

Menentukan Keandalan Mesin *Digester* dan *Screw Press* Menggunakan Metode *Failure Mode and Effect Analysis* (FMEA) dan *Reliability Block Diagram* (RBD) Pada Pabrik Kelapa Sawit Kijang

Galih Zulfikar^{1,1*}, Asep Yunta Darma¹, Lia Laila¹

¹Program Studi Teknologi Pengolahan Sawit, Fakultas Vokasi, Institut Teknologi Sains Bandung, Indonesia

Abstrak. Mesin *digester* dan *screw press* merupakan bagian penting dalam proses produksi di Pabrik Kelapa Sawit (PKS). Mesin *digester* berfungsi untuk mengaduk dan melumat berondolan masak hingga homogen, sedangkan mesin *screw press* berfungsi untuk mengempa berondolan masak dari mesin *digester* sehingga menghasilkan *Undiluted Crude Oil* (UNCO) dan *press cake*. Jika terjadi *breakdown* pada mesin ini, maka dapat menghambat proses produksi, menurunkan produktivitas dan meningkatkan biaya perawatan. Oleh sebab itu, perlu adanya perawatan yang tepat pada mesin tersebut. Tindakan perawatan dapat ditentukan melalui identifikasi kegagalan serta keandalan mesin. Kegagalan dapat diidentifikasi menggunakan metode *Failure Mode and Effect Analysis* (FMEA) sedangkan keandalan dapat ditentukan menggunakan metode *Reliability Block Diagram* (RBD). Metode FMEA digunakan untuk mengetahui komponen kritis berdasarkan nilai *Risk Priority Number* (RPN). Komponen dianggap kritis apabila memiliki nilai RPN >100. Metode RBD digunakan untuk mengetahui nilai keandalan berdasarkan *Mean Time Before Failure* (MTBF), *failure rate*, waktu operasi dan susunan *block diagram*. Penelitian ini bertujuan untuk mengetahui komponen kritis yang melatarbelakangi kegagalan dan mengetahui keandalan pada mesin *digester* dan *screw press*. Tahapan dalam penelitian yaitu (1) pengumpulan data dan penentuan objek penelitian, (2) penentuan tingkat risiko komponen dan usulan perbaikan menggunakan metode FMEA, (3) penghitungan keandalan menggunakan metode RBD. Berdasarkan hasil penelitian, komponen *digester* yang mempunyai tingkat risiko kritis ialah *stirring arm* (RPN: 140) dan *expeller arm* (RPN:112). Komponen kritis pada mesin *screw press* yaitu *main shaft spur gear wheel* (RPN: 160), *worm screw press* (RPN: 140), *press cage* (RPN: 140), *bearing* (RPN: 112). Perhitungan keandalan menunjukkan bahwa semakin lama beroperasi keandalan mesin akan semakin menurun. Untuk mempertahankan keandalan mesin diatas 50 %, maka rekomendasi perawatan mesin *digester* dilakukan setiap 650 jam dengan nilai keandalannya 51,92 %, sedangkan rekomendasi perawatan mesin *screw press* dilakukan setiap 210 jam dengan nilai keandalannya 51,76 %.

Kata Kunci: *Digester*, *screw press*, FMEA, RBD, perawatan

1. Pendahuluan

1.1. Latar Belakang

Salah satu bagian yang berperan penting pada proses produksi di PKS ialah Stasiun *Pressing*, hal ini karena pada Stasiun *Pressing* terdapat dua mesin utama yaitu *digester* dan *screw press*. Kedua mesin ini berfungsi untuk mengekstraksi minyak dari daging buah dengan cara melumat lalu mengempa sehingga menghasilkan *Undiluted Crude Oil* (UNCO) dan *press cake*. UNCO merupakan minyak kasar hasil ekstraksi berondolan masak pada mesin *screw press* yang

akan dimurnikan di Stasiun Klarifikasi, sedangkan *press cake* merupakan ampas hasil ekstraksi mesin *screw press* berupa *fiber* dan *nut* yang selanjutnya akan diolah di Stasiun *Nut and Kernel*. Mesin *digester* dan *screw press* merupakan bagian kritis dan kompleks yang perlu diperhatikan serta tidak dapat dipisahkan dalam proses produksi. Jika terjadi *breakdown* pada peralatan ini maka dapat mengakibatkan terganggunya proses produksi, apabila proses produksi terganggu maka dapat menurunkan produktivitas dan meningkatkan biaya perawatan, sehingga dapat merugikan perusahaan. Oleh sebab itu, perlu adanya suatu

^{1*} Corresponding author: galihzulfikar88@gmail.com

tindakan perawatan untuk mengurangi kegagalan pada mesin. Tindakan perawatan dapat ditentukan dengan cara mengidentifikasi kegagalan dan mengetahui keandalan dari mesin. Hingga saat ini pihak perusahaan masih mengandalkan pengalaman dan intuisi sehingga hasilnya kurang akurat karena bergantung pada kemampuan individu. Salah satu metode yang tepat untuk mengidentifikasi kegagalan adalah menggunakan metode FMEA. FMEA adalah metode sistematis untuk mengidentifikasi dan mencegah kegagalan dalam sebuah proses maupun mesin berdasarkan hasil pengukuran RPN pada setiap komponen. Sedangkan keandalan mesin dapat ditentukan menggunakan metode RBD. RBD adalah metode diagram yang berguna untuk menunjukkan bagaimana komponen berkontribusi bagi keberhasilan serta kegagalan pada sistem yang kompleks. Dengan mengetahui nilai keandalan mesin, maka kita dapat menentukan waktu dan tindakan perawatan yang tepat, serta dapat memperkirakan ketersediaan suku cadang sehingga *breakdown* terminimalkan dan produktivitas meningkat.

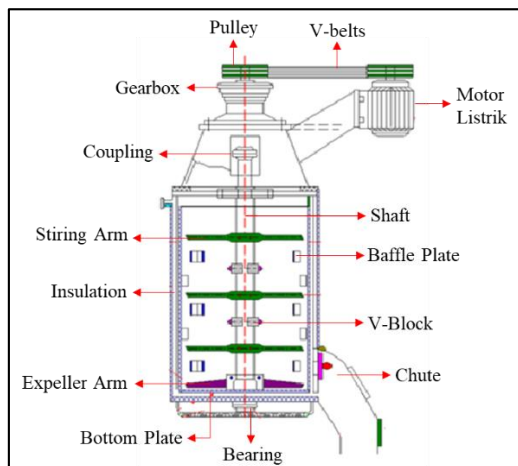
1.2. Tujuan Penelitian

Penelitian ini bertujuan untuk mengetahui komponen kritis yang melatarbelakangi kegagalan dan mengetahui keandalan dari komponen serta sistem pada mesin *digester* dan *screw press*.

2. Tinjauan Pustaka

2.1. Mesin *Digester*

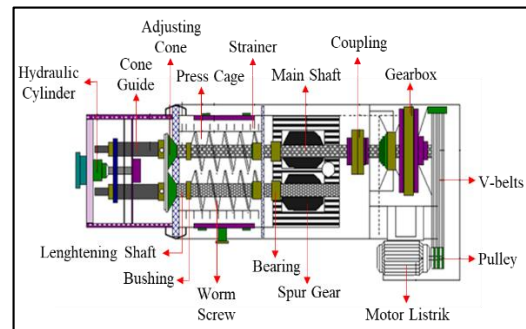
Digester merupakan mesin yang digunakan untuk mengaduk dan melumatkan berondolan masak (*fruitlets*) menjadi homogen, sehingga terjadi pelepasan *pericarp* dengan *nut*. Pelumatan dilakukan oleh pisau (*stiring arm*) yang berputar di dalam tabung *digester*. *Stiring arm* terletak pada poros *digester* dan digerakkan oleh motor listrik yang sudah direduksi kecepatannya menggunakan *gearbox*.



Gambar 1. Mesin *Digester*

2.2. Mesin *Screw Press*

Budyono (2006), menjelaskan bahwa mesin *screw press* merupakan alat pengepresan berondolan homogen yang berasal dari *digester* untuk mendapatkan rendemen *crude oil* yang maksimal dan *nut* pecah pada *press cake* yang minimal. Prinsip kerja dari mesin *screw press* yaitu berondolan homogen dikempa diantara dua *worm screw* yang berputar berlawanan arah di dalam *press cage* sehingga menghasilkan tekanan aksial. Tekanan juga diperoleh karena adanya pengaruh tekanan dari *adjusting cone*.



Gambar 2. Mesin *Screw Press*

Terdapat parameter keberhasilan yang diterapkan pada mesin *screw press*. Joni Anwar (2006) menjelaskan bahwa parameter keberhasilan mesin *screw press* tercapai apabila *oil losses* pada *press cake* $\leq 8\%$ O/DM dan *broken nut* pada *press cake* $\leq 10\%$.

2.3. *Reliability Block Diagram* (RBD)

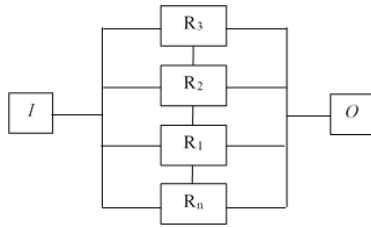
RBD merupakan sebuah *tools* untuk mempermudah dalam hal pemahaman tentang pengaruh suatu komponen terhadap sistem yang kompleks. Sebuah RBD dinyatakan sebagai rangkaian blok yang terhubung dalam konfigurasi paralel dan seri. Setiap blok terdiri dari keandalan komponen dari sistem berdasarkan waktu operasinya (Dhillon, 2005). Secara sederhana, RBD dapat diartikan sebagai gambaran grapikal dari hubungan reliabilitas antar komponen dalam suatu sistem untuk menentukan reliabilitas keseluruhan dari sistem tersebut.

Sistem RBD disebut seri apabila komponen yang ada di dalam sistem bekerja atau berfungsi secara keseluruhan supaya sistem tersebut berhasil dalam menjalankan fungsinya.



Gambar 3. Rangkaian Sistem Seri

Sistem RBD disebut paralel apabila seluruh komponen beroperasi secara bersamaan atau setidaknya ada satu komponen yang harus beroperasi secara normal supaya sistem tersebut berhasil dalam menjalankan fungsinya.



Gambar 4. Rangkaian Sistem Paralel

Rumus yang digunakan untuk menghitung keandalan sistem menggunakan metode RBD adalah sebagai berikut.

$$R_s = R_1 \times R_2 \times R_3 \times \dots \times R_n \quad (1)$$

$$R_p = 1 - [(1 - R_1) \times (1 - R_2) \times (1 - R_n)] \quad (2)$$

Keterangan:

R_s : Reliability sistem seri

R_p : Reliability sistem paralel

R : Reliability komponen mesin

Sebelum menentukan keandalan sistem, harus dilakukan perhitungan keandalan komponen terlebih dahulu. Jay dan Barry (2006) menjelaskan bahwa cara untuk mengetahui tingkat keandalan sebuah mesin adalah dengan menghitung waktu rata-rata antar kegagalan atau *Mean Time Before Failure* (MTBF) dan *failure rate* (λ) dari setiap komponen.

$$MTBF = \frac{\text{Operating time}}{\text{Number of failure}} \quad (3)$$

$$\lambda = \frac{1}{MTBF} \quad (4)$$

Keterangan:

Operating time : waktu mesin bekerja

Number of failure: jumlah kegagalan komponen

Setelah mengetahui nilai MTBF dan *failure rate*, maka dapat dilakukan perhitungan nilai keandalan dari setiap komponen mesin menggunakan rumus (5).

$$R = e^{-(\lambda \times t)} \quad (5)$$

Keterangan:

R : Reliability komponen

e : Konstanta (2,71828)

λ : Laju kegagalan

t : waktu operasi yang diinginkan

2.4. Failure Mode and Effect Analysis (FMEA)

Ansory dan Mustajib (2013) menjelaskan bahwa FMEA bertujuan untuk melakukan perbaikan dengan cara: (1) mengidentifikasi model kegagalan pada komponen, peralatan, dan sistem. (2) menentukan akibat yang potensial pada peralatan serta sistem yang berhubungan dengan setiap model kegagalan. (3) membuat rekomendasi untuk menambah keandalan komponen, peralatan, dan sistem.

Dalam FMEA, sebelum membuat rekomendasi perbaikan maka perlu menghitung nilai *Risk Priority Number* (RPN) terlebih dahulu. RPN merupakan sebuah pengukuran dari risiko kegagalan yang bersifat relatif dari suatu sistem. RPN diperoleh dari hasil perkalian antara *severity*, *occurrence* dan *detection*.

Menurut Suthep dan Kullawong (2015), *severity* ialah tingkat keparahan atau efek yang ditimbulkan oleh mode kegagalan terhadap keseluruhan mesin. *Severity* memiliki *rating* 1 hingga 10 tergantung dari kriteria keparahannya.

Tabel 1. Nilai *Severity*

Rating	Criteria of Severity Effect
10	Tidak berfungsi sama sekali
9	Kehilangan fungsi utama dan menimbulkan peringatan
8	Kehilangan fungsi utama
7	Pengurangan fungsi utama
6	Kehilangan kenyamanan fungsi penggunaan
5	Mengurangi kenyamanan fungsi penggunaan
4	Perubahan fungsi dan banyak pekerja menyadari adanya masalah
3	Tidak terdapat efek dan pekerja menyadari adanya masalah
2	Tidak Terdapat efek dan pekerja tidak menyadari adanya masalah
1	Tidak ada efek

Occurrence adalah tingkat keseringan terjadinya kerusakan atau kegagalan. Kegagalan sangat mungkin terjadi pada saat komponen masih dalam batas *lifetime*-nya. Nilai *rating Occurrence* antara 1 ampai 10, Nilai 1 diberikan apabila masalah tidak mungkin akan terjadi sedangkan nilai 10 diberikan jika masalah tidak dapat dihindari.

Tabel 2. Nilai *Occurrence*

Rating	Probability of Occurrence
10	Kurang dari 2 jam operasi mesin
9	2-10 jam operasi mesin
8	11-100 jam operasi mesin
7	101-400 jam operasi mesin
6	401-1.000 jam operasi mesin
5	1.001-2.000 jam operasi mesin
4	2.001-3.000 jam operasi mesin
3	3.001-6.000 jam operasi mesin
2	6.001-10.000 jam operasi mesin
1	Lebih dari 10.000 jam operasi mesin

Detection merupakan tingkat pengukuran dalam mendeteksi kegagalan yang dapat terjadi pada suatu komponen maupun sistem. Nilai *rating detection* antara 1 sampai 10, Nilai 1 diberikan apabila masalah pasti terdeteksi sedangkan nilai 10 diberikan jika masalah tidak mampu terdeteksi.

Tabel 3. Nilai *Detection*

Rating	Detection Control
10	Tidak mampu terdeteksi
9	Kesempatan yang sangat rendah dan sangat sulit terdeteksi
8	Kesempatan yang sangat rendah untuk sulit terdeteksi
7	Kesempatan yang sangat rendah untuk terdeteksi
6	Kesempatan yang rendah untuk terdeteksi
5	Kesempatan yang sedang untuk terdeteksi
4	Kesempatan yang cukup tinggi untuk terdeteksi
3	Kesempatan tinggi untuk terdeteksi
2	Kesempatan yang sangat tinggi untuk terdeteksi
1	Pasti terdeteksi

Berdasarkan penjelasan dari Suthep dan Kullawong (2015), kriteria tingkat risiko kegagalan dapat ditentukan berdasarkan hasil perhitungan RPN. Berikut adalah kriteria tingkat risiko yang dapat dilihat pada Tabel 4 berikut ini.

Tabel 4. Kriteria Tingkat Risiko

RPN	Tingkat Risiko
<60	Rendah
60-80	Sedang
80-100	Tinggi
>100	Kritis

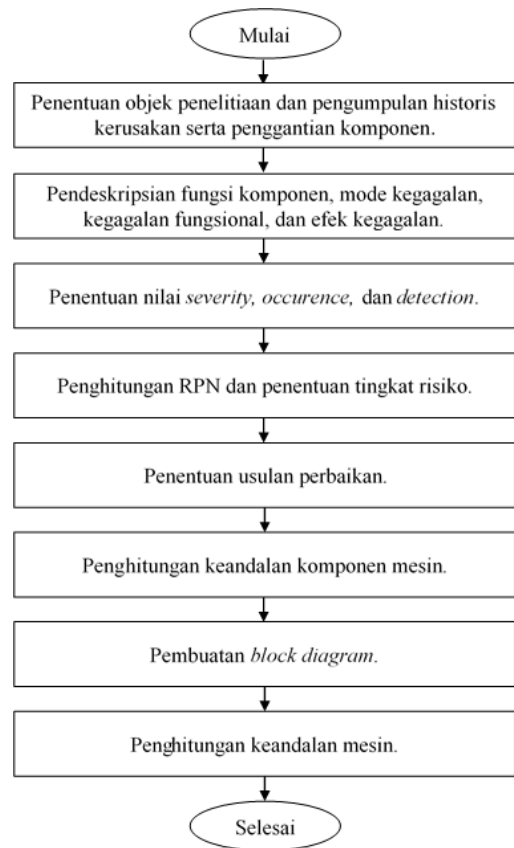
2.5. Perawatan

Perawatan atau yang lebih dikenal dengan kata *maintenance* dapat didefinisikan sebagai suatu aktivitas yang diperlukan untuk menjaga atau mempertahankan kualitas suatu fasilitas agar tetap dapat berfungsi dengan baik dalam kondisi siap pakai. Keberhasilan proses produksi juga harus ditunjang dengan kegiatan perawatan yang pihak industri harus menerapkan manajemen perawatan supaya dapat mencapai targetnya (Ating, 2011). Perawatan dilakukan bertujuan untuk menjamin ketersediaan serta keandalan mesin, memperpanjang umur mesin, menjamin kesiapan operasional, meminimalkan downtime, dan menghindari kerugian akibat proses produksi terhenti.

Perawatan terdiri dari beberapa jenis yaitu *breakdown maintenance*, *preventive maintenance*, *predictive maintenance*, *scheduled maintenance*, dan *corrective maintenance*.

3. Metode Penelitian

Penelitian dilakukan mulai tanggal 4 Maret 2020 hingga 30 Juli 2020 di PT. Buana Wiralestari Mas unit Kijang Mill, dengan objek penelitiannya yaitu mesin *digester* dan *screw press*. Tahapan dalam melaksanakan penelitian ditunjukkan sesuai diagram alir pada Gambar 5.



Gambar 5. Diagram Alir Penelitian

4. Pengolahan Data dan Pembahasan

4.1. Penentuan Objek

Penentuan objek dilakukan berdasarkan mesin yang beroperasi paling lama dalam kurun waktu yang telah ditetapkan yaitu mulai dari 1 Mei 2018 hingga 30 Mei 2020. Dari enam mesin *digester* dan *screw press* yang terdapat di PKS Kijang, didapatkan bahwa mesin nomer 3B memiliki waktu operasi paling lama yaitu selama 8930 jam. Oleh sebab itu, penelitian ini berfokus pada mesin nomer 3B sebagai acuan untuk lima mesin lainnya.

4.2. FMEA Mesin *Digester* dan *Screw Press*

Saat menyusun FMEA, terlebih dahulu harus memiliki data historis mesin sebagai acuan untuk mengetahui fungsi komponen, dasar dari kegagalan, mode kegagalan komponen, kegagalan fungsional, serta akibat yang ditimbulkan terhadap sistem. Parameter tersebut diperoleh dari hasil wawancara dengan narasumber dan pengamatan langsung di stasiun *pressing* PKS Kijang. Contoh pembuatan FMEA untuk komponen mesin dapat dilihat pada Tabel 5.

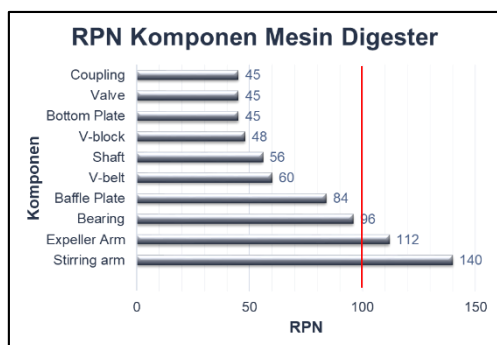
Tabel 5. FMEA Komponen Mesin

Nama	<i>Main Shaft Spur Gear Wheel (R&L)</i>
Fungsi	Mentransmisikan daya dan putaran
Mode Kegagalan	Mengalami keausan dan patah
Kegagalan Fungsional	Jika patah maka tidak dapat mentransmisikan daya dan putaran
Efek Kegagalan	Mesin tidak dapat beroperasi

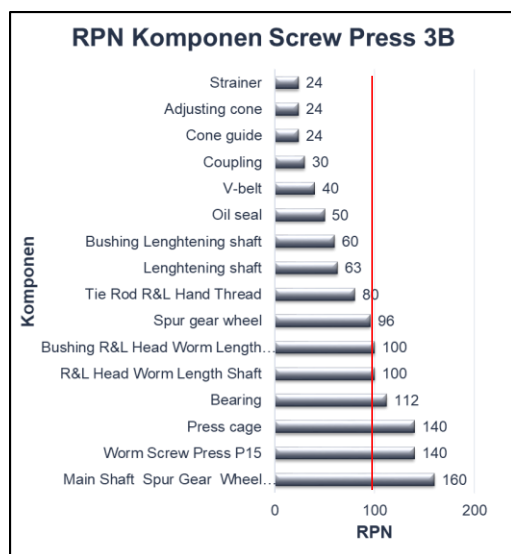
Selain komponen di atas, FMEA juga dibuat untuk komponen lainnya sesuai format yang ditunjukkan pada Tabel 5.

4.2.1. Penentuan nilai RPN

Penentuan RPN dilakukan untuk mengetahui komponen mesin yang memiliki tingkat risiko kritis. Nilai RPN dihasilkan dari perkalian nilai *severity*, *occurrence* dan *detection* berdasarkan *rating* sesuai tabel yang ada pada Bab 2. Nilai *severity* dan *detection* ditetapkan berdasarkan hasil wawancara dan pengamatan secara langsung pada mesin. Sedangkan nilai *occurrence* ditetapkan berdasarkan perhitungan waktu operasional mesin dibagi dengan jumlah kegagalan. Hasil perhitungan menunjukkan bahwa komponen mesin memiliki nilai RPN yang bervariasi antara 24 hingga 160 yang dapat dilihat pada Gambar 6 dan Gambar 7.



Gambar 6. RPN Komponen *Digester*



Gambar 7. RPN Komponen *Screw Press*

Komponen mesin *digester* yang memiliki tingkat risiko kritis yaitu *stirring arm* (RPN: 140) dan *expeller arm* (RPN: 112). Sedangkan komponen mesin *screw press* yang memiliki tingkat risiko kritis adalah *main shaft spur gear wheel* (RPN: 160), *worm screw* (RPN: 140), *press cage* (RPN: 140), dan *bearing* (RPN: 112).

4.2.2. Usulan perbaikan komponen paling kritis

Berdasarkan perhitungan nilai RPN pada mesin *digester* dan *screw press* nomer 3B, maka dapat diketahui bahwa komponen yang memiliki tingkat risiko paling kritis ialah *main shaft spur gear wheel* dengan nilai RPN yaitu 160. *Main shaft spur gear wheel* merupakan poros yang berfungsi meneruskan putaran dan tenaga dari *gearbox* menuju ke *worm screw press* dan *tie rod hand thread*. Akibat adanya putaran dan tenaga pada *shaft*, maka proses ekstraksi berondolan masak dapat terjadi di mesin *screw press*. Mode kegagalan yang sering terjadi ialah *shaft* patah pada bagian alur pasak. Apabila terjadi kegagalan pada komponen ini, maka kerja mesin akan terganggu dan dapat mengakibatkan *breakdown*.



Gambar 8. Kegagalan komponen *main shaft*

Usulan tindakan perbaikan dilakukan dengan cara observasi lapangan untuk mencari tahu penyebab dari kegagalan pada *main shaft* berdasarkan 4 kategori yaitu Manusia, Mesin, Material, dan Metode.

A. Manusia

Kegagalan disebabkan oleh konsistensi kerja operator menurun sehingga kontrol terhadap operasional mesin berkurang. Usulan perbaikannya yaitu tingkatkan pengawasan langsung terhadap kinerja operator dan pastikan parameter mesin berupa *Ampere* harus terkontrol antara 38-42 *Ampere* serta *hydraulic pressure* terkontrol antara 30-50 barg. Hal ini diterapkan dengan asumsi apabila komponen dan mesin dalam kondisi normal.

B. Mesin

Kegagalan disebabkan oleh spesifikasi ukuran komponen yang tidak sesuai standar. Usulan perbaikannya yaitu gunakan komponen yang ukurannya sesuai dengan standar pada *manual book* mesin *screw press* merek Kien Seng KS-15. Lakukan pengukuran pada komponen yang akan

dipasang lalu dibandingkan dengan ukuran standarnya.

Selain itu kegagalan juga disebabkan oleh *life time* atau keausan dari *bushing* dan *bearing* yang sudah tercapai menyebabkan *misalignment*. Usulan perbaikannya yaitu lakukan pengecekan tingkat keausan *bushing* dan kondisi *bearing* saat melakukan perbaikan mesin, serta lakukan penggantian sesuai dengan *guide line*.

C. Material

Kegagalan disebabkan oleh adanya material *non-fruitlets* berupa logam yang ikut terolah mesin. Usulan perbaikannya yaitu lakukan pemasangan magnet (*Magnetic Eriez*) pada bagian *chute digester* untuk mencegah logam masuk kedalam mesin.

D. Metode

Kegagalan disebabkan oleh proses pemasangan atau instalasi mesin yang tidak sesuai standar prosedur. Usulan perbaikannya yaitu lakukan pelatihan terhadap karyawan mengenai standar prosedur pemasangan komponen mesin *screw press*.

4.3. Reliability Mesin Digester dan Screw Press

4.3.1. Reliability komponen mesin

Keandalan komponen mesin ditentukan berdasarkan jumlah kegagalan serta penggantian komponen selama mesin tersebut beroperasi. Setiap komponen perlu dihitung keandalannya supaya dapat menentukan keandalan dari sistem. Cara mengetahui keandalannya yaitu menggunakan urutan perhitungan sesuai rumus (3) MTBF, (4) *failure rate* dan (5) *reliability* komponen, yang ditunjukkan pada Bab 2. Tinjauan Pustaka.

Rata-rata jam olah di PKS Kijang ialah 15 jam/hari dan 6 hari beroperasi setiap pecan. Perhitungan keandalan komponen dari mesin *digester* dan *screw press* akan dicontohkan pada komponen *main shaft spur gear wheel*. Selama 8930 jam beroperasi, komponen ini mengalami 5 kali kegagalan. Maka perhitungan keandalan dari komponen tersebut adalah sebagai berikut.

- MTBF *Main shaft spur gear wheel*
 $8930 \text{ jam} / 5 = 1786 \text{ jam}$
- *Failure rate* (λ)
 $1 / 1786 \text{ jam} = 0,000560$
- Maka, *Reliability main shaft spur gear wheel* apabila beroperasi selama 15 jam (Sehari) adalah,
 $R = e^{-(0,000560 \times 15)} = 99,16 \%$

Perhitungan tersebut juga dilakukan untuk komponen lainnya dengan memperhatikan

MTBF, λ , dan waktu operasi. Hasil perhitungan keandalan komponen mesin ditunjukkan pada Tabel 6.

Tabel 6. Reliability Komponen Mesin

No	Komponen	Reliability (%)						
		15 Jan	90 Jan	210 Jan	390 Jan	650 Jan	1170 Jan	2340 Jan
1	Shaft	99,83	99,00	97,68	95,73	92,98	87,72	76,95
2	Stirring arm	99,16	95,09	88,91	80,38	69,49	51,94	26,98
3	Baffle Plate	99,83	99,00	97,68	95,73	92,98	87,72	76,95
4	Expeller Arm	99,33	96,05	91,02	83,97	74,74	59,21	35,06
5	Bottom Plate	99,66	98,00	95,41	91,64	86,45	76,95	59,21
6	V-belt	99,50	97,02	93,19	87,72	80,38	67,50	45,56
7	Coupling	99,83	99,00	97,68	95,73	92,98	87,72	76,95
8	V-block	99,50	97,02	93,19	87,72	80,38	67,50	45,56
9	Valve	99,66	98,00	95,41	91,64	86,45	76,95	59,21
10	Bearing	99,33	96,05	91,02	83,97	74,74	59,21	35,06
11	Worm Screw Press P15	98,67	92,25	82,85	70,51	55,86	35,06	12,29
12	Press Cage	99,16	95,09	88,91	80,38	69,49	51,94	26,98
13	Lengthening Shaft	99,50	97,02	93,19	87,72	80,38	67,50	45,56
14	Main Shaft Spur Gear (R&L)	99,16	95,09	88,91	80,38	69,49	51,94	26,98
15	Spectacle Plate	99,83	99,00	97,68	95,73	92,98	87,72	76,95
16	R&L Head Worm Length Shaft	99,00	94,13	86,84	76,95	64,61	45,56	20,76
17	Bushing R&L Head Worm Length Shaft	99,00	94,13	86,84	76,95	64,61	45,56	20,76
18	Bushing Lengthening shaft	99,66	98,00	95,41	91,64	86,45	76,95	59,21
19	Main Shaft Bearing	99,33	96,05	91,02	83,97	74,74	59,21	35,06
20	Cone Guide	99,66	98,00	95,41	91,64	86,45	76,95	59,21
21	Adjusting Cone	99,66	98,00	95,41	91,64	86,45	76,95	59,21
22	Tie Rod R&L Hand Thread	99,00	94,13	86,84	76,95	64,61	45,56	20,76
23	V-Belt	99,33	96,05	91,02	83,97	74,74	59,21	35,06
24	Coupling	99,66	98,00	95,41	91,64	86,45	76,95	59,21
25	Spur Gear Wheel	99,66	98,00	95,41	91,64	86,45	76,95	59,21
26	Strainer	99,83	99,00	97,68	95,73	92,98	87,72	76,95

4.3.2. Estimasi lifetime komponen

Dalam memperkirakan *lifetime* atau umur dari suatu material dapat menggunakan perhitungan MTBF yang merupakan rata-rata waktu antar kegagalan komponen. Dengan mengetahui *lifetime* dari suatu komponen, maka dapat dijadikan dasar untuk pengadaan suku cadang serta melakukan tindakan perawatan berupa penggantian komponen (*replacement*). Di PKS Kijang, rata-rata waktu pengolahan TBS ialah 15 jam/hari. Estimasi *lifetime* komponen berdasarkan hasil perhitungan MTBF komponen mesin *digester* disajikan pada Tabel 7. Sedangkan estimasi *lifetime* komponen mesin *screw press* ditunjukkan pada Tabel 8.

Tabel 7. Estimasi Lifetime Komponen Screw Press

Part	Jumlah Kegagalan	operating time	MTBF (Jam)
Worm Screw Press P15	9	8930	992
Press Cage	5	8930	1786
Lengthening Shaft	3	8930	2976
Main Shaft Spur Gear	6	8930	1488
Spectacle Plate	1	8930	8930
R&L Head Worm Length Shaft	6	8930	1488
Bushing R&L Head Worm Length Shaft	8	8930	1116
Bushing Lengthening shaft	2	8930	4465
Main Shaft Bearing	4	8930	2232
Cone Guide	2	8930	4465
Adjusting Cone	2	8930	4465
Tie Rod R&L Hand Thread	6	8930	1488
V-Belt	4	8930	2232
Coupling	2	8930	4465
Strainer	1	8930	8930

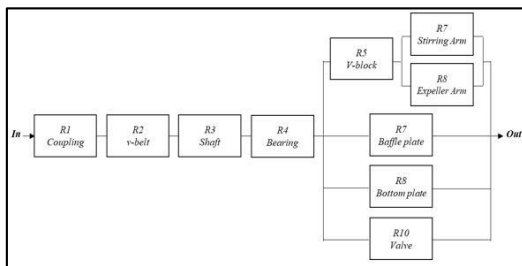
Tabel 8. Estimasi *Lifetime* Komponen *Digester*

Part	Jumlah kegagalan	Operating time	MTBF (Jam)
Shaft	1	8930	8930
Stirring arm	5	8930	1786
Baffle Plate	1	8930	8930
Expeller Arm	4	8930	2233
Bottom Plate	2	8930	4465
V-belt	3	8930	2977
Coupling	1	8930	8930
V-block	3	8930	2977
Valve	2	8930	4465
Bearing	4	8930	2233

4.3.3. Reliability sistem mesin digester dan screw press

Reliability sistem adalah keandalan mesin berdasarkan waktu operasi. Setelah mengetahui keandalan komponen, langkah selanjutnya ialah menyusun *block diagram* dari komponen setiap komponen mesin. *Block diagram* disusun dalam bentuk seri dan parallel berdasarkan fungsi dan efek yang ditimbulkan jika terjadi kegagalan pada setiap komponen. Sesudah membuat *block diagram*, langkah selanjutnya ialah menghitung nilai keandalannya menggunakan yang sudah dijelaskan pada Bab 2. Rumus (1) jika rangkaiannya seri dan rumus (2) jika rangkaiannya parallel.

Block diagram mesin *digester* ditunjukkan pada Gambar 9.



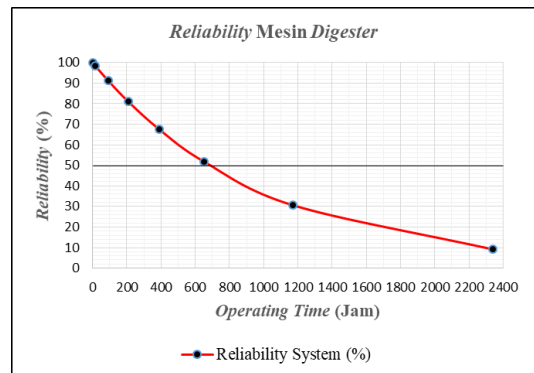
Gambar 9. Block Diagram Mesin Digester

Berdasarkan *block diagram* yang ditunjukkan pada Gambar 8, maka keandalan mesin *digester* dapat dihitung menggunakan rumus sebagai berikut.

$$R_{\text{sistem}} = R_1 \times R_2 \times R_3 \times R_4 \times [1 - ((1 - (R_5 \times (1 - R_6) \times (1 - R_7))) \times (1 - R_8) \times (1 - R_8) \times (1 - R_9) \times (1 - R_{10}))]$$

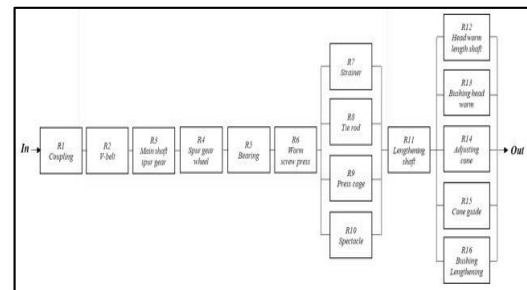
- Maka, *reliability* mesin *digester* apabila beroperasi selama 15 jam yaitu:
 $0,9983 \times 0,9949 \times 0,9983 \times 0,9933 \times [1 - ((1 - (0,9949 \times (1 - 0,9916) \times (1 - 0,9933))) \times (1 - 0,9983) \times (1 - 0,9966) \times (1 - 0,9966))]$
 $= 0,98499 = \mathbf{98,50\%}$

Perhitungan tersebut juga dilakukan untuk waktu operasi yang berbeda. Hasil perhitungan keandalan mesin *digester* ditunjukkan pada Gambar 10.



Gambar 10. Grafik *Reliability* Mesin *Digester*

Adapun *block diagram* untuk menentukan keandalan mesin *screw press* ditunjukkan pada Gambar 11 di bawah ini.



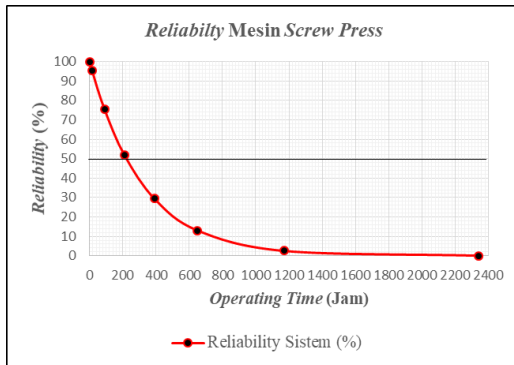
Gambar 11. Block Diagram Mesin *Screw Press*

Berdasarkan *block diagram* yang ditunjukkan pada Gambar 10, maka keandalan mesin *screw press* dapat dihitung menggunakan rumus sebagai berikut.

$$R_{\text{sistem}} = R_1 \times R_2 \times R_3 \times R_4 \times R_5 \times R_6 \times R_{11} \times [1 - (1 - R_7) \times (1 - R_8) \times (1 - R_9) \times (1 - R_{10})] \times [1 - (1 - R_{12}) \times (1 - R_{13}) \times (1 - R_{14}) \times (1 - R_{15}) \times (1 - R_{16})]$$

- Maka, *reliability* mesin *screw press* apabila beroperasi selama 15 jam yaitu:
 $0,9966 \times 0,9933 \times 0,9916 \times 0,9966 \times 0,9933 \times 0,9866 \times 0,9949 \times [1 - (1 - 0,9983) \times (1 - 0,9899) \times (1 - 0,9916) \times (1 - 0,9983)] \times [1 - (1 - 0,9899) \times (1 - 0,9899) \times (1 - 0,9966) \times (1 - 0,9966) \times (1 - 0,9966)]$
 $= 0,9540 = \mathbf{95,4\%}$

Perhitungan tersebut juga dilakukan untuk waktu operasi yang berbeda. Hasil perhitungan keandalan mesin *screw press* ditunjukkan pada Gambar 12.



Gambar 12. Grafik *Reliability* Mesin *Screw Press*

Dapat dilihat pada Gambar 8 Grafik *reliability* mesin *digester* dan Gambar 10 Grafik *reliability* mesin *screw press*, bahwa semakin lama mesin beroperasi maka keandalannya akan semakin menurun. Apabila nilai keandalan mesin semakin menurun, maka mesin tersebut berpotensi untuk terjadi kegagalan, hal ini disebabkan karena penurunan keandalan komponen mesin dan kurangnya tindakan perawatan yang dilakukan.

Berdasarkan hasil yang telah didapat, maka perlu adanya evaluasi perawatan untuk menjaga nilai keandalan mesin di atas 50 %. Nilai 50 % ditetapkan karena merupakan batas nilai paling minimal keandalan mesin dengan mempertimbangkan biaya perawatan dan *availability*. Interval waktu perawatan yang harus dilakukan pada mesin *digester* ialah setiap 650 jam dengan nilai keandalan 51,92 %. Sedangkan interval perawatan yang harus dilakukan pada mesin *screw press* ialah setiap 210 jam dengan nilai keandalan 51,76 %. Perbedaan interval perawatan yang cukup jauh antara kedua mesin disebabkan oleh perbedaan jumlah komponen serta historis kegagalannya, mesin *screw press* memiliki komponen yang lebih kompleks dan historis kegagalan yang lebih banyak dibandingkan mesin *digester*, sehingga interval perawatannya lebih cepat. Kegiatan perawatan yang dapat dilakukan untuk meningkatkan keandalan yaitu *monitoring* visual, *monitoring* getaran, *monitoring* lubrikasi, *monitoring* kesejajaran, *monitoring* kerataan, dan *monitoring* ukuran.

5. Kesimpulan dan Saran

5.1. Kesimpulan

Berdasarkan hasil penelitian yang sudah dilakukan di PKS Kijang, maka dapat disimpulkan bahwa: (1) Perhitungan *Risk Priority Number* pada metode FMEA menunjukkan komponen mesin *digester* yang mempunyai tingkat risiko kritis yaitu *stirring*

arm (RPN: 140) dan *expeller arm* (RPN:112). Sedangkan komponen mesin *screw press* yang mempunyai tingkat risiko kritis yaitu *main shaft spur gear wheel* (RPN: 160), *worm screw press* (RPN: 140), *press cage* (RPN: 140), *main shaft bearing* (RPN: 112). (2) Semakin lama beroperasi maka keandalan mesin *digester* dan *screw press* akan semakin menurun. Untuk mempertahankan keandalan mesin *digester* dan *screw press* diatas 50 %, maka perlu dilakukan tindakan perawatan pada mesin tersebut. Rekomendasi interval perawatan pada mesin *digester* ialah setiap 650 jam dengan nilai keandalan 51,92 %, Sedangkan rekomendasi interval perawatan yang harus dilakukan pada mesin *screw press* ialah setiap 210 jam dengan nilai keandalan 51,76 %.

5.2. Saran

Saran yang dapat disampaikan oleh penulis berdasarkan penelitian yang sudah dilakukan ialah sebagai berikut: (1) Usulan perbaikan yang diberikan untuk meningkatkan keandalan dan mencegah kegagalan dari *main shaft spur gear wheel* diharapkan dapat diterapkan. (2) Pendokumentasian data kegagalan dan penggantian komponen mesin perlu dilakukan setiap saat, sehingga dapat dijadikan dasar untuk memperkirakan *lifetime* komponen melalui perhitungan MTBF. (3) Metode FMEA dan RBD dapat dijadikan dasar serta dikembangkan untuk melakukan perawatan dan tindakan perbaikan pada setiap mesin yang ada di Pabrik Kelapa Sawit. (4) Penelitian dapat dilanjutkan untuk menentukan *maintenance strategy* pada sistem *digester* dan *screw press* menggunakan metode *Reliability Centered Maintenance* (RCM) dan mencari akar penyebab kegagalan menggunakan metode *Root Causes Analysis* (RCA).

Daftar Pustaka

- [1] Pahan, Iyung. 2012. *Panduan Lengkap Kelapa Sawit*. Jakarta: Penebar Swadaya.
- [2] Kurniawan, Fajar (2013). *Manajemen Perawatan Industri Teknik dan Aplikasi : Implementasi Total Productive Maintenance (TPM), Preventive Maintenance & Reliability Centered Maintenance (RCM)*. Yogyakarta : Graha ilmu.
- [3] Sudrajat, Ating (2013). *Pedoman Praktis Manajemen Perawatan Mesin Industri*. Bandung : PT Refika Aditama.
- [4] Dhillon, B. S. (2006). *Maintainability, Maintenance, and Reliability for Engineers*. New York : Taylor & Francis Group.
- [5] Budiyo dan Joni Anwar (2006). BMDP PT. SMART Tbk: Mesin *Digester* dan *Screw Press*.

- [6] Harpster, Richard (2005). *Quality 101: Demystifying Design FMEAs*. <https://www.qualitymag.com/articles/84015-quality-101-demystifying-design-fmeas>. Diakses 12 Februari 2020.
- [7] Suthep dan Kullawong (2015). *Combining Reliability-Centered Maintenance with Planning Methodology and Applications in Hard Chrome Plating Plants*. King Mongkut's University of Technology North Bangkok.
- [8] Heizer, Jay; Render, Barry (2006). *Manajemen Operasi*. Jakarta: Salemba Empat.
- [9] Mardjono Siswosuwarno (2014). *Kegagalan Pada Blok Rem Metal Kereta Api*. <https://dateknikenterprise.wordpress.com/tag/pr-of-dr-ir-mardjono-siswosuwarno>. Diakses 14 Februari 2020.
- [10] Sinarmas (2016). *Standart Operational Procedure*. Jakarta.
- [11] Ansori dan Mustajib (2013). *Sistem Perawatan Terpadu (Integrated Maintenance System)*. Yogyakarta: Graha Ilmu.
- [12] Karuniawan, Akbar (2018). *Penggunaan Metode Failure Mode and Effect Analysis Untuk Mengidentifikasi Kegagalan dan Pemilihan Tindakan Perawatan Pada Stasiun Klarifikasi Stasiun Pabrik Kelapa Sawit Langling*. Tugas Akhir. Delta Mas. Institut Teknologi Sains Bandung.
- [13] Tarmizi (2017). *Analisa Keandalan Sterilizer Horizontal Menggunakan Reliability Block Diagram Berdasarkan Identifikasi Kegagalan Melalui Failure Mode and Effect Analysis dan Fault Tree Analysis*. Skripsi. Medan. Universitas Sumatera Utara.
- [14] Robin, Raymond, dan Michael (2008). *The Basics of FMEA, 2nd Edition*. Florida: CRC Press.
- [15] Shift Indonesia (2015). *Cara Sederhana Mengukur Keandalan Mesin*. <http://shiftindonesia.com/cara-sederhana-mengukur-keandalan-mesin>. Diakses 16 Juni 2020.