

SERTIFIKAT

Kementerian Riset dan Teknologi/
Badan Riset dan Inovasi Nasional



Petikan dari Keputusan Menteri Riset dan Teknologi/
Kepala Badan Riset dan Inovasi Nasional
Nomor 85/M/KPT/2020
Peringkat Akreditasi Jurnal Ilmiah Periode I Tahun 2020
Nama Jurnal Ilmiah
Jurnal Mekanova
E-ISSN: 25020498

Penerbit: Jurusan Teknik Mesin Fakultas Teknik Universitas Teuku Umar

Ditetapkan sebagai Jurnal Ilmiah

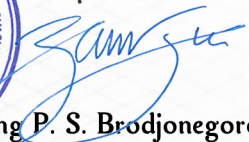
TERAKREDITASI PERINGKAT 5

Akreditasi Berlaku selama 5 (lima) Tahun, yaitu
Volume 4 Nomor 1 Tahun 2018 sampai Volume 8 Nomor 2 Tahun 2022

Jakarta, 01 April 2020

Menteri Riset dan Teknologi/
Kepala Badan Riset dan Inovasi Nasional
Republik Indonesia,




Bambang P. S. Brodjonegoro

Analisis Preventive Maintenance Pada Mesin Stationery Spot Welding

Solihin¹, Murwan Widyantoro², Al Munawir³

^{1,2}Universitas Bhayangkara Jakarta Raya: Jl. Perjuangan, Marga Mulya Bekasi, 02188955882

^{1,2}Program Studi Teknik Industri Fakultas Teknik Universitas Bhayangkara Jakarta Raya

³Jurusan Teknik Mesin Fakultas Teknik Universitas Teuku Umar

e-mail: *¹solihin@dsn.ubharajaya.ac.id, ²murwan@dsn.ubharajaya.ac.id, ³almunawir@utu.ac.id

Abstrak

Perawatan adalah semua aktivitas yang diperlukan untuk menjaga atau mempertahankan kualitas peralatan atau mesin agar tetap berfungsi dengan baik, untuk itu perawatan merupakan hal yang sangat penting pada PT. XYZ. Kelancaran produksi sangat tergantung pada keandalan dan kesiapan mesin, maka untuk itu diperlukan kebijakan perawatan dengan menentukan prioritas mesin yang akan dirawat agar keandalan mesin tetap terjaga. Adapun mesin yang diteliti yaitu mesin Stationery Spot Welding baik untuk assy part dan body part.

Model distribusi yang digunakan yaitu model distribusi eksponensial, dari bentuk data tersebut dapat ditentukan perawatan. Data yang diperlukan adalah data jam kerja mesin, data waktu perawatan korektif, data SDT (supply delay time) dan ADT (administrative delay time), serta data perawatan preventive. Dari pola distribusi eksponensial akan didapat nilai fungsi kumulatif, lamda, keandalan mesin, MTBF (mean time between failure), MTBM (mean time between maintenance), waktu kesiapan mesin (availability) untuk masing-masing mesin.

Dari hasil pengolahan data didapat keandalan mesin Stationery Spot Welding type SSW-35-Ndz, type SSW-50-Ndz, dan type SSW-70-Ndz adalah 36,7 %. Hal ini menunjukkan tingkat keandalan yang sangat kecil, untuk itu perlu adanya perawatan preventive. Selain keandalan juga didapat MTBM sebagai jadwal perawatan preventif pada mesin SSW-35-Ndz 1023 jam sekali, mesin SSW-50-Ndz 628 jam sekali dan mesin SSW-70-Ndz 628 jam sekali.

Kata kunci : Perawatan, Preventif, keandalan, MTBF, MTBM

Abstract

Maintenance is all activities needed to maintain or maintain the quality of equipment or machines to keep them functioning properly, for that maintenance is very important at PT. XYZ. Smooth production is highly dependent on the reliability and readiness of the machine, therefore a maintenance policy is needed by determining the priority of the machine to be maintained so that the reliability of the machine is maintained. The machine under study is the Stationery Spot Welding machine for both assy parts and body parts. The distribution model used is the exponential distribution model, from the form of the data it can be determined treatment. The data needed are machine working hours data, corrective maintenance time data, SDT (supply delay time) and ADT (administrative delay time) data, as well as preventive maintenance data. From the exponential distribution pattern, the cumulative function values, lamda, machine reliability, MTBF (mean time between failure), MTBM (mean time between maintenance), machine readiness time (availability) for each machine will be obtained. From the results of data processing, the reliability of the Stationery Spot Welding machine type SSW-35-Ndz, type SSW-50-Ndz, and type SSW-70-Ndz is 36.7%. This shows a very low level of reliability, therefore preventive maintenance is needed. In addition to reliability, MTBM is also

obtained as a preventive maintenance schedule on the SSW-35-Ndz engine once every 1023 hours, the SSW-50-Ndz engine every 628 hours and the SSW-70-Ndz engine every 628 hours.

Keywords : Maintenance, Preventive, Reliability, MTBF, MTBM

1. PENDAHULUAN

Saat ini perkembangan perusahaan yang bergerak di bidang Otomotif mengalami persaingan yang sangat ketat diantara perusahaan yang memproduksi produk sejenis. Untuk memenangkan persaingan perusahaan perlu menjaga kelangsungan produksi agar permintaan pelanggan dapat terpenuhi. Salah satu faktor penting dalam menjaga kelangsungan produksi adalah memiliki peralatan yang handal.

PT. XYZ. merupakan perusahaan yang bergerak di bidang otomotif pembuatan body part dan assy part. Body part dan assy part yang dibuat melewati beberapa tahapan proses pembuatan. Tahapan berupa proses welding, quality control, dan packing.

Salah satu proses welding pada proses pembuatan *Body* dan *Assy part* adalah proses spot welding. Proses spot welding menggunakan 3 (tiga mesin) dengan tipe yang ber beda. Adapun ketiga tipe spot welding tersebut adalah SSW-NDZ-35, SSW-NDZ-50 dan SSW-NDZ-70.

Dalam proses produksi pengelasan dengan spot welding menggunakan ketiga mesin tersebut (SSW-NDZ-35, SSW-NDZ-50 dan SSW-NDZ-70) sering mengalami kerusakan sehingga menimbulkan kehilangan waktu produksi (*Down Time*) seperti pada Tabel 1.1.

Tabel 1.1 Jumlah *Down Time* Mesin Spot Welding Tahun 2019

No	Bulan	Mesin SSW-NDZ-35 (jam)	Mesin SSW-NDZ-50 (jam)	Mesin SSW-NDZ-70 (jam)
1	Januari	24	32	24
2	Februari	8	28	12
3	Maret	12	8	8
4	April	16	8	8
5	Mei	20	32	8
6	Juni	24	24	8
7	Juli	16	8	24
8	Agustus	4	20	24
9	September	0	20	24
10	Oktober	0	24	24
11	November	0	8	36
12	Desember	0	28	20
Total		124	240	220
Rata-Rata		10,3	20,0	18,3

Tabel 1.2 Data Kerusakan mesin Spot Welding (Januari – Desember 2019)

No	Bulan	Mesin SSW- NDZ-35 (jam)	Mesin SSW- NDZ-50 (jam)	Mesin SSW- NDZ-70 (jam)
1	Januari	9	12	9
2	Februari	3	10,5	4,5
3	Maret	4,5	3	3
4	April	6	3	3
5	Mei	7,5	12	3
6	Juni	9	9	3
7	Juli	6	3	9
8	Agustus	1,5	7,5	9
9	September	0	7,5	9
10	Oktober	0	9	9
11	November	0	3	13,5
12	Desember	0	10,5	7,5
Total		46,5	90	82,5
Rata-Rata		3,875	7,5	6,875

Tabel 1.3 Data waktu SDT (supply delay time) dan ADT (administrative delay time) perawatan korektif

No	Bulan	Mesin SSW- NDZ-35 (jam)	Mesin SSW- NDZ-50 (jam)	Mesin SSW- NDZ-70 (jam)
1	Januari	15	20	15
2	Februari	5	17,5	7,5
3	Maret	7,5	5	5
4	April	10	5	5
5	Mei	12,5	20	5
6	Juni	15	15	5
7	Juli	10	5	15
8	Agustus	2,5	12,5	15
9	September	0	12,5	15
10	Oktober	0	15	15
11	November	0	5	22,5
12	Desember	0	17,5	12,5

Pada Tabel 1.1 Menunjukkan tingginya jumlah down time untuk mesin SSW-NDZ-35 rata-rata sebesar 10,3 jam per bulan, mesin SSW-NDZ-50 rata-rata down time 20 jam per bulan dan untuk mesin SSW-NDZ-70 rata-rata downtime 18,3 per bulan. Perusahaan berharap dapat meminimalkan jumlah tersebut. Untuk membantu menurunkan downtime tersebut harus ada tindakan preventive agar kerusakan dapat dihindari.

Penelitian ini berfokus menganalisa down time dengan menggunakan analisis preventive maintenance agar dapat meminimalkan kehilangan waktu operasi mesin (down time).

2. METODE PENELITIAN

2.1 Objek Penelitian

Penelitian ini dilakukan pada PT. XYZ. dengan objek prioritas keandalan pada mesin stationery spot welding.

- a. Kapasitas jam kerja perusahaan.
- b. Kapasitas Mesin
- c. Kecepatan mesin.

2.2 Teknik Pengumpulan Data

- a. Wawancara

Melakukan Tanya jawab kepada pihak PT. XYZ mengenai permasalahan perusahaan dalam menentukan strategi terbaik yang dapat diterapkan perusahaan guna meminimalisasi biaya dan meningkatkan efektifitas waktu produksi.

- b. Observasi

Merupakan suatu cara pengumpulan data untuk mencari masalah masalah yang tidak dapat ditemukan dengan menggunakan wawancara. Observasi dilakukan untuk menentukan indikasi-indikasi yang sesuai dengan konsep penelitian

2.3 Teknik Pengolahan dan Analisa Data

2.3.1 Pembentukan Distribusi

Menentukan bentuk distribusi yang akan digunakan dari data lamanya waktu perawatan korektif. Tujuannya untuk menentukan laju kerusakan, waktu diantara kerusakan dan keandalan mesin.

2.3.2 Menentukan Laju Kerusakan Mesin (λ)

Laju kerusakan adalah laju dimana kerusakan terjadi pada interval waktu yang ditetapkan, dan dirumuskan :

$$\lambda = h(t) = \frac{\text{banyaknya kerusakan terjadi}}{\text{jumlah jam operasi mesin}} \quad (1)$$

2.3.3 Menghitung Tingkat Keandalan Mesin (R)

Keandalan mesin digunakan untuk menentukan kelayakan jam operasi mesin, keandalan dapat dirumuskan :

$$R(t) = 1 - F(t) \quad (2)$$

dimana:

$F(t)$ = fungsi ketidak andalan

2.3.4 Menentukan Nilai Parameter Maintainability

Tujuannya yaitu untuk memperpanjang umur kegunaan suatu asset, untuk menjamin kesiapan operasional dan lain-lain. Adapun perhitungan- perhitungan dalam maintain ability adalah sebagai berikut :

- a. Waktu rata-rata diantara perawatan / *Mean Time Between Maintenance (MTBM)*

$$MTBM = \frac{\text{Waktu Total Operasi}}{\text{Frekwensi pemeliharaan}} \quad (3)$$

$$f_{pt} = \frac{1 - (\lambda \times MTBM)}{MTBM} \quad (4)$$

Dimana :

λ = laju kegagalan

f_{pt} = laju perawatan preventive

- b. Waktu rata-rata aktif (M)

$$M = \frac{(\lambda \times Mct + f_{pt} \times Mpt)}{\lambda \times f_{pt}} \quad (5)$$

dimana:

Mct = waktu rata-rata perawatan korektif

Mpt = waktu rata-rata perawatan preventi

- c. Rata-rata down time

$$(MDT) MDT = M + SDT + ADT \quad (6)$$

dimana :

SDT = supply delay time

ADT = administrative delay time

2.3.5 Menentukan Nilai Parameter Availability

Kesiapan suatu mesin untuk melakukan suatu operasi pada kondisi tertentu dalam suatu periode waktu tertentu. Adapun perhitungan availabilitas adalah sebagai berikut

- a. *Inherent Availability (Ai)*

$$A_i = \frac{MTBF}{MTBF + Mct} \quad (7)$$

Dimana :

$MTBF$ = waktu rata-rata diantara kerusakan

Mct = waktu rata-rata perawatan korektif

b. *Achieved Availability (Aa)*

$$Aa = \frac{MTBM}{MTBM + M} \quad (8)$$

Dimana :

MTBM = waktu rata-rata diantara perawatan
 M = waktu rata-rata perawatan aktif

c. *Operational Availability (Ao)*

$$Ao = \frac{MTBM}{MTBM + MDT} \quad (9)$$

Dimana :

MDT = down time perawatan

3. HASIL DAN PEMBAHASAN

Pembahasan ini hasil perhitungan rata-rata perawatan korektif, rata-rata perawatan preventif, pengujian distribusi, perhitungan parameter reliability, perhitungan maintainability, serta perhitungan availability pada mesin SSW-NDZ-35, mesin SSW-NDZ-50 dan mesin SSW-NDZ-70. Untuk memudahkan dalam melakukan analisis, maka dibuat tabel dari perhitungan reliability, maintainability dan availability di bawah ini:

Tabel 3.1 Nilai Parameter Reliability

No	Parameter	Nilai Reliability		
		Mesin SSW-NDZ-35	Mesin SSW-NDZ-50	Mesin SSW-NDZ-70
1	Total Jam Kerja	8184	8184	8184
2	Frekwensi Kerusakan	31	60	55
3	$\lambda = h(t)$	0,0038 jam	0,0073	0,0067
4	MTBF	263,158 jam	136,400 jam	149,25 jam
5	f(t)	0,13946 %	0,270 %	0,247 %
6	F(t)	63,2 %	63,21 %	63,21 %
7	R(t)	36,8 %	36,95 %	36,79 %

Tabel 3.2 Nilai Parameter Maintainability

No	Parameter	Nilai Maintainability		
		Mesin SSW-NDZ-35	Mesin SSW-NDZ-50	Mesin SSW-NDZ-70
1	Mct	5,8125 jam	7,5 jam	6,875 jam
2	Mpt	18,25 jam	18 jam	18 jam
3	Fpt	0,0028 jam	0,0059 jam	0,0053 jam
4	MTBM	1023 jam	682 jam	682 jam
5	M	11,0909 jam	12,193 jam	11,788 jam
6	MDT	12,1939 jam	13,414 jam	12,989 jam

Tabel 3.3 Nilai Parameter Availability

No	Parameter	Nilai Availability		
		Mesin SSW-NDZ-35	Mesin SSW-NDZ-50	Mesin SSW-NDZ-70
1	Ai	98,07 %	94,78 %	95,58 %
2	Aa	98,92 %	98,25 %	98,31 %
3	Ao	98,82 %	98,07 %	98,14 %

Sari hasil analisis pada Table 3.1, Tabel 3.2 dan Tabel 3.3 dilakukan pembahasan untuk masing- masing kondisi mesin spot welding sebagai berikut.

3.1 Mesin Spot Welding SSW-NDZ-35

- a. Selama waktu operasi mesin yaitu 8184 jam kerja selama 1 tahun terjadi perawatan korektif sebanyak 31 kali. Dari perhitungan diperoleh laju kerusakan $\lambda = h(t) = 0,0038$ jam. Waktu rata-rata diantara kerusakan (MTBF) = 263,158 jam, artinya mesin akan mengalami kerusakan setelah beroperasi rata-rata 263,158 jam. Keandalan mesin produksi ini termasuk rendah, karena nilai keandalannya dibawah 90 % menurut nilai standard yang di tetapkan oleh JIPM (Japan Institute of Plant Maintenance).
- b. Nilai reliabilitas dari mesin produksi diatas adalah 36,8 %. Nilai tersebut termasuk rendah, sehingga mesin akan mengalami kerusakan. Apabila perawatan sering dilaksanakan dengan melihat nilai MTBM, maka mesin akan dirawat sebelum mesin tersebut mengalami kerusakan. Karena MTBF-nya diketahui 263,158 jam, artinya mesin akan mengalami kerusakan setelah beroperasi rata-rata 263,158 jam. Untuk melaksanakan penjadwalan perawatan pencegahan (*preventive maintenance*), dapat dilihat berdasarkan waktu perawatan kapan mesin tersebut dilakukan perawatan.
- c. Perhitungan nilai parameter Maintainability dilakukan untuk mengetahui kemampuan mesin untuk dipelihara, dimana perawatan merupakan serangkaian tindakan yang harus diambil untuk memperbaiki atau mempertahankan mesin dalam kondisi siap operasi. Dengan waktu rata-rata perawatan korektif (Mct) = 6 jam, waktu rata-rata perawatan

preventif (Mpt) = 18 jam. Sehingga diperoleh waktu rata-rata diantara perawatan preventif (MTBM) = 1023 jam, dan rata-rata waktu down time (MDT) = 12,1939 jam. MDT merupakan total waktu mana kala mesin tidak beroperasi.

3.2 Mesin Spot Welding Mesin SSW-NDZ-50

- a. Selama waktu operasi mesin yaitu 8184 jam kerja selama 1 tahun terjadi perawatan korektif sebanyak 60 kali. Dari perhitungan diperoleh laju kerusakan $\lambda = h(t) = 0,0073$ jam. Waktu rata-rata diantara kerusakan (MTBF) = 136,400 jam, artinya mesin akan mengalami kerusakan setelah beroperasi rata-rata 136,400 jam. Fungsi kepadatan kegagalan $f(t) = 0,270$ %, dan fungsi distribusi kumulatif $F(t) = 63,21$ % sering juga disebut fungsi ketidakandalan. Jadi nilai keandalan dapat diketahui $R(t) = 36,79$ %. Keandalan mesin produksi ini termasuk rendah, karena nilai keandalannya dibawah 90 % menurut nilai standard yang di tetapkan oleh JIPM (Japan Institute of Plant Maintenance), sehingga mesin tersebut akan mengalami kerusakan. Untuk itu perlu adanya perawatan pencegahan yang tepat, yaitu dengan menentukan prioritas mesin yang akan dilakukan perbaikan berdasarkan nilai keandalan dan nilai rata-rata waktu kerusakan mesin, sehingga dapat mengurangi tingkat kerusakan dan mempertahankan nilai keandalan mesin.
- b. Nilai reliabilitas dari mesin produksi diatas adalah 36,79 %. Nilai tersebut termasuk rendah, sehingga mesin akan mengalami kerusakan. Apabila perawatan sering dilaksanakan dengan melihat nilai MTBM, maka mesin akan dirawat sebelum mesin tersebut mengalami kerusakan. Karena MTBF-nya diketahui 136,986 jam, artinya mesin akan mengalami kerusakan setelah beroperasi rata-rata 136,986 jam. Untuk melaksanakan penjadwalan perawatan pencegahan (preventive maintenance), dapat dilihat berdasarkan waktu perawatan kapan mesin tersebut dilakukan perawatan.
- c. Perhitungan nilai parameter Maintainability dilakukan untuk mengetahui kemampuan mesin untuk dipelihara, dimana perawatan merupakan serangkaian tindakan yang harus diambil untuk memperbaiki atau mempertahankan mesin dalam kondisi siap operasi. Dengan waktu rata-rata perawatan korektif (Mct) = 8 jam, waktu rata-rata perawatan preventif (Mpt) = 18 jam. Sehingga diperoleh waktu rata-rata diantara perawatan preventif (MTBM) = 682 jam, dan rata-rata waktu down time (MDT) = 13,414 jam. MDT merupakan total waktu mana kala mesin tidak beroperasi.

3.3 Mesin Spot Welding Mesin SSW-NDZ-70

- a. Selama waktu operasi mesin yaitu 8184 jam kerja selama 1 tahun terjadi perawatan korektif sebanyak 55 kali. Dari perhitungan diperoleh laju kerusakan $\lambda = h(t) = 0,0067$ jam. Waktu rata-rata diantara kerusakan (MTBF) = 149,250 jam, artinya mesin akan mengalami kerusakan setelah beroperasi rata-rata 149,250 jam. Fungsi kepadatan kegagalan $f(t) = 0,247$ %, dan fungsi distribusi kumulatif $F(t) = 63,21$ % sering juga disebut fungsi ketidakandalan. Jadi nilai keandalan dapat diketahui $R(t) = 36,79$ %. Keandalan mesin produksi ini termasuk rendah, karena nilai keandalannya dibawah 90 % menurut nilai standard yang di tetapkan oleh JIPM (*Japan Institute of Plant Maintenance*), sehingga mesin tersebut akan mengalami kerusakan. Untuk itu perlu adanya perawatan pencegahan yang tepat, yaitu dengan menentukan prioritas mesin yang akan dilakukan perbaikan berdasarkan nilai keandalan dan nilai rata-rata waktu kerusakan mesin, sehingga dapat mengurangi tingkat kerusakan dan mempertahankan nilai keandalan mesin.
- b. Nilai reliabilitas dari mesin produksi diatas adalah 36,79 %. Nilai tersebut termasuk rendah, sehingga mesin akan mengalami kerusakan. Apabila perawatan sering dilaksanakan dengan melihat nilai MTBM, maka mesin akan dirawat sebelum mesin

tersebut mengalami kerusakan. Karena MTBF-nya diketahui 149,250 jam, artinya mesin akan mengalami kerusakan setelah beroperasi rata-rata 149,250 jam. Untuk melaksanakan penjadwalan perawatan pencegahan (preventive maintenance), dapat dilihat berdasarkan waktu perawatan kapan mesin tersebut dilakukan perawatan.

- c. Perhitungan nilai parameter *Maintainability* dilakukan untuk mengetahui kemampuan mesin untuk dipelihara, dimana perawatan merupakan serangkaian tindakan yang harus diambil untuk memperbaiki atau mempertahankan mesin dalam kondisi siap operasi. Dengan waktu rata-rata perawatan korektif (Mct) = 7 jam, waktu rata-rata perawatan preventif (Mpt) = 18 jam. Sehingga diperoleh waktu rata-rata diantara perawatan preventif (MTBM) = 682 jam, dan rata-rata waktu down time (MDT) = 12,989jam. MDT merupakan total waktu mana kala mesin tidak beroperasi.

4. KESIMPULAN

Dari hasil analisis dan pembahasan data yang berhasil dikumpulkan, dapat diambil beberapa kesimpulan sebagai berikut:

1. Keandalan mesin stationery spot welding yang digunakan pada PT. XYZ baik type SSW-Ndz-35, type SSW-Ndz-50 maupun SSW-75-Ndz mempunyai rata-rata 36,7 %. Hal ini berartikeandalan mesin tersebut rendah, karena nilai keandalannya di bawah 60%, sehingga diperlukan adanya tindakan perawatan yang lebih baik dari yang ada sekarang. Untuk dapat menjaga keandalan yang lebih baik perlu dilakukan tindakan perawatan preventive yang saat ini belum dilaksanakan.
2. Adapun jarak perawatan (MTBM) yang harus dilakukan PT. XYZ adalah 1023 jam sekali untuk mesin SSW-35- Ndz, 628 jam sekali untuk mesin SSW-50-Ndz dan untuk mesin SSW-NDZ-70.
3. Prioritas tindakan perawatan preventif ditunjukkan pada mesin yang memiliki waktu rata-rata diantara kerusakan (MTBM) paling kecil, yaitu mesin SSW-50-Ndz dan Mesin SSW-NDZ-70. harus dilakukan perawatan preventive setelah mesin bekerja selama 628 jam

5. SARAN

Dengan melihat hasil analisis dan kesimpulan, maka pada bagian ini akan dikemukakan saran-saran yang diharapkan dapat menunjang keberhasilan program perawatan pada PT. XYZ. terutama pada bagian produksi khususnya mesin Stationery spot welding, anantara lain:

1. Sebaiknya dilakukan perawatan preventif terhadap mesin Stationery Spot Welding setidaknya 2 minggu sekali agar keandalan mesin tersebut tetap terjaga dan dapat melaksanakan fungsinya dengan baik dan optimal.
2. Dengan nilai reliabilitas di bawah 90 % yang ditunjukkan oleh mesin stationery selama beroperasi 8184 jam, maka perlu dilakukan perawatan preventif agar mesin yang mengalami kerusakan secara tiba-tiba dapat diperkecil.

DAFTAR PUSTAKA

- [1] Assauri, S., 2008. Manajemen Produksi & Operasi, Fakultas Ekonomi, Universitas Indonesia.
- [2] Clifton, R. H., 1985, Principles of Planned Maintenance, Edward Arnold Ltd, London.
- [3] Gaspersz, V., 2008, Total Quality Management, PT. Gramedia Pustaka Utama, Jakarta.
- [4] Grant, W. I., Clyde F. Coombs, J., & Moss, R. Y., 1996, Handbook of Reliability Engineering and Management (2nd ed.), Mc. Graw Hill.

- [5] Handoko, H. T., 2010, Dasar-dasar Manajemen Produksi dan Operasi, BPFE, Yogyakarta.
 - [6] Kurniawan, F., 2013, Manajemen Perawatan Industri : Teknik Aplikasi Implementasi Total Productive Maintenance (TPM), Preventive Maintenance & Reliability Centered Maintenance (RCM), Graha Ilmu, Yogyakarta.
 - [7] Prasetyawan, Y., & Nasution, H. H., 2008, Perencanaan dan Pengendalian Produksi, Graha Ilmu, Yogyakarta.
 - [8] Sinulingga, S., 2009, Perencanaan dan Pengendalian Produksi, Graha Ilmu , Yogyakarta.
 - [9] Sobandi, K. A., & Kosasih, S., 2014,. Manajemen Operasi Bagian Kedua, Mitra Wacana Media, Jakarta.
 - [10] Supandi, 1988, Manajemen Perawatan Industri, Ganeca Exact, Bandung.
-