

**ANALISIS *PREVENTIVE MAINTENANCE* DENGAN METODE
MENGHITUNG *MEAN TIME BETWEEN FAILURE (MTBF)* DAN
MEAN TIME TO REPAIR (MTTR)
(STUDI KASUS PT. GAJAH TUNGGAL TBK)**

Nur Fadilah Fatma¹, Henri Ponda², Rizky Aditya Kuswara³

^{1,2,3}Program Studi Teknik Industri, Universitas Muhammadiyah Tangerang, Jalan Perintis Kemerdekaan I No.33,
Cikokol, Babakan, Kota Tangerang, Banten, 15118, Indonesia

ABSTRAK

Mesin beroperasi secara terus menerus menyebabkan menurunnya tingkat kehandalan peralatan serta menyebabkan sering terjadinya *breakdown* dan *downtime* yang tinggi pada mesin-mesinnya terutama pada mesin *Extruder (ITE)*. Untuk meminimalisir terjadinya *breakdown* dan *downtime* maka perlu adanya sistem penjadwalan perawatan yang baik guna mencegah terjadinya kerusakan mesin. *Mean Time Between Failure (MTBF)* dan *Mean Time to Repair (MTTR)* adalah salah satu metode sebagai acuan untuk menetapkan jadwal perawatan yang efektif. Oleh karena itu, diperlukannya tindakan *preventive maintenance* agar dapat meningkatkan kinerja dari perusahaan, Dari hasil analisa didapatkan nilai *Mean Time Between Failure (MTBF)* 259,04 menit dan *Mean Time to Repair (MTTR)* 19.990,1 menit. Perubahan penjadwalan *preventive maintenance* dapat dilakukan dengan interval waktu 2 minggu sekali untuk aktivitas *cleaning* ac panel dan *cleaning* motor blower. Hasil penerapan tindakan *preventive maintenance* rata-rata 98% sehingga mesin mampu bekerja secara optimal.

Kata kunci : *Mean Time Between Failure (MTBF)*, *Mean Time To Repair (MTTR)*, *Preventive Maintenance*.

ABSTRACT

The machine operates continuously causing a decrease in the level of equipment reliability and causes frequent breakdowns and high downtime on the machines, especially on extruder machines (ITE). To minimize breakdowns and downtime, it is necessary to have a good maintenance scheduling system to prevent engine damage. Mean Time Between Failure (MTBF) and Mean Time to Repair (MTTR) is one method as a reference for establishing an effective maintenance schedule. Therefore, it is necessary to take preventive maintenance in order to improve the performance of the company. From the analysis results, the Mean Time Between Failure (MTBF) value is 259.04 minutes and the Mean Time to Repair (MTTR) 19,990.1 minutes. Preventive maintenance scheduling changes can be made at intervals of 2 weeks for ac panel cleaning activities and blower motor cleaning activities. The results of the application of preventive maintenance measures on average 98% so that the machine is able to work optimally.

Keywords: Mean Time Between Failure (MTBF), Mean Time To Repair (MTTR), Preventive Maintenance.

PENDAHULUAN

Perusahaan semakin hari semakin bergantung pada mesin dalam memproduksi barang. Mesin yang digunakan merupakan aset fisik yang memerlukan perawatan agar perusahaan terus produktif. Sejak era revolusi industri, perawatan industri telah menghasilkan beberapa teori perawatan dan model perawatan. Pada masa lampau perawatan mesin menggunakan sistem *breakdown maintenance*, dimana perawatan dilakukan setelah timbul kerusakan. Kemudian perawatan mesin berkembang dengan sistem *preventive maintenance*. *Preventive maintenance* merupakan perawatan yang dilakukan secara terjadwal umumnya secara periodik, dimana seperangkat tugas pemeliharaan seperti inspeksi dan perbaikan, penggantian, pembersihan, pelumasan, penyesuaian, dan penyamaan dilakukan. *Maintenance* dilakukan dengan inspeksi, *corrective maintenance* atau repair, dan *preventive maintenance*. *Preventive maintenance* bertujuan untuk mencegah kerusakan mesin yang sifatnya mendadak, meningkatkan *reliability*, dan dapat mengurangi *downtime*.

Mean Time Between Failure (MTBF) merupakan rata-rata interval waktu kerusakan yang terjadi saat mesin atau komponen selesai diperbaiki hingga mesin atau komponen tersebut mengalami kerusakan kembali. *Mean Time to Repair (MTTR)* merupakan rata-rata waktu untuk melakukan perbaikan yang dibutuhkan oleh suatu komponen.

Dalam penelitian ini akan berfokus di area Plant I, dimana area Plant I salah satu *equipment* yang terpenting adalah *Filter Blower* dan *AC Panel*. Kedua item ini adalah item terpenting dalam pendukung mesin proses produksi. Dibawah ini adalah kerusakan *Motor Blower* dan *AC Panel* yang disebabkan kurangnya *preventive maintenance* pada aktivitas *Cleaning Filter Blower* dan *AC Panel*.

Tabel 1. Data Kerusakan Motor Blower dan AC Panel Tahun 2018

No.	Area	Bulan 2018*												Sub Total
		Jan	Feb	Mar	Apr	May	Jun	Jul	Aug	Sep	Oct	Nov	Dec	
1	ITE	2	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0	3
2	IBG	0	1	0	1	0	2	0	0	1	2	1	0	8
3	IBC	0	0	1	0	0	1	2	0	0	0	0	0	4
4	ICL	1	0	0	0	2	1	0	0	1	0	0	2	7
5	IMC	0	2	0	1	0	3	0	0	0	1	0	0	7
6	IFI	0	0	0	2	0	1	0	0	1	3	0	0	7
Total		3	3	1	4	2	9	2	0	3	6	1	2	36

Dari tabel diatas diketahui adanya temuan selama 2018 sebanyak 36 kasus kerusakan mesin, akan hal tersebut dapat dilihat performance mesin harus ditingkatkan. Kostas (1987) performance terdiri dari 3 bagian yaitu:

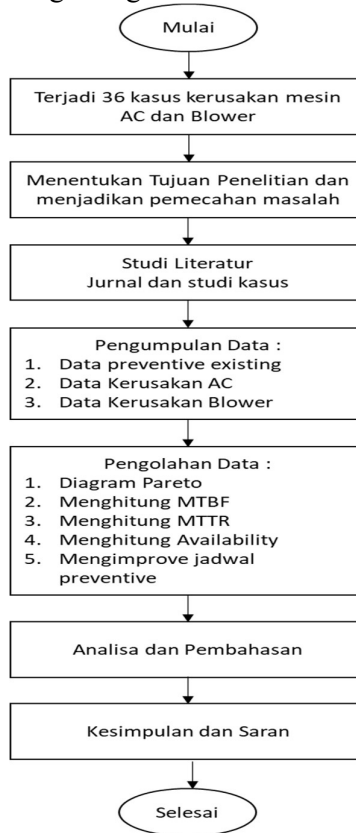
1. Reliability adalah Kemungkinan dimana peralatan dapat beroperasi di bawah keadaan normal dengan baik. Mean Time Between Failure (MTBF) adalah rata rata waktu suatu mesin dapat dioperasikan sebelum terjadinya kerusakan. MTBF ini dirumuskan sebagai hasil bagi dari total waktu pengoperasian mesin dibagi dengan jumlah/frekuensi kegagalan. Pengoperasian mesin karena breakdown. **MTBF = Total operation Time/ Frekuensi Breakdown**
2. Maintainability adalah suatu usaha dan biaya untuk melakukan suatu perawatan (pemeliharaan). Suatu pengukuran dari maintainability adalah Mean Time to Repair (MTTR), tingginya MTTR mengidentifikasikan rendahnya maintainability. Dimana MTTR merupakan indikator kemampuan (skill) dari mekanik maintenance dalam

menangani atau mengatasi setiap masalah kerusakan. **MTTR = Breakdown Time/Frekuensi Breakdown**

3. Availability adalah proporsi dari waktu peralatan/mesin yang sebenarnya tersedia untuk melakukan suatu pekerjaan dengan waktu yang ditargetkan seharusnya tersedia untuk suatu pekerjaan. atau dengan definisi lain bahwa availability adalah ratio untuk melihat line stop yang ditinjau dari aspek breakdown saja. **Availability = (Total Operation Time>Loading Time) x 100%**

METODOLOGI

Langkah-langkah yang dilakukan dalam penelitian ini diawali dengan proses pengumpulan data, dalam proses ini dilakukan pengumpulan seluruh data sebagai informasi yang akan diolah dan dianalisis dalam penelitian ini yang terdiri dari data kerusakan AC dan Motor Blower. Setelah mendapatkan keseluruhan data yang diperlukan, maka dapat dilakukan proses pengolahan data berdasarkan metode yang telah di tentukan berdasarkan karakteristik dari permasalahan yang ada, yaitu buat diagram pareto untuk area yang paling sering mengalami kerusakan, lalu menghitung Mean Time Between Failure (MTBF) dan Mean Time to Repair (MTTR). Setelah dilakukan pengolahan data, maka dilakukan analisis dan pembahasan mengenai hasil dan pengolahan data serta dilakukan penarikan kesimpulan dan saran atas analisis dan pembahasan yang dilakukan. Diagram Alir Penelitian ditunjukkan dalam Gambar 1 berikut. Analisa data yang dilakukan dalam penelitian ini adalah dengan Menghitung MTBF dan MTTR



Gambar 1. Flow Proses Penelitian

ANALISA DAN PEMBAHASAN

Pengumpulan Data

Preventive maintenance di PT. Gajah Tunggal Plant B sendiri dilakukan dalam kurun waktu satu minggu sekali dan diberi waktu selama 3 jam untuk melakukan kegiatan *preventive maintenance*. Kegiatan *preventive maintenance* diantaranya melakukan pengecekan kondisi part-part kritis, membersihkan dan mengecek komponen-komponen kelistrikan.

Berikut jadwal *preventive maintenance* AC Panel dan Motor Blower mesin ITE pada bulan Januari-Desember 2018 :

Tabel 2. Schedule Cleaning AC dan Motor Blower Tahun 2018

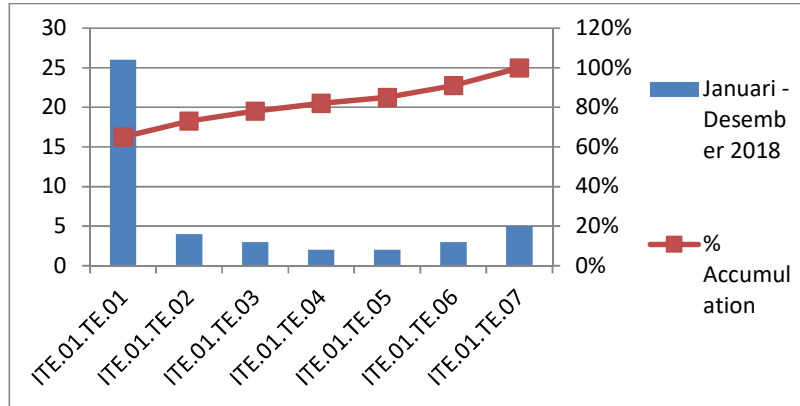
No	Job Activity	Jan			Feb			Mar			Apr			May			Jun			Jul			Aug			Sep			Oct			Nov			Dec						
		1	2	3	4	1	2	3	4	1	2	3	4	1	2	3	4	1	2	3	4	1	2	3	4	1	2	3	4	1	2	3	4	1	2	3	4	1	2	3	4
1	AC Panel																																								
2	Motor Blower																																								

Keterangan: tabel yang diberi warna adalah jadwal dilakukannya dilakukannya *preventive maintenance*.

Tabel 3. Data Kerusakan disetiap Mesin ITE Tahun 2018

No	Mesin	Januari - Desember 2018	% Accumulative
1	ITE.01.TE.01	36	65%
2	ITE.01.TE.02	4	73%
3	ITE.01.TE.03	3	78%
4	ITE.01.TE.04	2	82%
5	ITE.01.TE.05	2	85%
6	ITE.01.TE.06	3	91%
7	ITE.01.TE.07	5	100%

Berdasarkan data yang diperoleh, didapatkan persentase yang paling tinggi tingkat kegagalannya adalah jenis mesin ITE.01.TE.01 dimana 65% tingkat perbaikan pada mesin tersebut. Sehingga dalam penganalisaan dianggap sudah mewakili vital-v perubahan jadwal kerja dalam perawatan. Berikut ini adalah grafik pareto kegagalan di setiap mesin.



Gambar 2. Grafik pareto hasil Penilaian Kegagalan Disetiap Mesin

Pengolahan Data

Dari data kegagalan bulan Januari 2018 – Desember 2018, maka mesin ITE.01.TE.01 yang akan menjadi fokus perbaikan. Karena mendapat persentase kerusakan terbesar di tahun 2018. Berikut adalah data kegagalan mesin seperti yang terlampir di bawah ini.

Tabel 4 Kerusakan AC dan Motor Blower Tahun 2018

No	Asset No	Description	problem	Perbaikan	
				Start	Finish
1	ITE.01.TE.01	Suara Motor Blower kasar	E. Motor Blower Bermasalah	1/4/18 8:30	1/4/18 10:30
2		Suhu Di dalam Panel Abnormal	E. Air Conditioner Panel bermasalah	1/5/18 9:00	1/5/18 10:00
3		Bearing Motor Blower Macet	E. Motor Blower Bermasalah	2/2/18 9:00	2/2/18 10:30
4		Motor Blower Overheat	E. Motor Blower Bermasalah	2/25/18 13:00	2/25/18 15:30
5		Dinamo Motor Blower Terbakar	E. Motor Blower Bermasalah	3/1/18 9:30	3/1/18 16:30
6		AC. Mati Total	E. Air Conditioner Panel bermasalah	3/3/18 14:00	3/3/18 16:45
7		Suhu Di dalam Panel Abnormal	E. Air Conditioner Panel bermasalah	3/16/18 15:45	3/16/18 16:45
8		Bearing Motor Blower Macet	E. Motor Blower Bermasalah	3/26/18 12:30	3/26/18 16:30
9		Motor Blower Overheat	E. Motor Blower Bermasalah	4/8/18 8:20	4/8/18 15:40
10		AC. Mati Total	E. Air Conditioner Panel bermasalah	4/19/18 9:10	4/19/18 10:50
11		Suara Motor Blower kasar	E. Motor Blower Bermasalah	4/28/18 8:50	4/28/18 14:45
12		AC. Noice	E. Air Conditioner Panel bermasalah	5/11/18 9:25	5/11/18 10:30
13		AC. Bocor	E. Air Conditioner Panel bermasalah	5/17/18 12:15	5/17/18 15:55
14		AC. Mati Total	E. Air Conditioner Panel bermasalah	5/22/18 8:10	5/22/18 16:40
15		Bearing Motor Blower Macet	E. Motor Blower Bermasalah	5/25/18 8:20	5/25/18 15:30
16		Motor Blower Overheat	E. Motor Blower Bermasalah	5/31/18 11:10	5/31/18 14:30
17		AC. Mati Total	E. Air Conditioner Panel bermasalah	6/3/18 8:15	6/3/18 15:45
18		Dinamo Motor Blower Terbakar	E. Motor Blower Bermasalah	6/8/18 8:10	6/8/18 16:35
19		Suhu Di dalam Panel Abnormal	E. Air Conditioner Panel bermasalah	6/9/18 9:10	6/9/18 10:50
20		Bearing Motor Blower Macet	E. Motor Blower Bermasalah	6/15/18 8:30	6/15/18 15:30
21		Dinamo Motor Blower Terbakar	E. Motor Blower Bermasalah	7/23/18 8:25	7/23/18 15:25
22		Suhu Di dalam Panel Abnormal	E. Air Conditioner Panel bermasalah	7/28/18 12:30	7/28/18 14:30
23		Motor Blower Overheat	E. Motor Blower Bermasalah	8/11/18 15:00	8/11/18 16:20
24		Suara Motor Blower kasar	E. Motor Blower Bermasalah	10/5/18 10:15	10/5/18 13:25
25		AC. Bocor	E. Air Conditioner Panel bermasalah	11/12/18 9:00	11/12/18 14:30
26		Dinamo Motor Blower Terbakar	E. Motor Blower Bermasalah	12/28/18 8:10	12/28/18 16:35

Tabel diatas adalah data kerusakan AC Panel dan Motor Blower pada mesin ITE.01.TE.01 dalam kurun waktu setahun, dari Januari 2018 s/d Desember 2018. Selanjutnya dilakukan perhitungan MTTR dan MTBF. MTTR dihitung dari lama waktu perbaikan sementara MTBF dihitung dari rentang terakhir mesin dilakukan perbaikan hingga mesin tersebut mengalami kerusakan kembali.

Tabel 5. Menghitung MTBF dan MTTR Tahun 2018

No	Asset No	Description	problem	Perbaikan		MTTR	MTBF
				Start	Finish		
1	ITE.01. TE.01	Suara Motor Blower kasar	E. Motor Blower Bermasalah	1/4/18 8:30	1/4/18 10:30	120	1,350
2		Suhu Di dalam Panel Abnormal	E. Air Conditioner Panel bermasalah	1/5/18 9:00	1/5/18 10:00	60	40,260
3		Bearing Motor Blower Macet	E. Motor Blower Bermasalah	2/2/18 9:00	2/2/18 10:30	90	33,270
4		Motor Blower Overheat	E. Motor Blower Bermasalah	2/25/18 13:00	2/25/18 15:30	150	5,400
5		Dinamo Motor Blower Terbakar	E. Motor Blower Bermasalah	3/1/18 9:30	3/1/18 16:30	420	2,730
6		AC. Mati Total	E. Air Conditioner Panel bermasalah	3/3/18 14:00	3/3/18 16:45	165	18,660
7		Suhu Di dalam Panel Abnormal	E. Air Conditioner Panel bermasalah	3/16/18 15:45	3/16/18 16:45	60	14,145
8		Bearing Motor Blower Macet	E. Motor Blower Bermasalah	3/26/18 12:30	3/26/18 16:30	240	18,230
9		Motor Blower Overheat	E. Motor Blower Bermasalah	4/8/18 8:20	4/8/18 15:40	440	15,450
10		AC. Mati Total	E. Air Conditioner Panel bermasalah	4/19/18 9:10	4/19/18 10:50	100	12,840
11		Suara Motor Blower kasar	E. Motor Blower Bermasalah	4/28/18 8:50	4/28/18 14:45	355	18,400
12		AC. Noice	E. Air Conditioner Panel bermasalah	5/11/18 9:25	5/11/18 10:30	65	8,745
13		AC. Bocor	E. Air Conditioner Panel bermasalah	5/17/18 12:15	5/17/18 15:55	220	6,735
14		AC. Mati Total	E. Air Conditioner Panel bermasalah	5/22/18 8:10	5/22/18 16:40	510	3,820
15		Bearing Motor Blower Macet	E. Motor Blower Bermasalah	5/25/18 8:20	5/25/18 15:30	430	8,380

No	Asset No	Description	problem	Perbaikan		MTTR	MTBF
				Start	Finish		
16	ITE.01. TE.01	Motor Blower Overheat	E. Motor Blower Bermasalah	5/31/18 11:10	5/31/18 14:30	200	3,945
17		AC. Mati Total	E. Air Conditioner Panel bermasalah	6/3/18 8:15	6/3/18 15:45	450	6,745
18		Dinamo Motor Blower Terbakar	E. Motor Blower Bermasalah	6/8/18 8:10	6/8/18 16:35	505	995
19		Suhu Di dalam Panel Abnormal	E. Air Conditioner Panel bermasalah	6/9/18 9:10	6/9/18 10:50	100	8,500
20		Bearing Motor Blower Macet	E. Motor Blower Bermasalah	6/15/18 8:30	6/15/18 15:30	420	54,295
21		Dinamo Motor Blower Terbakar	E. Motor Blower Bermasalah	7/23/18 8:25	7/23/18 15:25	420	7,025
22		Suhu Di dalam Panel Abnormal	E. Air Conditioner Panel bermasalah	7/28/18 12:30	7/28/18 14:30	120	20,190
23		Motor Blower Overheat	E. Motor Blower Bermasalah	8/11/18 15:00	8/11/18 16:20	80	78,835
24		Suara Motor Blower kasar	E. Motor Blower Bermasalah	10/5/18 10:15	10/5/18 13:25	190	54,455
25		AC. Bocor	E. Air Conditioner Panel bermasalah	11/12/18 9:00	11/12/18 14:30	330	65,860
26		Dinamo Motor Blower Terbakar	E. Motor Blower Bermasalah	12/28/18 8:10	12/28/18 16:35	505	0
Total						6,745	509,260

Mesin bekerja normal selama 24 jam non stop. Diasumsikan mesin berhenti beroperasi itu selama 15 hari dalam 1 tahun, 12 hari ketika idul fitri, 1 hari ketika 17 Agustus, 1 hari ketika idul adha, dan 1 hari ketika tahun baru, total mesin tidak beroperasi selama 21,600 menit. Untuk operasional 350 hari, total beroperasi mesin selama 1 tahun adalah 504.000 menit. Dengan didapatkannya *Total Operation Time* maka untuk perhitungan *Availability* adalah:

$$Availability = \frac{509,260 - 21,600}{504000} \times 100\% = 96.76\%$$

Dari hasil perhitungan availability didapatkan hasil 96.76%, standard mesin bekerja secara optimal adalah 90%. Maka dapat dikatakan mesin ITE.01.TE.01 bekerja cukup optimal dan efektif. Maka dari itu untuk mengantisipasi kerusakan komponen-komponen kritis perlu dilakukan sistem penjadwalan perawatan yang lebih baik lagi. Agar dapat mengurangi *breakdown time* yg sering terjadi pada mesin pendukung produksi.

Berdasarkan data kerusakan mesin ITE.01.TE.01 selama periode bulan Januari sampai dengan bulan desember 2015, maka untuk perhitungan *Mean Time Between Failure (MTBF)* dan *Mean Time To Repair (MTTR)* adalah sebagai berikut.

$$MTBF = \frac{509,260}{26} = 19,587 \text{ menit}$$

$$MTTR = \frac{6,745}{26} = 259 \text{ menit}$$

Tabel 6. Nilai MTBF dan MTTR

Periode	MTBF	MTTR
Januari - Desember 2018	19,587 menit	259 menit

Berdasarkan hasil *Mean Time Between Failure (MTBF)* di atas didapatkan 19,587 menit. Jika satu hari sama dengan 1440 menit maka schedule *preventive maintenance* untuk *cleaning* filter AC panel dan motor blower adalah $13.60 \Rightarrow 14$ hari atau setara dengan dua minggu sekali. Dibawah ini adalah tabel perencanaan schedule untuk *cleaning* filter AC panel dan motor blower

Tabel 7. Schedule Cleaning AC dan Motor Blower Setelah Di Evaluasi

No	Job Activity	Jan				Feb				Mar				Apr				May				Jun				Jul				Aug				Sep				Oct				Nov				Dec			
		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	2	3	4				
1	AC Panel																																																
2	Motor Blower																																																

KESIMPULAN

Upaya-upaya yang harus dilakukan oleh perusahaan untuk meningkatkan performa mesin adalah dengan cara merubah jadwal *preventive maintenance* yang sudah ada dengan jadwal yang baru, berdasarkan hasil analisis data kegagalan mesin. Meskipun jadwal yang sudah ada sudah cukup efektif tetapi masih sering terjadinya kerusakan yg disebabkan kurangnya *preventive maintenance* pada aktivitas *Cleaning AC Panel dan Motor Blower*. Sehingga perlu dilakukannya perubahan jadwal kerja yang dimana untuk *preventive maintenance* pada mesin ITE.01.TE.01. Untuk menentukan perbaikan schedule *preventive maintenance* dan banyaknya *breakdown* dapat menggunakan rumus MTBF, MTTR dan *Availability*. Dari hasil analisa yg diambil dan dari data kerusakan selama Januari-Desember 2018 didapatkan jumlah perhitungan sebagai berikut : *MTBF* 19990,1 menit, *MTTR* 259,04 menit, *Availability* 98%. Dari analisa dan perhitungan tersebut maka disimpulkan penjadwalan *preventive maintenance* pada aktivitas *Cleaning AC Panel dan Motor Blower* adalah yang semulanya 2 bulan sekali untuk *Cleaning AC Panel* dan 2 minggu sekali untuk *Cleaning Motor Blower*, di ubah menjadi 2 minggu untuk *preventive* pada kedua aktivitas tersebut. Dilakukannya perubahan jadwal bertujuan agar dapat meminimalisir waktu downtime, mengurangi *breakdown*, mengurangi pengeluaran untuk biaya perbaikan mesin, dan memperpanjang *lifetime machine*.

DAFTAR PUSTAKA

Assauri, S. (2008). *Manajemen Produksi dan Operasi*. Jakarta: Fakultas Ekonomi, Universitas Indonesia.

Darmawan, A., Rapi, A., & Syafrillah, A. (2016). Analisis Perawatan Untuk Mendeteksi Resiko Kegagalan Komponen Pada Excavator 390D. *Vol. 15*, Hal. 109-115.

Fatma, N.F., Ponda, H., & Munggara B. (2020) . *Analisis Proses Perawatan Auxiliary Power Units pada Pesawat Udara (studi kasus: keterlambatan pengembalian APU GTCP 131-9 di PT. GAA Tbk.)*. Journal of Industrial Engineering and Management Systems Vol. 13, no. 1, Hal. 1-12. <http://dx.doi.org/10.30813/jiems.v13i1.1966>

- Ibrahim, A., & El-Nafaty, A. U. (2016). Assesment Of The Reliability Of Fractionator Column OF Kaduna Refinery Using Failure Mode Effect and Critically analysis. *American Journal of Engineering Research*, Vol.5 , Hal.101-108.
- Info, S. (2019). *Analisis Sistem*. Retrieved April 15, 2019, from Sinao Info: <http://www.sinao.info/analisis-sistem.html>
- Kurniawan, F. (2013). *Teknik dan Aplikasi Manajemen Perawatan Industri*. Yogyakarta: Graha Ilmu.
- Pillay, A., & Wang, J. (2003). Modified Failure Mode Effect and Analysis Using Approximate Reasoning. *Reliability Engineering System and Safety*, Vol. 79, Hal. 69-85.
- Praharsi, Y., Sriwana, I. K., & Sari, M. D. (2015). Perancangan Penjadwalan Preventive Maintenance Pada PT. Artha Prima Sukses Makmur. *Jurnal Ilmiah Teknik Industri*, 14, Hal. 59-65.
- Sudrajat, A. (2011, Desember 07). *Manajemen Perawatan Mesin Industri*. Bandung: Refika Aditama.
- Suhara, D., Sumiardi, & Sumiardi, D. (n.d.). *Analisa Sistem Penjadwalan Perawatan Mesin Departemen Utility Di PT. Indorama Synthetics Tbk Dengan Menggunakan Metode MTBF*, Vol. 4, Hal. 2.
- Susanto, G. (2018). *Analisa Sistem Penjadwalan Perawatan Mesin EFI-DB3 Dengan Menggunakan Metode Mean Time Between Failure (MTBF) Di PT GT Plant R. Tangerang*: Fakultas Teknik Industri, Universitas Muhammadiyah Tangerang.
- Tanurahardja, W. O. (2009). Penjadwalan Preventive Maintenance di PT. Wahana Lentera Raya. *Widya Teknik*, Vol. 8, Hal. 86-96.
- Winata, I. A., Prayogo, D. N., & Hidayat, A. (2013). Penjadwalan dan Perawatan dan Penggantian Spare Parts di PO. X. *Calyptra Jurnal Ilmiah Universitas Surabaya*, Vol. 2, Hal. 1-12.