

Analisis Perawatan Preventif Dalam Penggantian Komponen Mesin Untuk Meminimumkan Downtime Metode Reliability Centered Maintenance (Rcm) Di Pt. Pln (Persero) Ulp Banggai

Adrialdi Haseng^{1*}, Moh. Gifari Sono², Siswanto³

^{1,2,3}, Teknik Industri, Teknik, Universitas Muhammadiyah Luwuk Banggai
Jln. KH Ahmad Dahlan, Baru, Luwuk, Kabupaten Banggai, Sulawesi Tengah, (0461) 23452
* E-mail: aldyhasen691@gmail.com

Diterima 28 /12/2023; Disetujui 11/03/2024; Dipublikasikan 03/06/2024

Abstrak

Mesin merupakan salah satu alat produksi yang sangat penting yang membawa produktivitas pada suatu bisnis, dimana produktivitas sangat bergantung pada mesin. Misi PT. PLN adalah menyediakan tenaga listrik untuk kepentingan umum, sehingga pasokan listrik dapat memenuhi kebutuhan konsumen. Baik itu kebutuhan listrik rumah tangga, industri, perkantoran, jejaring sosial, dunia usaha dan penerangan umum. Proses memilih kegiatan yang perlu dijalankan agar menjamin bahwa aset fisik bisa terus melakukan fungsinya sesuai parameter operasinya saat ini dikenal sebagai pemeliharaan yang berpusat pada keandalan (RCM). RCM adalah pendekatan pemeliharaan yang menggabungkan teknik dan strategi dari pemeliharaan korektif dan preventif untuk memaksimalkan masa pakai dan meminimalkan biaya. Metode RCM (Reliability Centered Maintenance) yang digunakan pada mesin Cummins KTA 50 G8 25426135 dan Cummins KTA 50 G8 25425874 mencakup penggantian pemeliharaan preventif mesin serta inspeksi. Periksa dan ganti bagian yang rusak setiap minggu. Pendekatan RCM (Reliability Centered Maintenance) yang disebutkan melibatkan peningkatan jumlah jam perawatan rutin mesin per minggu. Misalnya 2 jam untuk setiap jam perawatan terjadwal dikalikan 2 menjadi 4 jam perawatan terjadwal, dan seterusnya untuk mendapatkan hasil yang diinginkan. Perawatan mesin produksi menggunakan Reliability Centered Maintenance (RCM) dapat meminimalisir downtime mesin sehingga dapat diterapkan lebih efektif pada PT. PLN (Persero) ULP Banggai.

Kata kunci : Mesin, Perawatan Preventif, RCM, PLN, Downtime

Abstract

Machines are one of the most important production tools that bring productivity to a business, where productivity is very dependent on machines. Mission of PT. PLN is providing electric power for the public interest, so that the electricity supply can meet consumer needs. Be it household electricity needs, industry, offices, social networks, business and public lighting. The process of selecting activities that need to be carried out to ensure that physical assets can continue to perform their functions according to their operational parameters is currently known as reliability-centred maintenance (RCM). . RCM is a maintenance approach that combines techniques and strategies from corrective and preventive maintenance to maximize service life and minimize costs. The RCM (Reliability Centered Maintenance) method used on the Cummins KTA 50 G8 25426135 and Cummins KTA 50 G8 25425874 engines includes multiple engine preventive maintenance and inspections. Check and replace damaged parts weekly. The mentioned RCM (Reliability Centered Maintenance) approach involves increasing the number of hours of routine machine maintenance per week. For example, 2 hours for each hour of scheduled maintenance is multiplied by 2 to 4 hours of scheduled maintenance, and so on to get the desired results. Production machine maintenance using Reliability Centered Maintenance (RCM) can minimize machine downtime so that it can be applied more effectively at PT. PLN (Persero) ULP Banggai.

Keywords : Machine, Preventive Maintenance, RCM, PLN, Downtime

1. Pendahuluan

Mesin merupakan salah satu alat produksi yang sangat penting yang membawa produktivitas pada suatu bisnis, dimana produktivitas sangat bergantung pada mesin. Misi PT. PLN adalah menyediakan tenaga listrik untuk kepentingan umum, sehingga pasokan listrik dapat memenuhi kebutuhan konsumen. Baik itu kebutuhan listrik rumah tangga, industri, perkantoran, jejaring sosial, dunia usaha dan penerangan umum.

PT. PLN berupaya memastikan genset tetap beroperasi normal. Meminimalkan jumlah gangguan listrik dapat mengurangi pendapatan dari gangguan listrik yang disebabkan oleh pemadaman listrik dan menghindari kerusakan serius pada mesin. Harmonisasi proses produksi merupakan tujuan penting. Salah satu fungsi yang sangat berperan penting dalam menjamin kelancaran operasional manufaktur adalah pemeliharaan mesin dan fasilitas manufaktur lainnya. Oleh karena itu, perusahaan harus selalu menjaga mesin dan fasilitas dalam kondisi terbaik agar proses produksi dapat berjalan dengan lancar. *Maintenance* atau perawatan sangat penting dalam menjaga dan merawat serta mengadakan perbaikan yang diperlukan agar terdapat suatu keadaan operasi produksi yang memuaskan sesuai apa yang telah direncanakan. Hal ini diperlukan karena perawatan mempunyai peranan yang sangat penting dalam menentukan kelancaran kegiatan produksi dan menjaga agar tidak terjadi downtime.

Downtime (waktu henti) merupakan situasi dimana mesin divonis rusak dan harus diperbaiki tanpa adanya persiapan. Faktor penyebabnya antara lain terjadi pada komponen seperti masalah solar, pipa bahan bakar rusak, filter bahan bakar mampet, masalah fuel rail, masalah injektor, sensor common rail rusak, masalah ECU. Cara agar dapat meminimumkan downtime adalah dengan melakukan perawatan preventif. Di sisi lain, downtime juga dilakukan secara sengaja karena melakukan pengecekan pada mesin-mesin, memberikan pelumas, memeriksa sambungan pipa dan berbagai tindakan preventif lainnya.

Perawatan preventif adalah sistem pemeliharaan peralatan/komponen terjadwal yang didesain buat menaikan keandalan mesin serta memprediksi aktivitas pemeliharaan yang tak terencana. Perawatan preventif sangat penting untuk menghindari downtime yang berkepanjangan sehingga proses produksi dapat beroperasi secara efisien. Salah satu metode yang digunakan untuk mengidentifikasi kegiatan perawatan preventif untuk memperbaiki masalah pemeliharaan mesin yang tidak terduga dan masalah keandalan mesin akibat penuaan adalah dengan menggambarkan sistem pemeliharaan saat ini. Dalam menggunakan pemeliharaan yang berpusat pada keandalan (RCM).

Komatsu Saa 6d 170-P800 (Ex Palasa), Perkins Mobile (Palu), Man D 2866 Le 203 (Ex Sibolang), Volvo Tad 1345 Ge (Ex Ulpltd Bungku), Cummins Kta50 G8 (Ex Ulpltd Wua-Wua), Cummins Kta50 G8 (Ex Ulpltd Silae) Merupakan Mesin - Mesin Yang Ada Pada Pt. Pln (Persero) Ulp Banggai, Namun Hanya Mesin Cummins Kta50 G8 (Ex Ulpltd Wua-Wua) Dan Cummins Kta50 G8 (EX ULPLTD SILAE) yang akan saya gunakan untuk penelitian, dikarenakan pada PT. PLN (Persero) ULP Banggai sebagai salah satu perusahaan pembangkit listrik sampai saat ini belum melakukan perawatan dengan tindakan pencegahan (*preventive maintenance*) secara intensif. Kerusakan mesin secara tiba-tiba merupakan permasalahan besar yang sering ditemui di PT. PLN (Persero) ULP Banggai yang mengakibatkan seringnya terjadi penghentian operasi, dan mengakibatkan proses

produksi harus berhenti untuk melakukan perbaikan. Hal tersebut terjadi dikarenakan kegagalan atau kerusakan mesin dalam memproduksi. Mesin memiliki peranan penting sebagai sumberdaya perusahaan yang sangat berpengaruh terhadap proses produksi, oleh karena itu mesin harus mempunyai performa yang optimal untuk dapat dioperasikan. Penggunaan mesin terus menerus pada PT. PLN (Persero) ULP Banggai akan mengakibatkan *performa* mesin menurun dalam jangka waktu tertentu. Hal ini dapat menimbulkan kerugian besar didalam perusahaan, terganggunya proses produksi, menimbulkan kecelakaan kerja serta menimbulkan biaya-biaya yang besar. Dengan melakukan kegiatan perawatan yang baik akan menghasilkan mesin yang dapat dipakai dalam jangka waktu yang lama.

2. Metode Penelitian

Penelitian ini tergolong penelitian kualitatif dan kuantitatif, merupakan penelitian yang berupaya menyebutkan solusi permasalahan yang terdapat secara sistematis serta berbasis bukti. Penelitian ini mencakup pengumpulan data, penyajian serta pengolahan. Sumber data yang dipergunakan agar mengetahui serta mendapatkan asal data penelitian tadi berasal, memakai asal data utama yang dikumpulkan eksklusif sang peneliti perusahaan.

Populasi merupakan wilayah generalisasi yang terdiri objek karakteristik dan kualitas yang sesuai dengan kriteria yang telah ditetapkan oleh peneliti sehingga dapat menjadi pelajaran untuk ditarik kesimpulan. Populasi dalam penelitian ini adalah seluruh karyawan yang bekerja di PT. PLN ULP Banggai yang berjumlah \pm 50 orang. Sampel adalah bagian dari populasi yang dijadikan objek penelitian (Rachmat, 2016). Sedangkan sampel dalam penelitian ini adalah sebagian dari populasi yaitu karyawan dibagian *maintenance* \pm 10 orang. Metode pengumpulan data yang digunakan dalam penelitian ini adalah:

1. Wawancara (*interview*) adalah suatu metode pengumpulan data dan informasi dengan cara mengajukan pertanyaan langsung kepada perusahaan.
2. Observasi merupakan pengamatan langsung penulis pada sasaran penelitian agar mengetahui kondisi alat-alat dan mesin di perusahaan tersebut.

Proses memilih kegiatan yang perlu dijalankan agar menjamin bahwa aset fisik bisa terus melakukan fungsinya sesuai parameter operasinya saat ini dikenal sebagai pemeliharaan yang berpusat pada keandalan (RCM). RCM adalah pendekatan pemeliharaan yang menggabungkan teknik dan strategi dari pemeliharaan korektif dan preventif untuk memaksimalkan masa pakai dan meminimalkan biaya.

Masuk pada keandalan Menurut beberapa definisi, pemeliharaan adalah proses mencari tahu apa yang perlu dilakukan untuk memastikan setiap aset fisik tetap berfungsi sebagaimana mestinya atau proses mencari tahu pemeliharaan apa yang efektif.

3. Hasil dan Pembahasan

Metode RCM (*Reliability Centered Maintenance*) yang digunakan pada mesin Cummins KTA 50 G8 25426135 dan Cummins KTA 50 G8 25425874 mencakup penggandaan pemeliharaan preventif mesin serta inspeksi. Periksa dan ganti bagian yang rusak setiap minggu. Pendekatan RCM (*Reliability Centered Maintenance*)

yang disebutkan melibatkan peningkatan jumlah jam perawatan rutin mesin per minggu. Misalnya 2 jam untuk setiap jam perawatan terjadwal dikalikan 2 menjadi 4 jam perawatan terjadwal, dan seterusnya untuk mendapatkan hasil seperti tabel dibawah ini. Tabel 1 Jadwal Perawatan Rutin Mesin Menggunakan Metode RCM (*Reliability Centered Maintenance*) Tahun 2023.

Tabel 1. Jadwal Perawatan Rutin Mesin Menggunakan Metode RCM (*Reliability Centered Maintenance*) Tahun 2023.

Cummins KTA 50 G8 25426135			Cummins KTA 50 G8 25425874		
Waktu Pelaksanaan (Tgl/Bln)	Waktu (Min)	Ket	Waktu Pelaksanaan (Tgl/Bln)	Waktu (Menit)	Ket
05/01	20	1 Pemeliharaan Kepala Silinder	05/01	50	1 Pemeliharaan Kepala Silinder
			13/01	50	1 Pemeliharaan Blok Mesin
25/01	20	1 Pemeliharaan Blok Mesin	18/01	50	1 Pemeliharaan Carter
			30/01	50	1 Pemeliharaan Gasket
	40	2 4 jam		00	3 10 jam
04/02	20	1 Pemeliharaan Carter	04/02	20	1 Pemeliharaan Sistem Gas Buang
15/02	0	6 Pemeliharaan Packing	24/02	20	1 Pemeliharaan Manifold Gas Buang
27/02	0	6 Pemeliharaan Gasket			
	40	2 4 jam		40	2 4 jam
08/03	80	1 Pemeliharaan Sistem Gas Buang	08/03	80	1 Pemeliharaan Turbocharger
25/03	80	1 Pemeliharaan Manifold Gas Buang	25/03	80	1 Pemeliharaan Sistem BBM
	60	3 6 jam		60	3 6 jam
06/04	20	1 Pemeliharaan Turbocharger	06/04	20	1 Pemeliharaan Pipate Kanan Tinggi
13/04	20	1 Pemeliharaan pompa utama air pendingin mesin	13/04	20	1 Pemeliharaan pompa utama air pendingin mesin
20/04	20	1 Pemeliharaan pompa bantu	20/04	20	1 Pemeliharaan pompa bantu air pendingin

		air pendingin					
25/04	20	1	Pemeliharaan Sistem BBM	25/04	20	1	Pemeliharaan Injection Pump Mesin
	80	4	8 jam		80	4	8 jam
06/05	20	1	Pemeliharaan Sistem Start	06/05	20	1	Pemeliharaan Pipate Kanan Tinggi
13/05	20	1	Pemeliharaan Pipate Kanan Tinggi	13/05	20	1	Pemeliharaan Sistem Start
22/05	20	1	Pemeliharaan Air Battery	22/05	20	1	Pemeliharaan Injection Pump Mesin
30/05	20	1	Pemeliharaan Injection Pump Mesin	30/05	20	1	Pemeliharaan Air Battery
	80	4	8 jam		80	4	8 jam
04/06	80	1	Pemeliharaan Sistem Start	04/06	20	1	Pemeliharaan Kepala Battery
13/06	80	1	Pemeliharaan Air Battery	13/06	20	1	Pemeliharaan Tegangan Battery
22/06	80	1	Pemeliharaan Kepala Battery	22/06	20	1	Pemeliharaan Peralatan Pengaman Generator
29/06	80	1	Pemeliharaan Tegangan Battery	29/06	20	1	Pemeliharaan Accumulator
	20	7	12 jam		80	4	8 jam
07/07	20	1	Pemeliharaan Peralatan Pengaman Generator	07/07	20	1	Pemeliharaan Perlengkapan Peralatan Bantu
				20/07	20	1	Pemeliharaan Seal, O-Ring Filter HSD dan Rakor
20/07	20	1	Pemeliharaan Accumulator	29/07	20	1	Pemeliharaan Minyak Pelumas
	40	2	4 jam		60	3	6 jam
09/08	20	1	Pemeliharaan Terminal-terminal	09/08	20	1	Pemeliharaan Perlengkapan Bantu Air Pendingin
25/08	20	1	Pemeliharaan Perlengkapan	25/08	20	1	Pemeliharaan Air Radiator

		Peralatan Bantu			
	40	2 4 jam		40	2 4 jam
08/09	20	1 Pemeliharaan Seal, O-Ring Filter HSD dan Rakor	13/09	20	1 Pemeliharaan Sistem Gas Buang Udara Masuk
13/09	20	1 Pemeliharaan Minyak Pelumas			
19/09	20	1 Pemeliharaan Perlengkapan Bantu Air Pendingin	28/09	20	1 Pemeliharaan Perlengkapan Panel Outlet
28/09	20	1 Pemeliharaan Air Radiator			
	80	4 8 jam		40	2 4 jam
07/10	50	1 Pemeliharaan Sistem Gas Buang Udara Masuk	14/10	40	2 Pemeliharaan Kabel-kabel Sistem Start
14/10	50	1 Pemeliharaan Perlengkapan Panel Outlet	21/10	40	2 Pemeliharaan Getaran yang berlebihan
21/10	50	1 Pemeliharaan Kabel-kabel Sistem Start	30/10	40	2 Pemeliharaan Sumber tegangan DC
30/10	50	1 Pemeliharaan Getaran yang berlebihan			
	00	6 10 jam		20	7 12 jam
04/11	80	1 Pemeliharaan Sumber tegangan DC	11/11	50	1 Pemeliharaan Sumber tegangan AC
11/11	80	1 Pemeliharaan Sumber tegangan AC	17/11	50	1 Pemeliharaan Filter udara masuk
17/11	80	1 Pemeliharaan Filter udara masuk	22/11	50	1 Pemeliharaan Filter Racor
22/11	0	9 Pemeliharaan Filter Racor	29/11	50	1 Pemeliharaan Motor Start
29/11		9 Pemeliharaan			

	0	Motor Start			
	20 ⁷	12 jam		00 ⁶	10 jam
Jumlah	800 ⁴	80 jam		800 ⁴	80 am

Sumber : PT. PLN (Persero) ULP Banggai, Juli 2023

Hasil yang didapatkan dari perawatan rutin yang dilakukan menggunakan metode RCM (*Reliability Centered Maintenance*) dapat dilihat pada tabel 2.

Tabel 2. Data kerusakan setelah menggunakan RCM (*Reliability Centered Maintenance*)

Cummins KTA 50 G8 25426135				Cummins KTA 50 G8 25425874			
Bulan	Jam Perawatan Rutin	Jam Perawatan Tidak Terencana	Jam Gangguan	Bulan	Jam Perawatan Rutin	Jam Perawatan Tidak Terencana	Jam Gangguan
Januari	4	-	-	Januari	10	-	-
Februari	4	-	-	Februari	4	-	-
Maret	6	-	-	Maret	6	-	-
April	8	-	-	April	8	-	-
Mei	8	-	-	Mei	8	-	-
Juni	12	-	-	Juni	8	-	-
Juli	4	-	-	Juli	6	-	-
Agustus	4	-	-	Agustus	4	-	-
September	8	-	-	September	4	-	-
Oktober	10	-	-	Oktober	12	-	-
November	12	-	-	November	10	-	-
Desember	-	-	-	Desember	-	-	-
Jumlah	80	-	-	Jumlah	80	-	-

Sumber : PT. PLN (Persero) ULP Banggai, Juli 2023

Bagian kritis adalah syarat suatu komponen yg rentan terhadap kerusakan yg mempengaruhi keandalan suatu mesin atau alat-alat. Sistem evaluasi komponen penting diterapkan berdasarkan empat kriteria :

1. Frekuensi kegagalan yang tinggi

Frekuensi kegagalan yg tinggi di suatu komponen, yang bila tidak segera dilakukan tindakan pemugaran, bisa menyebar ke komponen primer, sehingga berpotensi mengakibatkan peralatan tidak bisa dioperasikan (kegagalan).

2. Akibat kegagalan di system jika komponen ini rusak maka sistem tidak akan berfungsi maksimal atau menimbulkan kesalahan pada saat menjalankan fungsinya.
3. Pembongkaran dan perakitan sulit dilakukan, sehingga perbaikan memerlukan waktu. Penggantian komponen yang rusak harus dilakukan dengan cara membongkar, memperbaiki komponen atau mengganti kemudian merakit kembali. Faktor yang mempengaruhi hal tersebut antara lain:
 - a. Posisi komponen
 - b. Alat yang digunakan untuk pembongkaran
 - c. Waktu yang diperlukan
 - d. Mekanik yang berpengalaman
 - e. Biaya jasa
4. Harga komponen mahal suatu suku cadang dianggap tinggi jika lebih tinggi dari harga rata-rata seluruh suku cadang dalam suatu mesin.

Diagram blok adalah *software* saat dijalankan menggunakan sekumpulan nilai input menghasilkan hasil utama dan tak mempunyai memori internal. Diagram blok fungsi bisa digunakan buat mewakili sikap blok fungsi dan program. Berikut ini termasuk pada banyak jaringan FBD, diantaranya:

1. *Intuitive and Easy To Program* : kemampuan memahami dan mudah diprogram.
2. *Extensive Code Reuse* : penggunaan kembali kode secara ekstensif.
3. *Execution Traceability and Easy Debuggin* : kemampuan penelusuran eksekusi dan debuggin yang mudah.

Analisis mode kegagalan dan efek mengacu pada analisis yg dilakukan buat mendeteksi dampak apa pun yg bisa mengakibatkan kesalahan pada produk atau proses manufaktur. FMEA bermaksud untuk menunjukkan bahwa perusahaan bisa menciptakan sistem analitis untuk memprediksi kesalahan secara sistematis, serta memprediksi kemungkinan terjadinya kesalahan untuk mencegah kesalahan atau meminimalkan risiko.

Bagian dari penilaian dan analisis FMEA adalah penilaian risiko, berikut 3 langkah penilaiannya:

1. Keparahan: Menilai dampak insiden terhadap pelanggan
2. Kejadian: Frekuensi terjadinya penyebab kesalahan
3. Deteksi: Menilai pengendalian produk atau prosedur untuk mendeteksi penyebab mode cacat atau gagal.

Tabel 3 Analisis mode kegagalan dan efek pada mesin Cummins KTA50 G8 25425874

No	Failure	Failure Mode	Failure Effect	Solusi
1	Downtime Mesin Produksi	Kurangnya perawatan mesin Mesin yang sudah lama	Berkurangnya Produk Penjualan Kualitas produk yang semakin menurun	Evaluasi kinerja karyawan pabrik terhadap perawatan mesin Lakukan perawatan sebelum terjadi kerusakan mesin
2	Human Error	Kurangnya pengetahuan	Produsen mesin tidak menerima garansi apapun jika kerusakan disebabkan oleh kelalaian operator mesin saat digunakan.	Menyelenggarakan pelatihan bagi operator mesin atau secara langsung melatih operator mesin
3	Faktor usia mesin produksi	Terlalu sering digunakan Melewati batas usiamaksimal (10.000 jam) penggunaan mesin	Mesin tidak layak untuk difungsikan	Mengganti komponen dan sparepart yang baru agar proses produksi dapat berjalan dengan lancar.

Metode *Reliability Centered Maintenance* (RCM) untuk menentukan kebijakan perawatan paling optimal pada mesin produksi, guna meminimalisir kerugian yg ditimbulkan oleh perusahaan. Serta dijelaskan bahwa mesin produksi selalu mengalami permasalahan akibat kurangnya perawatan dan perbaikan setelah mengalami kerusakan sebagai akibatnya bisa mengganggu proses produksi.

Hasil perhitungan kunci mesin didasarkan pada data frekuensi perusahaan yang mencatat 2 kali kegagalan mesin pada 1 tahun. Sedangkan mesin mengalami downtime selama 360 jam dalam setahun. Penyebabnya adalah tidak melakukan pengecekan mesin secara rutin untuk mengurangi kerusakan mingguan.

Hasil perhitungan mesin kritis sesuai frekuensi penggunaan metode RCM pada 1 tahun tidak mengalami kerusakan. Hal ini terjadi karena dengan menggandakan pemeliharaan dan perencanaan rinci setiap minggunya, tidak ada kemungkinan *downtime*. Namun yang jelas tidak terjadi kerusakan di sini sehingga mengurangi kerugian.

4. Simpulan

Sesuai yang akan terjadi, pengolahan serta analisis data yang telah dilakukan, bisa disimpulkan beberapa hal, yaitu Perawatan mesin produksi menggunakan *Reliability Centered Maintenance* (RCM) dapat meminimalisir downtime mesin sehingga dapat diterapkan lebih efektif pada PT. PLN (Persero) ULP Banggai. Hasil penelitian memberikan perbandingan kerusakan mesin perusahaan menggunakan *Reliability Centered Maintenance* (RCM) adalah 2 kali lipat kerusakan tiap mesin dengan selisih downtime 360 jam. PT. PLN (Persero) ULP Banggai belum melaksanakan perawatan mesin produksi sesuai metode RCM (*Reliability Centered Maintenance*), sebagai akibatnya biaya perawatan mesin masih tinggi, kurang lebih 50 miliar/tahun.

Referensi

A.K. Charles E. Ebell, *Reliability and Maintainability Engineering*, (London : Mc. Graw Hill, 1977), h.5.

Adri Yahya Pamungkas, *Analisis Perawatan Mesin Produksi dengan Metode RCM*

Ahamadi, 2017, *Penerapan Metode Reliability Centered Maintenance (RCM)*

Ahyari, 2012, *Fungsi Perawatan*

Anthony Smith, *Reliability Centered Maintenance (RCM)*

Assauri, 2011, *Tujuan Perawatan*

Assauri, Sofyan. 1999. *Manajemen Produksi dan Operasi*. Edisi Keempat. Jakarta : Lembaga Fakultas Ekonomi Universitas Indonesia.

Corder, Anthony. 1992. *Teknik Manajemen Pemeliharaan*. Jakarta : Erlangga, Cristopel. 2017. Skripsi Teknik Industri “Perencanaan Preventive Maintenance Pada Mesin Chiller Dengan Metode RCM”. Medan : Universitas Medan Area

Dahun Arsyadiaga, *Analisis Penentuan Waktu Perawatan Mesin dengan Metode RCM di PT. SANMAS Dwika Abadi*.

Kusnadi, 2016, *Preventif Maintenance*

Moubray, 1997, *Failure mode and Effect analysis (FMEA)*

Pranoto, Hadi, *Reliability Centered Maintenance*, Penerbit Mitra Wacana Media, Jakarta, 2015

Prasetyo, A.B., 2016. *Penerapan Konsep Reliability Centered Maintenance(RCM) Pada Sistem Perawatan Mesin di PT. XYZ*

Rachmat, 2017, *Usulan perawatan system boiler dengan metode Reliability Centered Maintenance (RCM)*.

Sayuti, M., Muhammad, & Rifa'i, M. S. (2013). *Evaluasi Manajemen Perawatan Mesin dengan Menggunakan Metode Reliability Centered Maintenance Pada PT. Z. Malikussaleh Industrial Engineering Journal*, 2(1), 9-13.

Syahrudin, Analisis sistem perawatan mesin menggunakan metode RCM sebagai dasar kebijakan perawatan yang optimal di PLTD “X”

Tim Teknik Sistem Permesinan FTK ITS, Komponen Mesin
Tiga Strategi Dalam Pemeliharaan Mesin Kogelahaar.mhtml

PUSDIKLAT.2002.PemeliharaanPembangkitListrikTenagaDiesel.PLNUDIKLAT Pandaan