

**ANALISIS KERUSAKAN MESIN DAN KOMPONEN KRITIS
SEBAGAI DASAR PENGEMBANGAN STRATEGI PEMELIHARAAN DI
PABRIK MINYAK KELAPA SAWIT**

Aprizal
Email. ijalupp@gmail.com
Program Studi SI Teknik Mesin, Fakultas Teknik,
Universitas Pasir Pengaraian

ABSTRACT

Penelitian ini bertujuan untuk menghasilkan suatu rancangan strategi pemeliharaan di Pabrik Minyak Kelapa Sawit. Metode yang digunakan adalah melakukan analisis data kerusakan mesin kritis dan komponennya, sehingga dapat menentukan nilai-nilai karakteristik sistem pemeliharaan, yaitu; keandalan, laju kegagalan, MTBF, ketersediaan, kriteria kerusakan, biaya kegagalan, biaya preventif, dan waktu antar penggantian koponen. Dari hasil analisis ditemukan bahwa mesin-mesin yang kritis adalah Screw Press, beserta komponen kritisnya, yaitu: Left & Right Handed Worm, Bushing, Press Cylinder, Rebuild Worm, Bearing SKF 29326, Left Handed Shaft, and Right Handed Shaft.

Berdasarkan analisis kerusakan tersebut selanjutnya dibuat rancangan Strategi Pemeliharaan, sehingga dapat menurunkan frekuensi kegagalan Screw Press, menurunkan kerugian produksi, dan meningkatkan keandalan, ketersediaan, dan MTBF. Strategi pemeliharaan didisain berdasarkan interval waktu penggantian komponen, kemudian dibuat modifikasi penjadwalan pemeliharaan optimum. Penelitian ini memperlihatkan bahwa analisis kerusakan mesin sangat berguna untuk mengambil kebijakan dalam perencanaan strategi pemeliharaan pada suatu pabrik.

Kata kunci: *Mesin Kritis, Keandalan, Ketersediaan, Screw Press, Strategi Pemeliharaan.*

PENDAHULUAN

Kinerja (performance) dari suatu mesin/ peralatan [1] tergantung pada; *reliability* dan *availability* peralatan yang digunakan, lingkungan operasi, efisiensi pemeliharaan, proses operasi dan keahlian operator, dan lain-lain. Jika *reliability* dan *availability* suatu sistem rendah, maka usaha untuk meningkatkannya kembali adalah dengan menurunkan laju kegagalan atau meningkatkan efektifitas perbaikan terhadap tiap-tiap komponen atau sistem. Ukuran *reliability* dan *availability* dapat dinyatakan sebagai seberapa besar kemungkinan suatu sistem tidak akan mengalami kegagalan dalam waktu tertentu, berapa lama suatu sistem akan beroperasi dalam waktu

tertentu, dan berapa cepat waktu yang dibutuhkan untuk memulihkan kondisi sistem dari kegagalan yang terjadi. Untuk meoptimalkan *reliability* dan *availability* diperlukan juga suatu sistem penyediaan suku cadang yang terintegrasi dalam suatu sistem pemeliharaan preventif. Jika sistem pemeliharaan tidak terencana dengan baik, daya tahan mesin dan subsistemnya tidak optimal. Hayyi [2] melakukan analisis kerusakan berdasarkan perhitungan fungsi keandalan, laju kegagalan dan *Mean Time Between Failure* (MTBF), lalu didapatkan interval pemeliharaan terhadap sub. Wahyudi [3] dalam penelitiannya membuat suatu model pemeliharaan mesin *Hydraulic Press* dengan memperhitungkan komponen komponen biaya tenaga kerja, biaya

kehilangan produksi dan harga komponen. Pemodelan tersebut dapat digunakan untuk menentukan interval waktu pemeliharaan yang optimal. Berdasarkan hasil perhitungannya model tersebut dapat menekan biaya total berkisar antara 35,07% sampai 90,73% dari biaya total semula. Demikian pula halnya dengan Pabrik Minyak Kelapa Sawit (PMKS) Talikumain, senantiasamelakukan perubahan dan peningkatan pelayanan pemeliharaan. Dalam pengoperasiannya PMKS Talikumain mempunyai beberapa unit mesin pengolah dan material handling, seperti *Boiler, Tresser, digester polishing drum, ripple mill, blower, lori, crane, conveyer, electric motor* dan sebagainya. Namun dalam pelaksanaan pemeliharaan di PMKS Talikumain lebih sering dengan cara *corrective Maintenance* yaitu pemeliharaan yang dilakukan setelah terjadi kerusakan. Sistem ini belum dapat memberikan data yang akurat tentang kapan suatu mesin atau komponen akan mengalami kerusakan. Kerusakan pada mesin mesindan peralatan tersebut dapat mengganggu jalannya proses produksi dan dapat berakibat berhentinyakeseluruhan proses produksi. Efek dari gangguan tersebut antara lain adalah, target produksi tidak tercapai, ongkos produksi menjadi naik, kehilangan produksi dan biaya perbaikan tinggi. Seringnya terjadi penghentian operasional di PMKS Talikumain ini disebabkan karena waktu kapan terjadinya kegagalan tidak bisa diramalkan. Hal ini berkaitan erat dengan:

1. Nilai keandalan (reliability) dan ketersediaan (availability) mesin dan subsistemnya tidak diketahui
2. Belum adanya jadwal pemeliharaan terencana berdasarkan analisis kegagalan mesin.

3. Tidak terencananya persediaan suku cadang penunjang sistem pemeliharaan.

Untuk mengatasi beberapa permasalahan tersebut, perlu dilakukan suatu analisis terhadap *reliability, availability*, interval waktu perawatan optimum, dan sistem penyediaan suku cadang.

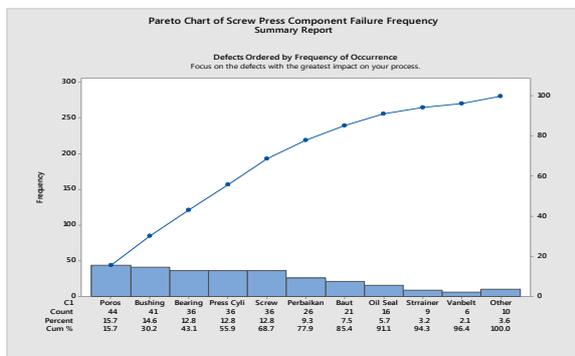
METODE PENELITIAN

1. Mengumpulkan data-data kerusakan mesin dan komponennya di PMKS Talikumain yang terjadi pada tahun 2012, 2013 dan 2014.
2. Melakukan uji distribusi data, menghitung parameter Weibull untuk tiap data.
3. Menghitung *reliability, availability, MTBF*, laju kegagalan, biaya kerugian produksi, biaya akibat kegagalan, dan biaya pemeliharaan preventif.
4. Menganalisis pola karakteristik kegagalan: *reliability, availability*, laju kegagalan dan *MTBF*.
5. Menganalisis biaya penggantian komponen optimum dengan pendekatan minimasi biaya.
6. Menentukan interval penggantian optimum masing-masing komponen.
7. Menganalisis sistem persediaan suku cadang meliputi: jumlah kebutuhan, jumlah pemesanan, dan stok minimum

HASIL DAN PEMBAHASAN

1. Mesin dan Komponen Kritis

Data-data kegagalan mesin pada keseluruhan sistem diolah dengan diagram Pareto, sehingga ditemukan mesin yang paling kritis. Untuk mengetahui urutan terbesar frekuensi kegagalan mesin, digunakan diagram Pareto seperti terlihat pada gambar 4.4.



Gambar 4.4. Frekuensi Kegagalan Mesin

Berdasarkan diagram Pareto diperoleh urutan frekuensi kegagalan mesin terbesar adalah *Poros*, *Bushing*, *Bearing*, *Press Cylinder*, *Screw* dan seterusnya, maka diputuskan untuk memprioritaskan pembahasan terhadap komponen tersebut diatas dengan frekuensi keagalan 80% seperti pada tabel 4.5

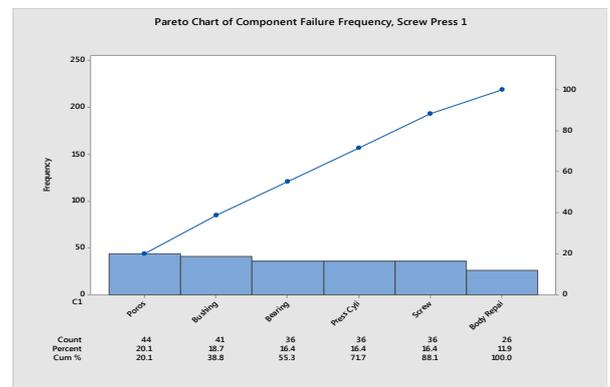
Tabel 4.4 Frekuensi Kegagalan *Screw Press* Tahun 2012, 2013 dan 2014

No	Nama Mesin	Frekuensi Kegagalan			Total
		2012	2013	2014	
1	<i>Screw Press 1</i>	18	17	15	50
2	<i>Screw Press 2</i>	14	16	9	39
3	<i>Screw Press 3</i>	12	17	11	40
4	<i>Screw Press 4</i>	15	13	10	38

Tabel 4.5 Komponen *Screw Press* yang Mengalami Kegagalan

No	Nama Komponen	Frekuensi Kegagalan		
		2012	2013	2014
1	Baut	8	6	7
2	Bushing	16	14	11
3	Bearing	12	15	9
4	Oil Seal	7	6	3
5	Strainer	4	3	2
6	Vanbelt	2	3	1
7	Coupling	1	3	1
8	Poros	17	18	9
9	Perbaikan Body	9	12	5
10	Cone	2	1	1
11	Screw	17	12	7
12	Pulley	0	1	0
13	Press Cylinder	14	13	9

Dari setiap *Screw Press* ini diperoleh data-data kegagalan (kerusakan) komponen-komponen kritis seperti terlihat pada gambar 4.5, dan frekuensi kegagalan setiap komponen *Screw Press* dapat dilihat pada tabel 4.6



Gambar 4.5 Frekuensi Kegagalan Komponen *Screw Press*

Tabel 4.6 Frekuensi kegagalan Komponen *Screw Press* Tahun 2012 Sampai 2014

No	Nama Komponen	Frekuensi				Jumlah
		SP1*	S P 2	S P 3	S P 4	
1	Bushing	14	6	5	1	41
2	Bearing	12	5	8	1	36
3	Poros	16	9	7	2	44
4	Press Cylinder	11	1	9	5	36
5	Screw	12	9	8	7	36
6	Perbaikan Body	9	8	5	4	26

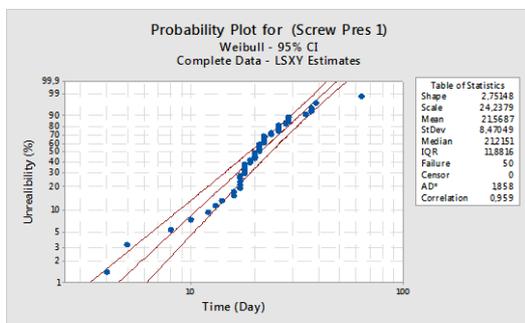
2 Pengujian Distribusi Data

Uji distribusi data ini dapat dilakukan dengan bantuan *Software Minitab*. Parameter yang digunakan dalam penentuan distribusi dari setiap komponen ini adalah nilai *significance level* atau koefisien korelasi, dan dipilih nilainya yang paling

besar. Tabel 4.12 adalah nilai signifikansi yang diperoleh dengan bantuan *Software Minitab*.

Tabel 4.12 Parameter β dan η Untuk *Screw Press* dan Komponennya.

No	Mesin/Komponen	Shape (β)	Scale (η)
1	Screw Press 1	2,75148	24,2379
2	Screw Press 2	2,99175	30,4065
3	Screw Press 3	3,25380	29,7517
4	Screw Press 4	3,34945	30,9809
5	Bushing	7,2392	47,2046
6	Bearing	5,54693	54,5074
7	Poros	5,67163	44,1457
8	Press Cylinder	4,76764	54,9155
9	Screw	6,57794	53,9747

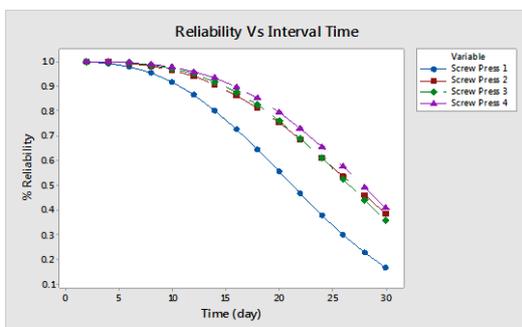


Gambar 4.13 Grafik *Confidence Bounds* Dua Sisi *Screw Press 1*

3 Analisis keandalan

Tingkat keandalan (reliability) *Screw Press* dan komponennya dapat dihitung dengan persamaan (2.8): dan hasilnya dapat dilihat pada gambar 4.17 dan tabel 4.13

$$R(t) = \int_t^{\infty} f(t)dt = e^{-\beta(t/\eta)^{\beta}}$$



Gambar 4.17 *Reliability Screw Press 1, 2, 3, dan 4.*

Tabel 4.13 Nilai Keandalan *Screw Press*

Time(day)	SP1	SP2	SP3	SP4
2	0,9990	0,9997	0,9998	0,9999
4	0,9930	0,9977	0,9985	0,9989
6	0,9788	0,9922	0,9946	0,9959
8	0,9537	0,9818	0,9862	0,9893
10	0,9162	0,9647	0,9716	0,9776
12	0,8654	0,9399	0,9492	0,9591
14	0,8018	0,9064	0,9175	0,9325
16	0,7269	0,8637	0,8756	0,8964
18	0,6434	0,8119	0,8229	0,8502
20	0,5547	0,7516	0,7598	0,7938
22	0,4649	0,6840	0,6876	0,7278
24	0,3779	0,6110	0,6083	0,6536
26	0,2973	0,5347	0,5247	0,5735
28	0,2260	0,4578	0,4401	0,4904
30	0,1656	0,3827	0,3579	0,4074

Dari tabel 4.13 dan gambar 4.17 didapatkan bahwa keandalan *Screw Press* menurun terhadap waktu. Artinya semakin panjang interval waktu pemakaian *Screw Press*, maka semakin kecil keandalan *Screw Press* tersebut. Jika diambil keandalan minimum sebesar 70% sebagai batas toleransi perusahaan, maka *Screw Press 1* boleh dioperasikan paling lama 17,2 hari, *Screw Press 2* paling lama 20 hari, *Screw Press 3* paling lama 20,1 hari dan *Screw Press 4* paling lama 23 hari, jika mesin-mesin tersebut dioperasikan melebihi waktu tersebut, maka kemungkinan tidak rusaknyakurang dari 70%. Dari grafik pada gambar 4.17 terlihat bahwa *Screw Press 1* dan *Screw Press 2* yang paling kritis. Jika keandalan sistem akan ditingkatkan maka prioritas pertamahendaklah pada *Screw Press 1* dan *Screw Press 2*. Variasi keandalan terhadap interval waktu pemakaian *Screw Press* dapat dilihat pada tabel 4.13. Untuk mencapai keandalan 90% ($R = 0.90$), untuk *Screw Press 1*, pemeliharaan harus dilakukan sebelum 9 hari, karena setelah mesin beroperasi selama 9 hari tanpa gagal, maka hanya 90% kemungkinan mesin tidak akan gagal, *Screw Press 2*, pemeliharaan harus dilakukan sebelum 13 hari, demikian juga dengan *Screw Press* yang lainnya.

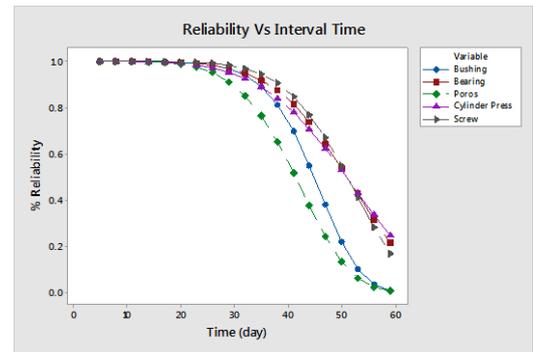
Tabel 4.14 Interval Waktu Pemeliharaan Berdasarkan Tingkatan Keandalan

No	Nama Mesin (sistem)	Interval waktu (hari) menurut tingkatan keandalan		
		90%	75%	50%
1	Screw Press 1	8,9	14,2	21,6
2	Screw Press 2	14,0	20,1	27,2
3	Screw Press 3	15,2	20,4	27,8
4	Screw Press 4	14,8	19,8	26,9

Screw Press 3 kondisinya paling baik dibandingkan dengan yang lainnya, dimana untuk mencapai keandalan 90% mesin bisa dioperasikan selama 15,2 hari, untuk mencapai keandalan 75% mesin bisa dioperasikan selama 20,4 hari dan untuk mencapai keandalan 50 % mesin bisa dioperasikan selama 27,8 hari

Tabel 4.15 Nilai Keandalan Komponen Screw Press

Time (day)	Bushing	Bearing	Poros	Cylinder Press	Screw
5	1,0000	1	1,0000	1,0000	1
8	1,0000	1	0,9999	0,9999	1
11	1,0000	0,9999	0,9996	0,9995	1
14	0,9998	0,9995	0,9985	0,9985	0,9999
17	0,9994	0,9984	0,9955	0,9963	0,9995
20	0,9980	0,9962	0,9888	0,9919	0,9985
23	0,9945	0,9917	0,9755	0,9843	0,9963
26	0,9868	0,9837	0,9516	0,9721	0,9918
29	0,9710	0,9703	0,9119	0,9535	0,9833
32	0,9418	0,9492	0,8511	0,9267	0,9684
35	0,8916	0,9179	0,7649	0,8898	0,9438
38	0,8122	0,8735	0,6523	0,8413	0,9054
41	0,6973	0,8138	0,5181	0,7801	0,8488
44	0,5482	0,7372	0,3748	0,7063	0,7704
47	0,3794	0,6443	0,2401	0,6212	0,6687
50	0,2195	0,5382	0,1318	0,5276	0,5463
53	0,0990	0,4249	0,0596	0,4299	0,4119
56	0,0319	0,313	0,0212	0,3336	0,2797



Gambar 4.18 Reliability Komponen Screw Press

Dari tabel 4.15 dan gambar 4.18 didapatkan bahwa keandalan dari komponen komponen Screw Press menurun terhadap waktu. Artinya semakin panjang interval waktu pemakaian komponen Screw Press, maka semakin kecil keandalan komponen tersebut. Jika diambil keandalan minimum sebesar 75% sebagai batas toleransi perusahaan, maka Poros boleh dioperasikan paling lama 34,9 hari, Bushing paling lama 39,4 hari, Press Cylinder paling lama 39,6 hari, Screw paling lama 43,1 hari, Bearing SKF 29326 paling lama 45,2 hari, jika mesin-mesin tersebut dioperasikan melebihi waktu tersebut, maka kemungkinan tidak rusaknya kurang dari 75%. Dari grafik pada gambar 4.18 terlihat bahwa Poros dan Bushing adalah komponen yang paling kritis, sedangkan Bearing adalah komponen yang paling tinggi keandalannya. Jika keandalan sistem akanditingkatkan maka prioritas pertama hendaklah pada Poros dan Bushing. Variasi keandalan terhadap interval waktu pemakaian komponen Screw Press dapat dilihat pada tabel 4.16. Untuk mencapai keandalan 90% ($R = 0.90$), maka untuk Bushing, pemeliharaan harus dilakukan sebelum 35.2 hari, karenasetelah mesin beroperasi selama 35 hari tanpa gagal, maka hanya 90% kemungkinanmesin tidak akan gagal, demikian juga dengan komponen-komponen Screw Press yang lainnya.

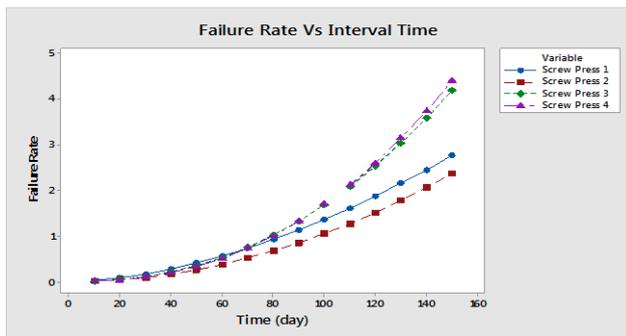
4. Analisis laju kegagalan Screw Press

Laju kegagalan (failure rate) *Screw Press* dan komponennya dapat dihitung dengan persamaan (2.9):

$$\lambda(t) = \frac{\beta \cdot t^{\beta-1}}{\eta^\beta}$$

Tabel 4.17 Nilai Laju kegagalan *Screw Press*

Time (day)	SP 1	SP 2	SP 3	SP 4
10	0,0241	0,0107	0,0094	0,0076
20	0,0811	0,0427	0,0447	0,0387
30	0,1649	0,0958	0,1114	0,1002
40	0,2730	0,1699	0,2131	0,1971
50	0,4035	0,2650	0,3524	0,3329
60	0,5553	0,3810	0,5315	0,5109
70	0,7275	0,5179	0,7522	0,7338
80	0,9191	0,6757	1,0164	1,0043
90	1,1297	0,8543	1,3254	1,3244
100	1,3587	1,0538	1,6807	1,6964
110	1,6055	1,2741	2,0834	2,1222
120	1,8698	1,5152	2,5348	2,6035
130	2,1512	1,7771	3,0359	3,1422
140	2,4494	2,0597	3,5877	3,7398
150	2,7640	2,3631	4,1913	4,3979



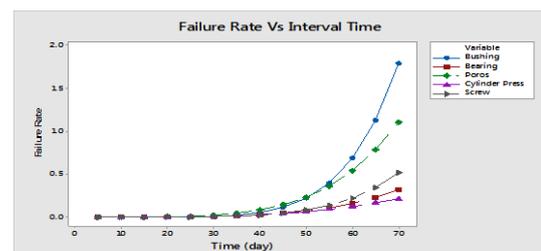
Gambar 4.19 Laju Kegagalan *Screw Press* 1, 2, 3, dan 4.

Dari tabel 4.17 dan grafik pada gambar 4.19 didapatkan bahwa laju kegagalan dari *Screw Press* meningkat terhadap waktu. Artinya semakin panjang interval waktu pemakaian *Screw Press*, maka semakin tinggi laju kegagalan *Screw Press* tersebut. Dari tabel pada tabel 4.17 terlihat bahwa pada 60 hari pertama *Screw Press* 1 dan *Screw Press* 3 yang paling kritis. Sedangkan 100 hari berikutnya terlihat *Screw Press* 3 dan *Screw Press* 4 yang paling kritis, ini disebabkan karena interval waktu kerusakan yang tidak merata antara *Screw Press* 1 dan *Screw Press* 4. Jika keandalan sistem akan ditingkatkan maka

prioritas pertama hendaklah pada *Screw Press* 1, *Screw Press* 3 dan *Screw Press* 4. Untuk interval waktu 30 hari saja *Screw Press* 1 akan mengalami kegagalan 0,1649 kali/hari, *Screw Press* 3 akan mengalami kegagalan 0,1114 kali/hari, *Screw Press* 4 akan mengalami kegagalan 0,1002 kali/hari, dan *Screw Press* 2 akan mengalami kegagalan 0,0957 kali/hari. Untuk interval waktu 60 hari *Screw Press* 1 akan mengalami kegagalan 0,5553 kali/hari, *Screw Press* 2 akan mengalami kegagalan 0,3809 kali/hari, *Screw Press* 3 akan mengalami kegagalan 0,5315 kali/hari, dan *Screw Press* 4 akan mengalami kegagalan 0,5108 kali/hari. Untuk interval waktu 100 hari *Screw Press* 1 akan mengalami kegagalan 1,3586 kali/hari, *Screw Press* 2 akan mengalami kegagalan 1,0538 kali/hari, *Screw Press* 3 akan mengalami kegagalan 1,6806 kali/hari, dan *Screw Press* 4 akan mengalami kegagalan 1,6964 kali/hari.

5 Analisis laju kegagalan komponen *Screw Press*

Dari tabel 4.18 dan grafik pada gambar 4.20 didapatkan bahwa laju kegagalan dari komponen *Screw Press* meningkat terhadap waktu. Artinya semakin panjang interval waktu pemakaian komponen *Screw Press*, maka semakin tinggi laju kegagalan komponen *Screw Press* tersebut. Dari grafik pada gambar 4.20 terlihat bahwa *Bushing* dan *Poros* yang paling kritis, sedangkan *Bearing* laju keagalannya meningkat tajam tetapi interval waktunya lebih lama dari komponen lainnya. Jika keandalan sistem akan ditingkatkan maka prioritas pertama hendaklah pada *Bushing* dan *Poros*.



Gambar 4.20 Laju Kegagalan Komponen *Screw Press*.

Tabel 4.18 Nilai Laju kegagalan Komponen *Screw Press*

Time (day)	Bushing	Bearing	Poros	Cylinder Press	Screw
5	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000
10	0,0000	0,0000	0,0001	0,0001	0,0000
15	0,0001	0,0003	0,0008	0,0007	0,0001
20	0,0007	0,0011	0,0032	0,0019	0,0005
25	0,0029	0,0029	0,0090	0,0045	0,0017
30	0,0091	0,0067	0,0211	0,0089	0,0046
35	0,0237	0,0136	0,0434	0,0159	0,0109
40	0,0546	0,0249	0,0810	0,0263	0,0229
45	0,1138	0,0426	0,1405	0,0410	0,0442
50	0,2196	0,0687	0,2299	0,0610	0,0795
55	0,3980	0,1060	0,3588	0,0873	0,1354
60	0,6849	0,1575	0,5387	0,1212	0,2199
65	1,1285	0,2266	0,7830	0,1639	0,3437
70	1,7919	0,3174	1,1069	0,2166	0,5196

Untuk interval waktu 50 hari saja *Bushing* akan mengalami kegagalan 0,219582094 kali/hari, *Poros* akan mengalami kegagalan 1,256108902 kali/hari, *Poros* akan mengalami kegagalan 0,2298628 kali/hari, sedangkan *Bearing* akan mengalami kegagalan sebanyak 0,068731124 kali/hari dan *screw* 0,079542494 kali/hari. Sedangkan untuk interval waktu 70 hari saja *Bushing* akan mengalami kegagalan 1,791921431 kali/hari, *Poros* akan mengalami kegagalan 1,106941853 kali/hari, *Cylinder Press* akan mengalami kegagalan 0,216635407 kali/hari, sedangkan *Bearing* akan mengalami kegagalan sebanyak 0,317385729 kali/hari dan *screw* 0,519628091 kali/hari. Dari laju kegagalan ini kita bisa menentukan jumlah kebutuhan masing masing komponen untuk setiap tahunnya.

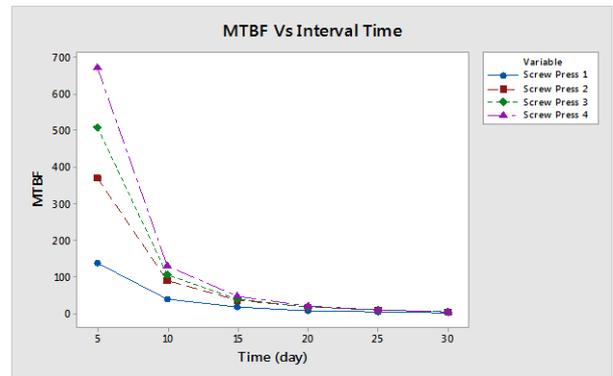
6 Analisis Mean Time Between Failure (MTBF)

Mean time between failure (MTBF) *Screw Press* dan komponennya dapat dihitung dengan persamaan (2.11):

$$MTBF = \int_0^{\infty} R(t)dt = \int_t^{\infty} e^{-\left(\frac{t}{\eta}\right)^{\beta}} dt$$

Hasil Perhitungan MTBF Komponen *Screw Press* dapat dilihat pada tabel 4.19 dan gambar 4.21 didapatkan bahwa *MTBF* dari *Screw Press* menurut terhadap waktu. Artinya semakin panjang interval

waktu pemakaian *Screw Press*, maka semakin kecil *MTBF ScrewPress* tersebut. Dari grafik pada gambar 4.21 terlihat bahwa *ScrewPress 1* dan *ScrewPress 3* yang paling kritis, sedangkan *ScrewPress 4* *MTBF*-nya menurun tajam tetapi interval waktunya lebih lama dari komponen lainnya . Jika keandalan sistem akan ditingkatkan maka prioritas pertama hendaklah pada *ScrewPress 1* dan *ScrewPress 3* .



Gambar 4.21 *MTBF Screw Press*.

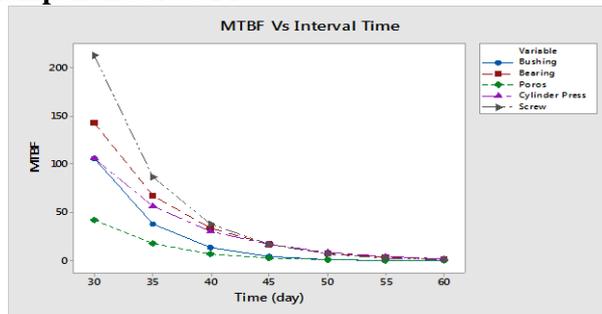
Tabel 4.19 Nilai *MTBF Screw Press*

Time(day)	SP1	SP2	SP3	SP4
5	138,028	368,643	507,542	670,210
10	38,050	89,825	103,709	128,850
15	15,630	36,797	38,430	46,553
20	6,842	17,595	17,005	20,530
25	2,808	8,602	7,672	9,403
30	1,004	3,995	3,212	4,065

Untuk interval waktu 30 hari saja *ScrewPress 1* akan memiliki *MTBF* 1,004 hari, *ScrewPress 3* akan memiliki *MTBF* 3,212 hari, *ScrewPress 2* akan memiliki *MTBF* 3,995 hari, sedangkan *ScrewPress 4* 4,065 hari

Analisis Mean Time Between Failure (MTBF)

Komponen Screw Press



Gambar 4.22 MTBF Komponen Screw Press.

Tabel 4.20 Nilai MTBF Komponen Screw Press

Time(day)	BUSHING	BEARING	POROS	CYLINDER PRESS	SCREW
30	106,229	143,138	42,303	106,257	212,687
35	37,589	67,603	17,611	55,941	86,755
40	13,555	33,531	6,967	30,486	37,971
45	4,332	16,631	2,334	16,564	16,724
50	0,999	7,830	0,573	8,652	6,868
55	0,122	3,297	0,086	4,182	2,382
60	0,005	1,156	0,006	1,795	0,612

Dari tabel 4.20 dan gambar 4.22 didapatkan bahwa MTBF dari komponen Screw Press menurut terhadap waktu. Artinya semakin panjang interval waktu pemakaian komponen Screw Press, maka semakin kecil MTBF komponen Screw Press tersebut. Dari grafik pada gambar 4.22 terlihat bahwa Bushing dan Poros yang paling kritis, sedangkan Bearing dan Cylinder Press MTBF-nya menurun tajam tetapi interval waktunya lebih lama dari komponen lainnya. Jika keandalan sistem akan ditingkatkan maka prioritas pertama hendaklah pada Bushing dan Poros. Untuk interval waktu 30 hari saja Bushing akan memiliki MTBF 106,22 hari, Bearing akan memiliki MTBF 143,13 hari, Poros akan memiliki MTBF 42,30 hari, sedangkan Cylinder Press akan memiliki MTBF 106,257 hari dan Screw akan memiliki MTBF 212,68 hari. Untuk interval waktu 60 hari saja Bushing akan memiliki MTBF 0,005 hari, Bearing akan memiliki MTBF 1,15 hari, Poros akan memiliki MTBF 0,006 hari, sedangkan Cylinder Press akan memiliki MTBF

1,795 hari dan Screw akan memiliki MTBF 0,61 hari. Dari MTBF ini Bearing dan Cylinder Press memiliki umur pemakaian yang paling lama sedangkan Bushing memiliki umur pemakaian yang paling singkat.

Tabel 4.21 Biaya Penggantian Komponen Akibat Kegagalan Tiap Komponen

No	Nama Komponen	A (Rp)	B (Rp)	C (Rp)	D (Rp)	Cf (Rp)
1	Bushing	28.539.520	200.000	3,39	1.460.000	98.964.079
2	Bearing	28.539.520	200.000	1,70	3.375.000	52.152.352
3	Poros	28.539.520	200.000	2,65	6.575.000	82.865.362
4	Press Cylinder	28.539.520	200.000	2,66	6.750.000	83.229.056
5	Screw	28.539.520	200.000	3,40	7.547.000	105.261.368

Dimana:

A = biaya kehilangan produksi/hari/Screw Press

B = biaya tenaga operator/hari

C=Waktu rata-rata penggantian komponen (MTTR)

D = harga komponen

Cf= total biaya satu kali kegagalan

7 Analisis biaya pemeliharaan optimum

Untuk memperoleh biaya pemeliharaan optimum terlebih dulu dihitung biaya penggantian komponen akibat kegagalan seperti pada tabel 4.21, dan biaya penggantian komponen secara preventif seperti pada tabel 4.22. Untuk mendapatkan interval waktu penggantian optimum, maka dipilih total biaya pemeliharaan yang paling minimum, dan hasilnya dapat dilihat pada tabel 4.22.

Tabel 4.22 Biaya Penggantian Komponen Preventif Tiap Komponen

No	Nama Komponen	A (Rp)	B (Rp)	C (Rp)	D (Rp)	E (Rp)	Cp (Rp)
1	Bushing	28.539.520	100.000	60.000	1,50	1.460.000	44.509.280
2	Bearing	28.539.520	100.000	50.000	1,00	3.375.000	32.064.520
3	Poros	28.539.520	100.000	50.000	1,50	6.575.000	49.609.280
4	Press Cylinder	28.539.520	100.000	50.000	0,50	6.750.000	21.094.760
5	Screw	28.539.520	100.000	40.000	1,50	7.547.000	50.566.280

Dimana:

A = biaya kehilangan produksi/hari

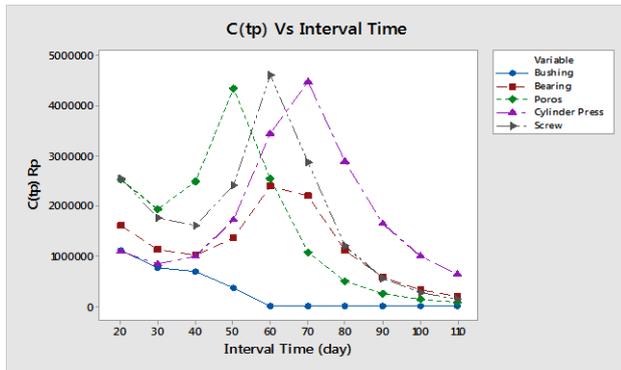
B = biaya tenaga kerja/hari

C = biaya pemeliharaan rutin/hari

D = waktu penggantian komponen standar

E = harga komponen

C_p = total biaya satu kali penggantian komponen secara preventif



Gambar 4.24 Biaya Pemeliharaan Komponen *Screw Press*

Tabel 4.24 Interval Waktu Penggantian Optimum Untuk Tiap-Tiap Komponen

No.	Nama Komponen	C(tp) minimum (Rp)	Interval Waktu (hari)	MTBF (Hari)	Laju Kegagalan	Reliability	Availability
1	Bushing	701.428	40	13,55	0,05457	0,6973	0,7998
2	Bearing	1.027.613	40	33,53	0,02492	0,8138	0,9518
3	Poros	1.934.680	30	42,30	0,02114	0,9119	0,9410
4	Press Cylinder	854.889	30	106,26	0,00890	0,9535	0,9756
5	Screw	1.615.015	40	37,97	0,02291	0,8488	0,9178

Dari grafik pada gambar 4.24 terlihat bahwa total biaya pemeliharaan akan mencapai nilai minimum pada suatu titik yang diambil sebagai *interval waktupenggantian optimum*. Pada tabel 4.24 dapat diketahui bahwa interval waktu penggantian yang optimum untuk komponen *Bushing* berdasarkan kriteria minimasi biaya adalah 40 hari dengan biaya minimum sebesar Rp. 701.428,-, *MTBF* 13,55 hari, laju kegagalan 0.05457 kali/hari, keandalan 69,73%, dan ketersediaan 79,98%. Sedangkan interval waktu penggantian yang optimum untuk komponen *Bearing* berdasarkan kriteria minimasi biaya adalah

40 hari dengan biaya minimum sebesar Rp. 1.027.613,-, *MTBF* 33,53 hari, laju kegagalan 0.02492 kali/hari, keandalan 81,38%, dan ketersediaan 95,18%. Interval waktu penggantian yang optimum untuk komponen *Press Cylinder* berdasarkan kriteria minimasi biaya adalah 30 hari dengan biaya minimum sebesar Rp. 854,889,-, *MTBF* 106,26 hari, laju kegagalan 0.00890 kali/hari, keandalan 95,35%, dan ketersediaan 97,56%.

Interval waktu penggantian yang optimum untuk komponen *Poros* berdasarkan kriteria minimasi biaya adalah 30 hari dengan biaya minimum sebesar Rp. 1.934,680,-, *MTBF* 40,32 hari, laju kegagalan 0.02114 kali/hari, keandalan 91,19%, dan ketersediaan 94,10%. Interval waktu penggantian yang optimum untuk komponen *Screw* berdasarkan kriteria minimasi biaya adalah 40 hari dengan biaya minimum sebesar Rp. 1.615,015,-, *MTBF* 37,97 hari, laju kegagalan 0.0291 kali/hari, keandalan 84,88%, dan ketersediaan 91,78%.

8 Analisis jadwal pemeliharaan optimum *Screw Press*.

Setelah dilakukan analisis biaya pemeliharaan optimum, didapatkan hasil interval waktu penggantian komponen yang optimal seperti pada tabel 4.24, namun interval waktu dari komponen-komponen yang dihasilkan berbeda-beda. Maka akan dibuat persekutuan (modifikasi) terhadap hasil interval waktu penggantian komponen dengan memperhatikan nilai keandalan yang akan berubah nantinya.

Interval waktu modifikasi yang dilakukan adalah bertujuan agar penggantian komponen dilaksanakan dalam waktu yang bersamaan dengan komponen lainnya, sehingga dapat mengefisienkan waktu dan biaya, sekaligus akan mudah dalam mengingat jadwal penggantian komponen. Dari tabel 4.24 dapat diketahui bahwa interval waktu *Bearing, Bushing,*

Screw dengan Press Silinder dan Poros berdekatan yaitu 40 dan 30 hari. Maka diambil interval waktu penggantian rata-rata komponen tersebut yaitu 36 hari. Dengan demikian maka biaya pemeliharaan (Ctp) *Bushing* akan berubah dari Rp.701.428,- menjadi Rp. 1.599.405,-, dan biaya *Bushing* berubah dari Rp. 1.027.613,- menjadi Rp. 1.025.800,-. Nilai keandalan *Bushing* naik dari 0,6973 menjadi 0,8688, sedangkan *Poros* turun dari 0,9119 menjadi 0.7302. Interval waktu penggantian *Cylinder Press* dirobah dari 40 hari menjadi 36 hari. Biaya pemeliharaan (Ctp) *Cylinder Press* akan berubah dari Rp.1.615.015,- menjadi Rp. 1.593.828,-, sedangkan nilai keandalannya naik dari 0.8488 menjadi 0.9327. Setelah interval waktu penggantian komponen didapatkan, maka dapat dibuat matrik jadwal penggantian komponen untuk waktu 2 tahun seperti pada tabel 4.25

Tabel 4.25 Matrik Jadwal Penggantian Komponen *Screw Press* Penggantian Komponen sebelum di modivikasi

Komponen Screw Press	Penggantian Hari Ke																			
	1	31	41	61	81	91	121	151	161	181	211	131	251	261	291	311	321	351	361	381
Bushing	√		√		√		√		√		√		√		√		√		√	
Bearing	√		√		√		√		√		√		√		√		√		√	
Poros	√	√		√	√	√	√	√	√	√	√	√	√	√	√	√	√	√	√	√
Press Cylinder	√	√		√	√	√	√	√	√	√	√	√	√	√	√	√	√	√	√	√
Screw	√		√		√		√		√		√		√		√		√		√	
Interval waktu (TBF)		30	40	30	40	30	30	30	10	20	30	20	20	10	30		30	30	10	20

Penggantian Komponen setelah di modivikasi

Komponen Screw Press	Penggantian Hari Ke									
	1	37	73	109	145	181	217	253	289	325
Bushing	√	√	√	√	√	√	√	√	√	√
Bearing	√	√	√	√	√	√	√	√	√	√
Poros	√	√	√	√	√	√	√	√	√	√
Press Cylinder	√	√	√	√	√	√	√	√	√	√
Screw	√	√	√	√	√	√	√	√	√	√
Interval waktu (TBF)	36	36	36	36	36	36	36	36	36	36

Sebagai awal pelaksanaan program pemeliharaan terencana (Preventive Maintenance) ini, maka penggantian komponen *Screw Press* dilakukan

serentak pada hari pertama, kemudian dilanjutkan sesuai dengan interval waktu penggantian masing-masing komponen

9 Perbandingan sistem pemeliharaan yang lama dengan sistem pemeliharaan yang dimodifikasi.

Setelah jadwal pemeliharaan *Screw Press* dimodifikasi berdasarkan analisis kegagalan sebelumnya, maka dapat dilihat perbandingan dari beberapa karakteristik *Screw Press* dan komponen-komponennya, seperti: keandalan, laju kegagalan, *MTBF*, ketersediaan, frekuensi kegagalan, dan biaya pemeliharaan. Interval waktu perbaikan *Screw Press* yang dimodifikasi dapat dilihat pada tabel 4.25.

Dari hasil perhitungan tersebut, dapat dibuat perbandingan antara kondisi komponen *Screw Press* pada sistem lama dengan komponen *Screw Press* pada sistem hasil Pengembangan Strategi Pemeliharaan yang baru, seperti terlihat pada tabel 4.26.

Tabel 4.26 Perbandingan Total Biaya Sebelum, Sesudah Penjadwalan Modifikasi

No.	Nama Komponen	Sebelum		Sesudah	
		MTTF (hari)	C(tp) Rp/Hari	Tp (hari)	C(tp) Rp/Hari
1	Bushing	13,55	701.428	36	1.599.405
2	Bearing	33,53	1.027.613	36	1.025.800
3	Poros	42,30	1.934.680	36	2.087.016
4	Press Cylinder	106,26	854.889	36	898.139
5	Screw	37,97	1.615.015	36	1.593.828

Tabel 4.27 Perbandingan Keandalan R(t) Sebelum, Sesudah Penjadwalan Modifikasi.

No.	Nama Komponen	Sebelum		Sesudah	
		Tp (hari)	R(t)/Realibility	Tp (hari)	R(t)/Realibility
1	Bushing	40	0,6973	36	0,8688
2	Bearing	40	0,8138	36	0,9047
3	Poros	30	0,9119	36	0,7302
4	Press Cylinder	30	0,9535	36	0,8750
5	Screw	40	0,8488	36	0,9327

Dari tabel 4.26 dan 4.27 terlihat bahwa total biaya pemeliharaan sesudah penjadwalan tidak jauh berbeda dengan total biaya sebelum penjadwalan

pemeliharaan, hal ini disebabkan interval waktu pergantian komponen sebelum dan sesudah modifikasi tidak jauh berbeda, tetapi supaya pergantian komponen bersamaan maka diambil nilai minimumnya, sedangkan nilai keandalan (reliability) sesudah penjadwalan lebih tinggi dari keandalan sebelum penjadwalan pemeliharaan.

10 Analisis Penyediaan Suku cadang

Penyediaan suku cadang yang akan dibahas disini adalah komponen-komponen *Screw Press* yang kritis seperti telah dibahas sebelumnya yaitu; *Bushing*, *Bearing*, *Poros*, *Press Silinder* dan *Screw*. Pembahasan akan dilakukan terhadap:

1. Jumlah kebutuhan komponen pertahun,
2. Jumlah pemesanan ekonomis, dan
3. Jumlah stok minimum.

1. Jumlah kebutuhan komponen pertahun.

Berdasarkan tabel 4.25 dapat diketahui bahwa jumlah komponen yang dibutuhkan setiap tahun untuk tiap komponen *Screw Press* adalah 10 unit berdasarkan waktu pergantian minimum. Maka jumlah yang dibutuhkan untuk keempat *Screw Press*, jumlah tersebut dikali 4.

2. Jumlah pemesanan ekonomis.

Data-data yang diperlukan untuk pemesanan ekonomis ini adalah:

A = jumlah komponen yang dibutuhkan per tahun

B = harga komponen per unit

C = biaya inventarisasi per komponen per tahun

P = biaya pengadaan komponen

Biaya pengadaan barang per pesanan termasuk pengangkutan, administrasi, pajak, komunikasi dan lain-lain diasumsikan sebagai berikut: Untuk *Press Silinder*, *Screw* dan *Poros* sekitar Rp. 1.500.000,-, sedangkan untuk *Bushing* dan *Bearing* sekitar Rp.

200.000,- karena pemesanannya hanya bersifat lokal. Biaya inventarisasi per komponen diambil 15% dari harga barang yang disimpan. Berdasarkan persamaan (2.18) sampai (2.22) dapat dilakukan perhitungan sebagai berikut. Untuk *Bushing*: Biaya inventarisasi $C = 15\% \times \text{Rp. } 1.460.000,- = \text{Rp. } 219.000,-$ Jumlah pesanan ekonomis = 4 unit.

Dimana:

Q = jumlah pesanan ekonomis setiap kali order.

Jumlah komponen yang dibutuhkan untuk keempat *Screw Press* per tahun dapat dilihat pada tabel 4.29

Tabel 4.28 Jumlah Kebutuhan Komponen Per Tahun dan Harga Komponen

Nama Komponen	A (unit)	B (Rp)	P (Rp)	C (Rp)	Q (unit)
Bushing	10	Rp 1.460.000	Rp 200.000	Rp 219.000	4
Bearing	10	Rp 3.375.000	Rp 200.000	Rp 506.250	3
Poros	10	Rp 6.575.000	Rp 1.500.000	Rp 986.250	6
Press Cylinder	10	Rp 6.750.000	Rp 1.500.000	Rp 1.012.500	5
Screw	10	Rp 7.547.000	Rp 1.500.000	Rp 1.132.050	5

Kesimpulan

Data-data kerusakan mesin yang diambil di PT. Surisenia Plasma Taruna, Pabrik Minyak Kelapa Sawit (PMKS) Talikumain adalah data tahun 2012, 2013 dan 2014. Dari hasil pengolahan dan analisa data kerusakan mesin tersebut, dapat diambil beberapa kesimpulan sebagai berikut:

5.1.1 Analisis kerusakan mesin dan komponen.

Analisis kerusakan yang dilakukan terhadap mesin dan komponennya adalah meliputi; mesin dan komponen kritis, kriteria kerusakan, keandalan (*reliability*), ketersediaan (*availability*), laju kegagalan, MTBF, interval waktu penggantian komponen, dan persediaan komponen, dengan rincian sebagai berikut:

1. Mesin yang paling kritis yaitu; *Screw Press* 1 dengan frekuensi kegagalan sebanyak 50 kali, *Screw Press* 2 = 39 kali, *Screw Press* 3

- = 40 kali, dan *Screw Press* 4 = 38 kali. Komponen yang paling kritis yaitu; *Poros* dengan frekuensi kegagalan sebanyak 44 kali, *Bushing* 41 kali, *Bearing* 36 kali, *Press Cylinder* 36 kali, dan *Screw* 36 kali.
2. Kriteria kegagalan komponen *Screw Press* adalah; *Bushing* dan *Scrwe* gagal disebabkan *wearing* (aus), *Poros* dan *Bearing* gagal berupa patah dan pecah, dan *Press Cylinder* gagal karena pecah akibat *fatigue*.
 3. Keandalan (Reliability) dapat ditingkatkan sebagai berikut: *Bushing* dari 0,6973 menjadi 0,8688, *Bearing* dari 0,8138 menjadi 0,9047, *Poros* dari 0,9119 menjadi 0,7302, dan *Screw* dari 0,8488 menjadi 0,9327.
 4. Ketersediaan (Availability) dapat ditingkatkan sebagai berikut: *Bushing* dari 0,7998 menjadi 0,9006, *Bearing* dari 0,9518 menjadi 9719, *Poros* dari 0,9410 menjadi 0,8474, dan *Screw* dari 0,9178 menjadi 0,9557.
 5. Laju kegagalan (λt), dapat diturunkan sebesar: *Bushing* dari 0,05457/hari menjadi 0,02828/hari, *Bearing* dari 0,02492/hari menjadi 0,01543/hari, dan *Screw* dari 0,02291/hari menjadi 0,01273/hari.
 6. *Mean Time Between Failure* (MTBF) dapat ditingkatkan sebesar: *Bushing* dari 13,55 hari menjadi 30,72 hari, *bearing* dari 33,53 hari, menjadi 58,62 hari, *Poros* dari 42,30/ hari, menjadi 14,74/ hari, dan *Screw* dari 37,97/ hari menjadi 73,27 hari.
 7. Interval waktu penggantian komponen-komponen *Screw Press* yang optimal adalah: *Bearing* = 40 hari, *Bushing* = 40 hari, *Press Cylinder* = 30 hari, *Poros* = 30 hari, dan *Screw* = 40 hari,
 8. Jumlah komponen keempat *Screw Press* (*Screw Press* 1, 2, 3, dan 4) yang dibutuhkan tiap tahun adalah: *Bushing* = 10 unit, *Bearing* = 10 unit, *Press Cylinder* = 9 unit, *Screw/Rebuil Worm* = 10 unit, *Poros* = 10 unit
 9. Jumlah stok minimum komponen *Screw Press* di gudang adalah: *Bushing* = 4 unit, *Bearing* = 3 unit, *Press Cylinder* = 5 unit, *Screw/Rebuil Worm* = 5 unit, *Poros* = 6 unit.

DAFTAR PUSTAKA

- Alfian Hamsi. 2004. *Manajemen Pemeliharaan Pabrik*. e-USU Repository ©2004
- Barabady, Javad. 2005. *Improvement of System Availability Using Reliability and Maintainability Analysis*, Thesis: Division of Operation and Maintenance Engineering, Lulea University of Technology. Sweden
- Corder A. S. 1994. *Teknik Manajemen Pemeliharaan*. Trans. Kusnul Hadi. Jakarta: Penerbit Erlangga.
- Daryus Asyari. 2007. *Manajemen Pemeliharaan Mesin*. Jakarta: Universitas Darma Persada.
- Dhillon, B.S. 2002. *Engineering Maintenance, A Modern Approach*. London: CRC PRESS
- Hayyi, S.B, dan Bobby Oedy P.S. 2005. *Analisis Keandalan Sebagai Dasar Optimasi Interval Pemeliharaan Pada Quay Container Crane Merk Kone Crane, Studi*
- Idhamar. *Reliability and Maintenance Implementation Model*. IDCON, Inc, Article.