

PENGARUH MANAJEMEN PERAWATAN SISTEM ENKOL TERHADAP PENGOPERASIAN MESIN ANGLO BELGIAN CORPORATION TYPE 12V

B. J Camerling

Program Studi Teknik Industri, Fakultas Teknik Universitas Pattimura, Ambon

D. B. Paillin

Program Studi Teknik Industri, Fakultas Teknik Universitas Pattimura, Ambon

Adha B Dharma

PLN Wilayah Maluku dan Maluku Utara, Ambon

ABSTRAK

Peranan perawatan terhadap mesin diesel engine pada bagian maintenance PLTD sangat penting artinya untuk mencegah terjadinya down time produksi, dan perawatan yang paling baik digunakan adalah perawatan pencegahan sebelum terjadinya kerusakan (preventive maintenance). Sistem perawatan mesin yang dilakukan di PLTD Poka, ialah periodic maintenance dan condition-based maintenance yaitu tindakan perawatan yang dilakukan berdasarkan lamanya waktu operasi mesin yang telah ditentukan oleh pabrikan dan berdasarkan kondisi mesin. Dengan sistem tersebut, ditemukan kesulitan perencanaan dan administrasi pemeliharaan karena fluktuatifnya pengoperasian mesin sehingga pemeliharaan sering tidak tepat waktu. Waktu antar kerusakan adalah selang waktu terjadinya kerusakan setelah dilakukan perbaikan. Untuk menentukan waktu antar kerusakan, langkah pertama yang dilakukan adalah dengan mengukur lamanya waktu operasi mesin setelah dilakukan perbaikan pada setiap kerusakan mesin. Sistem perencanaan pemeliharaan selama ini masih menggunakan perhitungan pencatatan yang dilakukan secara manual sehingga ada kemungkinan salah perhitungan perencanaan pemeliharaan yang berujung pada tidak tercapainya SFC, SLC dan Jam operasi Mesin yang diharapkan/ditargetkan. Berdasarkan permasalahan tersebut, maka perlu dilakukan perawatan terhadap poros engkol sehingga bisa mencegah kerusakan yang lebih parah sehingga bisa tercapai pengoperasian mesin yang maksimal dan efisien. Penggunaan RCM diperlukan pada perawatan mesin ini sehingga hasil yang didapatkan untuk perawatan mesin lebih optimal dibandingkan dengan perawatan mesin yang dilakukan saat ini.

Kata Kunci: Pemeliharaan, Poros Engkol, Pembangkit Listrik Diesel, RCM, FMEA.

ABSTRACT

The role of maintenance of the Diesel Engine on the PLTD maintenance departed is important to prevent downtime production. The best treatment used is preventive maintenance. The engine maintenance system that carried out on PLTD Poka was a periodic maintenance and condition-based maintenance which means an action that is based on the length of operation time according to manufacturer manual and condition of the machine. With this system, it is difficult to find a periodic plan to maintain the machine due to the fluctuating operation. Interarrival time is the interval time between damage and repair. To determine the interarrival time firstly is by measuring the length of operation time after repairing every damage. So far, the maintenance plan system is done by manual record thus there is a miscalculation of maintenance plan system as the results in the non-achievement of SFC, SLC, and expected operation time. Through this experience, it is important to maintain crankshaft in order to prevent severe damage so that the efficient engine operation could be obtained. The use of RCM is required in the engine maintenance so that the result will be optimum compare to the recent machine maintenance

Keywords: Maintenance, crankshaft, diesel power plant, RCM, FMEA

PENDAHULUAN

Sistem manajemen perawatan merupakan hal yang sangat penting untuk diterapkan didunia industri, maka keadaan tersebut memaksa suatu perusahaan untuk lebih meningkatkan kelancaran, efektivitas dan efisiensi kegiatan operasinya. Salah satu hal yang mendukung kelancaran kegiatan operasi pada suatu perusahaan adalah kesiapan mesin atau peralatan dalam melaksanakan tugasnya. Untuk menjaga tingkat

kesiapan mesin atau peralatan agar mesin atau peralatan dapat selalu digunakan, maka dibutuhkan perawatan mesin atau *maintenance* yang baik.

Energi listrik memegang peranan penting dalam perkembangan peradaban manusia saat ini. Hal ini dapat dilihat dalam konsumsi listrik yang makin meningkat sering peningkatan kebutuhan hidup. Penggunaan alat – alat elektronik rumah tangga, ertambahan perusahaan dan industri serta pembangunan infrastruktur pemerintah membutuhkan suplay listrik. Peningkatan kebutuhan ini mempengaruhi kinerja sistem pembangkit dalam menyuplai energi listrik, performansi mesin untuk memberikan pasokan listrik menjadi faktor prioritas yang perlu diperhatikan. Produktifitas mesin dalam beroperasi memiliki limit pemakaian efisiensi penggunaan secara kontinyu sehingga untuk terus menjaga dan mempertahankan daya guna mesin, serta mencegah dan memperbaiki kerusakan selama operasi dibutuhkan perawatan mesin.

Pusat listrik poka menjadi pusat pembangkit terbesar di Maluku dengan 7 unit pembangkit listrik masing – masing mesin GMT 3 unit, Mesin Caterpillar sebanyak 2 unit serta mesin *Anglo Belgian Comporation* (ABC) sebanyak 2 unit. Mesin *Anglo Belgian Comporatio* (ABC) tipr mesin 12V DZC dioperasikan oleh pembangkit listrik pada bulan sebtember 2005 memiliki tatatan kerja di dasarkan sesuai kondisi ISO (ISO 3046-I), sejak operasi mesin ABC terus mengalami perawatan harian dan berskala untuk menjaga stabilisasi mesin dalam memberikan pelayanan konsumsi listrik masyarakat kota ambon dan sekitarnya. Namun demikian, perawatan jenis *preventive* yang dilaksanakan oleh pusat listrik poka tidak memperhatikan jam operasional secara lebih disiplin sehingga waktu perawatan komponen – komponen dengan interval perawatan yang lebih jau hanya berdasarkan perkiraan tanpa perhitungan waktu yang pasti. Hal in tentu saja berdampak performansi mesin yang memiliki *Standar Opertional Procedure* dalam tiap tahap perawatannya hingga berujung pada pelayanan jasa yang kurang memuaskan.

Heizer dan Render (2006) mendefenisikan *Mainteinance* adalah semua aktifitas yang berkaitan untuk mempertahankan peralatan system dalam kondisi yang layak bekerja, system perawatan yang baik menghilangkan variabilitas system. Perawatan di suatu industry merupakan salah satu faktor yang penting dalam mendukung suatu proses produksi yang mempunyai daya saing di pasaran. Tidak hanya berpengaruh pada efisiensi kerja mesin/peralatan tersebut tetapi juga devisit anggaran yang akan di keuarakan perusahaan dalam menangani masalah proses produksinya. Tindakan servis yang direkomendasikan harus dilakukan pada interval yang sesuai, lingkungan pengoperasian engine yang actual juga mengatur jadwal perawatan periodic, dengan demikian pada kondisi pengoperasian ekstrim yang parah, berdebu, basah, atau membeku akan diperlukan tindakan perawatan yang lebih sering daripada yang ditentukan. Implementasi program manajemen perawatan pencegahan harus meminimalakan biaya yang timbul akibat mogok yang direncanakan sertakerusakan. Maka dapat di simpulkan *Maintenance management* merupakan segalah aktifitas yang dilakakuan dalam upaya mempertahankan dan memperbaiki kondisi fisik fasilitas agar tetap beradah pada kondisi layak pakai.

Pada penelitian ini digunakan metode RCM yaitu untuk menentukan kegiatan perawatan yang optimal bagi perusahaan. RCM merupakan serangkaian proses yang digunakan untuk menentukan apa yang harus dilakukan untuk memastikan bahwa asset – asset fisik dapat berjalan baik dalam menjalankan fungsi yang dikehendaki oleh pemakainya dalam hal ini adalah perusahaan. Penelitian ini bertujuan untuk mengetahui komponen-komponen kritis pada sistem engkol, menentukan rencana kegiatan perawatan dalam mengantisipasi adanya kegagalan atau kerusakan yang terjadi pada sistem engkol dan mengetahui pengaruh manajemen perawatan sistem engkol pada mesin ABC type 12V.

LANDASAN TEORI

Pengertian Pemeliharaan atau *Maintenance*

Maintenance merupakan suatu fungsi dalam suatu industri manufaktur yang sama pentingnya dengan fungsi-fungsi lain seperti produksi. Hal ini karena apabila kita mempunyai mesin/peralatan, maka biasanya kita selalu berusaha untuk tetap dapat mempergunakan mesin/peralatan sehingga kegiatan produksi dapat berjalan lancar (Arsyad dan Sultan, 2018). Dalam usaha untuk dapat menggunakan terus mesin/peralatan agar kontinuitas produksi dapat terjamin, maka dibutuhkan kegiatan kegiatan pemeliharaan dan perawatan yang meliputi:

1. Kegiatan pengecekan.
2. Meminyaki (lubrication).
3. Perbaikan/reparsi atas kerusakan-kerusakan yang ada.
4. Penyesuaian/penggantian spare part atau komponen.

Beberapa tujuan utama dari *maintenance* atau pemeliharaan adalah sebagai berikut:

1. Kemampuan berproduksi dapat memenuhi kebutuhan sesuai dengan rencana produksi.
2. Menjaga kualitas pada tingkat yang tepat untuk memenuhi apa yang dibutuhkan oleh produk itu sendiri dan kegiatan produksi yang tidak terganggu.
3. Untuk membantu mengurangi pemakaian dan penyimpangan yang diluar batas dan menjaga modal yang diinvestasikan dalam perusahaan selama waktu yang ditentukan sesuai dengan kebijakan perusahaan mengenai investasi tersebut.
4. Untuk mencapai tingkat biaya *maintenance* secara efektif dan efisien keseluruhannya.
5. Untuk menjamin keselamatan orang yang menggunakan sarana tersebut.
6. Memaksimalkan ketersediaan semua peralatan sistem produksi (mengurangi *downtime*).
7. Untuk memperpanjang umur/masa pakai dari mesin/peralatan.

Tugas dan fungsi dari *maintenance* atau pemeliharaan adalah sebagai berikut:

1. Mengevaluasi dan menyimpan data hasil perawatan (*maintenance*) dan spesifikasi material dari suatu proyek dalam sebuah dokumen pemeliharaan.
2. Melakukan koordinasi dan pengawasan terhadap upaya untuk mendapatkan ijin pelaksanaan perawatan fasilitas operasi dari instansi pemerintah yang berwenang (*statutory equipment*).
3. Mengadakan pengawasan kegiatan *maintenance* peralatan, dilapangan pada tahap pabrikasi maupun konstruksi.
4. Pada tahap *comissioning* terlibat dengan fungsi terkait melakukan pemeriksaan secara menyeluruh terhadap semua obyek konstruksi dan inventarisasi dokumen pendukung *maintenance*.
5. Melaksanakan *maintenance* peralatan secara rutin sesuai prosedur dan cara yang tepat dan benar.
6. Memberikan umpan balik kepada *engineering*/perekayasa untuk kepentingan perancangan untuk masa yang akan datang.



Peran Fungsi Pemeliharaan

Berikut ini adalah beberapa jenis-jenis *maintenance* atau pemeliharaan:

A. *Planned Maintenance* (Pemeliharaan Terencana)

Planned maintenance (pemeliharaan terencana) adalah pemeliharaan yang terorganisir dan dilakukan dengan pemikiran ke masa depan, pengendalian dan pencatatan sesuai dengan rencana yang telah ditentukan sebelumnya. Oleh karena itu *program maintenance* yang akan dilakukan harus dinamis dan memerlukan pengawasan dan pengendalian secara aktif dari bagian *maintenance* melalui informasi dari catatan riwayat mesin/peralatan.

Konsep *planned maintenance* ditujukan untuk dapat mengatasi masalah yang dihadapi manajer dengan pelaksanaan kegiatan *maintenance*. Komunikasi dapat diperbaiki dengan informasi yang dapat memberi data yang lengkap untuk mengambil keputusan. Adapun data yang penting dalam kegiatan *maintenance* antara lain laporan permintaan pemeliharaan, laporan pemeriksaan, laporan perbaikan, dan lain-lain. Pemeliharaan terencana (*planned maintenance*) terdiri dari tiga bentuk pelaksanaan, yaitu:

B. *Preventive Maintenance* (Pemeliharaan Pencegahan).

Preventive maintenance adalah kegiatan pemeliharaan dan perawatan yang dilakukan untuk mencegah timbulnya kerusakan-kerusakan yang tidak terduga dan menemukan kondisi atau keadaan yang dapat menyebabkan fasilitas produksi mengalami kerusakan pada waktu digunakan dalam proses produksi. Dengan demikian semua fasilitas produksi yang diberikan *preventive maintenance* akan terjamin kelancarannya dan selalu diusahakan dalam kondisi atau keadaan yang siap dipergunakan untuk setiap operasi atau proses produksi pada setiap saat. Sehingga dapatlah dimungkinkan pembuatan suatu rencana dan jadwal pemeliharaan dan perawatan yang sangat cermat dan rencana produksi yang lebih tepat.

- C. *Corrective Maintenance* (Pemeliharaan Perbaikan)
Corrective maintenance adalah suatu kegiatan *maintenance* yang dilakukan setelah terjadinya kerusakan atau kelalaian pada mesin/peralatan sehingga tidak dapat berfungsi dengan baik.
- D. *Predictive Maintenance* (Pemeliharaan Prediktif)
Predictive maintenance adalah tindakan-tindakan *maintenance* yang dilakukan pada tanggal yang ditetapkan berdasarkan prediksi hasil analisa dan evaluasi data operasi yang diambil untuk melakukan *predictive maintenance* itu dapat berupa data getaran, temperature, vibrasi, *flow rate*, dan lain-lainnya. Perencanaan *predictive maintenance* dapat dilakukan berdasarkan data dari operator di lapangan yang diajukan melalui *work order* ke departemen *maintenance* untuk dilakukan tindakan tepat sehingga tidak akan merugikan perusahaan.
- E. *Unplanned Maintenance* (Pemeliharaan Tak Terencana)
Unplanned maintenance biasanya berupa *breakdown* atau *emergency maintenance*. *Breakdown* atau *emergency maintenance* (pemeliharaan darurat) adalah tindakan *maintenance* yang tidak dilakukan pada mesin peralatan yang masih dapat beroperasi, sampai mesin/peralatan tersebut rusak dan tidak dapat berfungsi lagi. Melalui bentuk pelaksanaan pemeliharaan tak terencana ini, diharapkan penerapan pemeliharaan tersebut akan dapat memperpanjang umur dari mesin/peralatan, dan dapat memperkecil frekuensi kerusakan
- F. *Autonomous Maintenance* (Pemeliharaan Mandiri)
Autonomous maintenance atau pemeliharaan mandiri merupakan suatu kegiatan untuk dapat meningkatkan produktivitas dan efisiensi mesin/peralatan melalui kegiatan-kegiatan yang dilaksanakan oleh operator untuk memelihara mesin/peralatan yang mereka tangani sendiri. Prinsip-prinsip yang terdapat pada lima S, merupakan prinsip yang mendasari kegiatan *autonomous maintenance* yaitu :
- ✓ Seiri (*clearing up*): Menyingkirkan benda-benda yang tidak diperlukan.
 - ✓ Seiton (*organazing*): Menempatkan benda-benda yang diperlukan dengan rapi.
 - ✓ Seiso (*cleaning*): Membersihkan peralatan dan tempat kerja.
 - ✓ Seikatsu(*standarizing*): Membuat standar kebersihan, pelumasan dan inspeksi.
 - ✓ Shitsuke (*training and discipline*): Meningkatkan skill dan moral.

Reliability Centered Maintenance (RCM)

Reliability centered maintenance sebagai suatu proses yang digunakan untuk menentukan apa yang seharusnya dilakukan untuk menjamin suatu sistem dapat berjalan dengan baik sesuai dengan fungsi yang diinginkan oleh pengguna. (Moubray, 1997). Karakteristik RCM adalah sebagai berikut:

1. Tujuan utama dari RCM adalah untuk menjaga fungsi sistem peralatan, bukan hanya menjaga peralatan agar tetap bekerja. Mengetahui fungsi sistem berarti mengetahui keluaran yang menjadi tujuan sistem dan dengan demikian dapat direncanakan tindakan perawatan untuk menjaga keluaran sistem sesuai dengan petunjuk kerja yang dimiliki peralatan.
2. Mengidentifikasi mode kerusakan spesifik dalam bagian-bagian peralatan yang potensial menghasilkan kerusakan fungsi sistem.
3. Membuat prioritas perawatan dari mode kerusakan yang terjadi. Prioritas ini berdasarkan mode kerusakan yang memberikan kontribusi terbesar dalam sistem akan mendapat prioritas tertinggi.
4. Tindakan yang telah diberi prioritas diberi tindakan pencegahan yang dapat diterapkan.

Berikut ini adalah langkah-langkah Penerapan RCM:

A. Seleksi Sistem Dan Pengumpulan Informasi

Pada saat keputusan untuk melaksanakan program RCM pada mesin atau fasilitas, maka muncul dua pertanyaan (Siswanto, 2010):

1. Pada level perakitan (komponen, sistem) proses analisis harus dilakukan?
2. Apakah keseluruhan fasilitas/mesin mendapat proses, jika tidak, pemilihan yang bagaimana yang harus dibuat?

Dalam pengumpulan informasi, waktu dan usaha dapat dipersingkat jika terdapat dokumen mengenai sistem dan informasi yang berhubungan. Daftar dokumen dan informasi yang berhubungan dengan setiap sistem untuk analisa RCM adalah:

- Sistem skematik atau *block diagram*.
- Buku manual untuk sistem yang mungkin memiliki informasi penting dari disain dan operasi sistem.
- Data historis peralatan.
- Sistem operasi manual, yang memiliki detail bagaimana sistem tersebut berfungsi.
- Spesifikasi sistem disain.

B. Definisi Batasan Sistem

Ada dua alasan mengapa definisi batasan sistem diperlukan dalam analisa proses RCM (Siswanto, 2010):

1. Pasti terdapat pengetahuan dari apa yang telah dan belum dimasukkan dalam sistem sehingga daftar komponen yang akurat dapat dianalisa.
2. Batasan-batasan yang akan menentukan faktor dalam menentukan apa yang masuk dan keluar dari sistem. Hal ini diperlukan pemahaman mengenai apa yang termasuk dalam sistem dan yang tidak.

C. Deskripsi Sistem Dan Blok Diagram Fungsi

Setelah seleksi sistem selesai dan batasan sistem juga selesai, maka dilanjutkan pada langkah ketiga untuk identifikasi dan mendokumentasikan detail-detail penting dari sistem. Lima item yang dikembangkan pada langkah ini adalah (Siswanto, 2010):

- Deskripsi Sistem
- *Functional Block Diagram*
- Sistem *In/Out*
- Struktur Sistem *Breakdown*
- Historis Peralatan

D. Fungsi Sistem Dan Kegagalan Fungsi

Pada bagian ini, proses analisis difokuskan pada kegagalan fungsi, bukan kegagalan peralatan. Biasanya kegagalan fungsi memiliki dua atau lebih kondisi yang menyebabkan kegagalan parsial, minor maupun mayor pada sistem (Siswanto, 2010).

E. Failure Mode And Effect Analysis

FMEA adalah suatu prosedur terstruktur untuk mengidentifikasi dan mencegah sebanyak mungkin mode kegagalan (*failure mode*). FMEA digunakan untuk mengidentifikasi sumber-sumber dan akar penyebab dari suatu masalah kualitas. Suatu mode kegagalan adalah apa saja yang termasuk dalam kecacatan/kegagalan dalam desain, kondisi diluar batas spesifikasi yang telah ditetapkan, atau perubahan dalam produk yang menyebabkan terganggunya fungsi dari produk itu. FMEA dapat dilakukan dengan cara (Prasetyo, 2017)

1. Mengenali dan mengevaluasi kegagalan potensi suatu produk dan efeknya.
2. Mengidentifikasi tindakan yang bisa menghilangkan atau mengurangi kesempatan dari kegagalan potensi terjadi.
3. Pencatatan proses (*document the process*).

Tujuan yang dapat dicapai oleh perusahaan dengan penerapan FMEA:

1. Untuk mengidentifikasi mode kegagalan dan tingkat keparahan efeknya.
2. Untuk mengidentifikasi karakteristik kritis dan karakteristik signifikan.
3. Untuk mengurutkan pesanan desain potensial dan defisiensi proses.
4. Untuk membantu fokus *engineer* dalam mengurangi perhatian terhadap produk dan proses, dan membantu mencegah timbulnya permasalahan.

Dalam FMEA, dapat dilakukan perhitungan RPN untuk menentukan tingkat kegagalan tertinggi. *Risk priority number* (RPN) merupakan hubungan antara tiga buah variabel yaitu *severity* (keparahan), *occurrence* (frekuensi kejadian), *detection* (deteksi kegagalan) yang menunjukkan tingkat resiko yang mengarah pada tindakan perbaikan. Adapun variabel dari RPN adalah (Siswanto, 2010):

1. Severity (X1)

Severity adalah tingkat keparahan atau efek yang ditimbulkan oleh mode kegagalan terhadap keseluruhan mesin.

2. Occurance (O)

Occurrence adalah tingkat frekuensi terjadinya kerusakan atau kegagalan. *Occurrence* berhubungan dengan estimasi jumlah kegagalan kumulatif yang muncul akibat suatu penyebab tertentu pada mesin.

3. Detection (D)

Deteksi diberikan pada sistem pengendalian yang digunakan saat ini yang memiliki kemampuan untuk mendeteksi penyebab atau mode kegagalan.

F. Logic Tree Analysis

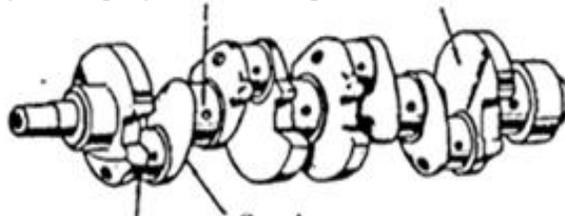
Pada bagian kolom LTA mengandung informasi mengenai nomor dan nama kegagalan fungsi, nomor dan mode kerusakan, analisis kekritisan dan keterangan tambahan yang dibutuhkan. Analisis kekritisan menempatkan setiap mode kerusakan ke dalam satu dari empat kategori. Empat hal yang penting dalam analisis kekritisan yaitu sebagai berikut:

1. *Evident*, yaitu apakah operator mengetahui dalam kondisi normal, telah terjadi gangguan dalam sistem?
2. *Safety*, yaitu apakah mode kerusakan ini menyebabkan masalah keselamatan?

3. *Outage*, yaitu apakah mode kerusakan ini mengakibatkan seluruh atau sebagian mesin terhenti?
 4. *Category*, yaitu pengkategorian yang diperoleh setelah menjawab pertanyaan-pertanyaan yang diajukan. Pada bagian ini komponen terbagi dalam 4 kategori, yakni:
 - Kategori A (*Safety problem*)
 - Kategori B (*Outage problem*)
 - Kategori C (*Economic problem*)
 - Kategori D (*Hidden failure*)
- G. Task Selection
- Tugas yang dipilih dalam kegiatan *preventive maintenance* harus memenuhi syarat berikut:
1. Aplikatif, tugas tersebut akan dapat mencegah kegagalan, mendeteksi kegagalan atau menemukan kegagalan tersembunyi.
 2. Efektif, tugas tersebut harus merupakan pilihan dengan biaya yang paling efektif diantara kandidat lainnya.

Crankshaft

Efektifitas *Crankshaft* dipengaruhi oleh tekanan pelumas, temperatur pelumas serta temperatur dalam mesin dioperasikan. *Crankshaft* merupakan bagian dari mesin yang menerjemahkan *reciprocoating linier* piston gerak ke rotasi. *Crankshaft* menerima beban yang besar dari torak dan batang torak serta berputar pada kecepatan tinggi dan berfungsi untuk mengubah gerak berputar yang akhirnya menggerakkan roda – roda. Gerakan lurus/ bolak – balok torsk sebagai akibat tekanan gas pembakaran dirubah menjadi gerakan putar dengan perantaraan batang torak.



Bagian-bagian *Crankshaft*

Keterangan :

1. Jurnal dan Batang Torak (*Connecting rod*)
 - Jurnal batang torak dihubungkan dengan bantalan luncur
 - Jurnal batang torak menerima langsung tekanan pembakaran
2. Jurnal *Crankshaft* (*Crank journal*)
 - Didukung langsung bantalan utama dengan blok silinder
3. Bobot *Balance*
 - Untuk menyimbang gaya – gaya yang tidak seimbang dari mekanisme *Crankshaft*
4. Lubang oli
 - Dengan pelumasan tekan oli dari bantalan utama *Crankshaft* ke bantalan luncur batang torak
 - Lubang di buat untuk mengurangi berat *crankshaft*

METODE PENELITIAN

Metode dalam penelitian ini menggunakan metode metode RCM untuk mendapatkan *Risk Priority Number* (RNP). Proses analisa data dengan menggunakan metode RCM memiliki bebrapa tahapan yang digunakan dalam penelitian kali ini :

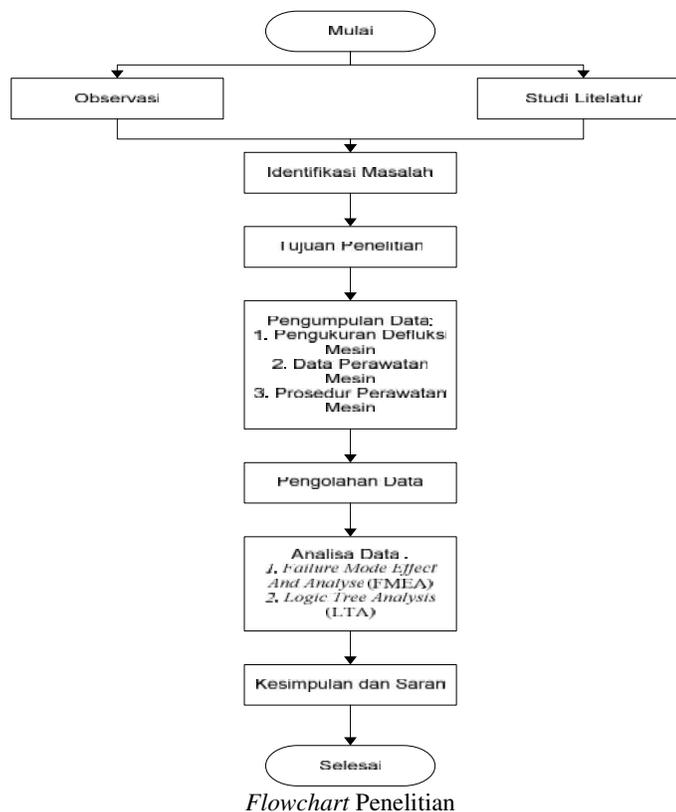
1. Pemilihan Sistem dan pengumpulan Informasi.
Sistem yang dipilih adalah sistem yang memiliki frekwensi *corrective maintenance* yang tinggi dan biaya yang mahal dan berpengaruh besar pada kelancaran proses lingkungannya.
2. Pendefenisian Batasan Sistem.
Dilakukan untuk mengetahui apa yang termasuk dan tidak termasuk ke dalam sistem yang sedang diamati.
3. Deskripsi Sistem dan Diagram Blok Fungsi.
Bertujuan untuk mengidentifikasi dan mendokumentasikan detail penting yang sedang diamati.
4. Fungsi Sistem dan Kegagalan Fungsi.
Mengidentifikasi kegagalan fungsi dan penyebab kegagalan pada fungsi sistem yang sedang diamati.
5. *Failure Mode Effect And Analyse* (FMEA).

Merupakan tool peneitian untuk mengevaluasi potensi kegagalan yang kritis ketika sebuah kegagalan terjadi selanjutnya memutuskan apa yang dilakukan untuk mengantisipasi, mencegah, mendeteksi atau memperbaikinya. Proses analisa pada FMEA dilakukan berdasarkan hasil perhitungan rangking dimana bobot pada rangking tersebut diberikan oleh supervisor pemeliharaan PL. Poka selaku orang yang telah berpengalaman dalam melakukan perawatan terhadap mesin diesel ABC *type* 12V DZc.

6. *Logic Tree Analysis* (LTA)

Merupakan suatu pengukuran kualitatif untuk mengklasifikasikan mode kegagalan. Pengukuran kualitatif tersebut dilakuakn oleh operator mesin dan kemudian diklasifikasikan mode kegagalan.

Berikut ini merupakan *flowchart* dari penelitian ini.



HASIL DAN PEMBAHASAN

Penentuan Mesin Kritis, Sistem / Bagian Kritis dan Komponen Kritis

Penentuan Sistem Atau Bagian Mesin Kritis Pada Mesin 4

N	Nama Bagian/Sistem	Kerusakan(kali)		Downtime (jam)	
		f	%	t	%
1	<i>Cylinder Head Assy</i>	115	53,00	1.461	52,09
2	<i>Piston Assy</i>	2	0,92	93	3,32
3	<i>Connecting Rod Assy</i>	5	2,30	61	2,17
4	<i>Crankshaft Assy</i>	3	1,38	95	3,39
5	<i>Inlet and Exhaust</i>	10	4,61	107	3,81
6	Sistem Pelumasan	13	5,99	195	6,95
7	Sistem Bahan Bakar	6	2,76	72	2,57
8	Sistem Pembakaran	42	19,35	489	17,43
9	Sistem Pendinginan	8	3,69	88	3,14
10	<i>Block Mesin</i>	7	3,23	86	3,07
11	Proteksi Mekanik	6	2,76	58	2,07
	Jumlah	217	100,00	2.805	100,00

Berdasarkan data-data yang diperoleh, komponen-komponen kritis pada mesin ABC Tipe 12v di PT PLN (Persero) Pusat Listrik Poka yaitu *cylinder head*, *inlet valve rocker arm*, *inlet valve housing*,

inlet valve, inlet valve seat, exhaust valve rocker arm, exhaust valve housing, exhaust valve, exhaust valve seat, gasket dan distribution box.

Penggabungan Faktor Kualitatif dan Kuantitatif dalam RCM Decision Worksheet

Berdasarkan pengolahan dan analisis data, proses penggabungan faktor kualitatif dan kuantitatif melalui beberapa tahapan. Adapun faktor kualitatif meliputi fungsi komponen, kegagalan fungsi, penyebab kegagalan dan efek kegagalan. Sedangkan proses identifikasinya melalui penyusunan *functional block diagram, system failure and function failure* sebagai sumber dalam penyusunan *failure mode and effect analysis*. MTTR untuk masing-masing komponen kritis *Cylinder Head Assy*. Dengan menggunakan nilai Tf, Tr, MTTF dan MTTR komponen-komponen kritis *Cylinder Head Assy*. dan data-data biaya kerusakan serta biaya perawatan, selanjutnya dihitung *initial interval* (interval perawatan yang optimal) dengan keandalan dan total biaya perawatan yang minimum.

Langkah selanjutnya adalah menggabungkan faktor kualitatif dan kuantitatif dalam *RCM Decision Worksheet* yang digunakan sebagai sumber informasi tindakan perawatan yang akan dilakukan dengan mengacu pada *proposed task*. Untuk komponen-komponen kritis di PT PLN (Persero) Wilayah Maluku Dan Maluku Utara, tindakan perawatan yang diusulkan adalah *combination of task* antara *schedule on-condition task* dan *schedule restoration task* untuk komponen *cylinder head* dengan interval waktu perawatan 1.148 jam dan *distribution box* dengan interval waktu perawatan 1.387 jam, sedangkan *schedule discard task* untuk komponen *inlet valve rocker arm* dengan interval waktu perawatan 1.187 jam, *inlet valve housing* dengan interval waktu perawatan 690 jam, *inlet valve* dengan interval waktu perawatan 991 jam, *inlet valve seat* dengan interval waktu perawatan 612 jam, *exhaust valve rocker arm* dengan interval waktu perawatan 1.379 jam, *exhaust valve housing* interval waktu perawatan 763 jam, *exhaust valve* dengan interval waktu perawatan 732 jam, *exhaust valve seat* dengan interval waktu perawatan 648 jam dan *gasket* dengan interval waktu perawatan 2.157 jam.

Dasar Penentuan Kebijakan Perawatan yang Optimal dari Komponen Mesin

Dari hasil perhitungan ternyata nilai keandalan dapat ditingkatkan dan total biaya perawatan dari komponen-komponen kritis dapat diturunkan. Peningkatan keandalan terbesar pada komponen *exhaust valve rocker arm* yang sebelumnya 0,330726786 menjadi 0,549009057 dengan prosentase peningkatan sebesar 66,00% dan yang terkecil pada komponen *exhaust valve seat* yang sebelumnya 0,768241438 menjadi 0,826827404 dengan prosentase peningkatan sebesar 7,63%. Kemudian penurunan total biaya perawatan terbesar pada komponen *gasket* yang sebelumnya Rp. 6.492,78 per jam menjadi Rp. 3.515,85 dengan prosentase penurunan sebesar 45,85% dan yang terkecil pada komponen *exhaust valve rocker arm* yang sebelumnya Rp. 20.412,43 menjadi Rp. 18.300, 12 dengan presentase penurunan 10,29%. Untuk lebih jelasnya dapat dilihat pada table 4. Sehingga TM untuk seluruh komponen kritis dapat dijadikan sebagai dasar kebijakan perawatan optimal karena berhasil meningkatkan keandalan (R) dan menurunkan total biaya perawatan (TC).

Failure Mode Effect And Analyse (FMEA)

Ada beberapa langkah penyusunan dalam penelitian menggunakan metode FMEA ini untuk menganalisa terhadap keandalan instrumentasi mesin *Anglo Belgian Corporation (ABC) type 12V DZC* di PT. PLN (Persero) PLTD Poka menggunakan metode FMEA ini yaitu:

1. Peninjauan kembali bagian atau komponen yang mengalami gangguan atau kegagalan pada mesin *Anglo Belgian Corporation (ABC) type 12V DZC* serta fungsi komponen tersebut. Langkah ini ada pada tabel *worksheet* FMEA untuk *komponent instrument* dan *function*.
2. Mengidentifikasi mode atau bentuk kegagalan yang terjadi pada komponen. Langkah ini ada pada tabel *worksheet* FMEA mesin *Anglo Belgian Corporation (ABC) type 12V DZC* untuk *potential failure mode*.
3. Mengidentifikasi akibat atau efek potensial dari masing-masing mode kegagalan yang terjadi, langkah ini ada pada tabel *worksheet* FMEA mesin *Anglo Belgian Corporation (ABC) type 12V DZC* untuk *potential effect of failure*.
4. Menentukan nilai *saverity* (keparahan) dari masing-masing komponen *insrument*. Kriteria *saferity* dijelaskan pada bab III.
5. Mengidentifikasi terjadinya kegagalan pada mesin langkah ini dijelaskan pada tabel *potential Causes of Failure* (potensi penyebab kegagalan).
6. Menentukan laju kegagalan dan nilai *occurence* (frekuensi kegagalan pada masing-masing komponen. Kriteria *occurence* dijelaskan pada bab III.
7. Mengidentifikasi *current controls* (bentuk pengendalian) pada masing-masing komponen instrumen. *Current controls* diartikan bagaimana cara penanggulangan dalam menyelesaikan permasalahan yang ada.

8. Menentukan *detection* (deteksi) atau kemampuan dalam mendeteksi kegagalan yang terjadi. Kriteria langkah untuk *detection* dijelaskan pada bab III.
9. Menghitung nilai *Risk Priority Number* (RPN) dengan mengkalikan nilai ketiga variabel dari *severity*, *occurrence detection*, dan RPN rata-rata dari masing-masing komponen *instrument*.
10. Penjelasan dan rangkuman dari hasil analisa instrumentasi mesin *Anglo Belgian Corporation* (ABC) type 12V DZC menggunakan metode FMEA.

Sebagai analisa pendukung dalam metode FMEA, digunakan analisa diagram pareto untuk membuat grafik diagram pareto berdasarkan RPN rata-rata dari tabel *worksheet* FMEA, dan melakukan analisa ketersediaan (*availability*) pada instrumentasi mesin.

Worksheet FMEA pada instrumentasi mesin *Anglo Belgian Corporation* (ABC) type 12V DZC PT. PLN (Persero) area Poka

NO	Component Instrument	Function	Potencial Failure Moda	Potencial Effect of Failure	SEV	Potencial Cause of Failure	OC	Current Controls	DET	RPN
1	Cylinder Head Assy	sebagai penutup bagian atas mesin dan menahan tekanan kompresi dan pembakaran, mengendalikan panas dalam ruangan (dengan sistem pendingin) dan sebagai dudukan komponen-komponen bagian atas mesin mesin.	1. Bocornya Katup Cylinder 2. Katup Cylinder Memuai	1. Kinerja mesin menurun 2. Radiator dan oli akan tercampur	5	1. Kebocoran terjadi karena terlalu haus 2. Mesin yang begitu panas	10	Melakukan pengecekan atau perbaikan alat terkait	5	250
2	Piston Assy	merubah tekanan pembakaran menjadi gerakan mekanis.	1. Piston Rusak/haus	1. Oli mesin cepat habis 2. Mesin Kurang bertenaga	6	1. Piston Assy dan Head Assy bertabrakan 2. Kehabisan oli mesin	3	Melakukan pengecekan atau perbaikan alat terkait	5	90
3	Connecting Rod Assy	meneruskan gerak naik turun piston ke <i>crankshaft</i> .	1. Connecting Rod Assy haus	1. Tenaga mesin berkurang	5	1. Kehabisan oli mesin	4	Melakukan pengecekan atau perbaikan alat terkait	5	100
4	Crankshaft Assy	berfungsi merubah gerak naik turun piston menjadi gerak putar.	1. <i>Crankshaft</i> Assy haus	1. Tenaga mesin berkurang	5	1. Kehabisan oli mesin	4	Melakukan pengecekan atau perbaikan alat terkait	5	100
5	Inlet dan Exhaust	berfungsi memasukkan udara bersih untuk kebutuhan pembakaran di dalam mesin dan membuang gas sisa pembakaran	1. Terjadi kebocoran 2. Kerusakan pipa dan line	1. Kinerja mesin menurun 2. Muncul suara asing	5	1. Masuknya material asing	5	Melakukan pengecekan atau perbaikan alat terkait	5	125

NO	Component Instrument	Function	Potencial Failure Moda	Potencial Effect of Failure	S E V	Potencial Cause of Failure	O C C	Current Controls	D E T	R P N
		dengan mereduksi tekanan, panas dan emisinya.								
6	Sistem Pelumasan	mengurangi terjadinya gesekan dan mencegah berkaratnya komponen-komponen mesin yang bergerak translasi maupun rotasi.	1. Katup pengatur tekanan oli rusak. 2. Alat pengukur tekanan rusak. 3. sil rusak	1. Mesin Tidak dapat distarter	7	1. Umur pakai 2. Pemasangan yang salah	6	Melakukan pergantian komponen yang rusak	5	210
7	Sistem bahan bakar	menyediakan bahan bakar untuk kebutuhan kerja mesin.	1. Tangki bahan bakar bocor	1. Mesin cepat kehabisan bahan bakar	3	1. Terjadi kecelakaan kerja yang mengakibatkan benturan	5	Melakukan perbaikan	5	75
8	Sistem Pembakaran	menyemprotkan bahan bakar ke ruang bakar dan mengatur jumlah bahan bakar yang disemprotkan sesuai kebutuhan dan beban mesin.	1. Kondensor rusak 2. Kabel Putus	1. Mesin tidak dapat hidup	7	1. Umur pakai 2. Kecelakaan kerja	8	Melakukan pengecekan, perbaikan, dan pergantian komponen yang rusak	6	336
9	Sistem Pendinginan	mengurangi panas yang berlebihan pada komponen mesin.	1. Silinder Head bengkok 2. Pack cop rusak	1. Oli mesin bercampur radiator	2	1. mesin terlalu dipaksakan hingga 2. <i>overheat</i>	5	Melakukan pengecekan atau perbaikan alat terkait	5	50
10	Block Mesin	rumah atau tempat kedudukan komponen-komponen utama yang bergerak.	1. blok mesin haus	1. Terjadi kelonggaran	5	1. Kehabisan oli mesin	5	Melakukan pengecekan atau perbaikan alat terkait	5	125
11	Proteksi Mekanik	sebagai penggerak mula dalam menghidupkan dan menghentikan kerja mesin	1. Kerusakan batang penggerak	1. Kinerja mesin berkurang	5	1. Umur pakai 2. Suhu yang tinggi 3. Terjadi benturan komponen	5	Melakukan pengecekan atau perbaikan alat terkait	5	125

Analisa Instrumental Sistem Engkol Mesin *Anglo Belgian Corporation (ABC) Type 12v Dzc*

Dari analisa instrumentasi sistem engkol mesin *anglo belgian corporation (abc) type 12v dzc* dengan menggunakan metode FMEA menggunakan metode FMEA maka didapat RPN total sebesar 1586 dengan 11 komponen instrumen yang mengalami gangguan. RPN rata-rata dari komponen instrumen yaitu: Sistem Pembakaran sebesar 336, *Cylinder Head Assy* sebesar 250, sistem pelumasan sebesar 210, *Inlet* dan *Exhaust* sebesar 125, *block* mesin sebesar 125, proteksi mekanik sebesar 125, *connecting rod*

assy sebesar 100. *Crankshaft assy* sebesar 100, piston assy sebesar 90, sistem bahan bakar sebesar 75, dan sistem pendinginan sebesar 50.

Persentase Kumulatif Instrumen Sistem Engkol Mesin *Anglo Belgian Corporation (ABC)*
Type 12v DZC

NO.	Komponen	RPN	Total Kumulatif	Persentase Total Keseluruhan %	Persentase Kumulatif %
1	Sistem Pembakaran	336	336	21.19	21.19
2	<i>Cylinder Head Assy</i>	250	586	15.76	36.95
3	<i>Sistem Pelumasan</i>	210	796	13.24	50.19
4	<i>Inlet dan Exhaust</i>	125	921	7.88	58.07
5	<i>Block Mesin</i>	125	1046	7.88	65.95
6	Proteksi Mekanik	125	1171	7.88	73.83
7	Connecting Rod Assy	100	1271	6.31	80.14
8	<i>Crankshaft Assy</i>	100	1371	6.31	86.44
9	Piston Assy	90	1461	5.67	92.12
10	Sistem bahan bakar	75	1536	4.73	96.85
11	Sistem Pendinginan	50	1586	3.15	100.00
Total		1586		100.00	

Logic Tree Analysis (LTA)

(LTA) merupakan proses yang kualitatif yang digunakan untuk mengetahui konsekuensi yang ditimbulkan oleh masing – masing *failure mode*. Tujuan *Logic Tree Analysis (LTA)* adalah mengklasifikasikan *failure mode* ke dalam beberapa kategori sehingga nantinya dapat ditentukan tingkat prioritas dalam penanganan masing-masing *failure mode* berdasarkan kategorinya.

Logic Tree Analysis

No	Failure function	No	Failure Mode	Criticality Analysis			
				Evident	Savety	Outage	Category
1	Suhu menjadi panas	1	Katup <i>Cilynder</i> bocor	Y	N	N	C
		2	Katup <i>Cilynder</i> memuai	Y	N	N	C
2	Kinerja Mesin kurang baik	1	Piston Rusak/haus	Y	N	N	C
3	Gerak naik turun mesin tidak stabil	1	Connecting Rod Assy haus	N	N	N	D/B
4	Gerak berputar mesin tidak stabil	1	<i>Crankshaft Assy</i> haus	N	N	N	D/B
5	Sirkulasi udara dalam mesin tidak stabil	1	Kebocoran	Y	N	N	C
		2	Kerusakan pipa dan line	N	N	N	D/B
6	Mesin tidak dapat distarter	1	Katup pengatur tekanan oli rusak	Y	N	Y	B
		2	Alat pengukur	Y	N	Y	B

No	Failure function	No	Failure Mode	Criticality Analysis			
				Evident	Safety	Outage	Category
			tekanan rusak				
		3	Sil rusak	N	N	Y	B
7	Bahan bakar cepat habis	1	Tangki bahan bakar bocor	N	N	N	C
8	Tidak terjadi pembakaran	1	Kondensor rusak	N	N	Y	B
		2	Kabel rusak	N	N	Y	B
9	suhu mesin menjadi sangat panas	1	Silinder Head bengkok	Y	N	N	C
		2	<i>pack pop</i> rusak	N	N	N	D/B
10	Komponen mesin bergeser	1	Blok mesin haus	N	N	N	D/B
11	Kinerja Mesin berkurang	1	Kerusakan batang penggerak	Y	N	N	C

Keterangan: Y = Yes

N = No

A = Tidak berdampak terhadap personal dan lingkungan

B = Berdampak terhadap operasional dan kerugian yang signifikan

C = Berdampak terhadap operasional dan kerugian yang relative kecil

D = *hidden failure*

Hasil *Logic Tree Analysis* yang ditunjukkan pada Tabel di atas dari total 17 failure mode menunjukkan bahwa 0% kategori A hal ini dikarenakan *Failure Mode* tidak mempunyai konsekuensi safety terhadap personel maupun lingkungan, 29,4% diantaranya adalah kategori B karena *failure mode* memiliki konsekuensi terhadap operasional plant yang dapat mengakibatkan kerugian ekonomi secara signifikan, 41,8% di antaranya adalah kategori C *failure mode* tidak berpengaruh kepada *safety* maupun operasional plant dan hanya mengakibatkan kerugian ekonomi yang relative kecil untuk perbaikan, 29,4 di antaranya adalah kategori D/B karena *failure mode* tergolong sebagai *hidden failure* yang berdampak bagi kerugian ekonomi yang relative kecil untuk perbaikan.

KESIMPULAN

Berdasarkan hasil pengolahan data dan analisis yang telah dilakukan sebelumnya dapat disimpulkan beberapa hal yaitu:

1. Komponen-komponen mesin kritis di PT PLN (Persero) Wilayah Maluku Dan Maluku Utara yaitu: *cylinder head*, *inlet valve rocker arm*, *inlet valve housing*, *inlet valve*, *inlet valve seat*, *exhaust valve housing*, *exhaust valve*, *exhaust valve seat*, *gasket* dan *distribution box*.
2. Perawatan *inlet valve seat* yang sebelumnya dilaksanakan setiap 30 hari menjadi 26 hari, *exhaust valve seat* yang sebelumnya dilaksanakan setiap 30 hari menjadi 27 hari. *Inlet valve housing* yang sebelumnya dilaksanakan setiap 45 hari menjadi 29 hari. *Exhaust valve* yang sebelumnya dilaksanakan setiap 45 hari menjadi 31 hari, *exhaust valve housing* yang sebelumnya dilaksanakan 45 hari menjadi 32 hari. Kemudian *inlet valve* yang sebelumnya dilaksanakan setiap 45 hari menjadi 41 hari, *cylinder head* yang sebelumnya dilaksanakan setiap 90 hari menjadi 48 hari, *inlet valve rocker arm* yang sebelumnya dilaksanakan setiap 90 hari menjadi 49 hari dan *exhaust valve rocker arm* yang sebelumnya dilaksanakan setiap 90 hari menjadi 57 hari. Selanjutnya, *distribution box* yang sebelumnya dilaksanakan setiap 105 hari menjadi 58 hari dan *gasket* yang sebelumnya dilaksanakan setiap 105 hari menjadi 90 hari
3. Terjadi peningkatan keandalan pada komponen-komponen kritis. Peningkatan terbesar pada *exhaust valve rocker arm* yaitu: 66,00% dan terkecil pada *exhaust valve seat* yaitu 7,63%. Selain itu terjadi penurunan total biaya perawatan pada komponen-komponen kritis. Penurunan terbesar pada *gasket* yaitu: 45,85% dan terkecil pada *exhaust valve rocker arm* yaitu: 10,29%. Dalam hal ini interval perawatan untuk seluruh komponen kritis dapat dijadikan dasar kebijakan perawatan yang optimal di PT PLN (Persero) Wilayah Maluku Dan Maluku Utara.

DAFTAR PUSTAKA

- Al-Ghamdi, (2005)., *Reliability Centered Maintenance Concepts and Applications: A Case Study*, Univ. Cincinnati *Industrial Engineering*, International Journal of Industrial Engineering-Theory Applications and Practice; Pp: 123-132; Vol: 7
- Arsyad, M., & Sultan, A. Z. (2018). *Manajemen Perawatan*. Deepublish
- Ebeling, E. Charles, (1997), *An Introduction to Reliability and Maintainability Engineering*, Mc.Graw-Hill, Singapore.
- Govil, A. K, (1993)., *Reliability Centered Maintenance*, Mc. Graw Hill Publishing Co, New Delhi
- Havard, J. Thevik. (2000). *Determination of Cost Optimal Predetermined Maintenance, schedule* (on line), (http://www.dnv.com/binari/determination_cost_optimum/tcp4-8724.pdf). Tanggal akses 16-12-2019
- Higgins, Lindley R. (1987)., *Maintenance Engineering Handbook*. 4th Edition. McGraw Hill Book Company. New York.
- Kusumoningrum, L. (2010)., *Perencanaan Perawatan Mesin Induction Furnace dengan Pendekatan Reliability Centered Maintenance (RCM)*. S-1 Teknik Industri, Unuversitas Pembangunan Nasional "Veteran" Yogyakarta.
- Moubray, John, (1997), *Reliability Centered Maintenance II*, 2nd Edition, Butterworth Heinemann,Oxford.
- Prasetyo, C. P. (2017)., *Evaluasi Manajemen Perawatan dengan Metode Reliability Centered Maintenance (RCM) II pada Mesin Cane Cutter 1 dan 2 di Stasiun Gilingan PG Meritjan-Kediri*. Rekayasa, 10(2), 99-107
- Silva, Carlos Manuel I, (2008)., *Proactive Reliability Maintenance: a case study conserning maintenance service cost*. Journal of Quality in Maintenance Engineering, Vol. 14 No.4 pp. 343-355.
- Siswanto, Y. (2010)., *Perancangan Preventive Maintenance Berdasarkan Metode Reliability Centered Maintenance (RCM) Pada PT. Sinar Sosro*. S-1 Teknik Industri, Universitas Sumatera Utara, Medan

