

PENERAPAN PREVENTIVE MAINTENANCE PADA PERALATAN KOMPRESOR LEPAS PANTAI (OFFSHORE) PT SOME

Suharjo¹, Puja Ardiles²

^{1,2}Program Studi Teknik Mesin, Fakultas Teknik, Universitas Batam,
Jl. Uniba No. 5 Batam Center, Kota Batam, 29432, Indonesia

Abstrak

Tujuan dari penelitian ini adalah merancang dan membangun sistem maintenance untuk melakukan diagnosis terhadap parameter air compressor serta panduan penanganan terhadap kerusakan yang terjadi. Hasil pengumpulan dan pengolahan data serta dilakukannya analisis data, didapatkan kesimpulan bentuk distribusi dari tiap komponennya berbeda-beda yang berpengaruh pada pola kegagalan komponen. Kebijakan perawatan baru yang perlu diterapkan untuk menghindari kegagalan komponen dan juga waktu breakdown yang lama. Untuk mengantisipasi kerusakan lebih akibat beban lebih maka perlu diperhatikan sistem pendingin, dan pelumasan. Dari tingginya jumlah catatan kerusakan kompresor maka diperlukan perawatan secara berkala, inspeksi harian, mingguan dan inspeksi utama.

Kata Kunci: Kompresor, Perawatan mesin, Inspeksi

Abstract

The purpose of this research is to design and build a maintenance system to diagnose air compressor parameters and guide the handling of damage that occurs. The results of data collection and processing as well as data analysis, it is concluded that the distribution form of each component is different which affects the pattern of component failure. New maintenance policies that need to be implemented to avoid component failure and long breakdown times. To anticipate more damage due to overload, it is necessary to pay attention to the cooling system, and lubrication. Due to the high number of compressor failure records, periodic maintenance, daily, weekly, and major inspections are required.

Keywords: Compressor, Engine maintenance, Inspection

1. PENDAHULUAN

1.1 Latar Belakang

Pertambangan minyak dan gas bumi memiliki peran yang sangat penting dalam pembangunan ekonomi nasional baik dalam sektor fiskal, moneter, maupun sektor riil. Salah satu karakteristik industri pertambangan adalah padat modal, padat teknologi, dan memiliki resiko yang besar dan rentan terhadap kecelakaan kerja terlebih terhadap pekerja yang berkera di anjungan lepas pantai dalam mengeksplorasi dan mengeksploitasi minyak dan gas bumi. Anjungan lepas pantai (*Offshore Platform* atau *Offshore Rig*) adalah suatu struktur bangunan dengan peralatan pengeboran yang dibangun di lepas pantai untuk mendukung proses eksplorasi atau eksploitasi bahan tambang maupun mineral alam.

Fungsi utama dari anjungan lepas pantai (*Offshore Platform* atau *Offshore Rig*) untuk eksplorasi dan produksi minyak dan gas bumi. Ada lebih dari 7500 bangunan lepas pantai di dunia untuk industri minyak dan gas, dan 85% dari jumlahnya akan membutuhkan *assessment* lebih lanjut terkait dengan usianya (Shen, 2015). Sebelum dilakukan *life extend* pada struktur, perlu dilakukan kegiatan inspeksi.

Tujuan dari inspeksi adalah mengetahui kondisi terbaru dari struktur dan menemukan hal lain yang tidak layak. Sehingga dapat dilakukan mitigasi atau tindakan yang harus dilakukan untuk meningkatkan kualitas dan keamanan struktur agar layak sesuai spesifikasi dan syarat kelayakan pada *platform* untuk beroperasi lebih lama. *Air Compressor* adalah suatu mesin mekanik yang berfungsi untuk memampatkan *fluida* gas atau meningkatkan tekanan udara. *Air Compressor* menjadi komponen penting dikarenakan sebagian besar komponen produksi migas seperti *Wellhead Control Panel (WHCP)*, *Control Valve*, *Flowline Choke Valve*, *Emergency Shutdown/Blow down Valve*, *Chemical Injection Pump* menggunakan tenaga pneumatic agar dapat beroperasi. Kerusakan yang terjadi pada *air compressor* akan berdampak pada terganggunya proses produksi migas bahkan bisa sampai mengakibatkan terhentinya produksi migas. PT SMOE sebagai

salah satu kontraktor yang diikutkan dalam pengelolaan anjungan di Qatar Projek Lepas Pantai (*Offshore*) juga bertanggung jawab terhadap kelancaran produksi minyak lepas pantai tersebut. Dalam hal ini untuk penerapan *maintenance* aktifitas terhadap peralatannya terutama kompresor udara.

1.2 Perumusan Masalah

1. SAP system belum dapat memberikan informasi yang akurat dan efisien mengenai kondisi aktual air *compressor* serta penanganan jika terjadi kerusakan.
2. Buku panduan IOM (*Instruction and Operation Manual*) untuk perawatan *air compressor* umumnya kurang mendetail sehingga masih memerlukan penjelasan melalui komunikasi langsung dengan pihak vendor OEM (*Original Equipment Manufacture*).
3. Kondisi lingkungan kerja *offshore* yang ekstrim seringkali mengakibatkan terganggunya sinyal komunikasi (akses telepon dan internet).
4. Kegiatan *maintenance* terhadap air compressor harus dilakukan dengan cepat untuk menghindari terhentinya produksi migas anjungan lepas pantai.
5. Bagaimana caranya membuat sistem yang memudahkan teknisi dalam melakukan kegiatan *maintenance air compressor*.

1.3 Pembatasan Masalah

1. Penelitian di lakukan di area kerja PT SOME di anjungan lepas pantai.
2. Survey ditujukan untuk melihat fenomena kerusakan kompresor.
3. Area kerja adalah untuk peralatan kompresor.

1.4 Tujuan Penelitian

Menganalisa gejala-gejala kerusakan *air compressor* sehingga didapatkan solusi atas kerusakan yang terjadi agar efektif dalam menerapkan *preventive maintenance* pada air compressor. Selain itu juga menerapkan *system preventive maintenance* untuk melakukan diagnosis terhadap parameter *air compressor* serta panduan penanganan terhadap kerusakan yang terjadi.

1.5 Manfaat Penelitian

Penelitian ini diharapkan dapat memberi manfaat baik bagi teknisi, perusahaan migas, dan bagi masyarakat pada umumnya.

2. TINJAUAN PUSTAKA

2.1 Manajemen Perawatan Dan Perbaikan

Perawatan dan Perbaikan (*maintenance and repair*) merupakan salah satu kunci pokok keberhasilan dari suatu proses produksi dan service (Sitinjak Jefri 2006). Secara spesifik usaha perawatan dan perbaikan saat ini juga dikenal siklus PACRIM (*Problem, Ask and Analyze, Cause, Remedies, Implement, Monitoring*). Berikut dapat kita lihat tabel perkembangan siklus system yang digunakan:

Tabel 1. Sistem Manajemen Perawatan

PDCA	DMAIC	PACRIM
P = Planning Meninjau kesenjangan antara harapan dan aktual pencapaian (terjadinya penyimpangan) dengan pengumpulan data, identifikasi masalah dan pemikiran solusinya.	D = Define Melakukan identifikasi masalah. Apa perbedaan harapan dan kenyataan? Menetapkan tujuan. Apa yang diinginkan pelanggan?	P = Problem Mengidentifikasi problem dan hambatan yang terjadi
	M = Measure Melakukan pengukuran dan pengumpulan data, sehingga masalah yang akan dibahas menjadi lebih focus dan mengena. Bagaimana performanya dan mengukurnya?	A = Ask & Analyze Mencari akar masalah dan potensi terjadinya hambatan. Melakukan analisa dan validasi potensi menjadi temuan mendasar sebagai akar masalah.
D = Do Uji coba solusi yang direncanakan	A = Analyze Melakukan analisa akan data dan fakta yang terjadi sehingga akar masalah dapat ditemukan untuk ditindak lanjuti. Apa akar masalahnya?	C = Cause Menentukan akar masalah dan rencana penanggulangan
C = Check Mengukur hasil uji coba dan hasil dengan memperhatikan dan membenarkan solusi pada hambatan yang terjadi	I = Improve Tindakan perbaikan dengan berakar pada hasil analisa, dan dilakukan perbaikan terus menerus hingga didapat standar baru yang lebih baik. Bagaimana menghilangkan variasi & defect?	R = Remedies Merencanakan tindakan perbaikan dan penanganan masalah secara total
A = Action Berdasarkan hasil check dan rencana tindakan perbaikan dilakukan langkah implementasi untuk didapat suatu standard baru pada proses perbaikan tersebut.	C = Control Melakukan kontrol performa agar penyimpangan dapat dihindarkan dan dihilangkan. Sehingga kesalahan dan variasi dapat dicegah timbul kembali. Bagaimana kita dapat mempertahankan improvement?	I = Implement Mengimplementasikan tindakan perbaikan hingga didapat performa baru yang lebih baik dan pencegahan munculnya masalah yang sama terjadi lagi.
		M = Monitoring Melakukan pengukuran, monitoring dan kontrol atas langkah tindakan perbaikan dan pencegahan

Sumber: Manajemen Perawatan; Sitinjak. Jefri, 2006:3

Pada tiga system diatas maka dapat kita simpulkan bahwa PACRIM akan lebih spesifik dalam setiap usaha perawatan dan perbaikan, khususnya perawatan dan perbaikan mesin dan peralatannya secara fisik.

2.2 Definisi Sistem Pendingin

Sistem pendingin mempertahankan suhu engine pada batas ideal yang telah ditentukan. Sistem pendingin juga bertanggung jawab untuk mempertahankan suhu engine saat

beroperasi. Panas hasil pembakaran tidak semuanya terkonversi menjadi energi, sebagian terbuang melalui saluran pembuangan dan sebagian terserap oleh material disekitar ruang bakar.

2.3 Konsep Hubungan Waktu Dan Perawatan

Menurut Jr. Parton (1995) dalam (Santoso & Chairul, n.d.) ada beberapa istilah dalam maintenance yang sering digunakan meliputi *Up Time* (Waktu (*period of time*)), *Downtime* Mesin, *Operating Time*, *Standby Time*, *Maintenance Time*, *Active Maintenance Time*, *Logistic Time*, *Administrative Time*, *Corrective Maintenance Time* dan *Preventive Maintenance Time*.

2.4 Metode Reliability Centerd Maintenance (RCM)

Metode Reliability Centerd Maintenance (RCM) menurut Moubray (1997) merupakan metode yang bertujuan untuk menentukan bentuk strategi dalam menjaga asset agar dapat dalam keadaan optimal untuk melakukan proses produksinya dan dapat sesuai dengan harapan. RCM juga dapat dikatakan sebagai pendekatan perawatan yang mengkombinasikan antara *preventive maintenance* dan *corrective maintenance* untuk memanfaatkan umur dan fungsi aset atau sistem dengan meminimalkan *cost* yang ada (Henley, 1981). Kegiatan *preventive maintenance* merupakan kegiatan perawatan yang dilakukan sebelum kerusakan terjadi dan *corrective maintenance* yaitu perawatan yang dilakukan apabila kerusakan terjadi dan diperlukan perbaikan segera. Menurut Silva (2008) tujuan dari *preventive maintenance* berupa tercapainya ketersediaan (*availability*) dan keandalan (*reliability*) pada sistem dengan cara menurunkan *downtime* yang dapat mempengaruhi biaya perawatan.

2.5 Pengertian Kompresor Udara

Menurut Sularso dan Tahara (2006:167), Kompresor adalah mesin untuk memampatkan udara atau gas. Kompresor udara biasanya mengisap udara dari atmosfer. Namun ada pula yang mengisap udara atau gas yang bertekanan lebih tinggi dari tekanan atmosfer. Kompresor

bekerja sebagai penguat (*booster*). Sebaliknya ada pula kompresor yang mengisap gas bertekanan rendah dari tekanan atmosfer. Kompresor ini disebut pompa vakum.

3. METODOLOGI PENELITIAN

3.1 Waktu Dan Tempat Penelitian

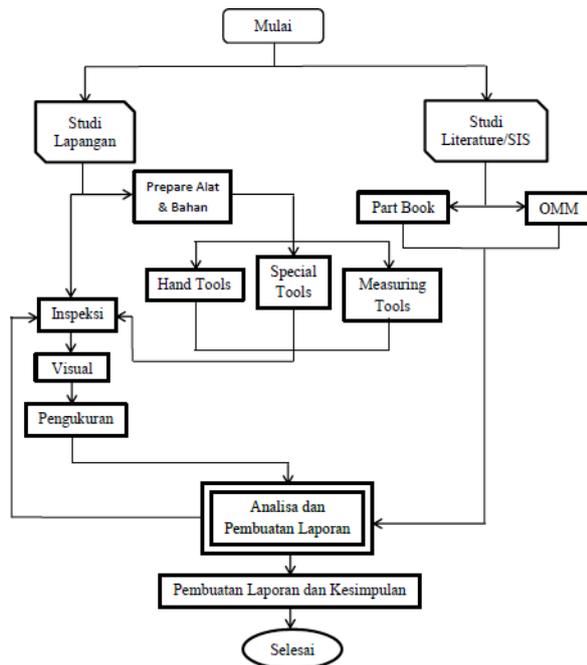
Penelitian dilaksanakan mulai bulan Mei 2022 - Agustus 2022, adapun pelaksanaan dilakukan di PT. SMOE.

3.2 Diagram Alir Penelitian

Penelitian dilakukan sesuai dengan *flowchart* yang diperlihatkan pada gambar 3.1. Diawali dengan persiapan bahan dan alat. Selanjutnya dilakukan investigasi dan kunjungan lapangan, inspeksi dan pengukuran, pengujian dan analisa, kajian literature, serta pengambilan data. Adapun proses-prosesnya mengikuti petunjuk dari pelaksanaan inspeksi, perawatan dan pelaksanaan prosedur pada PT SMOE.

3.4 Alat Penelitian

No	Gambar Alat	Nama Alat	Keterangan
1.		Combination Set Wrench	Untuk membongkar dan memasang komponen
2.		Socket Set Wrench	Untuk membongkar dan memasang komponen
3.		Ball Pen Hammer	Digunakan untuk memasang bearing.
4.		Soft Hammer	Untuk membongkar dan memasang komponen



Gambar 3.1 *Flowchart* Penelitian

No	Gambar Alat	Nama Alat	Keterangan
5.		Torque Wrench 100 N.m	Untuk mengencangkan baut sesuai torsi yang telah ditentukan.
6.		Digital Outside Micrometer 0-125 mm	Untuk mengukur komponen.
7.		Feeler Gauge	Untuk mengukur komponen
8.		Vernier caliper 0,002	Digunakan untuk mengukur komponen
9.		Majun	Untuk membersihkan komponen.
10.		Kuas	Untuk membersihkan komponen
11.		Bak atau Kontainer	Sebagai tempat pencucian komponen
12.		Solar	Untuk membersihkan dan mencuci Komponen
13.		Combination Puller 8''	Untuk menarik/melepas komponen dari Shaft

4. ANALISIS DAN PEMBAHASAN

4.1 Analisis

Pada pengolahan *crude* oli (minyak mentah lepas pantai) anjungan kapal tengah laut dimana prosesnya berfungsi untuk mengubah hasil pengolahan minyak menjadi produk lebih ringan menggunakan bantuan katalis dan gas hidrogen dalam prosesnya. Dalam proses tersebut banyak terdapat mesin kompresor alam membantu proses produksi, cara kerja dari kompresor tersebut berupa melakukan

mengkompresan gas untuk memindahkan hasil gas tersebut ke tempat lain.

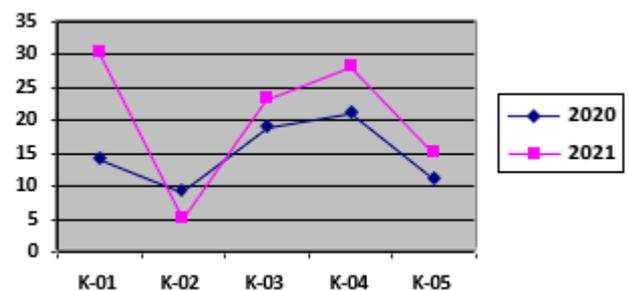
Berdasarkan data historis, mesin tersebut mengalami beberapa kerusakan selama 1 (satu) bulan beroperasi, selain itu fungsi dan sifat dari kompresor tersebut sangat penting yang dapat mengganggu proses sehingga dikategorikan dalam mesin kritis. Kerusakan diakibatkan oleh tingginya beban kerja kompresor untuk memenuhi kebutuhan *hydrogen flow* untuk keperluan produksi. Beban ini berupa bahan residu dari pengolahan minyak yang nantinya akan melalui tahap kompresi dan menghasilkan gas *hydrogen* untuk keperluan produksi. Jumlah kerusakan mesin kompresor yang selama periode tahun 2020-2021 disajikan pada tabel dibawah ini :

Tabel 4.1 Catatan kerusakan kompresor tahun 2020

No	Kompresor #	Catatan kerusakan
1	K-01	14
2	K-02	9
3	K-03	19
4	K-04	21
5	K-05	11

Tabel 4.2 Catatan kerusakan kompresor tahun 2021

No	Kompresor #	Catatan kerusakan
1	K-01	30
2	K-02	5
3	K-03	23
4	K-04	28
5	K-05	15



Gambar 4.1 Grafik perbandingan kerusakan kompresor 2021-2022

Pada grafik diatas dapat diidentifikasi bahwa adanya kenaikan dalam 1 (satu) tahun berikutnya yaitu tahun 2021 kerusakan kompresor ini jika tidak diatasi akan menjadi

dampak buruk bagi mesin secara terus menerus apabila tidak dilakukan perbaikan berkala. Besarnya beban yang ditampung menjadi masalah untuk mesin kompresor tersebut sehingga terjadi *breakdown* dengan frekuensi tinggi pada komponen-komponennya. Dalam pendataan tersebut komponen yang paling banyak di ganti adalah komponen bearing dan silinder (torak) seperti *packing seal* dan *ring*.

Kompresor keberadaanya sangat penting di atas kapal anjungan lepas pantai karena fungsinya sangat baku terutama sebagai udara pejalan proses atas kapal. Kompresor harus selalu dalam keadaan baik dan selalu siap untuk digunakan setiap saat sehingga dibutuhkan perawatan dan pengoperasian yang benar. Selain itu kompresor juga digunakan untuk *supply* semua sistem yang menggunakan *pneumatic control*, seperti *pneumatic control pada air pengisi boiler*, *pneumatic control main engine* dan lain sebagainya.

4.2 Pembahasan

Hasil pembahasan dengan melakukan analisa pada catatan perbaikan mesin kompresor pada unit mesin, maka dapat diambil beberapa hasil yaitu:

1. Didapatkan komponen tertinggi ada pada *cylinder* dengan jumlah 12 kali kerusakan yang disusul oleh *valve* dan *rod* sebanyak 7 dan 11 kali kerusakan. Hasil tersebut menunjukkan bahwa kerusakan pada kompresor K-01 disebabkan oleh *cylinder*.
2. Untuk komponen tertinggi diambil pada bagian *valve* dengan jumlah kerusakan 3 kali yang kemudian terdapat komponen *rod* pada urutan kedua dengan jumlah kerusakan 2 kali dimana hasil tersebut menunjukkan bahwa kerusakan pada kompresor K-02 disebabkan oleh *valve*.
3. Dari pengamatan dan diskusi dengan pihak tim perawatan mesin kompresor didapati pembahasan sebagai berikut :
 - a. Perawatan Harian
Perawatan harian dilakukan setiap hari sebelum dioperasikan, kompresor udara harus diperiksa menurut cara sebagai berikut :
 - 1) Permukaan minyak dijaga pada batas-batas yang ditentukan

(maksimal $2/3$ *sight* gelas, minimal $1/3$ *drain*)

- 2) Pembuangan air pengembun udara pada bejana udara
 - 3) Pengukuran tekanan katup keselamatan
 - 4) Pemeriksaan katup keselamatan
 - 5) Pemeriksaan dari getaran yang tidak normal
- b. Perawatan Rutin
Perawatan rutin dilakukan dengan pemeriksaan kompresor secara periodik. Jangka waktu pemeriksaan rutin bervariasi tergantung pada masing-masing produk. Pedoman perawatan rutin yang diperoleh penulis saat melaksanakan praktek adalah :
- 1) Pemeriksaan baut dan mur setiap 250 jam kerja.
 - 2) Tindakan yang diambil dengan penengencangan baut dan mur.
 - 3) Pemeriksaan sabuk (*v-belt*) yang rusak atau mulur setiap 250 jam kerja.
 - 4) Gantilah sabuk yang rusak dan geserlah motor jika sabuk kendur.
 - 5) Pemeriksaan saringan isap setiap 250 jam kerja dan bersihkan ruang engkol serta pengukur permukaan minyak.
 - 6) Pemeriksaan kebocoran katup udara setiap 3000 jam kerja. Pemeriksaan dilakukan dengan membiarkan katup sebagaimana adanya selama 30 menit dan amati apakah tekanan mengalami penurunan tekanan lebih dari 10% dari tekanan maksimal
- c. Perawatan menyeluruh
Perawatan yang dilakukan dengan pemeriksaan secara menyeluruh pada kompresor udara dan *overhaul*. Perawatan dilakukan terhadap kompresor adalah :
- 1) Membersihkan lapisan kerak dari pipa keluar dan dudukan pipa setiap 3000 jam kerja.

- 2) Membersihkan lapisan kerak di katup udara setiap 3000 jam kerja.
 - 3) Pemeriksaan terhadap goresan dan keausan pada cincin torak dan silinder setiap 3000 jam kerja.
 - 4) Ukur diameter *cylinder* liner, piston dan piston ring.
 - 5) Cek metal duduk / metal jalan
- d. Perawatan Bejana Udara (Tabung Udara) Perawatan tabung udara yang penulis dapatkan saat melakukan praktek adalah :
- 1) Sering mencerat air kondesat yang bercampur dengan minyak pada bejana udara.
 - 2) Lakukan kalibrasi pada plat–plat ukur dan cek alat–alat pengaman dan dibersihkan
 - 3) Setelah jangka waktu tertentu putar posisi bejana udara untuk mencegah pemusatan air kondesat pada satu tempat (bila posisi bejana udara horisontal).
 - 4) Membersihkan bejana udara secara rutin Untuk mengatasi hal–hal tersebut di atas maka perawatan perlu dilakukan untuk menjamin sistem pelumas bekerja dengan baik.

Perawatan yang kita lakukan antara lain :

- 1) Sering mengecek tinggi permukaan minyak pelumas
- 2) Penggantian minyak pelumas harus sesuai jadwal/waktu yang ditentukan.
- 3) Mengganti *seal*, *packing* dan menambal bak minyak yang bocor.
- 4) Pemakaian minyak pelumas sesuai dengan jenis kompresor dan pemakaian

5. KESIMPULAN DAN SARAN

5.1 Kesimpulan

Pemaparan penelitian ini telah dilakukan dan mendapatkan hasil sehingga dapat ditarik kesimpulan sebagai berikut:

1. Dari tingginya jumlah catatan kerusakan kompresor maka diperlukan perawatan secara berkala, inspeksi harian, mingguan dan inspeksi utama.
2. Untuk mengantisipasi kerusakan lebih akibat beban lebih maka perlu diperhatikan sistem pendingin, dan pelumasan.
3. Hasil pengumpulan dan pengolahan data serta dilakukannya analisis data, di dapatkan kesimpulan bentuk distribusi dari tiap komponennya berbeda-beda yang berpengaruh pada pola kegagalan komponen. Kebijakan perawatan baru yang perlu diterapkan untuk menghindari kegagalan komponen dan juga waktu breakdown yang lama. Berdasarkan parameter nilai keandalan, hanya terdapat dua komponen yang mengalami peningkatan keandalan setelah dilakukan simulasi PM, yaitu *cylinder* K-02 dan *valve* K-01.
4. Tidak berfungsinya katup isap dan katup tekan (*valve*) dengan baik disebabkan karena terbentuknya *teak* pada katub yang terbawa oleh aliran udara, sehingga dapat mempengaruhi kerja dari pegas serta menimbulkan kemacetan pada katub. Untuk itu perlu diadakan pembersihan di sekitar kompresor dan perawatan rutin terhadap katup- katup kompresor sesuai dengan *instruction book*.

5.2 Saran

Selain kesimpulan, dalam penelitian ini saya memberikan saran-saran yang membangun agar dapat diperhatikan dalam penelitian serupa dikemudian hari, diantaranya yaitu:

1. Agar terwujud disiplin kerja, maka sebelum kita melakukan kerja kita harus mengecek terlebih dahulu kondisi mesin itu. Dalam waktu mengerjakan suatu pekerjaan sebaiknya dilakukan dengan teliti, hati-hati serta bekerja sama dengan baik.
2. Perhatikan perawatan pada katub, baik katup isap maupun katup tekan, karena pada katup ini sangat berpengaruh bila tidak bekerja dengan baik karena

banyaknya kotoran terak yang sudah kering dan melekat pada katup. Bersihkan katup dan periksa kebocoran. Memperhatikan cara pengoperasian serta perawatan yang benar agar pesawat bantu (kompresor) tetap awet dan tidak cepat rusak.

3. Perlu perhatian terhadap data kerusakan yang pernah terjadi sebelumnya untuk mengetahui pola kerusakan, bentuk perhatian dapat menggunakan bantuan perangkat lunak untuk didapatkan hasil pengolahan data tersebut.
4. Data jadwal perawatan diperlukan untuk mengetahui dan mencocokkan antar departemen yang terkait dalam perjalanan perawatan.
5. Penelitian dapat dilanjutkan untuk komponen kritis pada *Maintenance Area* lain mengingat masih banyak komponen-komponen yang perlu diperhatikan dalam perawatan

Rindowi. 2007. *Standar Operasi Mesin Perkakas dan Preventive Maintenance*: PPPPTK Medan

Mandasari, Sindi, 2013. *Studi Kelayakan Lokasi Rencana Peletakan Jack-Up Drilling Rig Menggunakan Hasil Pencitraan Side Scan Sonar*. S1 - Skripsi Institut Teknologi Sepuluh Nopember.

DAFTAR PUSTAKA

- Alrifae, Moath et al. 2020. "Optimization and Selection of Maintenance Policies in an Electrical Gas Turbine Generator Based on the Hybrid Reliability-Centered Maintenance (RCM) Model." *Processes* 8(6): 670.
- Assuari, Sofyan. 2008. *Manajemen Produksi Dan Operasi*. Jakarta: Universitas Indonesia.
- Auda, Sidiq, and Suparno Suparno. 2019. "The Analysis of Doosan S500-LCV Excavator Maintenance Planning to Reduce Downtime Using Reliability Centered Maintenance (RCM) Method." *IPTEK Journal of Proceedings Series* 0(5): 333
- Buku ajar *Applied Failure Analysis*, (2014) Cileungsi *Training Center* PT. Trakindo Utama, Jakarta
- Guideline for Reusable Parts and Salvage Operation untuk water pump*, Media Number SEBF8058-03
- Nurhidayati. Thesismylife. Blogspot. co.id, *Manajemen Pemeliharaan Mesin - Mesin Produksi*