

Jurnal Artikel

Analisa Penerapan *Preventive Maintenance* pada Mesin Kompresor Sentrifugal dengan Menggunakan Metode *Mean Time Between Failure* dan *Mean Time to Repair*Ario Kurnianto^{1*}, Alfian Destha Joanda², Muamar Al Ghifari³¹Teknik Industri, Universitas Darma Persada²Teknik Industri, Universitas Darma Persada³Teknik Industri, Universitas Darma Persada

*Corresponding author – Email: ario.kurnianto@ft.unsada.ac.id

Artikel Info -: Received: 8 Januari 2023; Revised: 21 Januari 2023 ; Accepted: 12 Februari 2022

Abstrak

Kemajuan teknologi di bidang manufaktur memberikan kemudahan dalam proses produksi, diantaranya dengan berkembangnya mesin-mesin pendukung pekerjaan. Mesin sebagai sarana produksi dalam sebuah industri dituntut untuk dapat bekerja seoptimal mungkin untuk mencapai target produksi yang ditetapkan. Kondisi ini dapat menyebabkan mesin harus bekerja non-stop. Untuk mencapai kondisi optimal bagi sebuah mesin dan agar dapat bekerja dengan baik maka perlu dilakukan perawatan yang rutin dan berkala. Tujuan dari penelitian ini adalah untuk menganalisa kondisi manajemen perawatan yang dilaksanakan di PT SMC Automation Indonesia pada mesin Kompresor Sentrifugal. Fokus penelitian ini adalah pada *Preventive Maintenance* dengan menggunakan metode *Mean Time Between Failure (MTBF)* dan *Mean Time To Repair (MTTR)*. Hasil dari penelitian ini adalah usulan perbaikan jadwal perawatan, dimana sebelumnya untuk perawatan mesin kompresor sentrifugal dilakukan dalam 3 (tiga) bulan sekali, menjadi periode 2 (dua) bulan sekali.

Kata kunci: *Preventive Maintenance, MTBF, MTTR, Penjadwalan***Abstract**

Technological advances in manufacturing provide convenience in the production process, including the development of job support machines. Machines as production facilities in an industry are required to be able to perform as optimally as possible to achieve the set production targets. This condition can cause the machine to work non-stop. To achieve optimal condition for a machine and to work properly it is necessary to carry out routine and periodic maintenance. The purpose of this study is to analyze the condition of maintenance management carried out at PT SMC Automation Indonesia on Centrifugal Compressor machines. The focus of this research is on *Preventive Maintenance* using the *Mean Time Between Failure (MTBF)* and *Mean Time To Repair (MTTR)* methods. The result of this study is a proposed improvement of the maintenance schedule, where previously maintenance schedule for centrifugal compressor machines was carried out every 3 (three) months, to a period of 2 (two) months.

Keywords: *Preventive Maintenance, MTBF, MTTR, Scheduling***1. PENDAHULUAN****1.1. Latar Belakang**

Penggunaan mesin dalam sebuah proses produksi saat ini telah menjadi kebutuhan yang pokok dari perusahaan manufaktur. Era otomasi yang sedang berkembang menuntut perusahaan untuk dapat

beroperasi dengan efisien. Kondisi ini juga berlaku pada mesin yang membutuhkan operator untuk pengoperasiannya, dimana hampir seluruh perusahaan manufaktur mengoperasikan mesinnya dalam jangka waktu kerja yang lama, yaitu berkisar antara 8 – 24 jam sehari.

Kondisi tersebut membuat mesin harus selalu dalam kondisi prima dan optimal, agar proses produksi selalu berjalan dengan baik. Kondisi perlakuan terhadap mesin yang seperti ini harus didukung oleh upaya perusahaan dalam melakukan perawatan secara berkala dan teratur bagi mesin produksi, agar mesin tidak mengalami *breakdown*, sehingga tidak terjadi *downtime* pada proses produksi.

Salah satu tindakan yang dapat dilakukan oleh perusahaan untuk menjaga kondisi mesin tetap terawat dan juga kondisi proses produksi yang tetap berjalan, maka perusahaan dapat menerapkan *preventive maintenance* atau yang disebut dengan perawatan dalam rangka pencegahan.

1.2. Rumusan Masalah

Hasil dari pengkajian pada penelitian, ditemukan beberapa masalah, yaitu:

1. Bagaimana kondisi perawatan mesin kompresor sentrifugal?
2. Bagaimana cara melakukan perhitungan yang efektif untuk menentukan penjadwalan perawatan yang tepat?

1.3. Batasan Masalah

Batasan masalah dari penelitian ini adalah sebagai berikut:

1. Penelitian dilaksanakan selama periode Januari – Desember 2021.
2. Mesin yang diteliti untuk penjadwalan perawatan adalah mesin kompresor sentrifugal.

1.4. Tujuan Penelitian

Tujuan dari penelitian ini adalah sebagai berikut:

1. Mengetahui kondisi manajemen perawatan mesin yang berjalan saat ini.
2. Melakukan perhitungan untuk menentukan tindakan *preventive maintenance*.
3. Menentukan penjadwalan baru dari hasil perhitungan.

1.5. Manfaat Penelitian

Manfaat dari penelitian ini adalah sebagai berikut:

1. Mengetahui efektivitas manajemen perawatan mesin yang saat ini dilakukan oleh perusahaan.

2. Memberikan alternatif penjadwalan perawatan mesin kompresor sentrifugal.

2. LANDASAN TEORI

2.1. Kompresor

Kompresor adalah mesin atau alat mekanik yang berfungsi untuk meningkatkan tekanan atau memampatkan fluida gas atau udara (Suprianto, 2015). Kompresor biasanya akan menghisap udara dari atmosfer, dimana udara ini mengandung campuran beberapa jenis gas, yaitu Nitrogen sebanyak 78%, Oksigen 21%, dan Campuran Argon sebanyak 1%. Fungsi kompresor adalah untuk menaikkan tekanan gas, dengan cara memaksakan volume udara di dalamnya untuk dikurangi, sehingga tekanan akan naik.

2.2. Jenis-Jenis Kompresor

Kompresor dibagi ke dalam dua jenis, yaitu (Suprianto, 2015):

1. Kompresor Perpindahan Positif
 - a. Kompresor Piston/Torak
 - 1) Kompresor Piston Kerja Tunggal
 - 2) Kompresor Piston Kerja Ganda
 - 3) Kompresor Diafragma
 - b. Kompresor Putar (*Rotary*)
 - 1) Kompresor *Screw*
 - 2) Kompresor *Lobe*
 - 3) Kompresor *Vane*
 - 4) Kompresor *Liquid Ring*
 - 5) Kompresor *Scroll*
2. Kompresor Dinamis
 - a. Kompresor Sentrifugal
 - b. Kompresor Aksial

2.3. Kompresor Sentrifugal

Kompresor sentrifugal adalah kompresor yang memanfaatkan gaya sentrifugal yang dihasilkan oleh *impeller* untuk mempercepat aliran fluida udara, lalu akan dirubah menjadi peningkatan potensi tekanan dengan memperlambat aliran melalui *diffuser* (Suprianto, 2015).

2.4. Maintenance

Menurut Corder (1992), *maintenance* adalah kombinasi berbagai tindakan yang dilakukan untuk menjaga suatu barang serta memperbaikinya sampai pada kondisi yang diterima. *Maintenance* juga dapat diartikan sebagai kegiatan untuk memelihara atau

menjaga fasilitas/peralatan pabrik dan mengadakan perbaikan atau penyesuaian/penggantian yang diperlukan (Assauri, 2008).

Terdapat dua jenis *maintenance*, yaitu (Prawirosentono, 2009):

1. Perawatan yang Terencana
 - a. Perawatan Pencegahan (*Preventive Maintenance*)
 - b. Perawatan Terjadwal (*Scheduled Maintenance*)
 - c. Perawatan Prediktif (*Predictive Maintenance*)
2. Perawatan Tidak Terencana
 - a. Perawatan Darurat (*Emergency Maintenance*)
 - b. Perawatan Kerusakan (*Breakdown Maintenance*)
 - c. Perawatan Penangkal (*Corrective Maintenance*)

2.5. Preventive Maintenance

Menurut Prawirosentono (2009), *preventive maintenance* adalah pemeliharaan yang diselenggarakan dalam periode waktu yang tetap atau dengan kriteria tertentu pada berbagai tahap proses produksi. Tujuannya agar produk yang dihasilkan sesuai dengan rencana, baik mutu, biaya, atau ketepatan waktunya.

Menurut Lovely (2022), terdapat dua jenis *preventive maintenance*, yaitu:

1. *Routine Maintenance*

Merupakan perawatan yang dilakukan secara rutin, diantaranya pembersihan peralatan mesin, pelumasan pada mesin, pengecekan oli, pengecekan bahan bakar.
2. *Periodic Maintenance*

Merupakan perawatan yang dilakukan secara berkala dalam jangka waktu tertentu, misal satu minggu sekali. Perlakuannya seperti pengecekan performa mesin.

Manfaat dari penerapan *preventive maintenance* adalah (Lovely, 2022):

1. Mencegah perbaikan dan biaya yang lebih besar
2. Meningkatkan efisiensi
3. Mengurangi downtime
4. Memperpanjang umur mesin
5. Mengurangi pemakaian energi

6. Keamanan lebih terjamin
7. Meningkatkan produktivitas

2.6. Performance Maintenance

Menurut Dervitsiotis (1981), *performance maintenance* dibagi menjadi 3 bagian, yaitu:

1. **Reliability**, merupakan probabilitas peralatan dapat beroperasi di bawah keadaan normal. *Mean Time Between Failure* (MTBF) adalah rata-rata waktu sebuah mesin untuk dapat dioperasikan sebelum terjadinya kerusakan. Perumusan MTBF adalah total waktu pengoperasian mesin dibagi dengan jumlah atau frekuensi kegagalan pengoperasian mesin.

$$MTBF = \frac{\text{Total Operation Time}}{\text{Breakdown Frequency}}$$

2. **Maintainability**, merupakan usaha dan biaya yang dikeluarkan dalam upaya pemeliharaan. Salah satu cara pengukuran *maintainability* adalah *Mean Time To Repair* (MTTR). Kondisi MTTR yang semakin tinggi, mengindikasikan *maintainability* yang semakin rendah. MTTR merupakan indikator kemampuan (*skill*) operator *maintenance* mesin dalam menangani atau mengatasi setiap masalah kerusakan.

$$MTTR = \frac{\text{Breakdown Time}}{\text{Breakdown Frequency}}$$

3. **Availability**, merupakan proporsi dari waktu peralatan/mesin yang sebenarnya tersedia untuk melakukan pekerjaan dengan waktu yang ditargetkan. *Availability* dapat disebut juga dengan rasio untuk melihat *line stop* ditinjau dari aspek *breakdown*.

$$A = \frac{\text{Total Operation Time}}{\text{Loading Time}} \times 100\%$$

3. METODE PENELITIAN

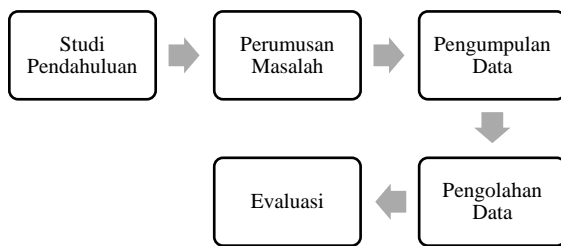
3.1. Lokasi dan Waktu Penelitian

Penelitian ini dilaksanakan di PT SMC

Automation Indonesia yang berlokasi di Cikarang, Bekasi, Jawa Barat. Fokus penelitian ini pada manajemen perawatan mesin Kompresor Sentrifugal yang digunakan dalam proses produksi beberapa produk yang dihasilkan perusahaan. Pengamatan dilakukan selama bulan Januari – Desember tahun 2021.

3.2. Tahapan Penelitian

Tahap dalam penelitian ini dapat dilihat pada gambar 1 berikut ini:



Gambar 3.1 Tahapan Penelitian

3.2.1. Studi Pendahuluan

Pada tahap ini, dilakukan pengamatan terhadap kondisi di perusahaan untuk mengetahui permasalahan yang ada.

3.2.2. Perumusan Masalah

Dari hasil pengamatan awal di perusahaan, diketahui bahwa selama ini sering terjadi permasalahan terkait proses produksi, terutama terhentinya proses produksi diakibatkan dari *breakdown* mesin kompresor sentrifugal.

3.2.3. Pengumpulan Data

Proses pengumpulan data untuk penelitian ini menggunakan beberapa

metode, yaitu:

- 1) Wawancara langsung dengan operator produksi dan supervisor
- 2) Observasi langsung selama periode Agustus – Desember 2021
- 3) Data pendukung yang diperoleh dari perusahaan tentang catatan kerusakan mesin kompresor sentrifugal dari periode Januari – Juli 2021.

3.2.4. Pengolahan Data

Pada tahap pengolahan data penelitian dilakukan sebagai berikut:

- 1) Menghitung *Mean Time Between Failure* (MTBF)
- 2) Menghitung *Mean Time To Repair* (MTTR)
- 3) Perbaikan jadwal *Preventive Maintenance*

3.2.5. Evaluasi Hasil

Pada tahap ini akan diberikan pemaparan mengenai hasil dari pengolahan data dan usulan perbaikan yang dapat dilakukan oleh perusahaan.

4. PEMBAHASAN DAN HASIL

4.1. Data yang Diperoleh

Dari hasil pengumpulan data yang telah dilakukan selama proses penelitian, baik dari hasil observasi maupun wawancara diperoleh data sebagai berikut:

4.1.1. Jadwal Perawatan Mesin Saat Ini

Dari hasil pengumpulan data di perusahaan diperoleh data jadwal perawatan mesin Kompresor Sentrifugal

Tabel 4.1 Jadwal Perawatan Existing

No.	Kegiatan	Jan			Feb			Mar			Apr			Mei			Jun			Jul			Agt			Sep			Okt			Nov			Des										
		1	2	3	4	1	2	3	4	1	2	3	4	1	2	3	4	1	2	3	4	1	2	3	4	1	2	3	4	1	2	3	4	1	2	3	4	1	2	3	4				
1	Pembersihan Mesin																																												

Dari tabel 4.1. tersebut dapat dilihat pelaksanaan perawatan mesin kompresor sentrifugal dengan jenis kegiatan pembersihan mesin dilakukan dalam waktu 3 (tiga) bulan sekali selama periode tahun 2021.

4.1.2. Data Kerusakan Mesin

Data kerusakan mesin yang diperoleh selama proses penelitian berlangsung, didapatkan dari perusahaan untuk

pencatatan dari bulan Januari – Juli 2021 dan dari hasil pengamatan langsung dari bulan Agustus – Desember 2021. Data kerusakan mesin dapat dilihat pada Tabel 4.2. berikut ini:

Tabel 4.2. Data Kerusakan Mesin

No.	Deskripsi	Permasalahan	Perbaikan	
			Mulai	Selesai
1	Mesin <i>Over Head</i>	Oli Mesin Kurang	04/01/2021 09.30	04/01/2021 10.00
2	Ganti <i>Fan Belt</i>	<i>Fanbelt</i> tidak layak pakai	17/02/2021 08.00	17/02/2021 08.30
3	Suara Mesin Kasar	Kurang pelumasan pada mesin	25/02/2021 09.30	25/02/2021 10.00
4	Mesin <i>Over Head</i>	Oli mesin kurang	21/06/2021 13.00	21/06/2021 13.30
5	Ganti <i>Seal</i>	<i>Seal</i> pembuangan oli bermasalah	10/11/2021 10.30	10/11/2021 10.00

Berdasarkan dari data kerusakan mesin di atas, diperoleh hasil bahwa selama kurun waktu dari bulan Januari hingga Desember 2021, mesin kompresor sentrifugal mengalami 5 (lima) kali kerusakan dengan kondisi: 1) Mesin mengalami *over head* (kepanasan) sebanyak dua kali; 2) Mesin harus mengganti *spare part* yaitu *fan belt* satu kali, dan *seal* satu kali; dan 3) Mesin mengalami suara yang kasar dan mengganggu sebanyak satu kali.

4.2. Perhitungan MTBF dan MTTR

Perhitungan kumulatif dari MTBF dan MTTR pada masing-masing kejadian kerusakan mesin dapat dilihat pada tabel 4.3. berikut ini:

Tabel 4.3. Tabel Perhitungan MTBF dan MTBR

No.	Deskripsi	Permasalahan	MTBF	MTTR
1	Mesin <i>Over Head</i>	Oli Mesin Kurang	56.160	30
2	Ganti <i>Fan Belt</i>	<i>Fanbelt</i> tidak layak pakai	11.580	30
3	Suara Mesin Kasar	Kurang pelumasan pada mesin	181.620	30
4	Mesin <i>Over Head</i>	Oli mesin kurang	204.270	30
5	Ganti <i>Seal</i>	<i>Seal</i> pembuangan oli bermasalah	0	30
TOTAL			453.630	150

Hasil perhitungan kumulatif nilai total MTBF untuk kerusakan mesin yang terjadi selama periode Januari – Desember 2021 adalah sebesar 453.630 menit. Nilai total MTTR untuk kondisi yang sama adalah sebesar 150 menit.

4.2.1. Perhitungan *Availability*

Mesin kompresor sentrifugal bekerja selama 8 jam dalam sehari. Diasumsikan mesin bekerja selama 227 hari dalam satu

tahun, maka waktu total operasi mesin adalah 326.880 menit. Diasumsikan mesin tidak beroperasi selama 138 hari, maka waktu total mesin tidak beroperasi adalah 198.720 menit.

Perhitungan untuk *Availability* atau kondisi optimal mesin bekerja dalam periode Januari – Desember 2021 adalah sebagai berikut:

$$Availability = \frac{(453.630 - 198.720)}{326.880} \times 100\%$$

$$Availability = 77,98\%$$

Dari hasil perhitungan *availability* diperoleh hasil sebesar 77,98%. Standar bagi sebuah mesin untuk bekerja secara optimal adalah sebesar 98%, sehingga bisa disimpulkan bahwa mesin kompresor sentrifugal belum bekerja secara optimal. Oleh karena itu, langkah terbaiknya adalah perlunya dilakukan penjadwalan yang terukur dan manajemen perawatan mesin yang lebih baik, terutama untuk mengantisipasi kerusakan part-part penting mesin yang dapat mengganggu proses produksi di perusahaan.

4.2.2. Perhitungan MTBF

Perhitungan MTBF masing-masing kerusakan dilakukan dengan cara menghitung waktu antara diselesaikannya proses perbaikan dari sebuah kerusakan hingga muncul kembali kejadian kerusakan mesin yang berikutnya.

$$MTBF_{Kejadian} = (W_b - W_a)$$

Keterangan:

MTBF_{Kejadian} = Waktu MTBF tiap kejadian (menit)

W_a = Waktu akhir perbaikan kejadian (menit)

W_b = Waktu mulai perbaikan kejadian berikutnya (menit)

Contoh perhitungan berdasarkan tabel 4.2, diketahui waktu berakhirnya perbaikan “Ganti *Fan Belt*” adalah pada tanggal 17/02/2021 Pk. 08.30, sedangkan waktu dimulainya perbaikan kejadian ketiga yaitu

“Suara Mesin Kasar” adalah pada tanggal 25/02/2021 Pk. 09.30, maka perhitungan MTBF untuk kejadian “Ganti *Fan Belt*” adalah sebagai berikut:

$$MTBF_{Kejadian} = 25/02/2021 \text{ Pk. } 09.30 - 17/02/2021 \text{ Pk. } 08.30 = 936 \text{ jam} = 11.580 \text{ menit}$$

Perhitungan *Mean Time Between Failure* (MTBF) untuk periode Januari – Desember 2021 adalah sebagai berikut:

$$MTBF = \frac{453.630}{5} = 90.726 \text{ menit}$$

Hasil perhitungan nilai waktu rata-rata antara kejadian kerusakan adalah sebesar 90.726 menit

4.2.3. Perhitungan MTTR

Perhitungan MTTR untuk masing-masing kerusakan dilakukan dengan cara menghitung waktu dari mulai dilakukannya perbaikan untuk satu kejadian kerusakan hingga selesai.

$$MTTR_{Kejadian} = (W_d - W_c)$$

Keterangan:

$MTTR_{Kejadian}$ = Waktu MTTR tiap kejadian (menit)

W_c = Waktu dimulainya perbaikan (menit)

W_b = Waktu diakhirinya perbaikan (menit)

Contoh perhitungan berdasarkan tabel 4.2, diketahui waktu dimulainya perbaikan “Ganti *Fan Belt*” adalah pada tanggal 17/02/2021 Pk. 08.00, sedangkan waktu berakhirnya perbaikan yaitu pada tanggal

17/02/2021 Pk. 08.30, maka perhitungan MTTR untuk kejadian “Ganti *Fan Belt*” adalah sebagai berikut:

$$MTTR_{Kejadian} = 17/02/2021 \text{ Pk. } 08.30 - 17/02/2021 \text{ Pk. } 08.00 = 30 \text{ menit}$$

Perhitungan *Mean Time To Repair* (MTTR) untuk periode Januari – Desember 2021 adalah sebagai berikut:

$$MTBF = \frac{150}{5} = 30 \text{ menit}$$

Hasil perhitungan nilai waktu rata-rata perbaikan setiap terjadi kerusakan adalah sebesar 30 menit.

4.3. Evaluasi Perbaikan Penjadwalan

Berikut ini adalah tabel hasil perhitungan MTBF dan MTTR mesin kompresor sentrifugal periode Januari – Desember 2021:

Tabel 4.4. Nilai MTBF dan MTTR Mesin Kompresor Sentrifugal

Periode	MTBF	MTTR
Januari – Desember 2021	90.726 menit	30 menit

Dari hasil perhitungan MTBF diperoleh nilai sebesar 90.726 menit. Apabila dalam satu hari adalah 1440, maka jadwal preventive maintenance untuk membersihkan dan merawat kompresor adalah 63,004 hari atau setara dengan 63 hari atau dua bulan sekali.

Berikut ini adalah jadwal perawatan yang diusulkan setelah melalui proses evaluasi:

Tabel 4.5. Usulan Jadwal *Preventive Maintenance* Hasil Evaluasi

No.	Kegiatan	Jan				Feb				Mar				Apr				Mei				Jun				Jul				Agt				Sep				Okt				Nov				Des			
		1	2	3	4	1	2	3	4	1	2	3	4	1	2	3	4	1	2	3	4	1	2	3	4	1	2	3	4	1	2	3	4	1	2	3	4	1	2	3	4								
1	Pembersihan Mesin																																																

5. KESIMPULAN DAN SARAN

Berdasarkan hasil penelitian ini maka diperoleh kesimpulan serta saran yang dapat diberikan adalah sebagai berikut.

5.1. Kesimpulan

Kegiatan *preventive maintenance* bagi sebuah mesin dan peralatan dalam sebuah proses produksi sangat penting, karena dengan menerapkan manajemen perawatan yang baik dan benar akan menghindarkan

dari kerugian yang diakibatkan oleh mesin yang rusak pada saat proses produksi sedang berlangsung.

Pembuatan jadwal usulan perawatan mesin yang baru akan memberikan dampak yang cukup signifikan bagi perawatan mesin kompresor sentrifugal. Penentuan jadwal usulan yang baru dapat menggunakan metode perhitungan MTBF, MTTR, serta *availability*.

Hasil analisa yang diperoleh dari data kerusakan mesin kompresor sentrifugal pada periode Januari – Desember 2021, menunjukkan nilai MTBF total adalah sebesar 90.726 menit, MTTR total adalah sebesar 300 menit, dan nilai *availability* adalah 77,98%. Dari hasil perhitungan ini maka ditentukan untuk penjadwalan preventive maintenance untuk pembersihan dan perawatan mesin kompresor sentrifugal yang baru dirubah menjadi 2 (dua) bulan sekali. Hal ini bertujuan untuk mengurangi waktu *downtime* dari mesin, sehingga proses produksi dapat berjalan lebih optimal.

5.2. Saran

Penulis menyarankan untuk perusahaan agar mempertimbangan untuk mengganti jadwal perawatan mesin kompresor sentrifugal. Hal ini dikarenakan jadwal perawatan yang dilaksanakan sebelumnya belum efektif dan cenderung mengakibatkan munculnya kerusakan mesin yang akan mengganggu proses produksi.

Jadwal baru yang diusulkan oleh penulis, diharapkan mampu membantu mengurangi terjadinya kerusakan mesin, sehingga proses produksi akan berjalan lebih optimal.

6. DAFTAR PUSTAKA

- Assauri, S. (2008). *Manajemen Produksi Dan Operasi*. Jakarta: Lembaga Fakultas Ekonomi UI.
- Corder, 1988, *Teknik Manajemen Pemeliharaan*. Jakarta: Erlangga.
- Dervitsiotis, K. N., 1981, *Operations Management*. McGraw-Hill, Inc., New York.

Fatma, N. F., Ponda, H., Kuswara, R. A., 2018, Analisis Preventive Maintenance dengan Metode Menghitung Mean Time Between Failure (MTBF) dan Mean Time To Repair (MTTR) (Studi Kasus PT. Gajah Tunggul Tbk.). *Jurnal Heuristic*.

Praharsi, Y., Sriwana, I. K., & Sari, M. D. (2015). Perancangan Penjadwalan Preventive Maintenance Pada PT. Artha Prima Sukses Makmur. *Jurnal Ilmiah Teknik Industri*, Vol. 14, 59-65.

Prawirosentono, S., 2001. *Manajemen Operasi*. Jakarta: Bumi Aksara.

Winata, I. A., Prayogo, D. N., & Hidayat, A. (2013). Penjadwalan dan Perawatan dan Penggantian Spare Parts di PO. X. *Calypra Jurnal Ilmiah Universitas Surabaya*, Vol. 2, 1-12..