

**ANALISA PERAWATAN MESIN DIGESTER DENGAN
METODE *RELIABILITY CENTERED MAINTENANCE* (RCM)
PADA *PULP MAKING***

JURNAL TUGAS AKHIR

**KEVIN ALMINSYAH
012.17.021**



**PROGRAM STUDI TEKNOLOGI PENGOLAHAN PULP DAN KERTAS
FAKULTAS VOKASI
INSTITUT TEKNOLOGI SAINS BANDUNG
KOTA DELTAMAS
JUNI 2021**

**ANALISA PERAWATAN MESIN DIGESTER DENGAN
METODE *RELIABILITY CENTERED MAINTENANCE* (RCM)
PADA *PULP MAKING***

JURNAL TUGAS AKHIR

**KEVIN ALMINSYAH
012.17.021**

Diajukan Sebagai Salah Satu Syarat Untuk Mendapatkan Gelar Sarjana Terapan
Pada Program Studi Teknologi Pengolahan Pulp dan Kertas



**PROGRAM STUDI TEKNOLOGI PENGOLAHAN PULP DAN KERTAS
FAKULTAS VOKASI
INSTITUT TEKNOLOGI SAINS BANDUNG
KOTA DELTAMAS
JUNI 2021**

**ANALISA PERAWATAN MESIN DIGESTER DENGAN
METODE *RELIABILITY CENTERED MAINTENANCE* (RCM)
PADA *PULP MAKING***

JURNAL TUGAS AKHIR

**KEVIN ALMINSYAH
012.17.021**

Diajukan Sebagai Salah Satu Syarat Untuk Mendapatkan Gelar Sarjana Terapan
Pada Program Studi Teknologi Pengolahan Pulp dan Kertas

Menyetujui,

Kota Deltamas, 10 Juni 2021

Dosen Pembimbing



Nurul Ajeng Susilo, S.Si., M.T.
NIK. 1990051620170354

Mengetahui,

Ketua Program Studi Teknologi Pengolahan Pulp dan Kertas



Ni Njoman Manik S., S.T., M.T.
NIK. 19680908201407442

ANALISA PERAWATAN MESIN DIGESTER DENGAN METODE RELIABILITY CENTERED MAINTENANCE (RCM) PADA PULP MAKING

Kevin Alminsyah¹⁾, Nurul Ajeng Susilo²⁾

Teknologi Pengolahan Pulp dan Kertas, Fakultas Vokasi, Institut Teknologi Sains Bandung
Kota Deltamas Lot-A1 CBD, Jl. Ganesha Boulevard Pasirranji, Kec. Cikarang Pusat, Bekasi,
Jawa Barat 17530

kevinalminsyah1211@gmail.com¹⁾, nurulajeng20@gmail.com²⁾

ABSTRAK

Pulp making adalah proses pembuatan pulp yang berbahan baku kayu. Permasalahan yang sering dihadapi ialah sering terjadinya kegagalan mesin yang cukup berpengaruh pada jumlah produksi. Jumlah kegagalan mesin sering terjadi pada digester, dikarenakan mesin digester adalah salah satu mesin yang cukup vital perannya pada proses *pulp making* dimana mesin yang terlibat didalamnya bekerja selama 24 jam penuh. Tujuan penelitian ini adalah untuk menemukan komponen kritis yang menjadi sumber keagalanyang paling sering terjadi pada mesin digester dan mengkategorikan setiap keagalglan sistem serta menentukan tindakan perawatan yang tepat untuk tiap komponen kritis pada mesin digester. Dari pengolahan data bersifat kualitatif ini didapat hasil 4 komponen yang menjadi komponen kritis pad mesin digester yaitu *Mechanical Seal (125)*, *Coupling (120)*, *Shaft (135)* dan *Bearing(144)*. Komponen tersebut didapat berdasarkan hasil nilai RPN dari tiap-tiap komponen pada subsistem mesin digester. Berdasarkan metode RCM hasil dari kuisisioner dan wawancara, 4 komponen kritis termasuk kategori Outage Porblem. Dan Pengambilan tindakan yang dilakukan untuk 4 komponen kritis pada mesin digester ialah TD (*Time Directed*).

Kata kunci : *Maintenance, RCM (Reliability Centered Maintenance, Digester.*

ABSTRACT

Pulping is the process of making pulp made from wood. The problem that is often faced is the frequent occurrence of machine failures that affect the amount of production. The number of machine failures that often occur in the digester, because the digester machine is one of the machines that is quite vital in the pulping process where the machines involved in it work for a full 24 hours. The purpose of this study is to find critical components that are the most common sources of failure in digester machines and categorize each system failure and determine maintenance actions. appropriate for each critical component of the digester. From this qualitative data processing, the results obtained are 4 components that are critical components of the digester machine, namely Mechanical Seals (125), Couplings (120), Shafts (135) and Bearings (144). These components are obtained based on the results of the RPN value of each component in the digester engine subsystem. Based on the RCM method, the results of questionnaires and interviews, 4 critical components belong to the Outage Porblem category. And taking action for 4 critical components on the digester machine, namely TD (Time Directed)

Keywords: Maintenance, RCM (Reliability Centered Maintenance

1. PENDAHULUAN

Mesin merupakan alat dengan adanya konversi energi untuk membantu mempermudah pekerjaan manusia. Dalam penggunaannya secara berkelanjutan umur dan kehandalan alat akan menurun, dengan dasar inilah dilakukan pemeliharaan dalam suatu alat untuk meningkatkan umur dan kehandalan alat itu sendiri (Randy,2019).

Penelitian ini juga pernah dilakukan pada pabrik sawit PT. Perkebunan Nusantara Pagar Merbau yang dilakukan oleh Randy Suwandy mengenai analisa sistem perawatan mesin dengan metode *Reliability Centered Maintenance*, yang mana beliau melakukan penelitian terhadap mesin digester pada pabrik sawit tersebut. Oleh sebab itu penulis ingin melakukan hal yang yaitu mengaplikasikan metode RCM terhadap mesin digester tetapi pada industri yang berbeda yakni Inudstri *pulp and paper*.

Berdasarkan penelitian tersebut juga menjadi alasan bagi penulis untuk melakukan penelitian ini. Penelitian ini akan mencoba untuk menganalisa sistem perawatan mesin dengan metode *Reliability Centered Maintenance* mesin digester pada pabrik pulp making dengan data data yang berbeda. Metode ini diharapkan dapat mengetahui komponen kritis yang ada pada mesin digester dan memunculkan solusi tindakan perawatan yang tepat untuk tiap kompponen kritis pada mesin digester tersebut.

2. TINJAUAN PUSTAKA

2.1 Manajemen Perawatan

Manajemen adalah serangkaian aktivitas (termasuk perencanaan dan pengambilan keputusan,pengorganisasian, kepemimpinan, dan pengendalian yang diarahkan pada sumber-sumber daya organisasi manusia, financial, dan informasi) dengan maksud untuk mencapai tujuan organisasi secara efektif dan efisien (Ricky W.Griffin, 2004).

2.2 *Reliability Centered Maintenance (RCM)*

Reliability Centered Maintenance (RCM) didefinisikan sebagai suatu proses yang digunakan untuk menentukan apa yang harus dilakukan agar setiap asset fisik dapat terus melakukan apa yang diinginkan oleh penggunaanya dalam konteks operasionalnya. Secara ringkas, RCM adalah sebuah pendekatan sistematis untuk mengevaluasi sebuah fasilitas dan sumber daya untuk menghasilkan reliability yang tinggi dan biaya yang efektif (Noor Ahmadi, 2017).

2.2.1 Pengumpulan Informasi dan Seleksi Pemilihan Sistem

Pengumpulan informasi berfungsi untuk mendapatkan gambaran dan pengertian yang lebih mendalam mengenai sistem dan bagaimana sistem bekerja. Pengumpulan informasi ini dapat digunakan dalam analisis RCM pada tahapan selanjutnya. Informasi yang dikumpulkan dapat melalui observasi langsung dilapangan, wawancara, dan sejumlah literatur.

2.3.2 *Functional Flow Block Diagram*

FFBD merupakan diagram alir dari aliran fungsional suatu sistem yang dibuat berdasarkan urutan waktu dan langkah demi langkah.

2.3.3 Deskripsi Fungsi Sistem dan Kegagalan Fungsi

Merupakan suatu tahapan yang dilakukan untuk mengetahui sistem tersebut bekerja sesuai dengan harapan atau tidak. Deskripsi fungsi sistem untuk mengetahui masukan ataupun keluaran bekerja sesuai dengan yang diharapkan, sedangkan deskripsi kegagalan fungsi untuk mengetahui masukan ataupun keluaran yang tidak sesuai dengan yang diharapkan.

2.3.4 *Failure Mode Effect Analysis (FMEA)*

Failure Mode And Effect Analysis dimulai dengan mendefinisikan mode

kegagalan. selanjutnya mengidentifikasi dampak dari setiap mode kegagalan yang terjadi dan nilai RPN. Pada tahap ini semua komponen yang termasuk ke dalam komponen *Maintenance Significant Item* di analisa tiaptiap mode kegalan yang menjadi kegagalan fungsional. Dampak kegagalan dan nilai *Risk Priority Number (RPN)*. Nilai *Risk Priority Number* ditentukan oleh 3 faktor yaitu. tingkat keseriusan (*severity*), kejadian (*occurance*) dan deteksi (*detection*) dengan skala parameter di hitung dengan rating antara 1 sampai 10. Kemudian nilai RPN yang didapat digunakan untuk menentukan tindakan pemeliharaan yang sesuai dengan nilai RPN. *Risk Priority Number* ditentukan dengan persamaan berikut:

$$RPN = S \times O \times D$$

Hasil dari RPN menunjukkan tingkatan prioritas peralatan yang dianggap beresiko tinggi, sebagai penunjuk ke arah tindakan perbaikan. Ada tiga komponen yang membentuk nilai *RPN* tersebut. Ketiga komponen tersebut adalah:

a. Severity (S)

Severity adalah tingkat keparahan atau efek yang ditimbulkan oleh mode kegagalan terhadap keseluruhan mesin. Nilai rating *Severity* antara 1 sampai 10. Nilai 10 diberikan jika kegagalan yang terjadi memiliki dampak yang sangat besar terhadap sistem. Berikut adalah nilai *severity* secara umum dapat dilihat pada tabel 2.1.

Tabel 2.1 Nilai Severity

Rating	Severity
1	Tidak ada efek
2	Tidak ada efek dn pekerja tidak menyadari adanya masalah
3	Tidak ada efek dn pekerja menyadari adanya masalah
4	Perubahan fungsi dan pekerja menyadari adanya maslah
5	Mengurangi fungsi penggunaan
6	Kehilangan fungsi penggunaan
7	Pengurangan fungsi utama
8	Kehilangan fungsi utama
9	Kehilangan fungsi utama dan meinimbulkan peringatan
10	Tidak berfungsi sama sekali

b. Occurance (O)

Occurence adalah tingkat keseringan terjadinya kerusakan atau kegagalan. *Occurence* berhubungan dengan *estimasi* jumlah kegagalan *kumulatif* yang muncul akibat suatu penyebab tertentu pada mesin. Nilai rating *Occurence* antara 1 sampai 10. Berikut adalah nilai *Occurence* secara umum dapat dilihat pada tabel 2.2.

Tabel 2.2 Nilai Occurance

Rating	Occurance
1	Tidak pernah sama sekali
2	Lebih kecil dari 5 per 7200 jam penggunaan
3	Diantara 5-10 per 7200 jam penggunaan
4	Diantara 11-15 per 7200 jam penggunaan
5	Diantara 16-20 per 7200 jam penggunaan
6	Diantara 21-25 per 7200 jam penggunaan
7	Diantara 26-30 per 7200 jam penggunaan
8	Diantara 31-35 per 7200 jam penggunaan
9	Diantara 35-50 per 7200 jam penggunaan
10	Lebih dari 50 per 7200 jam penggunaan

c. Detection (D)

Deteksi diberikan pada sistem pengendalian yang digunakan saat ini yang memiliki kemampuan untuk mendeteksi penyebab atau mode kegagalan. Nilai rating deteksi antara 1 sampai 10. Nilai 10 diberikan jika kegagalan yang terjadi sangat sulit terdeteksi. Berikut adalah nilai *Detection* secara umum dapat dilihat pada Tabel 2.3.

Tabel 2.3 Nilai *Detection*.

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

2.3.5 *Logic Tree Analysis (LTA)*

Untuk mengetahui kegagalan yang terlihat atau tersembunyi maka digunakan *Intermediate Decision Tree*, dimana mode kegagalan yang dianalisa dapat dikategorikan kedalam 4 kategori, yaitu :

- Kategori A (Mode kegagalan berpengaruh terhadap keselamatan)
- Kategori B (Mode kegagalan berpengaruh terhadap produksi)
- Kategori C (Mode kegagalan berpengaruh terhadap non produksi)
- Kategori D (Mode kegagalan tersembunyi)

Apabila jawaban pertanyaan mengarah ke mode kegagalan kepada kategori D, maka analisa dilanjutkan kembali untuk menentukan apakah item tersebut masuk kedalam kategori D/A, D/B atau D/C. Tiga hal penting dalam menentukan prioritas LTA, yaitu :

- Evident* yaitu apakah operator mengetahui telah terjadi gangguan pada sistem dalam kondisi normal ?
- Safety* yaitu apakah mode kerusakan ini menyebabkan masalah keselamatan ?
- Outage* yaitu apakah mode kerusakan ini mengakibatkan seluruh atau sebagian mesin berhenti ?

2.3.6 Pemilihan Solusi Tindakan perawatan

Pemilihan tindakan merupakan tahap akhir dari proses RCM. dari tiap mode kerusakan dibuat daftar tindakan yang efektif untuk dilakukan selanjutnya. dalam pelaksanaan pemilihan tindakan dapat dilakukan dengan 4 cara, yaitu :

- Time-Directed (TD)* adalah perawatan yang diarahkan secara langsung pada pencegahan kegagalan atau kerusakan.
- Condition-Directed (CD)* adalah perawatan yang diarahkan pada deteksi kegagalan atau gejala-gejala kerusakan.
- Failure-Finding (FF)* adalah perawatan yang diarahkan pada penemuan kegagalan tersembunyi.
- Run-to-Failure (RTF)* adalah perawatan yang didasarkan pada pertimbangan untuk menjalankan komponen hingga rusak karena pilihan lain tidak memungkinkan atau tidak menguntungkan dari segi ekonomi.

3. METODE PENELITIAN

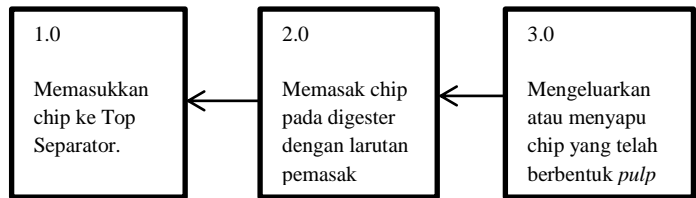
3.1 Deskripsi Proses

Tahapan atau deskripsi proses penelitian dan analisis data meliputi :

- Menentukan subsistem yang akan dilakukan penelitian di bagian utama mesin.
- Menjelaskan fungsi-fungsi subsistem pada mesin digester.
- Membuat alur fungsi subsistem mesin digester dengan FFBD.
- Menentukan nilai *severity*, *occurrence* dan *detection* dari tiap-tiap komponen dengan menggunakan data hasil kuisioner.
- Menentukan komponen kritis dengan menggunakan Metode FMEA.
- Menghitung nilai RPN dari tiap tiap komponen.
- Menghitung nilai RPN dan menentukan nilai RPN dari tiap-tiap komponen diatas

rata-rata untuk dijadikan komponen kritis.

- Analisis kategori komponen yang ditentukan dengan LTA untuk melihat kategori kegagalan pada komponen mesin.
- Merekomendasikan tindakan perawatan (*Action Plan*) untuk tiap-tiap komponen yang termasuk komponen kritis.



Gambar 4.1 FFBD Mesin Digester

FFBD sistem digester ini menunjukkan aliran-aliran fungsi dari suatu sistem mesin dalam pembuatan pulp yang berbahan baku chip kayu.

4. HASIL DAN PEMBAHASAN

4.1 Pengumpulan Informasi dan Seleksi Pemilihan Sistem

Data komponen pada mesin digester didasarkan dari manual book dan wawancara dari pihak mill di unit *pulp making* dan disusun menjadi sub sistem. Data kerusakan komponen subsistem mesin digester periode juli 2019 hingga juni 2020 ditampilkan pada tabel 4.1.

Tabel 4.1 Data kerusakan komponen mesin digester periode Juli 2019 hingga juni 2020

Subsistem	Sparepart	Komponen	Frekuensi Kerusakan
Top Separator	Gearbox	Oil seal gearbox	7
		Gland packing	5
Digester	Pump	Mechanical Seal	5
		Casing	2
		Coupling	5
		Shaft	5
		Sealing Water	4
		Bearing	6
		Bolts	4
Outlet Device Digester	Gearbox	Oil seal gearbox	5
		Gland packing	5

4.2 Deskripsi sistem dan *Functional Flow Block Diagram (FFBD)*

Suatu sistem dapat dideskripsikan berdasarkan fungsi dari subsistem yang terdapat didalamnya. Fungsi dari mesin digester ialah memasak chip menjadi bubur kayu (*pulp*). Block diagram fungsi merupakan suatu diagram yang mengilustrasikan proses dari suatu sistem yang komplit. Berikut adalah *Functional Flow Block Diagram* dari mesin digester.

4.3 Pendiskrisian suatu sistem dan kegagalan fungsi

Merupakan suatu tahapan yang dilakukan untuk mengetahui sistem tersebut bekerja sesuai dengan harapan atau tidak. Deskripsi fungsi sistem untuk mengetahui masukan ataupun keluaran bekerja sesuai dengan yang diharapkan, sedangkan deskripsi kegagalan fungsi untuk mengetahui masukan ataupun keluaran yang tidak sesuai dengan yang diharapkan. Aktivitas penelusuran data akan lebih terstruktur dan mudah dilakukan dengan pengkodean fungsi dan kegagalan fungsi.

Tabel 4.2 Fungsi dan kegagalan mesin digester

No. Fungsi	No. Kerusakan fungsi	Uraian Fungsi atau kegagalan fungsi
1.1		Memasukkan chip ke Top Separator.
	1.1.1.	Oil seal bocor
	1.1.2.	Gangguan pada gland packing
2.1		Memasak chip pada digester dengan larutan pemasak hingga konsistensi 10%.
	2.1.1.	<i>Mechanical seal</i> bocor
	2.1.2.	Gangguan pada casing pump
	2.1.3.	Coupling pump putus
	2.1.4	Gangguan pada shaft
	2.1.5	<i>Sealing water</i> tersumbar air tidak mengalir
	2.1.6	Bearing pecah dan aus
	2.1.7	Baut pondasi pump tidak balance
3.1		Mengeluarkan atau menyapu chip yang telah berbentuk <i>pulp</i> dengan Agitator pad Outlet Device Digester.
	3.1.1	<i>Oil seal</i> bocor
	3.1.2	Gangguan pada <i>gland packing</i>

4.4 Perhitungan komponen kritis dengan Failure Mode and Effect Analysis berdasarkan nilai RPN komponen

Analisa Failure Mode and Effect Analysis bersifat kualitatif berdasarkan hasil wawancara dan hasil kuisioner dari operator atau orang yang ahli dibidang tersebut. FMEA berfungsi untuk menentukan komponen kritis yang terdapat pada suatu mesin. Penentuan nilai komponen kritis ditentukan dengan perhitungan nilai RPN, maka tahap berikutnya ialah menentukan komponen kritis dengan menghitung nilai RPN dengan formula :

$$RPN : S (Severity) \times O (Occurance) \times D (Detection)$$

Nilai kritis RPN ditentukan dari rata-rata nilai RPN dari seluruh komponen. Dengan perhitungan sebagai berikut.

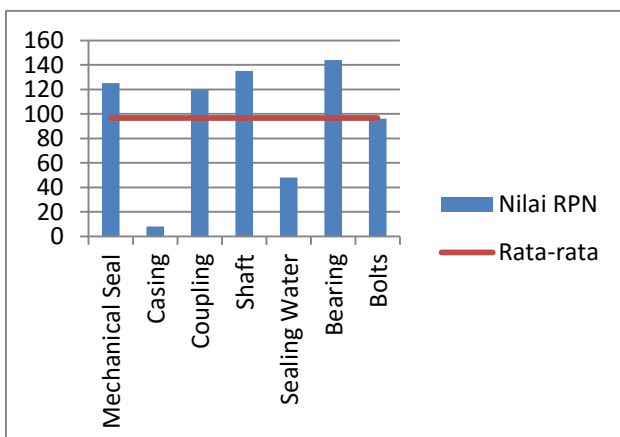
Nilai kritis RPN

$$= \frac{Total RPN}{Jumlah resiko kegagalan}$$

$$Nilai kritis RPN = \frac{676}{7}$$

$$Nilai kritis RPN = 96.58$$

Grafik 4.1 Komponen kritis hasil dari perhitungan nilai RPN



Pada Grafik dapat disimpulkan terdapat 4 komponen yang menjadi komponen kritis yang menyebabkan terjadinya kegagalan mesin diantaranya Mechanical Seal, coupling,

Shaft dan bearing. Itu didapat dengan perhitungan nilai RPN dari tiap tiap komponen pada Mechanical Seal (125), Coupling (120), Bearing(144) dan Shaft (135).

4.5 Pengategorian Komponen berdasarkan LTA (Logic Tree Analysis)

Tabel 4.4 Pengaketegorian Komponen kritis dengan LTA

Komponen Kritis	Kategori LTA				Nilai RPN
	Kategori A (Safety p problem)	Kategori B (Outage problem)	Kategori C (Economic Problem)	Kategori D (Hidden problem)	
Mech. Seal	-	√	-	-	125
Coupling	-	√	-	-	120
Bearing	-	√	-	-	144
Shaft	-	√	-	-	135

Jadi berdasarkan penelitian berupa wawancara mengenai komponen komponen tersebut maka di dapatlah hasil bahwa sumber kerusakan dari komponen komponen mesin yakni Mechanical seal, Bearing, coupling dan Shaft bersifat outage yang dapat mengakibatkan kegagalan total atau di sebagian sistem.

4.6 Prosedur perawatan berdasarkan pemilihan tindakan RCM

Pemilihan solusi tindakan ditentukan dengan menggunakan metode why why analysis, Dengan melakukan wawancara penyebab setiap kerusakan atau kegagalan mesin hingga ke akar-akarnya dengan operator atau yang orang yang mengerti keadaan mesin langsung di industri.

Tabel 4.5 Pemilihan tindakan perawatan berdasarkan RCM

Komponen	RPN	Peluang Kegagalan	Action Plan	Solusi Perawatan 1	Solusi Perawatan 2
Mechanical Seal	125	Bocor	TD	Melakukan flushing pada sealing water dengan angin bertekanan	Memperingatkan unit penyupply air untuk memerhatikan air yang didistribusikan atau membuat saringan pada pipa pendistribusi air bersih.
Coupling	120	Coupling putus	TD	Selalu dilakukannya pengecekn rutin terhadap posisi atau formasi pada pompa setiap pompa hendak digunakan.	-
Shaft	135	Shaft Patah	TD	Memastikan kembali posisi pemasangan bearing pada shaft sudah benar dan tidak goyang yang menimbulkan gesekan kembali.	-
Bearing	144	Bearing Pecah	TD	Dilakukan penjadwalan rutin untuk lunrikasi bearing pompa sesuai dengan spesifikasi pompa jika menggunakan lubrikasi oli maka dilakukan sebanyak 3- sampai 6 kali dalam 12 bulan, sedangkan untuk grease sebanyak 1 kali dalam sebulan	-

2. KESIMPULAN DAN SARAN

5.1 KESIMPULAN

Berdasarkan hasil yang diperoleh pada penelitian ini, dapat diambil beberapa kesimpulan sebagai berikut:

1. Pada mesin digester terdapat 4 komponen yang menjadi komponen kritis yang menyebabkan terjadinya kegagalan mesin diantaranya *Mechanical Seal, coupling, Shaft* dan *bearing*. Itu didapat dengan perhitungan nilai RPN dari tiap tiap komponen pada *Mechanical Seal (125), Coupling (120), Bearing(144) dan Shaft (135)*.
2. Komponen kritis pada digester termasuk pada kategori LTA yakni *Outage Problem*, dikarenakan hasil wawancara dn kuisisioner menyatakan bahwa ke 4 komponen tersebut termasuk komponen yg mengakibatkan kegagalan pada seluruh atau sebagian sistem.
3. Tindakan perawatan yang diambil untuk 4 komponen kritis pada digester ialah TD (*Time Directed*) untuk *Mechanical seal* dilakukan Flushing pada pipa pendistribusi air dan memperingatkan unit pensupply untuk memerhatikan air yang akan didistribusikan, *Bearing* dilakukan Penjadwalan rutin untuk lubrikasi pada bearing pompa sesuai kebutuhan pompa, untuk pompa dengan lubrikasi oli 3-6 kali dalam 12 bulan sedangkan untuk pompa grease 1 kali dalam sebulan. Tindakan solusi perawatan untuk *Coupling* ialah Selalu dilakukannya pengecekn rutin terhadap posisi atau formasi pada pompa setiap pompa hendak digunakan serta untuk komponen *Shaft* dilakukan tindakan perawatan berupa Memastikan kembali posisi pemasangan bearing pada shaft sudah benar dan tidak goyang yang menimbulkan gesekan kembali.

5.2 SARAN

Berdasarkan hasil penelitian yang telah dilakukan, adapun saran untuk penelitian ini adalah sebagai berikut :

1. Mengaplikasikan solusi tindakan perawatan yang telah didapat terhadap mesin-mesin pada industri *pulp and*

- paper* sesuai dengan kondisi pada penelitian ini.
2. Melakukan perhitungan *Total Minimum Downtime* dan nilai *Avaibility* dari mesin digester.
 3. Melakukan analisis perawatan RCM mesin-mesin *pulp and paper* lainnya pada *pulp making* diluar dari mesin digester.

DAFTAR PUSTAKA

1. Suwandy, Randy. (2019). Analisa Perawatan Mesin Digester dengan metode *Reliability Centered Maintenance* (RCM) pada PTPN II Pagar Merbau. Universitas Medan Area : Medan.
2. Assauri, Sofjan. (2004). *Manajemen Produksi dan Operasi*. Lembaga Penerbit Fakultas Ekonomi, Universitas Indonesia : Jakarta.
3. Kurniawan, Fajar. (2013). *Teknik dan Aplikasi Manajemen Perawatan Industri*. Graha Ilmu : Yogyakarta.
4. Kurniawan, Fajar. (2013). *Teknik dan Aplikasi Manajemen Perawatan Industri*. Graha Ilmu : Yogyakarta.
5. Alminsyah, Kevin. (2018). *Laporan Magang Pulp Making. (tidak dipublikasikan)*
6. Metcalf and Eddy. (1991). *Wastewater engineering treatment, disposal, and reuse*. McGraw Hill: Amerika.
7. Zuriadi, Rizki. (2011). Makalah Pulp and Paper.
8. Nadeak, Roni. (2018). Analisa Kegagalan Pompa Sentrifugal pada tipe KSB kapasitas 375 L/S di PDAM Tirtanadi Deli Tua dengan menggunakan metode RCM (*Reliability Centered Maintenance*). Universitas Sumatera Utara: Medan.
9. Ahmadi, Noor. (2017). Analisis Pemeliharaan Mesin Blowmould Dengan Metode RCM Di PT. CCAI. Universitas Pancasila: Jakarta.
10. Hutabarat, David. (2012). Perencanaan Perawatan Mesin Pada Unit Pembangkit Listrik Tenaga Diesel Dengan Metode RCM (*Reliability Cnetered Maintenance*) di PT. PLN (PERSERO) Pembangkitan Sumatera Bagian Utara Titi Kuning Medan. Universitas Sumatera Utara: Medan.
11. N. Ansori dan I. Mustajib. *Sistem Perawatan Terpadu*. Yogyakarta: Graha ilmu, 2013
12. Sukwadi, Roland. (2007). Analisis Perbedaan Antara Faktor-faktor kinerja perusahaan sebelum dan sesudah menerapkan strategi *Total Productive Maintenance* (TPM). Universitas Diponegoro: Semarang.
13. Pramesti, Vanni Dyah. (2018). Analisis Penerapan Metode *Reliability Centered Maintenance* (RCM) untuk meningkatkan keandalan pada sistem *Maintenance*. Universitas Sarjanawiyata Tamansiswa Yogyakarta: Yogyakarta.
14. Lukodono, Rio Prasetyo. (2013). Analisis Penerapan Metode RCM Dan MVSM Untuk Meningkatkan Keandalan Pada Sistem *Maintenance* (Studi Kasus PG. X). Universitas Brawijaya: Malang.
15. Fata, Yusrul. (2018). Analisa Perawatan mesin dengan metode *Reliability Centered Maintenance* (RCM) dan *Maintenance Value Stream Map* (MVSM) di CV. Bonjor Jaya. Universitas Islam Negeri Sunan Kalijaga: Yogyakarta.
16. Ashari, Mohammad Rifqi. (2018). Analisis Kinerja Industri *Pulp* dan Kertas Di Indonesia 2010-2014. Universitas Diponegoro: Semarang.
17. Mesra, Trisna. (2020). Analisis Perawatan Mesin Pompa Sentrifugal dengan Metoda Failure Mode and Effect Analysis (FMEA). Sekolah Tinggi Teknologi Dumai: Dumai.
18. Mufarikhah, Nurlaily. (2016). Studi Implementasi RCM untuk Peningkatan Produktivitas Dok Apung (Studi Kasus: PT.Dok dan Perkapalan Surabaya). Institut Teknologi Sepuluh Nopember (ITS): Surabaya.
19. Syahabuddin, Agus. (2019). Analisa Perawatan Mesin Bubut CY-L1640G dengan metode *Reliability Centered Maintenance* di PT.POLYMINDO PERMATA. Universitas Pamulang: Banten.
20. Muhsin, Ahmad. (2018). Analisis Keandalan dan Laju Kerusakan pada mesin Continues Frying (Studi Kasus: PT. XYZ). UPN "Veteran" Yogyakarta: Yogyakarta.

