana *downtime* adalah jumlah waktu dimana suatu *equipment* tidak dapat berfungsi disebabkan adanya kerusakan (*failure*) menurut Larasati (2017). Berdasarkan laporan dari pihak *maintenance* perusahaan PT Indah Kiat *Pulp and Paper Serang mill* pada area produksi PMA terhadap kerusakan mesin yang beroperasi selama 3 tahun terakhir, didapatkan mesin yang mengalami waktu *downtime* tertinggi yaitu terjadi pada mesin Mesin *Paper Mill 1*. Terjadinya *downtime* pada mesin dikarenakan adanya kerusakan pada *sub-equipment* mesin *Paper Mill 1*, hal ini menyebabkan adanya kegiatan *corrective maintenance*. Untuk meminimalisir *downtime sub-equipment* mesin *Paper Mill 1* akibat *corrective maintenance*, dibutuhkan penjadwalan perawatan secara berkala. Penjadwalan perawatan ini disebut dengan *preventive maintenance*. Penelitian yang di lakukan adalah menentukan usulan waktu *preventive maintenance* untuk menurunkan *downtime sub-equipment* mesin *Paper Mill 1* dengan *Reliability Block Diagram* (RBD) serta menentukan *sub-equipment* mesin kritis dari mesin *Paper Mill 1*. karena dari usia mesin yang berumur 30 tahun dan masa

layak pakai mesin 50 tahun. Maka *reliability* mesin masih bisa di naikan atau di tingkatkan.

## Rumusan Masalah

Adapun rumusan masalah dalam penelitian ini adalah sebagai berikut:

1. Apa saja yang termasuk *sub-equipment* kritis pada mesin *Paper Mill 1*?
2. Berapa nilai keandalan (*reliability*) sistem *Paper Mill 1* berdasarkan *Reliability Block Diagram* ?
3. Berapakah nilai keandalan (*reliability*) setiap *sub-equipment* kritis pada Mesin *Paper Mill 1* ?
4. Berapa lama periode waktu *preventive maintenance* yang digunakan untuk menjaga keandalan *sub-equipment* pada Mesin *Paper Mill 1*?

## Tujuan Penelitian

Adapun tujuan dalam penelitian ini adalah sebagai berikut:

1. Menentukan *sub-equipment* kritis pada Mesin *Paper Mill 1*.
2. Menentukan nilai keandalan (*reliability*) sistem *Paper Mill 1* berdasarkan *Reliability Block Diagram*.
3. Menentukan nilai keandalan (*reliability*) setiap *sub-equipment* kritis pada Mesin *Paper Mill 1*.
4. Mengetahui lama periode waktu *preventive maintenance* yang digunakan untuk menjaga keandalan *sub-equipment* pada Mesin *Paper Mill 1*.

## Batasan Masalah

Adapun batasan masalah dalam penelitian ini adalah sebagai berikut :

1. Penelitian di lakukan di PT Indah Kiat *Pulp and Paper Serang Mill*.
2. Data kerusakan yang digunakan adalah pada periode tahun 2015 sampai 2017.
3. Penelitian difokuskan pada mesin *Paper Mill 1*.

## Asumsi Penelitian

Adapun asumsi dalam penelitian ini adalah sebagai berikut :

1. Kerusakan komponen diasumsikan ke kerusakan *sub-equipment*.
2. Kerusakan menggunakan kerusakan mekanik, elektrik dan produksi.

3. Persediaan komponen pengganti selalu tersedia.
4. Nilai keandalan yang usulkan sesuai dengan usia pakai mesin.
5. Biaya perawatan di tiadakan.

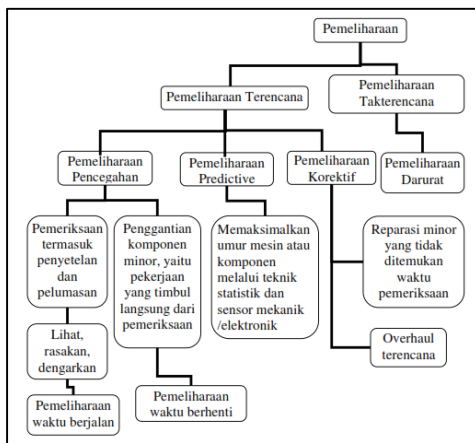
**METODE**

**Definisi Perawatan**

Menurut Ebeling dalam Larasati (2017) perawatan adalah probabilitas bahwa suatu komponen sistem yang rusak akan diperbaiki dalam suatu jangka waktu tertentu, dimana perawatan dilakukan sesuai dengan prosedur yang seharusnya. Perawatan (*maintenance*) dapat diartikan sebagai kegiatan untuk memelihara atau menjaga fasilitas atau peralatan pabrik dan mengadakan perbaikan atau penyesuaian atau penggantian yang diperlukan supaya terdapat suatu keadaan operasi produksi yang memuaskan sesuai dengan apa yang direncanakan.

**Ruang Lingkup Perawatan**

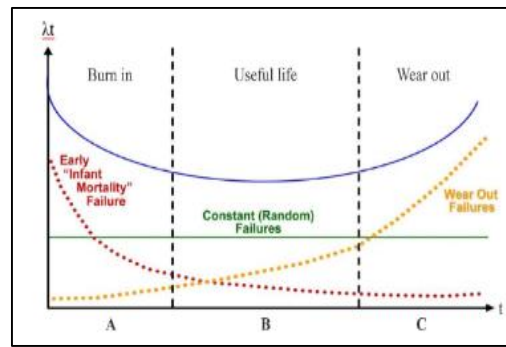
Menurut Bantara (2009) perawatan memiliki ruang lingkup, di bawah ini merupakan gambar hubungan antara berbagai bentuk pemeliharaan dan ruang lingkup dari masing-masing bentuk pemeliharaan tersebut :



Gambar 1. Ruang Lingkup Perawatan (Sumber : Bantara , 2009)

**Laju Kerusakan**

Menurut Ebeling dalam Larasati (2017), laju kerusakan (*failure rate*) merupakan laju dimana kerusakan terjadi pada interval waktu yang ditetapkan.



Gambar 2. Bathub Curve (sumber: Ebeling, 1997)

**Reliability Block Diagram (RBD)**

Menurut Ebeling (1997), *reliability block diagram* merupakan sebuah metode untuk melakukan analisa kehandalan sistem dan ketersediaan pada sistem besar dan kompleks serta menggunakan diagram blok sistem. Pembuatan *reliability block diagram* dimulai dari menentukan *node* yang ditempatkan pada sisi kiri diagram sebagai *input*. Kemudian dibuat rangkaian seri atau parallel komponen yang berakhir pada *output node* pada sisi kanan diagram. Sebuah diagram hanya terdiri dari satu *input node* dan satu *output node*. RBD dapat tersusun atau terangkai secara seri atau parallel ataupun gabungan dari keduanya. Rumusan atau rangkaian seri dan parallel:

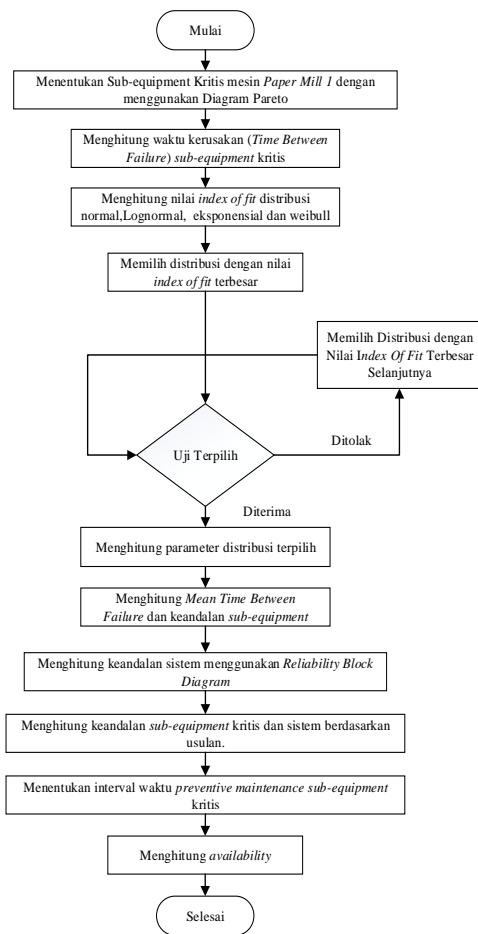
a) Rangkaian Paralel

$$R_p = 1 - [(1 - R_1) \times (1 - R_2) \times \dots \times (1 - R_n)]$$

b) Rangkaian Seri

$$R_s = R_1 \times R_2 \times \dots \times R_n$$

*Flow chart* penelitian sendiri merupakan kerangka dari penelitian yang memuat alur, deskripsi dan langkah-langkah yang harus dilakukan dalam penelitian, dari awal penelitian hingga akhir penelitian. Berikut ini merupakan *flow chart* penelitian yang dilakukan:



Gambar 3. Flow Chart Penelitian Umum

**HASIL DAN PEMBAHASAN**

**Pengumpulan Data**

Pengumpulan data yang dilakukan dalam penelitian ini adalah data kerusakan mesin *paper mill 1*.

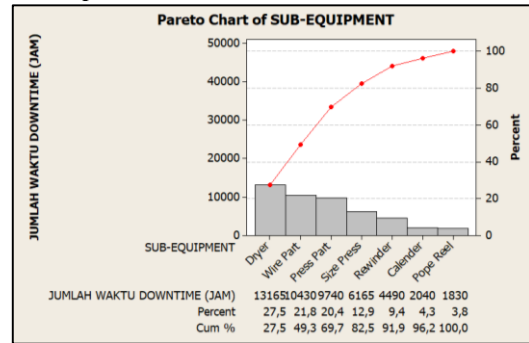
Tabel 1 Data Kerusakan Sub-equipment Mesin *Paper Mill 1*

No	Tanggal	Kerusakan sub-equipment	Waktu Terjadi Kerusakan		Kerusakan (Menit)
			Mula	Selesai	
1	04/01/2015	WIRE PART	17:00	17:30	30
2	06/01/2015	DRYER	16:50	17:10	20
3	10/01/2015	DRYER	08:55	09:30	35
4	11/01/2015	DRYER	08:10	08:50	40
5	14/01/2015	DRYER	03:00	04:10	70
6	19/01/2015	DRYER	23:00	04:30	330
.	.	.	.	.	.
.	.	.	.	.	.
29	27/11/2016	DRYER	17:10	17:40	30
29	02/12/2017	DRYER	15:00	16:30	90
29	09/12/2018	DRYER	00:40	01:40	60

**Pengolahan Data**

Berikut ini merupakan pengolahan data dan hasil yang dilakukan dalam penelitian ini:

1. Penentuan *Sub-equipment* Kritis Mesin *Paper Mill 1*



Gambar 4. Diagram Pareto *Sub-equipment* Mesin *Paper Mill 1*

Dari diagram pareto diatas dapat diketahui bahwa berdasarkan total waktu *downtime* dari masing masing *sub-equipment* mesin *paper mill 1* didapatkan bahwa *sub-equipment* mesin *paper mill 1* yang kritis adalah *dryer*, *wire part* dan *press part*. Hal ini terjadi karena persen kumulatif total waktu *downtime* melebihi 80% dari total *downtime*.

2. Perhitungan Waktu Kerusakan *Sub-equipment*

Waktu kerusakan yang dihitung adalah *Time Between Failure*. *Time Between Failure* adalah waktu selang antar kerusakan suatu *sub-equipment* yang dihitung dari penjumlahan *Time to Failure* dan *Time to Repair*.

Tabel 2 Perhitungan TBF

Actual Start	Actual Completion	Day	Hour	TTF (min)	TTR (min)	TBF (min)
06/01/2015 16:50	06/01/2015 17:10	.	.	.	20	.
10/01/2015 08:55	10/01/2015 09:30	4	96	5265	35	5300
.	.	.	.	.	.	.
.	.	.	.	.	.	.
02/12/2017 15:00	02/12/2017 16:30	5	120	7040	90	7130
09/12/2017 00:40	09/12/2017 01:40	7	168	580	60	640

2. Perhitungan *Index Of Fit*

Berikut ini merupakan rekapitulasi hasil perhitungan *Index Of Fit*:

Tabel 3. Rekapitulasi *Least-Square Curve Fitting Sub-equipment dryer*

Distribusi	Index of Fit
Normal	0,750635
LogNormal	0,98175248
Eksponensial	0,91383489
Weibull	0,982356

Dengan melihat hasil perhitungan *least-square fitting* dengan distribusi *Normal*, *LogNormal*, *Eksponensial* dan *Weibull* maka dapat dianggap bahwa data kerusakan *sub-equipment Dryer* berdistribusi *Weibull*, karena nilai *index of fit* terbesar terdapat pada distribusi tersebut.

3. Uji Distribusi

Berikut ini merupakan rekapitulasi hasil uji distribusi

Tabel 4 Hasil Uji Distribusi

No	Sub-equipment	Dugaan Distribusi Awal	Uji Distribusi (1)	Keputusan
1	Dryer	Weibull	Mann's Test	Weibull
2	Wire Part	Weibull	Mann's Test	Weibull
3	Press Part	Weibull	Mann's Test	Weibull
4	Size Press	Weibull	Mann's Test	Weibull
5	Rewinder	Eksponensial	Barlett	Weibull
6	Calender	Eksponensial	Barlett	Weibull
7	Pope Reel	Weibull	Mann's Test	Weibull

5. Perhitungan Parameter Distribusi

Berikut merupakan perhitungan penentuan distribusi terpilih.

Tabel 5 Hasil Parameter

No	Sub-equipment	B	a	θ
1	Dryer	0,9292660	-8,8900941	14282,5115
2	Wire Part	0,8186607	-8,330926464	26272,7322
3	Press Part	0,6661377	-6,826085318	28205,1006
4	Size Press	0,9354426	-10,17547928	52982,4486
5	Rewinder	0,7047202	-7,900458289	73922,5056
6	Calender	0,7571259	-8,461730654	71404,8768
7	Pope Reel	0,8465612	-9,273128976	57175,3981

6. Perhitungan MTBF (*Mean Time Between Failure*) dan Keandalan

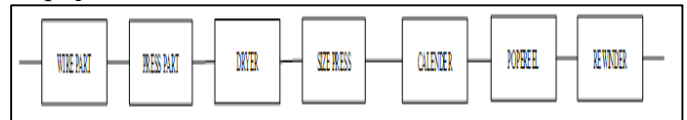
*Mean Time Between Failure* adalah rata-rata waktu antar kerusakan dari setiap *sub-equipment* mesin *Paper Mill 1*

Tabel 6 Rekapitulasi Perhitungan MTBF dan *Reliability Sub-equipment*

No	Sub-equipment	Nilai MTBF		% Keandalan
		Hari	Menit	
1	Dryer	11	14606,38	36,02%
2	Wire Part	21	29781,08	33,02%
3	Press Part	28	38880,71	28,98%
4	Size Press	38	54183,88	36,02%
5	Rewinder	66	94980,44	30,32%
6	Calender	60	85945,61	31,64%
7	Pope Reel	43	61377,84	34,58%

7. *Reliability Block Diagram*

Berikut ini merupakan diagram blok eksisting mesin *Paper Mill 1* berdasarkan *sub-equipment* kritis:



Gambar 5. *Block Diagram Sub-equipment Mesin Paper Mill 1*

Contoh perhitungan :

$$\begin{aligned}
 R_{total} &= \text{Wire Part} \times \text{Press Part} \times \text{Dryer} \times \\
 &\text{Size Press} \times \text{Calender} \times \text{Pope Reel} \times \text{Rewinder} \\
 &= 33,02\% \times 28,98\% \times 36,02\% \times \\
 &36,02\% \times 31,64\% \times 34,58\% \times 30,32\% \\
 R_{total} &= 0,041\%
 \end{aligned}$$

8. Keandalan dan MTBF usulan

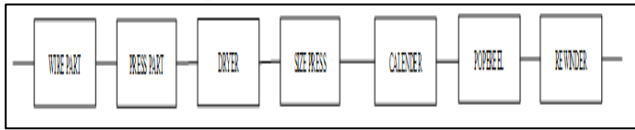
Usulan kenaikan ini ditentukan dengan mempertimbangkan umur (*age equipment*) yaitu 50 tahun, dengan pemakaian (*usage*) yang sudah berjalan 30 tahun (sejak tahun 1988).

Tabel 7 Rekapitulasi Perhitungan MTBF dan *Reliability Sub-equipment Usulan*

No	Sub-equipment	Waktu Kerusakan		R (MTBF)	% Keandalan
		Hari	Menit		
1	Dryer	8	10691,828	0,46575933	46,58%
2	Wire Part	16	22055,19	0,42040551	42,04%
3	Press Part	18	25847,69	0,3892567	38,93%
4	Size Press	28	39722,58	0,46589142	46,59%
5	Rewinder	44	63284,07	0,40808479	40,81%
6	Calender	41	58303,62	0,42412557	42,41%
7	Pope Reel	30	42886,33	0,45661178	45,66%

9. *Reliability Block Diagram Usulan*

Berikut ini merupakan diagram blok Usulan mesin *Paper Mill 1*:



Gambar 6. Block Diagram Sub-equipment Mesin Paper Mill 1 Usulan

$$R_{total} = \text{Wire Part} \times \text{Press Part} \times \text{Dryer} \times \text{Size Press} \times \text{Calender} \times \text{Pope Reel} \times \text{Rewinder}$$

$$= 42,04\% \times 38,93\% \times 46,58\% \times 46,59\% \times 42,41\% \times 45,66\% \times 40,81\%$$

$$R_{total} = 0,28 \%$$

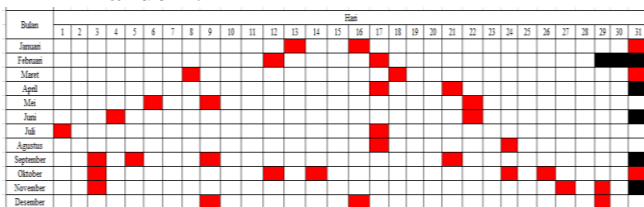
10. Simulasi *Monte Carlo*

Dengan simulasi *monte carlo* dapat diketahui data kejadian kerusakan menggunakan pembangkitan bilangan random.

Tabel 8. Pembangkitan Bilangan Random Untuk *Dryer*

No	Random R	Random Ti	Hari
1	0,292102785	17856,64364	13
2	0,737004725	3981,960128	3
3	0,241380471	20851,58525	15
.	.	.	.
.	.	.	.
.	.	.	.
34	0,545873863	8322,068338	6
35	0,63901495	6016,701744	5
36	0,313865513	16737,15029	11,6

Berikut ini simulasi kejadian kegagalan *sub-equipment dryer* pada 1 tahun berdasarkan pembangkitan bilangan random.



Gambar 7. Simulasi Penerapan *Corrective Maintenance Sub-equipment Dryer*

Dengan rata-rata *downtime corrective* yang diperoleh dari laporan kegiatan perawatan yaitu selama 790 menit untuk waktu maksimal yang pernah dilakukan. Dan jumlah kegagalan *corrective* sebanyak 35 kali dalam satu tahun, maka total *downtime* untuk *sub-equipment dryer* adalah  $790 \times 35 = 27650$  menit.

Dengan total waktu keseluruhan dalam satu tahun yaitu 525.600 menit, dan jumlah kegagalan *corrective* sebanyak 35 kali dalam satu tahun, maka rata-rata waktu kegagalan untuk *sub-equipment dryer* adalah 525.600 menit dibagi 35 kali kegagalan = 15017,14 menit.

Berikut ini merupakan rekapitulasi perhitungan keandalan *sub-equipment* hasil simulasi eksisting:

Tabel 9. Rekapitulasi Perhitungan Keandalan Simulasi Eksisting

No	Sub-equipment	Waktu Kerusakan		R (MTBF)	% Keandalan
		Hari	Menit		
1	Dryer	10,429	15017,14	0,929266	35,07%
2	Wire Part	21,471	30917,6471	0,818661	31,90%
3	Press Part	28,077	40430,77	0,666138	28,05%
4	Size Press	36,500	52560	0,935443	37,06%
5	Rewinder	60,833	87600,00	0,70472	32,40%
6	Calender	60,833	87600,00	0,757126	31,12%
7	Pope Reel	40,556	58400	0,846561	36,13%

Berikut ini adalah perhitungan *reliability block diagram* yang menggambarkan *reliability sub-equipment* mesin *Paper Mill 1* hasil dari simulasi eksisting.

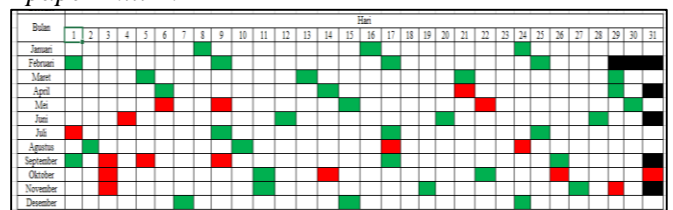
Contoh perhitungan :

$$R_{total} = \text{Wire Part} \times \text{Press Part} \times \text{Dryer} \times \text{Size Press} \times \text{Calender} \times \text{Pope Reel} \times \text{Rewinder}$$

$$= 31,9\% \times 28,05\% \times 35,07\% \times 37,06\% \times 31,12\% \times 31,12\% \times 36,13\%$$

$$R_{total} = 0,042 \%$$

Dengan menggunakan kejadian kegagalan yang sama berikut ini adalah simulasi kejadian perawatan usulan dengan usaha meningkatkan 10% keandalan setiap *sub-equipment* dimesin *paper mill 1*.



Gambar 8. Simulasi Penerapan *Preventive Maintenance Pada Sub-equipment Dryer*

11. Perbandingan *Availability* Untuk Simulasi Nyata Dan Usulan

Berikut ini adalah rekapitulasi nilai *availability* dari *sub-equipment* mesin *paper mill 1* dari waktu *maintenance system* simulasi :

Tabel 10. Rekapitulasi Waktu Perawatan *Corrective* dan *Preventive*

No	Sub-equipment	waktu perawatan (menit)	
		Corrective	Preventive
1	Dryer	27650	14130
2	Wire Part	31450	11460
3	Press Part	30355	14310
4	Size Press	12420	11120
5	Rewinder	6180	3210
6	Calender	4740	4070
7	Pope Reel	2250	1820
Jumlah		115045	60120

Berdasarkan total *downtime* yang diperoleh dan *available time* selama tahun 1 yaitu (365 hari x 24 jam x 60 menit = 525.600 menit) maka *availability* adalah sebagai berikut :

$$\begin{aligned} \text{Availability Corrective} &= \frac{\text{Loading time} - \text{downtime}}{\text{Loading time}} \times 100\% \\ &= \frac{525.600 - 115045}{525.600} \times 100\% = 78,11\% \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \text{Availability Preventive} &= \frac{\text{Loading time} - \text{downtime}}{\text{Loading time}} \times 100\% \\ &= \frac{525.600 - 60120}{525.600} \times 100\% = 88,56\% \end{aligned}$$

Dengan demikian penerapan *preventive maintenance* yang diusulkan tidak mengurangi *availability* dari sistem *Paper Mill 1*.

## SIMPULAN DAN SARAN

Berdasarkan hasil penelitian dan analisa dalam penelitian usulan waktu *preventive maintenance* untuk menurunkan waktu *downtime* mesin *paper mill 1* di PT Indah Kiat Pulp and Paper, maka kesimpulan yang didapatkan sebagai berikut:

1. *sub-equipment* kritis pada mesin *paper mill 1* adalah *sub-equipment dryer*, *sub-equipment wire part* dan *sub-equipment press part*.
2. Nilai *reliability* sistem mesin *paper mill 1* berdasarkan *reliability block diagram* adalah 0,041%
3. Nilai *reliability sub-equipment* kritis pada mesin *paper mill 1* yaitu *sub-equipment dryer* memiliki nilai 36,02%, *sub-equipment*

*wire part* memiliki nilai 33,02% dan *sub-equipment press part* memiliki 28,98%.

4. Periode waktu *preventive maintenance* untuk menjaga keandalan *sub-equipment* pada mesin *paper mill 1* adalah *sub-equipment dryer* setiap 8 hari, *sub-equipment wire part* setiap 16 hari, *sub-equipment press part* setiap 18 hari, *sub-equipment size press* setiap 28 hari, *sub-equipment rewinder* setiap 44 hari, *sub-equipment calender* setiap 41 hari dan *sub-equipment pope reel* setiap 30 hari.

## DAFTAR PUSTAKA

- Ansori, N. 2013. *Sistem Perawatan Terpadu (Integrated Maintenance System)*. Graha Ilmu.
- Arina, dkk. 2013. Penentuan Keandalan Dengan Menggunakan RBD yang Berkonfigurasi Redundant Pada Mesin Bioler Di PT. X. *Jurnal FT Universitas Sultan Ageng Tirtayasa*: Cilegon: Jurusan Teknik Industri FT. UNTIRTA.
- Batara, Ginta. 2009. *Sistem Pemeliharaan Mesin Press Di PT. Multi Mekanik Serasi*. Fakultas Teknologi Industri Universitas Mercu Buana.
- Bei, Xiaohui. t.t. *On the Complexity of Trial and Error*.
- Blanchard, B.S. 1997. An Enhanced Approach For Implementing Total Productive Maintenance In The Manufacturing Environment. *Journal Of Quality In Maintenance Engineering*. Vol. 3, Iss : 2 pp. 69 – 80.
- Dhillon, B.S. 2006. *Maintainability, Maintenance, and Reliability for Engineers*. New York: Taylor & Francis Group.
- Ebeling, C. 1987. *An Introduction To Reliability And Maintainability Engineering*. University of Dayton. Dayton.
- Hasriyono, M. 2009. Evaluasi Efektifitas Mesin Dengan Penerapan Total Productive Maintenance (TPM) Di PT. Hadi Baru. *Jurnal FT Universitas Sumatera: Medan*. Medan: Jurusan Teknik Industri FT. USU.
- Hidayat, dkk. 2010. *Perencanaan Kegiatan Maintenance dengan Metode Reliability Centered Maintenance (II)*. Teknik Industri Universitas Trunojoyo.

- Munaji, Ari., dkk. *Usulan Penjadwalan Perawatan Mesin Dengan Mempertimbangkan Reliability Block Diagram Pada Unit Stand CPL Di PT Krakatau Steel* (skripsi). Jurnal FT Universitas Sultan Ageng Tirtayasa: Cilegon: Jurusan Teknik Industri FT. UNTIRTA.
- Pratama, R. H. J. 2011. *Penentuan Nilai Reliability Sistem dengan Menggunakan Reliability Block Diagram*. (skripsi). Cilegon: Tugas Akhir Jurusan Teknik Industri FT. Untirta.
- Sudjana. 1991. *Desain dan Analisis Eksperimen*. Tarsito. Bandung.
- Suryana. 2010. *Metodologi Penelitian Model Praktis Penelitian Kuantitatif dan Kualitatif*. Universitas Pendidikan Indonesia.