



USULAN PENJADWALAN PERAWATAN PREVENTIVE MAINTENANCE PADA MESIN ELECTROLITIC TINNING LINE MENGGUNAKNA METODE *RELIABILITY BLOCK DIAGRAM* DI PT LATINUSA Tbk.

Ade Irman^{1*}, Yusraini Muharni¹ Arliannur¹

¹Program Studi Teknik Industri, Fakultas Teknik, Universitas Sultan Ageng Tirtayasa, Banten
*e-mail : irman@untirta.ac.id

INFORMASI ARTIKEL

Naskah Diterima 05/05/2019
Naskah Direvisi 12/09/2019
Naskah Disetujui 11/10/2019
Naskah Online 26/10/2019

ABSTRAK

Proses produksi dalam sebuah perusahaan seringkali mengalami terjadi gangguan salah satunya adalah kerusakan mesin. Gangguan ini dapat teratasi jika perusahaan melakukan kegiatan perawatan yang optimal. Perawatan yang optimal dilakukan guna menjamin agar mesin dapat beroperasi dengan baik. Salah satu upaya yang dilakukan agar kegiatan perawatan menjadi optimal yaitu dengan membuat kegiatan *preventive maintenance*. Penelitian ini dilakukan pada salah satu perusahaan yang memproduksi *tinplate*. Perusahaan ini mengalami *downtime* sebesar 144 jam pada salah satu mesinnya. Penelitian ini menggunakan metode *reliability block diagram* untuk menentukan keandalan mesin *Electrolitic Tinning Line (ETL)* lalu dibuatkan penjadwalan *preventive maintenance* untuk setiap komponen kritis menggunakan simulasi *monte carlo*. Pada pengolahan data dihasilkan periode waktu perawatan diantaranya *circulation - piping* setiap 31 hari, *roll - bearing/sol plate* setiap 31 hari, *roll - timing belt* setiap 23 hari, *roll - seal* setiap 23 hari, *circulation - nozzle* setiap 2 hari, *polisher* setiap 23 hari, *roll - universal joint* setiap 33 hari, *circulation - filter* setiap 21 hari, *roll - rotaty joint* setiap 25 hari, *roll - leveling* setiap 48 hari, *hydraulic - valve* setiap 86 hari, *pneumatic - piping* setiap 42 hari, *circulation - seal* setiap 140 hari, dan *circulation - valve* setiap 14 hari. Dari hasil *preventive maintenance* yang dibuat, *availability preventive maintenance* lebih besar dari *availability corrective maintenance* maka dengan demikian penerapan *preventive maintenance* yang diusulkan tidak mengurangi *availability* dari mesin *Electrolitic Tinning Line (ETL)*.

Kata Kunci : *Maintenance, Preventive Maintenance, Reliability, Reliability Block diagram, Monte Carlo*

1. PENDAHULUAN

PT Pelat Timah Nusantara adalah salah satu perusahaan yang memproduksi *tinplate*. *Tinplate* yang dihasilkan dibagi menjadi 2 bentuk yang berbeda, yaitu *coil* dan *sheet*. Proses produksi yang utama adalah proses yang dilakukan pada mesin *Electrolitic Tinning Line* (ETL). Hasil produksi PT Latinusa, Tbk digunakan sebagai bahan baku kaleng makanan seperti kaleng sarden dan susu serta yang termasuk non makanan, seperti kaleng cat, kaleng pembasmi nyamuk dan sebagainya.

Dalam tahun 2017, *Electrolitic Tinning Line* (ETL) mengalami beberapa gangguan dalam proses produksinya diantaranya kerusakan pada mesin dan kerusakan pada mesin *Electrolitic Tinning Line* (ETL) memiliki waktu yang sangat besar. Waktu kerusakan mesin atau biasa disebut *downtime* merupakan jumlah waktu dimana suatu *equipment* tidak dapat berfungsi disebabkan adanya kerusakan (Larasati,2017). Berdasarkan data yang diperoleh dari divisi *maintenance* perusahaan PT Latinusa adanya *downtime* paling besar terjadi pada proses *Electrolitic Tinning Line* yaitu sebesar 144 jam *downtime* untuk faktor elektrik dan mekanik yang berakibat pada penurunan produktivitas dari PT Latinusa Tbk. Oleh karena itu objek dari penelitian ini adalah *Electrolitic Tinning Line* (ETL) yang paling sering mengalami *downtime* dibandingkan dengan mesin lainnya. Tingginya angka *downtime* pada mesin ini maka hal ini menyebabkan adanya kegiatan *corrective maintenance* yang intensif. Langkah untuk meminimalisir *corrective maintenance* intensif yang diakibatkan oleh *downtime* pada mesin *Electrolitic Tinning Line* (ETL) yaitu dibutuhkannya jadwal perawatan secara berkala atau biasa disebut *preventive maintenance*.

Penelitian yang dilakukan adalah menentukan usulan waktu *preventive maintenance* untuk menurunkan *downtime* mesin *electrolitic tining line* dengan metode *reliability block diagram* dan simulasi *monte carlo* serta menentukan komponen kritis dari mesin *electrolitic tining line* karena dari data yang ada mesin ini memiliki waktu *downtime* yang besar, untuk itu keandalan dari mesin *electrolitic tining line* masih bisa ditingkatkan dengan menurunkan *downtime* yang ada.

2. METODOLOGI PENELITIAN

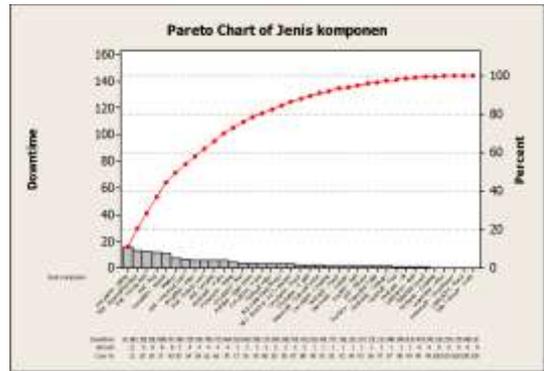
Penelitian ini merupakan penelitian kuantitatif, yang memenuhi kaidah - kaidah ilmiah yaitu kongkrit/empiris, objektif, terukur, rasional, dan sistematis. Penelitian kuantitatif dilaksanakan berdasarkan adanya data - data berupa angka - angka dan menggunakan statistik. Penelitian ini menggunakan metode *reliability block diagram* yaitu metode untuk menganalisis kehandalan sistem dan ketersediaan pada sistem besar dan kompleks dengan menggunakan diagram blok sistem. (Ebeling, 1997). Data kerusakan mesin yang dikumpulkan akan dianalisa untuk menentukan kompoen kritis, menghitung *Time Between Failure*, menghitung *index of fit*, melakukan uji *goodness of fit*, penentuan parameter

distribusi terpilih, perhitungan laju kerusakan dan *Mean Time Between Failure*, perhitungan kehandalan komponen kritis dan sistem pada mesin, serta perhitungan *availability*.

3. HASIL DAN PEMBAHASAN

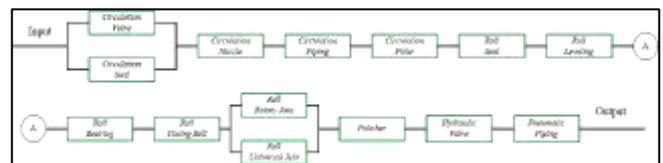
3.1 Penentuan Komponen Kritis Mesin *Electrolitic Tinning Line* (ETL)

Berikut ini diagram pareto untuk menentukan komponen kritis berdasarkan kumulatif *downtime* pada mesin *Electrolitic Tinning Line* (ETL) dan blok diagram komponen kritis *Electrolitic Tinning Line* (ETL).



Gambar 1. Diagram Pareto Komponen Mesin *Electrolitic Tinning Line* (ETL)

Dari diagram pareto diatas dapat terlihat bahwa komponen kritis pada mesin *Electrolitic Tinning Line* (ETL) dengan %kumulatif *downtime* mencapai 80% yaitu *circulation - piping*, *roll - bearing/solplate*, *roll - timing belt*, *roll - seal*, *circulation - nozzle*, *polisher*, *roll - universal joint*, *circulation - filter*, *roll - rotaty joint*, *roll - leveling*, *hydraulic - valve*, *pnematif - piping*, *circulation - seal*, *auxiliary - edge mask* dan *circulation - valve*.



Gambar 2. Blok Diagram Komponen Kritis Mesin *Electrolitic Tinning Line* (ETL)

3.2 Perhitungan Waktu Kerusakan Komponen Kritis

Berikut adalah salah satu contoh perhitungan *Time to Failure* pada komponen kritis mesin *Electrolitic Tinning Line* :

Tabel 1. Perhitungan *Time Between Failure* Komponen *Circulation - Nozzle*

Mulai Kerusakan	Selanjut Diperbaiki		TTF		TBF (Menit)	TTR (Menit)
	Tanggal	Jam	Tanggal	Jam		
13-Sep-17	9:18	13-Sep-17	3:37			17
1-Oct-17	22:48	2-Oct-17	0:01	18.799	403.1833	9676
8-Oct-17	8:15	8-Oct-17	9:10	6.343	152.3333	3634
8-Oct-17	11:00	8-Oct-17	12:40	0.076	1.833333	41
9-Oct-17	3:48	9-Oct-17	2:56	0.589	14.13333	339
12-Oct-17	17:18	12-Oct-17	17:42	3.999	86.76667	2073
14-Oct-17	20:40	14-Oct-17	23:43	3.124	30.96667	1223
24-Oct-17	20:23	24-Oct-17	23:00	9.944	236.6667	3728
24-Oct-17	22:28	24-Oct-17	22:50	0.036	1.833333	52
14-Dec-17	17:55	14-Dec-17	18:45	50.795	1219.083	29258
23-Dec-17	7:35	23-Dec-17	5:03	8.326	190.8333	4796
23-Dec-17	11:54	23-Dec-17	12:51	0.969	8.83	212
23-Dec-17	16:13	23-Dec-17	16:53	0.142	3.4	82
27-Dec-17	11:13	27-Dec-17	12:08	3.764	90.33333	2188
27-Dec-17	12:40	27-Dec-17	13:03	0.024	0.566667	14

- a. $TTR (Minute) = Actual\ Completion - Actual\ Start \times 60$
 $= 2\ Oktober\ 2017\ (00:01) - 1\ Oktober\ 2017\ (22:46)$
 $= 75\ menit$
- b. $TTF (Minute) = Selang\ waktu\ dalam\ jam \times 60$
 $= 403.1833 \times 60$
 $= 9676\ menit$
- c. $TBF (Minute) = TTF + TTR$
 $= 9676 + 17$
 $= 9693$

3.3 Perhitungan Index of Fit

Perhitungan *Index of Fit* bertujuan untuk langkah identifikasi awal sebelum menentukan distribusi pada waktu kerusakan *sub-equipment*. Perhitungan nilai *Index of Fit* berdasarkan metode *least square curve fitting*. Pengidentifikasi distribusi meliputi distribusi *Normal*, *Lognormal*, *Eksponensial* dan *Weibull*. Berikut ini merupakan salah satu contoh perhitungan nilai *Index of Fit* dari komponen *circulation - nozzle*.

Tabel 2. *Least-Square Curve Fitting* Komponen *Circulation - Nozzle* Untuk Distribusi *Normal*

No	Ti	xi	F(ti)	Yi	xi*Yi	xi^2	Yi^2
1	65	65	0.0486	-1.658	-107.1373	4173.16	2.7505
2	67	67	0.1181	-1.185	-79.3791	4489	1.4037
3	99	99	0.1875	-0.887	-87.8275	9801	0.7870
4	139	139	0.2569	-0.653	-90.4773	19209.96	0.4261
5	240	240	0.3264	-0.450	-108.1576	57792.16	0.2024
6	439	439	0.3958	-0.264	-116.0134	192896.64	0.0698
7	1247	1247	0.4653	-0.087	-108.6883	1555507.84	0.0076
8	2081	2081	0.5347	0.087	181.3332	4329728.64	0.0076
9	2208	2208	0.6042	0.264	583.2365	4875264	0.0698
10	3729	3729	0.6736	0.450	1677.5218	13902457.96	0.2024
11	4846	4846	0.7431	0.653	3163.4413	23483716	0.4261
12	5793	5793	0.8125	0.887	5139.2400	33558849	0.7870
13	9693	9693	0.8819	1.185	11484.3830	93962003.56	1.4037
14	29288	29288	0.9514	1.658	48573.3297	857786944	2.7505
Σ	59934	59934	7	0	70105	1033742833	11.2943
Index of Fit					0.7483		

Tabel 3. *Least-Square Curve Fitting* Komponen *Circulation - Nozzle* Untuk Distribusi *Lognormal*

No	ti	xi	F(ti)	Yi	xi*Yi	xi^2	Yi^2
1	65	4.16821441	0.0486	-1.6584721	-6.912867145	17.3740114	2.7505
2	67	4.20469262	0.1181	-1.1847631	-4.98156482	17.67944	1.4037
3	99	4.59511985	0.1875	-0.8871466	-4.076544763	21.1151264	0.7870
4	139	4.93159209	0.2569	-0.6527943	-3.21931523	24.3206005	0.4261
5	240	5.4823042	0.3264	-0.4499066	-2.465524925	30.6556594	0.2024
6	439	6.08495489	0.3958	-0.264147	-1.607322438	37.026676	0.0698
7	1247	7.12865632	0.4653	-0.0871459	-0.621233042	50.8177409	0.0076
8	2081	7.64050771	0.5347	0.0871458	0.665838783	38.3773581	0.0076
9	2208	7.69984241	0.6042	0.26414698	2.033890094	59.2875731	0.0698
10	3729	8.22378811	0.6736	0.44990661	3.699916668	67.6306908	0.2024
11	4846	8.4819089	0.7431	0.65279432	5.539533692	72.0106499	0.4261
12	5793	8.66440557	0.8125	0.88714656	7.686597588	75.6719239	0.7870
13	9693	9.17920052	0.8819	1.18476314	10.87517841	84.2577222	1.4037
14	29288	10.2849332	0.9514	1.65847206	17.03727429	105.77985	2.7505
Σ	59934	96.7741	7	0	23.6729	720.805	11.2943
Index of Fit					0.9782		

Tabel 4. *Least-Square Curve Fitting* Komponen *Circulation - Nozzle* Untuk Distribusi *Eksponensial*

No	ti	xi	F(ti)	Yi	xi*Yi	xi^2	Yi^2
1	65	65	0.0486	0.050	3.2192	4173.16	0.0025
2	67	67	0.1181	0.126	8.4170	4489	0.0158
3	99	99	0.1875	0.208	20.5563	9801	0.0431
4	139	139	0.2569	0.297	41.1620	19209.96	0.0882
5	240	240	0.3264	0.393	94.9826	57792.16	0.1561
6	439	439	0.3958	0.504	221.3152	192896.64	0.2539
7	1247	1247	0.4653	0.626	780.7570	1555507.84	0.3919
8	2081	2081	0.5347	0.765	1592.0631	4329728.64	0.5854
9	2208	2208	0.6042	0.927	2046.2906	4875264	0.8589
10	3729	3729	0.6736	1.120	4174.7855	13902457.96	1.2537
11	4846	4846	0.7431	1.359	6583.2070	23483716	1.8466
12	5793	5793	0.8125	1.674	9697.3455	33558849	2.8022
13	9693	9693	0.8819	2.137	20710.9180	93962003.56	4.5631
14	29288	29288	0.9514	3.024	88564.0755	857786944	9.1440
Σ	59934	59934	7	13.2100	134541.0945	1033742832.9203	32.0073
Index of Fit					0.9056		

Tabel 5. *Least-Square Curve Fitting* Komponen *Circulation - Nozzle* Untuk Distribusi *Weibull*

No	ti	xi	F(ti)	Yi	xi*Yi	xi^2	Yi^2
1	65	4.16821441	0.0486	-2.999	-12.5009	17.3740114	8.9945
2	67	4.20469262	0.1181	-2.074	-8.7224	17.67944	4.3033
3	99	4.59511985	0.1875	-1.572	-7.2233	21.1151264	2.4710
4	139	4.93159209	0.2569	-1.214	-5.9873	24.3206005	1.4740
5	240	5.4823042	0.3264	-0.929	-5.0909	30.6556594	0.8623
6	439	6.08495489	0.3958	-0.683	-4.1704	37.026676	0.4697
7	1247	7.12865632	0.4653	-0.468	-3.3390	50.8177409	0.2194
8	2081	7.64050771	0.5347	-0.268	-2.0455	58.3773581	0.0717
9	2208	7.69984241	0.6042	-0.076	-0.3856	59.2875731	0.0058
10	3729	8.22378811	0.6736	0.113	0.9295	67.6306908	0.0128
11	4846	8.4819089	0.7431	0.307	2.6024	72.0106499	0.0940
12	5793	8.66440557	0.8125	0.515	4.4639	75.0719239	0.2654
13	9693	9.17920052	0.8819	0.759	6.9690	84.2577222	0.5764
14	29288	10.2849332	0.9514	1.107	11.3008	105.77985	1.2244
Σ	59933.3000	96.7741	7.0000	-7.4850	-23.3198	720.8050	21.0449
Index of Fit					0.9560		

Dengan melihat hasil perhitungan *least-square curve fitting* dengan distribusi *Normal*, *Lognormal*, *Eksponensial* dan *Weibull*, maka dapat diasumsikan bahwa data kerusakan komponen kritis *circulation - nozzle* berdistribusi *lognormal*, karena nilai *Index of Fit* terbesar terdapat pada distribusi tersebut.

3.4 Uji Goodness Of Fit

Berikut ini merupakan salah satu contoh perhitungan uji *goodness of fit* pada komponen *circulation-nozzle* yang terduga memiliki distribusi *lognormal*.

- Uji Kolmogrov - Smirnov Komponen *Circulation - Nozzle*

Tabel 6. Uji Kolmogrov - Smirnov Komponen *Circulation - Nozzle*

No	Ti	ti	(ti-Ti)/Ti	0-3% 0.03	0-1% 0.01	D1	D2
1	65	-4216	1777908.49	0	-0.55	0.29276527	-0.221356694
2	67	-4214	17757875.6	0.071428571	-0.55	0.54388106	0.27243278
3	99	-4182	17489004.51	0.142857143	-0.54	0.34485496	0.20179781
4	139	-4142	17195359.41	0.214285714	-0.54	0.34560605	0.13132079
5	240	-4041	16326332.91	0.285714286	-0.52	0.54802381	0.06230853
6	439	-3842	1475917.47	0.357142857	-0.50	0.5261404	-0.0045288
7	1247	-3034	9203855.76	0.428571429	-0.39	0.3693848	-0.6591888
8	2081	-2300	4846811.77	0.5	-0.28	0.38311284	-0.1168872
9	2208	-2073	4297269.772	0.571428571	-0.27	0.38483846	-0.1865701
10	3729	-552	305129.979	0.642857143	-0.07	0.39782547	-0.2449317
11	4846	565	318241.1431	0.714285714	0.07	0.3164072	-0.387855776
12	5793	1512	2286187.2	0.785714286	0.20	0.39138657	-0.3945277
13	9693	5412	29294228.4	0.857142857	0.70	0.3122513	-0.5448916
14	29288	25007	625350763.5	0.928571429	3.23	0.00213521	-0.9264362

$$-Dn = \max \{D1; D2\} = 0.99786479$$

Karena $D_n (0.999786479) > D_{crit} (0.349)$ maka H_0 ditolak, sehingga uji distribusi dilanjutkan dengan *Index of Fit* terbesar kedua

2. Uji Mann's Test Komponen *Circulation-Nozzle*

Tabel 7. Uji Mann's Test Komponen *Circulation - Nozzle*

No	Ti	Xi	Zi	Mi	(xi+1)Mi	K1	K2
1	65	4.18821441	-3.332082	1.13390381	0.632113818	0.632113818	
2	67	4.20489262	-3.1961944	0.53063004	0.789055452	0.789055452	
3	99	4.39311982	-1.6453444	0.37958888	0.887348965	0.887348965	
4	139	4.95159209	-1.2663782	0.29744813	1.831453884	1.831453884	
5	249	5.4823642	-0.9489928	0.25087979	2.482149225	2.482149225	
6	439	6.08495489	-0.7180482	0.22233642	4.69677967	4.69677967	
7	1247	7.12885652	-0.4658319	0.2044287	2.583813725	2.583813725	
8	2081	7.84030771	-0.2914033	0.19440427	0.385212911	0.385212911	
9	2208	7.89984241	-0.0069688	0.19104688	2.742501008	2.742501008	
10	3729	8.22178811	0.08404785	0.16488426	1.343007493	1.343007493	
11	4846	8.4839088	0.2885209	0.20890312	0.834447128	0.834447128	
12	5793	8.66440557	0.48783521	0.24273984	2.120768303	2.120768303	
13	9689	0.17920012	0.74857505	0.33894325	3.228468843	3.228468843	
14	28288	10.28495532	1.0799183				
Σ	59934	97	-8.31	4.41	23.71	10.58	33.13

$$-M = \frac{K1 \sum_{i=k1+1}^{r-1} \frac{1}{Mi} \left[\frac{\ln Ti+1 - \ln Ti}{Mi} \right]}{K2 \sum_{i=1}^{K1} \frac{1}{Mi} \left[\frac{\ln Ti+1 - \ln Ti}{Mi} \right]}$$

$$= \frac{7 \times 13.13}{6.5 \times 10.58} = 0.5927$$

$$-F_{crit} (\alpha, v1, v2) = F_{crit} (\alpha, 2k1, 2k2) = F_{crit} (0.05, 14, 13) = 2.553618$$

Karena nilai $M (0.5927) < F_{crit} (2.553618)$ maka H_0 diterima, dengan ini dapat disimpulkan bahwa komponen *Circulation - Nozzle* berdistribusi *Weibull*

3.5 Perhitungan Parameter Distribusi

Berdasarkan hasil identifikasi distribusi sebelumnya, komponen *circulation-nozzle* berdistribusi *Weibull* sehingga parameter yang diperlukan yaitu β dan θ . Berikut adalah contoh perhitungan dari parameter β dan θ pada komponen *Circulation - Nozzle*.

$$\beta = \frac{n \sum xi yi - (\sum xi \sum yi)}{n \sum xi^2 - (\sum xi)^2} = \frac{14(-23.3198 - (96.8 \times -7.485))}{14 \times 720.8 - (9365.23044)} = 0.548015$$

$$\alpha = \frac{\sum yi}{n} - \frac{\beta \sum xi}{n} = \frac{-7.485}{14} - \frac{0.548015 \times 96.8}{14} = -4.322$$

$$\theta = \exp \frac{-\alpha}{\beta} = \exp \frac{-4.322}{0.548015} = 2665.2159$$

Dari hasil contoh perhitungan parameter distribusi *Weibull* pada komponen *Circulation - Nozzle* didapatkan nilai β sebesar 0.69547 dan nilai θ sebesar 2665.2159.

3.6 Perhitungan Reliability dan Laju Kerusakan

Berikut ini merupakan salah satu contoh perhitungan *reliability* dan laju kerusakan dari komponen *circulation - nozzle* yang berdistribusi *Weibull*.

Tabel 8. Perhitungan Reliability dan Laju Kerusakan Komponen *Circulation - Nozzle*

No	Ti	β	θ	R(t)	h(t)	f(t)	F(t)
1	65			0.87790156	3.82719E-05	3.3599E-05	0.12209844
2	67			0.87559625	3.89082E-05	3.46679E-05	0.12440375
3	99			0.84827961	4.64111E-05	3.91748E-05	0.15172019
4	139			0.82048229	5.40415E-05	4.43401E-05	0.17951771
5	249			0.76533812	6.91528E-05	5.36427E-05	0.23476188
6	439			0.68916394	9.10170E-05	6.27261E-05	0.31083606
7	1247			0.51706931	0.000143881	7.54305E-05	0.48293089
8	2081	0.5480159	2665.2159	0.41763553	0.000183823	7.67837E-05	0.58236485
9	2208			0.40575539	0.000188851	7.66272E-05	0.59424461
10	3729			0.30938944	0.000219313	7.19148E-05	0.69941056
11	4846			0.24965099	0.000269413	6.72593E-05	0.75934901
12	5793			0.21647181	0.00029203	6.32203E-05	0.78812819
13	9689			0.13145806	0.00036856	4.84502E-05	0.86854194
14	28288			0.02425095	0.000607515	1.47328E-05	0.97574905

Contoh Perhitungan :

t_i = Time Between Failure

$$R(t) = \exp \left[- \left(\frac{t}{\theta} \right)^\beta \right] = \exp \left[- \left(\frac{65}{2665.2159} \right)^{0.5480159} \right] = 0.87790156$$

$$h(t) = \frac{\beta}{\theta} \left(\frac{t}{\theta} \right)^{\beta-1} = \frac{0.5480159}{2665.2159} \left\{ \frac{65}{2665.2159} \right\}^{0.5480159-1} = 3.82719E-05$$

$$f(t) = h(t) \times R(t) = 3.82719E-05 \times 0.87790156 = 3.82719E-05$$

$$F(t) = 1 - R(t) = 1 - 0.87790156 = 0.12209844$$

3.7 Perhitungan MTBF

MTBF adalah rata-rata waktu antara kerusakan dari setiap komponen mesin, untuk mengetahui nilai MTBF dari setiap komponen harus disesuaikan dengan jenis distribusi yang ada. Berikut ini merupakan contoh perhitungan MTBF untuk komponen *Circulation - Nozzle* yang terdistribusi *Weibull*.

$$MTBF = \theta \Gamma \left(1 + \frac{1}{\beta} \right) = \theta \Gamma \left(1 + \frac{1}{0.548015898} \right) = \theta \Gamma (2.82476458)$$

Nilai fungsi gamma $\Gamma(x)$ dengan $x = (2.82476458)$ dapat diketahui menggunakan interpolasi. Diketahui dari tabel gamma

$x = 2.8$ maka $\Gamma = 1.6764908$

$x = 2.9$ maka $\Gamma = 1.8273551$

untuk $x = 2.82476458$

$$\Gamma = 1.827355 - \left[\frac{2.9}{(2.9 - 2.82476458)} \right] (1.827355 - 1.67649079) = 1.75093$$

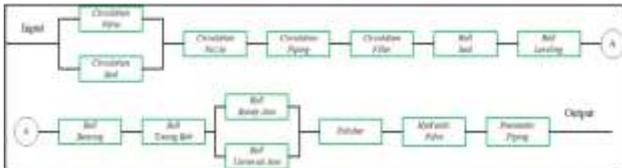
$$MTBF = \theta \Gamma(x) = 2665.2159 \times 1.7509316 = 4666.61073 \text{ menit} = 3.24 \text{ hari} \approx 4 \text{ hari}$$

Setelah didapatkan nilai dari *mean time between failure* setiap komponen kritis, maka setelahnya dihitung nilai *reliability* dari setiap komponen. Berikut ini merupakan hasil rekapitulasi perhitungan *reliability* komponen kritis mesin *Electrolitic Tinning Line (ETL)*.

Tabel 9. Perhitungan Reliability Komponen Kritis Mesin *Electrolitic Tinning Line (ETL)*

No	Komponen	Waktu Kerusakan Hari	Waktu Kerusakan Menit	R(MTBF)	β	θ	λ	% Keandalan
1	Circulation - Piping	41	38490	0.238078916	0.08547121	50345.54	-	31.99780318
2	Roll - Bearing/Sol Plate	45	67790	0.217490801	0.79087113	47118.584	-	27.24989828
3	Roll - Timing Belt	36	47781.85338	0.200754823	0.8692637	12655.7548	-	28.07140238
4	Roll - Seal	36	47781.85338	0.200754823	0.8692637	42177.7923	-	31.24314481
5	Circulation - Nozzle	3	6583.529432	0.204741816	0.5480329	2693.2139	-	20.47438537
6	Polisher	29	48430.19023	0.369184417	0.8758834	48948.237	-	36.90844309
7	Roll - Universal Joint	37	52160	0.467498221	0.8866896	39333.7479	-	40.74202214
8	Circulation - Filter	35	35040	0.428702028	1.13571923	48274.2855	-	42.6720228
9	Roll - Rotary Joint	27	37542.85734	0.4427212846	0.95111486	44384.4353	-	44.7522846
10	Roll - Leveling	41	87680	0.369189396	0.84542831	38039.5813	-	36.90844309
11	Hydraulic - Valve	82	331400	0.369127908	2.3433577	139336.333	-	36.91279083
12	Pneumatic - Piping	73	391120	0.217440383	0.45482319	47235.9826	-	25.73481831
13	Circulation - Seal	183	282800	0.375474719	-	-	5.188072-60	37.14747971
14	Circulation - Valve	39	49430.19023	0.383518197	-	-	3.183532-60	38.13831893

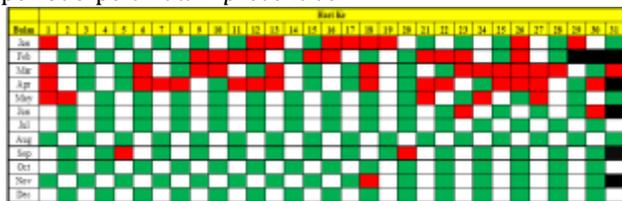
Berikut ini adalah *reliability block diagram* yang menggambarkan *reliability* komponen kritis mesin *Electrolitic Tinning Line* (ETL) hasil dari simulasi eksisting.



Gambar 11. Blok Diagram Komponen Kritis Mesin *Electrolitic Tinning Line* (ETL) Simulasi Eksisting

Pada perhitungann *reliability block diagram* untuk mengetahui keandalan sistem pada komponen kritis mesin *Electrolitic Tinning Line* (ETL) pada kondisi simulasi eksisting didapatkan nilai keandalan sistem sebesar 0.03667% dan dalam perhitungan sebelumnya nilai keandalan sistem nyata yaitu sebesar 0.03665%. Hasil dari simulasi eksisting dan sistem nyata tidak memiliki perbedaan yang signifikan dan dapat dikatakan bahwa model simulasi eksisting cukup mewakili kondisi nyata.

Berikut ini merupakan hasil simulasi usulan dengan periode perawatan *preventive*.



Gambar 12. Simulasi Penerapan *Corrective Maintenance* Komponen *Circulation Nozzle*

■ *Corrective Maintenance*
■ *Preventive Maintenance*
■ Tidak ada hari

Dapat di lihat dari hasil simulasi usulan diatas, dengan rata-rata *downtime corrective* yang diperoleh dari laporan kegiatan perawatan yaitu selama 97 menit yang dilakukan dalam setahun dan jumlah kegagalan *corrective* berdasarkan simulasi sebanyak 6 kali dalam satu tahun maka total *downtime* untuk kejadian kegagalan tidak terduga adalah $44 \times 56 = 2464$ menit. Waktu perawatan terjadwal selama 7 menit yang didapat dari waktu perawatan terpendek dari laporan kegiatan perawatan komponen *circulation - nozzle* dan jumlah kejadian perawatan terjadwal sebanyak 154 kali, maka total waktu yang digunakan untuk perawatan terjadwal yaitu $8 \text{ menit} \times 154 \text{ kali} = 1232$ menit. Sehingga dengan demikian penerapan *preventive maintenance* membutuhkan total waktu

downtime sebesar $2464 \text{ menit} + 1232 \text{ menit} = 3696$ menit.

3.10 Perbandingan *Availability* Untuk Simulasi Nyata dan Usulan

Menurut Ansori (2013), *availability* adalah suatu rasio yang menggambarkan pemanfaatan waktu yang tersedia untuk kegiatan operasi mesin atau peralatan. Perbandingan *availability* awal (*corrective*) dan *availability* usulan (*preventive*) dilakukan untuk mengetahui apakah penerepan *maintenance* dapat mengurangi *availability* mesin saat beroperasi.

Berikut ini adalah rekapitulasi nilai *availability* dari komponen kritis mesin *Electrolitic Tinning Line* (ETL) dari hasil simulasi eksisting dan simulasi usulan.

Tabel 11. Waktu Perawatan *Corrective* dan *Preventive* Berdasarkan Simulasi

No	Komponen	Waktu Perawatan (Menit)	
		<i>Corrective</i>	<i>Preventive</i>
1	<i>Circulation - Piping</i>	869	553
2	<i>Roll - Bearing/Sol Plate</i>	701	598
3	<i>Roll - Timing Belt</i>	795	702
4	<i>Roll - Seal</i>	651	550
5	<i>Circulation - Nozzle</i>	3729	3696
6	<i>Polisher</i>	384	261
7	<i>Roll - Universal Joint</i>	370	273
8	<i>Circulation - Filter</i>	484	371
9	<i>Roll - Rotary Joint</i>	545	523
10	<i>Roll - Leveling</i>	301	249
11	<i>Hydraulic - Valve</i>	336	248
12	<i>Pneumatic - Piping</i>	231	202
13	<i>Circulation - Seal</i>	233	325
14	<i>Circulation - Valve</i>	823	463
Σ		10464	9014

Setelah dilakukan simulasi untuk perhitungan waktu perawatan usulan atau *preventive maintenance* maka diperoleh hasil *avaialabile time* sebagai berikut.

$$\begin{aligned}
 & \text{Availability Corrective} \\
 & = \frac{\text{Loading time} - \text{downtime}}{\text{Loading time}} \times 100\% \\
 & = \frac{525.600 - 10464}{525.600} \times 100\% \\
 & = 98.009\%
 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
 & \text{Availability Preventive} \\
 & = \frac{\text{Loading time} - \text{downtime}}{\text{Loading time}} \times 100\% \\
 & = \frac{525.600 - 9014}{525.600} \times 100\% \\
 & = 98.285\%
 \end{aligned}$$

Dengan demikian penerapan *preventive maintenance* yang diusulkan tidak mengurangi *availability* dari sistem mesin *Electrolitic Tinning Line* (ETL)

4. KESIMPULAN

Setelah dilakukan penelitian, maka kesimpulan yang diperoleh adalah sebagai berikut :

1. Terdapat 15 komponen yang termasuk dalam komponen kritis pada mesin *Electrolitic Tinning Line* (ETL) yaitu *circulation - piping*, *roll - bearing/solplate*, *roll - timing belt*, *roll - seal*, *circulation - nozzle*, *polisher*, *roll - universal joint*,

circulation - filter, roll - rotaty joint, roll - leveling, hydraulic - valve, pnemuatif - piping, circulation - seal, auxiliary - edge mask dan circulation - valve.

2. Nilai *reliability* komponen kritis mesin *Electrolitic Tinning Line (ETL)* adalah komponen *circulation - piping* sebesar 30.402%, *roll - bearing/sol plate* sebesar 29.456%, *roll - timing belt* sebesar 26.933%, *roll - seal* sebesar 34.589%, *circulation - nozzle* sebesar 25.684%, *polisher* sebesar 34.505%, *roll - universal joint* sebesar 34.47%, *circulation - filter* sebesar 39.122%, *roll - rotaty joint* sebesar 35.993%, *roll - leveling* sebesar 34.567%, *hydraulic - valve* sebesar 45.739%, *pneumatic - piping* sebesar 22.99%, *circulation - seal* sebesar 36.787%, dan *circulation - valve* sebesar 36.787%.
3. Nilai *reliability* sistem pada mesin *Electrolitic Tinning Line (ETL)* yaitu sebesar 0.03665%
4. Periode waktu *preventive maintenance* untuk mendapatkan peningkatan 10% reliabilitas per komponen kritis adalah *circulation - piping* setiap 31 hari, *roll - bearing/sol plate* setiap 31 hari, *roll - timing belt* setiap 23 hari, *roll - seal* setiap 23 hari, *circulation - nozzle* setiap 2 hari, *polisher* setiap 23 hari, *roll - universal joint* setiap 33 hari, *circulation - filter* setiap 21 hari, *roll - rotaty joint* setiap 25 hari, *roll - leveling* setiap 48 hari, *hydraulic - valve* setiap 86 hari, *pneumatic - piping* setiap 42 hari, *circulation - seal* setiap 140 hari, dan *circulation - valve* setiap 14 hari

5. DAFTAR PUSTAKA

1. Ansori, N. 2013. *Sistem Perawatan Terpadu (Integrated Maintenance System)*. Graha Ilmu.
2. Ebeling, C. 1987. *An Introduction To Reliability And Maintainability Engineering*. University of Dayton. Dayton.
3. Larasati, S. 2017. Usulan Waktu Preventice Maintenance Untuk Menurunkan Downtime Mesin Crane 0476 Dengan Reliability Block Diagram Di PT. XYZ (*Skripsi*). Cilegon: Teknik Industri Universitas Sultan Ageng Tirtayasa.