

**PENERAPAN *PREDICTIVE MAINTENANCE EQUIPMENT* PRIORITAS
MESIN ELECTRO STATIC PAINTING DENGAN MENGGUNAKAN
METODE PEMANTAUAN KUAT ARUS**



Disusun sebagai salah satu syarat menyelesaikan Program Studi Strata I pada
Jurusan Teknik Industri Fakultas Teknik

Oleh :

YUNIAR LISTIYA ARIYANA
D 600 180 004

**PROGRAM STUDI TEKNIK INDUSTRI FAKULTAS TEKNIK
UNIVERSITAS MUHAMMADIYAH SURAKARTA
2022**

HALAMAN PERSETUJUAN

**PENERAPAN *PREDICTIVE MAINTENANCE EQUIPMENT* PRIORITAS
MESIN ELECTRO STATIC PAINTING DENGAN MENGGUNAKAN
METODE PEMANTAUAN KUAT ARUS**

PUBLIKASI ILMIAH

Oleh :

YUNIAR LISTIYA ARIYANA

D 600 180 004

Telah diperiksa dan disetujui untuk diuji oleh:

Dosen Pembimbing,



Much. Djunaidi, S.T., M.T.

NIK. 891



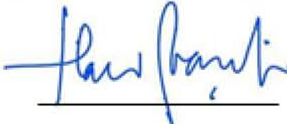
HALAMAN PENGESAHAN

**PENERAPAN *PREDICTIVE MAINTENANCE EQUIPMENT* PRIORITAS
MESIN ELECTRO STATIC PAINTING DENGAN MENGGUNAKAN
METODE PEMANTAUAN KUAT ARUS**

OLEH :
YUNIAR LISTIYA ARIYANA
D600180004

**Telah dipertahankan di depan Dewan Penguji
Fakultas Teknik
Universitas Muhammadiyah Surakarta
Pada Sabtu, 19 Februari 2022
Dan dinyatakan telah memenuhi syarat**

Dewan Penguji

Nama	Tanda Tangan
1. Much. Djunaidi, S.T., M.T. (Ketua Dewan Penguji)	 _____
2. Munajat Tri Nugroho, S.T., M.T., Ph.D (Anggota I Dewan Penguji)	 _____
3. Hari Prasetyo, S.T., M.T., Ph.D (Anggota II Dewan Penguji)	 _____

Dekan,



Rois Fathoni, S.T., M.Sc., Ph.D
NIDN. 0603027401

PERNYATAAN

Dengan ini saya menyatakan bahwa dalam publikasi ilmiah ini tidak terdapat karya yang pernah diajukan untuk memperoleh gelar kesarjanaan di suatu perguruan tinggi dan sepanjang pengetahuan saya juga tidak terdapat karya atau pendapat yang pernah di tulis atau diterbitkan orang lain, kecuali secara tertulis diacu dalam naskah dan disebutkan dalam daftar pustaka.

Apabila kelak terbukti ada ketidakbenaran dalam pernyataan saya diatas, maka akan saya pertanggungjawabkan sepenuhnya.

Surakarta, 25 Februari 2022

Penulis,



YUNIAR LISTIYA ARIYANA

D600180004

PENERAPAN *PREDICTIVE MAINTENANCE EQUIPMENT* PRIORITAS MESIN ELECTRO STATIC PAINTING DENGAN MENGGUNAKAN METODE PEMANTAUAN KUAT ARUS

Abstrak

Mesin Electro Static Painting (ESP) merupakan mesin pengecatan produk pada PT. XYZ. Mesin Electro Static Painting memiliki *equipment* yang paling kritis yaitu motor exhaust impeller. Motor exhaust impeller merupakan motor yang digunakan untuk menggerakkan impeller dalam melakukan penyedotan udara dan cat yang ada pada spray booth mesin Electro Static Painting. Motor exhaust impeller diperlukan untuk dilakukan perawatan secara *predictive* karena kondisi *equipment* yang berubah-ubah sesuai dengan kondisi. Penerapan *predictive maintenance* merupakan perawatan dengan memprediksi terjadinya kegagalan yang terjadi pada motor exhaust impeller. Hasil dari pengolahan data pemantauan kuat arus, didapatkan klasifikasi pada arus motor exhaust impeller yaitu arus rendah, arus sedang dan arus puncak. Nilai arus pada arus rendah adalah sebesar 9-9,4, arus sedang adalah sebesar 9,4-9,9 dan arus puncak sebesar 9,9-10,3. Perawatan perlu dilakukan ketika arus berada pada arus puncak. Penerapan *predictive maintenance* dijadwalkan dengan 2 langkah yaitu dengan melakukan pemantauan kuat arus dimana pemantauan dilakukan 406,3 jam setelah perawatan. Langkah yang kedua adalah dengan melakukan perawatan apabila pada arus berada pada arus puncak.

Kata kunci : Perawatan, Perawatan Prediktif, Pemantauan kuat arus.

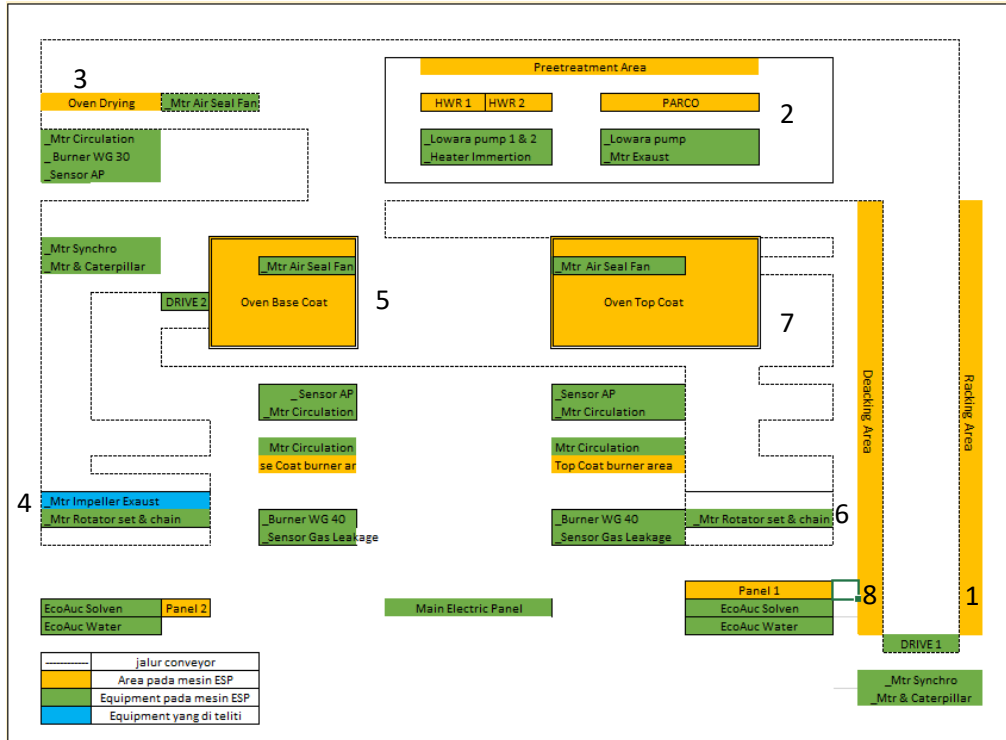
Abstract

Electro Static Painting (ESP) is a painting machine at PT. XYZ. The Electro Static Painting machine has the most critical equipment, that is motor exhaust impeller. The motor exhaust impeller is used to move the impeller in sucking air and paint on the spray booth ESP machine. The application of predictive maintenance is a treatment by predicting the occurrence of failures that occur in the motorcycle exhaust impeller. The results of the current monitoring data, obtained the classification of the current motor exhaust impeller, it is low current, medium current and peak. the current value at low current is 9-9.4, medium current is 9.4-9.9 and peak current is 9.9-10.3. Maintenance that needs to be done when the current is at peak current. Implementation of predictive maintenance with 2 steps. The first step is monitor current where monitoring is carried out 406.3 hours after maintenance. The second step is to carry out maintenance when peak current.

Keywords : Maintenance, Predictive Maintenance, Current, Monitoring.

1. PENDAHULUAN

Mesin merupakan salah satu faktor terpenting dalam menunjang proses produksi sehingga perusahaan selalu mengupayakan agar mesin tetap berjalan sebagai mestinya. (Permana, 2018). PT. XYZ merupakan perusahaan industri manufaktur yang bergerak dibidang mainan anak anak. Salah satu mesin yang *critical* adalah mesin ESP (Electro Static Painting) karena PT. XYZ hanya memiliki satu *unit* mesin ESP. Cara kerja mesin ESP dapat dilihat pada gambar 1.1.



Gambar 1 Flowchart Produksi ESP

Start mesin dimulai dari *racking* produk pada *hook* yang tergantung pada conveyor, setelah selesai di *racking* produk akan di cuci dan di bilas pada area pretreatment, *parco* digunakan untuk mencuci produk, HWR 1 & HWR 2 untuk pembilasan pertama dan kedua. setelah itu produk akan masuk area oven drying untuk dikeringkan setelah pembilasan. Setelah kering produk akan di cat dua kali. Pengecatan pertama dilakukan di area nomer 4 kemudian produk akan di oven base coat agar cat pertama kering dan menempel pada produk. Selanjutnya dilakukan cat yang kedua di area nomer 6 lalu produk akan di oven Kembali di oven top coat. Setelah proses pengovenan top coat sudah selesai produk akan dilepas dari *hook* yang merupakan proses *deracking* di area nomer 8.

ESP memiliki beberapa *equipment*, *Equipment* prioritas mesin Electro Static Painting adalah Motor Exhaust Impeller. Motor Exhaust Impeller merupakan motor listrik yang untuk mengubah energi listrik menjadi energi mekanik, dimana energi mekanik adalah putaran dari motor. (Alasward, 2017) Motor Exhaust Impeller berfungsi untuk menggerakkan impeller agar cat yang disemprotkan pada produk dapat di sedot sehingga cat tidak tercecer dan berantakan.

Pemeliharaan mesin Motor Exhaust Impeller yang dilakukan oleh PT. XYZ saat ini adalah *Preventive Maintenance*. Pemeliharaan secara *Preventive Maintenance* dinilai kurang efektif karena waktu pemeliharaan yang kurang sesuai dengan kondisi *equipment* motor exhaust impeller yang berubah-ubah. Sejalan dengan penelitian yang dilakukan oleh Hendra pada tahun 2018, kerusakan motor electric dapat diprediksi sehingga sebelum motor mengalami kerusakan dapat dilakukan perawatan. PT. XYZ belum perlu menerapkan kegiatan perawatan yang bersifat prediktif sehingga perlunya dilakukan penerapan perawatan *predictive maintenance* karena perawatan *predictive* dilakukan menyesuaikan kondisi mesin. Motor Electric akan memiliki batas nilai arus sebelum motor tersebut mengalami kerusakan, batas itulah yang menjadi tolok ukur penentuan sebuah perawatan dan perbaikan akan dilakukan. (Zhang, 2017)

Berdasarkan latar belakang yang di uraikan, maka rumusan masalah penelitian adalah Bagaimana penerapan *predictive maintenance* pada *equipment* kritis mesin ESP pada PT XYZ dan bagaimana penjadwalan perawatan *predictive maintenance* dilakukan. Adapun batasan masalah dalam penelitian ini adalah sebagai berikut: Metode yang digunakan untuk melakukan *predictive maintenance* adalah pemantauan kuat arus. Pengambilan data yang dijadikan *input* penelitian adalah data *pemantauan kuat arus* selama Oktober 2021 sampai Januari 2022 dengan pengambilan 2 minggu sekali, pada saat motor mengalami kerusakan dan pada saat setelah perawatan. Penelitian yang dilakukan hanya pada bagian motor exhaust impeller mesin Electro Static Painting (ESP). Penelitian ini tidak membahas tentang biaya. Tujuan yang diharapkan dari penelitian ini adalah dengan menerapkan *predictvie maintenance* pada motor exhaust impeller dengan mengetahui nilai ambang batas arus sebelum mengalami kegagalan dan membuat jadwal perawatan *predictive maintenance*.

2. METODE

A. Objek Penelitian

Penelitian ini dilakukan pada equipment kritis mesin Electro Static Painting (ESP) di PT. XYZ.

B. Prosedure Penelitian

1. Identifikasi Masalah

Peneliti melakukan identifikasi masalah pada kerusakan mesin Electro Static Painting dengan menggunakan metode *Failure Mode Effect Analysis*. Identifikasi masalah pada metode FMEA dilakukan dengan mengidentifikasi mode kerusakan sehingga dapat diketahui penyebab kerusakan (*failure cause*) dari sebuah kerusakan dan akibat dari kerusakan (*failure effect*). Dari *failure cause* and *failure effect* digunakan untuk acuan dalam menentukan nilai *severity*, *occutiry* dan *detection*.

2. Studi Lapangan

Peneliti melakukan wawancara kepada teknisi *maintenance* ataupun teknisi proses yang secara langsung menangani kerusakan yang terjadi pada mesin ESP untuk memperjelas dan mempertegas dari hasil studi lapangan.

3. Studi Pustaka

Peneliti melakukan studi pustaka dengan mengumpulkan materi. Materi yang terkait dengan penelitian ini meliputi *failure mode analysis effect*, *risk priority number*, *maintenance*, *predictive maintenance*, analisa pengukuran arus, dan interval waktu kerusakan mesin.

4. Pengumpulan Data

Peneliti mengumpulkan data wawancara untuk mengetahui penyebab kerusakan yang terjadi pada mesin ESP, selain itu peneliti melakukan pengambilan data pemantauan kuat arus pada *equipment* prioritas yang dilakukan mulai Oktober 2021 - Januari 2022. Periode waktu pengambilan data pengukuran arus dilakukan secara rutin setiap 2 minggu sekali. apabila mesin *downtime* dan setelah diperbaiki.

Pengambilan data pemantauan kuat arus dilakukan pada equipment prioritas mesin electro static painting (ESP) yaitu motor exhaust impeller yang merupakan motor listrik 3 phasa. motor listrik 3 phasa dialiri oleh 3 kabel listrik yaitu kabel R,

kabel S dan kabel T, sehingga peneliti melakukan pemantauan pada 3 kabel tersebut. Peneliti juga mengumpulkan data-data yang berkaitan dengan informasi mengenai equipment kritis pada mesin Electro Static Painting (ESP).

5. Pengolahan Data

Peneliti melakukan pengolahan data Risk Priority Number (RPN) untuk mengetahui equipment prioritas dari mesin Electro Static Painting. Risk Priority Number (RPN) diperoleh dari perkalian nilai severity, occurity dan detection. Setelah equipment prioritas diketahui kemudian peneliti melakukan pengolahan data besarnya arus secara periodic pada equipment prioritas, data besarnya arus setelah perawatan pada equipment prioritas, besarnya arus equipment prioritas saat terjadi kerusakan, rata rata jam operasi mesin saat nilai arus equipment prioritas mencapai batas dan rata rata jam operasi nilai arus equipment prioritas mencapai batas.

6. Analisis dan Pembahasan

Hasil dari pengolahan data pengukuran arus akan dilakukan analisa pemantauan kuat arus dari pengukuran yang dilakukan. Analisa dilakukan berdasarkan grafik pemantauan kuat arus motor exhaust impeller dan analisa secara statistik dalam melakukan pembuatan jadwal *predictive* yang di susun untuk melakukan perawatan secara *periodic*.

7. Kesimpulan dan Saran

Peneliti menarik kesimpulan berdasarkan hasil penelitian secara garis besar. Selanjutnya dilakukan pemberian saran yang berdasarkan kondisi lapangan.

3. HASIL DAN PEMBAHASAN

A. Identifikasi Mode Kegagalan Mesin ESP

Identifikasi mode kegagalan mesin dilakukan dengan menggunakan metode Failure Mode Analysis Effect (FMEA) dengan menentukan penyebab dari kegagalan serta akibat dari kegagalan tersebut. (Ahmadi, 2020).

Tabel 1 Identifikasi Kerusakan Mesin menggunakan metode FMEA

Nama <i>Equipment</i>	Failure Mode	Failure Cause	Failure Effect
Motor Driver 1 & 2	Bearing rusak (pecah)	Usia pemakaian, suhu dan gesekan tinggi	Conveyor tidak berjalan
	V-belt putus	Left time dan suhu tinggi	Conveyor tidak jalan
	Pulley over dimention	Left time dan suhu tinggi	Motor drive lebih panas
Main Chain	Main Chain kendur	kurang pelumasan	Kecepatan conveyor turun
	Main Chain Putus	Left time tinggi	Conveyor tidak berjalan
	Main chain lepas	Kurangnya pelumasan	Conveyor tidak berjalan
Main Chain Structure	Main Chain Structure aus	Gesekan yang tinggi	Kecepatan conveyor turun
Catterpillar Chain	Cutterpillar chain kendur	Usia pemakaian	Kecepatan conveyor turun
	Cutterpillar chain putus		Conveyor tidak berjalan
	Cutterpillar chain aus	Gesekan yang tinggi	Kecepatan conveyor turun
Rantai Rotator	Rantai rotator putus	Usia pemakaian	Spindle tidak dapat berputar
		Temperature tinggi	
		Gesekan yang tinggi	
	Rantai rotator kendur	Usia pemakaian	Spindel berputar kurang maksimal
		Gesekan yang tinggi	
	Rantai rotator lepas	Pemasangan yang kurang sesuai	Spindel tidak dapat berputar
Gesekan yang tinggi			
Rantai rotator aus	Left time, kurang pelumas	Putaran spindle lambat	
Motor Electric Water Pump	Bearing pecah	Left time dan suhu tinggi	Motor dan pompa berhenti
	V-belt putus	Left time dan suhu tinggi	Motor dan pompa berhenti
Heater	Heater tidak stabil	Termocouple kotor	suhu air tidak maksimal
Noozle Spray Water	Noozle Spray Water tersumbat	debu atau kotoran yang menyumbat noozle spray	Cairan yang dikeluarkan nozzle spray sedikit
Water pump	Water pump bocor	Tekanan air besar	Air yang dipompa kurang
Motor Impeller Exhause	Impeller ngeblok	Left time dan suhu tinggi	Panas berlebih pada motor menyebabkan kebakaran
	Bearing pecah	Bearing mengalami gesekan tinggi	Motor Impeller Exhause tidak dapat dijalankan
Ecobell	Sensor tidak berfungsi	Debu ruangan menutupi sensor ecobell	Pengecatan produk tidak dapat dilakukan
	Air Turbing tidak simetri	gesekan tinggi	Spray system mati
	Turbing sobek	gesekan tinggi	Angin ecobelt bocor
Valve Dosing Pump	Valve dosing pump aus	banyaknya kerak cat yang menempel pada valve	cat yang dikeluarkan dosing pump sedikit
Dosing Pump	diagfragma kaku	Adanya kerak cat kering	Cat mampet
	Shaft rusak	Gesekan tinggi	Dosing pump bocor
	Seal rusak	Gesekan tinggi	Penahan angin bocor
Selang cat	Selang bocor	Gesekan tinggi	Flowrate ecobell menurun
Filter	Filter tertutup cat	Tidak mengganti Filter	cat menyebar
Motor Sirculation, Motor Air Seal Fan	van belt putus	Usia dan suhu tinggi	Udara oven tidak merata
	Roda bearing pecah	Usia dan suhu tinggi	Panas tidak tersebar di oven
Burner Weishaupt	suhu yang diberikan tidak sesuai	sistem pneumatic rusak	Cat tidak kering
		supply angin <10Psi	

Berdasarkan pada tabel 1 dapat diketahui *failure mode* dan *failure effect* serta. Setelah diketahui penyebab dan akibat kerusakan kemudian dilakukan penentuan skor nilai severity occurity dan detection. Hasil dari perkalian severity, occurance dan detection adalah nilai RPN. Nilai RPN (*Risk Priority Index*) akan menentukan

prioritas dari sebuah kegagalan, nilai RPN memberikan peringkat/rank kegagalan pada proses potensial.

Severity merupakan penilaian terhadap tingkat keseriusan dari efek yang ditimbulkan dari sebuah kerusakan. *Occurity* merupakan kemungkinan bahwa penyebab tersebut akan terjadi atau interval waktu kegagalan tersebut terjadi. *Detection* merupakan pengukuran terhadap kemampuan operator atau teknisi dalam menemukan suatu kerusakan.

Dari masing masing kriteria terdapat skala parameter dalam menghitung nilai *Risk Priority Number*.

Tabel 2. Skala Parameter *Severity*

Skala Parameter Severity		
Rank	Parameter	Skala
1.	Tidak ada akibat	Diperlukan sedikit penyesuaian dan tidak mengakibatkan waktu tunggu produksi.
2.	Sangat ringan	Mesin tetap beroperasi dengan aman, hanya terjadi sedikit gangguan peralatan. Proses produksi berada dalam pengendalian dan membutuhkan sedikit penyesuaian.
3.	Ringan	Mesin tetap beroperasi dengan aman, hanya terjadi sedikit gangguan peralatan. Proses produksi berada diluar kendali, membutuhkan beberapa penyesuaian
4.	Minor	Mesin tetap beroperasi dengan aman, namun terdapat gangguan yang menurunkan kinerja mesin. Proses produksi terhenti (downtime) selama <30 menit
5.	Rendah	Mesin menimbulkan kegagalan pada produk. Proses produksi terhenti (downtime) 30menit-60menit
6.	Sedang	Mesin menimbulkan kegagalan pada produk. Proses produksi terhenti 1 jam – 2 jam
7.	Tinggi	Mesin menimbulkan kegagalan pada produk. Proses produksi terhenti 2 jam – 4 jam
8.	Sangat tinggi	Mesin tidak dapat beroperasi dan kehilangan fungsi utamanya. Proses produksi terhenti 4 jam – 8 jam
9.	Serius	7esehatan7l beroperasi, dan dapat membahayakan kesehatan dan keselamatan kerja. Proses produksi terhenti >8jam
10.	Berbahaya	Mesin tidak layak dioperasikan karena dapat menimbulkan kecelakaan secara tiba-tiba dan bertentangan dengan peraturan kesehatan keselamatan kerja. Proses produksi terhenti >8 jam

(Iwan, 2014)

Tabel 3 Skala Parameter *Occurance*

Skala Parameter Occurrence		
Rank	Parameter	Skala
1.	Hampir tidak pernah	Kerusakan hamper pernah terjadi. > 10000 jam operasi mesin
2.	Remote	Kerusakan jarang terjadi. Tingkat kejadian 6001-10000 jam operasi mesin
3.	Sangat Sedikit	Kerusakan yang terjadi sangat sedikit. Tingkat kejadian 3001-6000 jam operasi mesin
4.	Sedikit	Kerusakan yang terjadi sedikit. Tingkat kejadian 2001-3000 jam operasi mesin
5.	Rendah	Kerusakan yang terjadi pada tingkat rendah. Tingkat kejadian 1001-2000 jam operasi mesin
6.	Medium	Kerusakan yang terjadi pada tingkat medium. Tingkat kejadian 401-1000 jam operasi mesin
7.	Agak Tinggi	Kerusakan yang terjadi agak tinggi. Tingkat kejadian 101-400 jam operasi mesin
8.	Tinggi	Kerusakan yang terjadi tinggi. Tingkat kejadian 11-100 jam operasi mesin
9.	Sangat Tinggi	Kerusakan yang terjadi sangat tinggi. Tingkat kejadian 2-10 jam operasi mesin
10.	Hampir Selalu	Kerusakan selalu terjadi. Tingkat kejadian < 2 jam operasi mesin

(Iwan, 2014)

Tabel 4 Parameter *Detection*

Skala Parameter Detection		
Rank	Parameter	Skala
1.	Hampir pasti	Control selalu dapat mendeteksi penyebab potensial atau mekanisme dan mode kegagalan
2.	Sangat tinggi	Kontrol memiliki kemungkinan sangat tinggi untuk mendeteksi penyebab potensial atau mekanisme kegagalan dan mode kegagalan
3.	Tinggi	Kontrol memiliki kemungkinan tinggi untuk mendeteksi penyebab potensial atau mekanisme kegagalan dan mode kegagalan
4.	Moderate High	Kontrol memiliki kemungkinan "moderate high" untuk mendeteksi penyebab potensial atau mekanisme kegagalan dan mode kegagalan.
5.	Moderate	Kontrol memiliki kemungkinan moderate untuk mendeteksi penyebab potensial mekanisme kegagalan dan mode kegagalan
6.	Rendah	Kontrol memiliki kemungkinan rendah untuk mendeteksi penyebab potensial mekanisme kegagalan dan mode kegagalan
7.	Sangat rendah	Kontrol memiliki kemungkinan sangat rendah untuk mendeteksi penyebab potensial atau mekanisme kegagalan dan mode kegagalan
8.	Remote	Kontrol memiliki kemungkinan remote untuk mendeteksi penyebab potensial atau mekanisme kegagalan dan mode kegagalan
9.	Very remote	Kontrol memiliki kemungkinan very remote untuk mendeteksi penyebab potensial atau mekanisme kegagalan dan mode kegagalan
10.	Tidak pasti	Kontrol akan selalu tidak mampu untuk mendeteksi penyebab potensial atau mekanisme kegagalan dan mode kegagalan.

(Iwan, 2014)

Berdasarkan tabel 2, tabel 3, dan tabel 4 merupakan skala yang digunakan acuan dalam menentukan nilai severity, occurity dan detection yang kemudian dikalikan untuk menghasilkan nilai RPN.

Tabel 5 Risk Priority Number Kerusakan Mesin Elektro Static Painting

Nama Equipment	Failure Mode	S	O	D	RPN
Motor Driver 1 & 2	Bearing rusak (pecah)	6	4	5	120
	V-belt putus	4	4	3	48
	Pulley over dimension	5	4	3	60
Main Chain	Main Chain kendur	4	2	4	32
	Main Chain Putus	5	2	4	40
Main Chain Structure	Main Chain Structure aus	5	3	4	60
	Main Chain Structure patah	6	3	2	36
Catterpillar Chain	Cutterpillar chain kendur	4	3	4	48
	Cutterpillar chain putus	5	3	2	30
	Cutterpillar chain aus	4	3	4	48
Rantai Rotator	Rantai rotator putus	5	3	3	45
	Rantai rotator kendur	5	6	3	90
	Rantai rotator lepas	4	3	3	36
	Rantai rotator aus	5	3	3	45
Motor Electric Water Pump	Adanya kerusakan pada bearing motor	6	5	4	120
	V-belt putus	4	5	3	60
	Kerusakan pada Coupling	5	5	4	100
Motor Electric Air Blow	Bearing pecah	6	3	5	90
	V-belt putus	5	3	4	60
Heater	Heater tidak stabil	5	3	4	60
Nozzle Spray Water	Nozzle Spray Water tersumbat	5	3	4	60
Water pump	Water pump bocor	5	3	2	30
Motor Impeller Exhaust	Impeller ngeblok	7	6	4	168
	Bearing pecah	6	4	5	144
Ecobell	Sensor ecobell tidak berfungsi	5	4	4	80
	Air Tubing tidak simetri	6	4	4	96
	Tubing sobek	5	4	4	80
	Ecobel mampet	5	4	3	60
Valve Dosing Pump	Valve dosing pump aus	5	3	4	60
Dosing Pump	diaphragma dosing pump kaku	4	6	4	96
	Shaft rusak	4	6	4	96
	Seal rusak	4	6	4	96
Selang cat	Selang bocor	5	4	4	80
Filter dan Layer	Filter dan Layer tertutup cat	2	4	1	8
Motor electric Circulation	van belt putus	5	3	4	60
	Roda bearing pecah	6	3	5	90
Burner Weishaupt	suhu yang diberikan tidak sesuai	6	4	4	96

Berdasarkan perhitungan nilai RPN pada tabel 5 nilai paling tinggi dari RPN adalah sebesar 168 yaitu kerusakan pada Motor Exhaust Impeller yang disebabkan oleh impeller ngeblok.

B. Penerapan *Predictive Maintenance*

Penerapan *predictive maintenance* dilakukan dengan mengukur besarnya nilai arus listrik yang mengalir pada motor exhaust impeller.

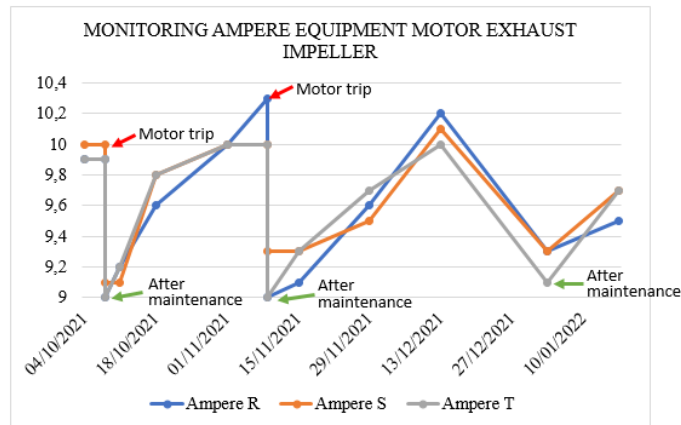
1. Pengambilan data arus motor impeller exhaust

Berdasarkan periode waktu pengambilan data rutin yang dilakukan setiap 2 minggu, saat mengalami *downtime* dan setelah dilakukan perawatan. Tabel 3 merupakan data pemantauan bulanan Oktober 2021 – Januari 2022.

Tabel 3 Data Pemantauan kuat arus

Date	Arus Kabel R (A)	Arus Kabel S (A)	Arus Kabel T (A)	Keterangan
04/10/2021	9,9A	10A	9,9A	
08/10/2021	9,9A	10A	9,9A	Motor Trip
08/10/2021	9A	9,1A	9A	After maintenance
11/10/2021	9,2A	9,1A	9,2A	
18/10/2021	9,6A	9,8A	9,8A	
01/11/2021	10A	10A	10A	
09/11/2021	10,3A	10A	10A	Motor Trip
09/11/2021	9A	9,3A	9A	After maintenance
15/11/2021	9,1A	9,3A	9,3A	
29/11/2021	9,6A	9,5A	9,7A	
13/12/2021	10,2A	10,1A	10A	
03/01/2022	9,3A	9,3A	9,1A	
17/01/2022	9,5A	9,7A	9,7A	

2. Grafik Pengukuran Arus



Gambar 2 Grafik Pemantauan kuat arus *Equipment* Motor Impeller Exhaust

Berdasarkan gambar 2 dapat diketahui bahwa nilai arus akan terus meningkat sampai mencapai puncak dan mengalami kerusakan. Saat mengalami kerusakan perusahaan melakukan perawatan agar *equipment* dapat digunakan kembali. Setelah perawatan, nilai arus akan turun pada suatu titik tertentu.

B. Analisis Arus pada Motor Exhaust Impeller

Sejalan dengan penelitian yang dilakukan Ari pada 2020, arus pada motor dapat di kategorikan menjadi 3 kategori yaitu beban rendah, beban sedang, beban puncak.

1. Perhitungan klasifikasi arus

Klasifikasi beban digunakan untuk pengelompokan beban dengan tujuan untuk mempermudah dalam melakukan analisis laju pemantauan kuat arus dan penentuan batas nilai arus sebelum mengalami kerusakan.

Tabel 4 Pengolahan Data Penentuan Klasifikasi Arus

Minimal	9
Maksimal	10,3
Banyaknya Kelas	3
Interval Kelas	0,4

Tabel 5 Penentuan Nilai Interval Klasifikasi Arus

KLASIFIKASI BEBAN IMPELLER			
No	Interval Kelas		Keterangan
	Bawah	Atas	
1	9,0A	9,4A	Arus Rendah
2	9,4A	9,9A	Arus Sedang
3	9,9A	10,3A	Arus Puncak

Berdasarkan tabel 4 dan 5 diperoleh interval kelas adalah sebesar 0,4 sehingga dapat diperoleh bahwa arus bernilai rendah saat 9,0A – 9,4A, arus bernilai sedang saat 9,4A -9,9A, arus bernilai puncak saat arus bernilai 9,9A-10,3A.

C. Rata-rata nilai arus Saat mengalami kerusakan

Perhitungan nilai arus saat mengalami kerusakan digunakan untuk analisis jumlah rata-rata nilai arus pada motor exhaust impeller saat mengalami kerusakan. Sehingga dengan nilai rata-rata tersebut dapat digunakan acuan dalam menentukan nilai batas arus *Predictive Maintenance*.

Tabel 6 Perhitungan rata rata nilai arus sebelum mengalami kerusakan

No	Tanggal Kerusakan	Nilai Arus		
		Arus Kabel R (A)	Arus Kabel S (A)	Arus Kabel T (A)
1	08-Oct-21	9,9A	10A	9,9A
2	09-Nov-21	10,3A	10A	10A
	Rata-rata	10,1A	10A	9,95A

Berdasarkan tabel 6 diketahui bahwa motor exhaust impeller mengalami 2x kerusakan. Nilai arus terkecil saat mengalami kerusakan adalah 9,9A dan nilai terbesar saat mengalami kerusakan adalah 10,3A. dari nilai arus kabel R, arus kabel S dan arus kabel T dapat diketahui rata rata nilai arus saat mengalami kerusakan yaitu 10,1 A pada arus kabel R, 10A pada arus kabel S dan 9,95A pada arus kabel T. Hal tersebut dapat disimpulkan bahwa saat motor exhaust impeller mengalami kerusakan, nilai arus berada pada beban puncak yaitu dengan range 9,9A-10,3A.

D. Rata-rata nilai arus setelah dilakukan perawatan

Perhitungan nilai arus setelah dilakukan perawatan digunakan untuk mengetahui nilai arus setelah dilakukan perawatan. Perhitungan tersebut digunakan untuk mendapatkan gap nilai arus motor exhaust impeller dalam kondisi baik sampai saat motor dalam kondisi rusak. Perhitungan rata-rata nilai arus setelah dilakukan perawatan dapat dilihat pada tabel 7.

Tabel 7 Perhitungan rata rata nilai arus setelah dilakukan perawatan

No	Tanggal Perawatan	Nilai arus		
		Arus Kabel R (A)	Arus Kabel S (A)	Arus Kabel T (A)
1	08-Oct-21	9A	9,1A	9A
2	09-Nov-21	9A	9,3A	9A
3	03-Jan-2022	9,3A	9,3A	9,1A
Rata-rata		9A	9,2A	9A

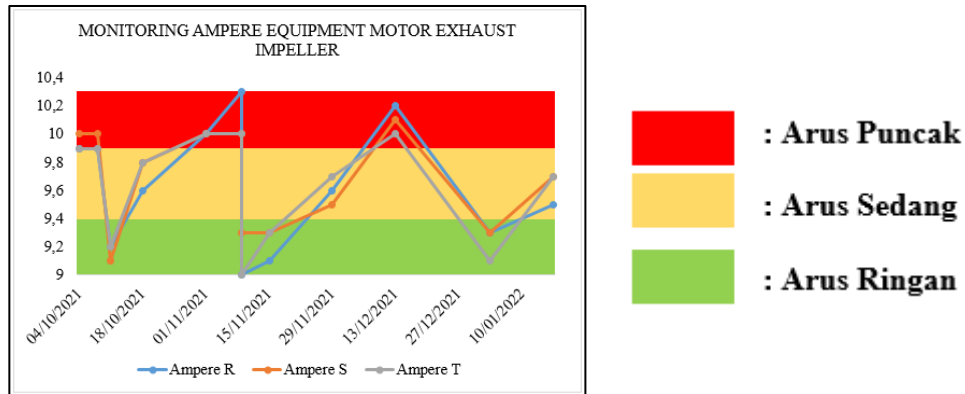
Berdasarkan tabel 7 diketahui bahwa motor exhaust impeller mengalami 3x perawatan yaitu pada tanggal 8 Oktober 2021, 9 November 2021, dan 3 Januari 2022. Rata-rata nilai arus setelah dilakukan perawatan yaitu 9 A pada arus kabel R, 9,2A pada arus kabel S dan 9A pada arus kabel T. Hal tersebut dapat disimpulkan bahwa setelah dilakukan perawatan, nilai arus motor exhaust impeller berada pada beban rendah.

E. Penentuan Batas Arus *Predictive Maintenance*

Penentuan batas arus yang digunakan sebagai peringatan untuk segera melakukan tindakan *maintenance* sebelum *equipment* mengalami kerusakan. Berdasarkan tabel 3 dapat diketahui bahwa saat motor exhaust impeller mengalami kerusakan, beban arus berada pada arus puncak sehingga batas arus yang digunakan

adalah saat nilai arus mencapai arus puncak. Arus puncak berada pada nilai 9,9 A sampai dengan 10,3A sehingga saat nilai arus >9.9 perlu dilakukan *maintenance* untuk menghindari kerusakan.

F. Analisis Klasifikasi Beban dan Limit Arus berdasarkan grafik pemantauan



Gambar 3 Grafik Klasifikasi Arus

Berdasarkan gambar 3 didapatkan informasi bahwa saat motor akan mengalami kerusakan, arus berada pada titik beban puncak. Setelah motor dilakukan perawatan nilai arus akan turun dan berada pada beban ringan. Setelah dilakukan perawatan sampai dengan waktu tertentu nilai arus akan naikan perlahan hingga dia mencapai batas limit dan mengalami kerusakan.

G. Perhitungan Waktu Kritis

1. Perhitungan *Time to Limit*

Perhitungan *time to limit* merupakan perhitungan jam operasi motor exhaust impeller saat siap digunakan setelah kerusakan sampai motor mencapai titik limit arus yaitu pada arus puncak.

Tabel 8. Perhitungan Time to Limit

No	Tanggal Selesai Perawatan	Tanggal Mencapai Limit	Rentang Waktu (Jam)
1	08/10/2021	01/11/2021	284,83
2	09/11/2021	13/12/2021	527,83
Rata-rata			406,3

Berdasarkan tabel 8 motor exhaust impeller mulai dari bulan Oktober hingga bulan Januari memiliki nilai arus yang mencapai limit 2 kali yaitu pada 8 Oktober 2021 sampai nilai arus motor exhaust impeller mencapai puncak 1 November 2021 sebesar 284,83 jam dan 9 November 2021 sampai 13 Desember 2021 sebesar 527,83. Selanjutnya data tersebut diolah rata-ratanya untuk mengetahui representasi data secara keseluruhan. Sejalan dengan penelitian yang dilakukan Hendra (2018) untuk mengetahui waktu kritis komponen dilakukan dengan mengolah rata rata dari sebuah data waktu komponen kritis. Berdasarkan perhitungan rata rata komponen setelah siap digunakan sampai mencapai batas puncak adalah antara range waktu 406,3 jam.

2. Perhitungan Waktu Arus Rendah Sampai Arus Puncak

Tabel 9 Perhitungan Waktu Arus Rendah Sampai Arus Puncak

No	Tanggal Arus Normal	Tanggal Arus Puncak	Rentang Waktu (Jam)
1	11/10/2021	01/11/2021	272 jam
2	15/11/2021	13/12/2021	452,0 jam
Rata-rata			362 jam

Berdasarkan tabel 9 motor exhaust impeller mulai dari bulan Oktober hingga bulan Januari memiliki nilai arus yang mencapai arus puncak 2 kali yaitu pada tanggal 1 November 2021 dan 13 Desember 2021. Dari data tersebut dapat diketahui rentang waktu saat motor exhaust impeller memiliki arus normal sampai ke arus puncak pada 11 Oktober 2021 sampai dengan 1 November 2021 sebesar 272 jam dan 15 November 2021 sampai 13 Desember 2021 rentang waktu operasi mesin sebesar 452 jam. Selanjutnya data tersebut diolah rata-ratanya untuk mengetahui representasi data secara keseluruhan. Sejalan dengan penelitian yang dilakukan Hendra (2018) untuk mengetahui waktu kritis komponen dilakukan dengan mengolah rata rata dari sebuah data waktu komponen kritis. Dari perhitungan didapatkan rata rata waktu saat arus bernilai rendah sampai arus limit adalah sebesar 362 jam.

3. Perhitungan Waktu Arus Sedang Sampai Arus Puncak

Tabel 10 Perhitungan Waktu Arus Sedang Sampai Arus Puncak

No	Tanggal Arus Sedang	Tanggal Mencapai Limit	Rentang Waktu (Jam)
1	18/10/2021	01/11/2021	184 jam
2	29/11/2021	13/12/2021	224 jam
Rata-rata			204 jam

Berdasarkan tabel 10 motor exhaust impeller mulai dari bulan Oktober hingga bulan Januari memiliki nilai arus yang mencapai arus puncak 2 kali yaitu pada tanggal 1 November 2021 dan 13 Desember 2021. Dari data tersebut diketahui rentang waktu saat motor exhaust impeller memiliki arus sedang sampai ke arus puncak dari 18 Oktober 2021 sampai dengan 1 November 2021 adalah sebesar 184 jam dan 29 November 2021 sampai 13 Desember 2021 rentang waktu operasi mesin tersebut sebesar 224 jam. Selanjutnya data tersebut diolah rata-ratanya untuk mengetahui representasi data secara keseluruhan. Sejalan dengan penelitian yang dilakukan Hendra (2018) untuk mengetahui waktu kritis komponen dilakukan dengan mengolah rata rata dari sebuah data waktu komponen kritis. Dari perhitungan didapatkan rata rata waktu saat arus bernilai sedang sampai arus puncak sebesar 204 jam.

H. Allowance Waktu Perawatan Saat Arus mencapai batas Predictive Maintenance

Allowance waktu perawatan sebelum terjadi kerusakan di dapatkan pada saat arus berada pada titik limit sampai motor exhaust impeller mengalami kerusakan.

Tabel 11 Perhitungan Allowance Waktu Perawatan

No	Tanggal Mencapai Limit	Tanggal Kegagalan	Rentang Waktu (Jam)
1	04/10/2021	08/10/2021	74,83 jam
2	01/11/2021	09/11/2021	119,57 jam
Rata-rata			97,20 jam

Berdasarkan tabel 11 motor exhaust impeller mulai dari bulan Oktober hingga bulan Januari mengalami kegagalan 2 kali yaitu pada tanggal 8 Oktober 2021 dan 9 November 2021. Setelah dilakukan perhitungan rata rata *allowance* waktu untuk

dilakukan perawatan yaitu mulai arus mencapai puncak sampai motor exhaust impeller mengalami kegagalan adalah sebesar 97,20 jam.

I. Jadwal *Predictive Maintenance*

Jadwal *predictive maintenance* sangat bergantung pada kondisi *equipment*. Jadwal *predictive maintenance* terdapat dua macam, yaitu jadwal dilakukan pemantauan kuat arus dan jadwal dilakukan perawatan. Perawatan akan dilakukan saat nilai arus mencapai batas kritis.

Pengambilan data pemantauan dilakukan pada 406,3 jam setelah perawatan, data pemantauandapat menunjukkan kondisi arus rendah, arus sedang dan arus puncak. *Action* yang dilakukan disesuaikan dengan nilai arus yang didapat ada saat pemantauandilakukan. Berikut merupakan *action* yang dilakukan:

1. Apabila nilai arus bernilai puncak maka harus dilakukan perawatan pada motor exhaust impeller sebelum 97,2 jam setelah arus mencapai arus puncak
2. Apabila data pemantauanmenunjukkan arus sedang maka harus dilakukan pemantauan kuat arus kembali 204 jam setelah dilakukan pemantauan.
3. Apabila data pemantauanmenunjukkan arus rendah maka harus dilakukan pemantauan kuat arus kembali 362 jam setelah dilakukan pemantauan.

4. PENUTUP

Setelah dilakukan penelitian maka dapat diambil kesimpulan sebagai berikut :

1. Terdapat 3 kelompok arus pada motor exhaust impeller yaitu arus rendah bernilai 9-9,4A, arus sedang bernilai 9,4-9,9A, arus puncak bernilai 9,9-10,3A.
2. Rata-rata nilai arus saat setelah dilakukan perawatan adalah sebesar 9-9,2 dan saat nilai arus mengalami kerusakan adalah sebesar 9,95-10,1A.
3. Jadwal *predictive maintenance* terdapat dua macam, yaitu jadwal dilakukan pemantauan kuat arus dan jadwal dilakukan perawatan. Perawatan akan dilakukan saat nilai arus mencapai arus puncak.
4. Action yang dilakukan setelah pemantauan kuat arus berbeda-beda tergantung hasil pemantauan yang didapatkan. Apabila arus puncak maka harus dilakukan perawatan sebelum 97,2 jam. Apabila arus sedang maka harus dilakukan

pemantauan kembali pada 204 jam selanjutnya. Apabila arus rendah maka perlu dilakukan pemantauankembali pada 362 jam selanjutnya.

DAFTAR PUSTAKA

- Ahmadi, N., & Hidayah, N. Y. (2017). Jurnal Optimasi Sistem Industri Analisis Pemeliharaan Mesin Blowmould Dengan Metode RCM Di PT . CCAI. Jurnal Optimasi Sistem Industri, 2(2), 167–176.
- Alaswad S, Xiang. 2017. A review on condition-based *maintenance* optimization models for the stochastically deteriorating system. Reliab Engineering System Saf.;157:54–63.
- Apriando, Hengki. (2019). Analisa perbaikan motor induksi 3 phasa ajax 9KW/380V di PT. Pupuk Sriwidjaja Palembang. Jurnal teknologi elektrik dan nuklir. 1(1). 34-41.
- Baptista, M; Sankararaman, S; de Medeiros IP; Nascimento C; Prendinger H; Henriques EMP. 2018. Forecasting fault events for *predictive maintenance* using data-driven techniques and ARMA modeling. Computer Industrial Engineering.115:41–53.
- Blanchard, B., S., Dinesh V., Elmer, L., P. (1994). MAINTAINABILITY: A Key to Effective Serviceability and *Maintenance* Management. New York: John Wiley & Sons, Inc.
- Coleman C, Damofaran S, Deuel E. *Predictive maintenance* and the smart factory. 2017. Industrial Engineering. 32:21-82
- Ebeling, Charles E. (1997). An Introduction to Reliability and Maintainability Engineering. Singapore : The McGraw-Hill Companies, Inc.
- Fatoni, A., Wibowo, R. S., & Soeprijanto, A. (2016). Analisa Keandalan Sistem Distribusi 20 kV PT . PLN Rayon Lumajang dengan Metode FMEA (Failure Modes and Effects Analysis). JURNAL TEKNIK ITS, 5(2), 462–467.
- Firdhana, Niko Riza., Sukmadi, Tejo., dan Karnoto. (2017). Analisis kerusakan batang rotor pada motor induksi tiga phasa menggunakan metode motor current signature analysis. Jurnal Teknik Elektro. 19(4). 161-169
- Hadi, Sofian; 2019. Analisis *Predictive maintenance* Mesin Overhead Crane PT. Bromo Steel Indonesia. Jurnal Teknologi dan Manajemen Industri, Vol. 5 No. 2,
- Jannah, R. M., Supriyadi., dan Ahmad N. 2017. Analisis Efektifitas pada Mesin Centrifugal dengan Menggunakan Metode Overall *Equipment Effectiveness* (OEE) In Prosiding Seminar Nasional Riset Terapan, Senaset (Pp. 170-175). Universitas Serang Raya.
- Jasasila, J. (2017). Peningkatan Mutu Pemeliharaan Mesin Pengaruhnya terhadap Proses Produksi pada PT Aneka Bumi Pratama (Abp) di Kabupaten Batanghari. Jurnal Ilmiah Universitas Batanghari Jambi. 1(1) 32-41.

- Jia, H., Li, Z., & Liu, H.C. (2017). New approach for *Failure Mode and Effect Analysis* using linguistic distribution assessments and TODIM method. *Reliability Engineering and System Safety*, 167, 302-309.
- Nudin dan Iskandar. (2018). Analisis Pemeliharaan Mesin Ridger Palir Di PT. Great Giant Pineapple. *Jurnal Teknik Industri*. 2(1). 2579-5732.
- Otaya, L. G. (2016). Distribusi Probabilitas Weibull Dan Aplikasinya (Pada Persoalan Keandalan (Reliability) dan Analisis Rawatan (Maintainability)). *Jurnal Manajemen Pendidikan Islam*, 4(2), 44–66.
- Paprocka I, Skołod B. 2017. A hybrid multi-objective immune algorithm for *predictive* and reactive scheduling. *J Sched*. 2(2):165–82.
- Permana, Putra Kadek Dwi, dkk. 2016. Analisis Getaran Poros pada Motor dan Pompa yang Mengalami Misalignment. *Jurnal Nasional*. Institut Teknologi Nasional Bandung, Januari 2016.
- Prasetyo, Bayu Indra. (2017). Pemeliharaan mesin produksi percetakan menggunakan metode markov chain di CV .Dunia Printig. *Jurnal Teknik Industri*. 4(2). 112–147.
- Puspawan, A. (2017). *Corrective maintenance* Bearing on Rolling Machine of 1st and 2nd Crepper Jumbo (Case Study in PTPN VII of Padang Pelawi Bussines Unit, Seluma Regency, Bengkulu Province). 2(2). 131-139
- Putra, Saleh dan Asngadi. (2019). Analisis Pemeliharaan Mesin Produksi Pada PT. Haycarb Palu Mitra. *Jurnal Ilmu Manajemen Universitas Tadulako*. 5(1). 61-68
- Ribeiro, M.T., Singh, S., Guestrin, C., 2016. Why should i trust you?: explaining the predictions of any classifier. In: *Proceedings of the 22nd ACM SIGKDD International Conference on Knowledge Discovery and Data Mining*, pp. 1135–1144.
- Rohpertua Purba, Hendra. 2018. Penerapan *Predictive maintenance* Menggunakan Metode Pemantauan Vibrasi Dan Menentukan Interval Waktu Pergantian Komponen Kritis Pada Tank Agitator Recovery Boiler Di Pt. Toba Pulp Lestari, Tbk. *Jurnal Teknik Mesin*. (1) (2) Hal. 43
- Sriawan, Muhammad Khoiri. (2019). Pengujian Keandalan Motor Induksi 3 Phasa. *Jurnal Nasional Teknologi dan Aplikasi Reaktor Nuklir*. 17(09). 4-7.
- S, R. Chandra., G, S. Ayyappan., K, Srinivas., and D, Ganesh. (2016). Simulation and Testing of Induction Motor Faults in MATLAB for Online Condition Pemantauan. *Journal of Electrical & Electronics Engineering*, 9(12). 7-18.
- Soesetyo, Ivan dan Bendatu, Liem Yenny. 2014. Penjadwalan *Predictive maintenance* dan Biaya Perawatan Mesin Pellet di PT Charoen Pokphand Indonesia JTI, Vol. 2, No. 2, pp. 147–154
- T, Dogruer., and M, Akar. (2016). Broken Rotor Bar Fault Diagnosis in Induction Motor using Resampling Based Order Tracking Analysis Method. *Journal JNRS*. 12(1). 111-125.

- Yulianto, Sefri. (2017). Pemisahan Sinyal Emisi Akustik Menggunakan Metode Fast-Fixed Point Independent Analysis(FastICA) Untuk Identifikasi Kondisi Mesin Kompresor. *Jurnal technology machinery*. 3(1) 45-58.
- Zhang, Y; Ren, S; Liu, Y; Si S. 2017. A big data analytics architecture for cleaner manufacturing and *maintenance* processes of complex products. *J Clean Prod*. 142:626–41.
- Zainal, Abidin Ganong dan I Wayan Sujana. 2017. Deteksi Kerusakan Bearing Pada Condensate Pump dengan Analisis Sinyal Vibrasi. *Jurnal “FLYWHEEL”*, Volume 8, Nomor 1, Februari 2017.
- Zhu Q, Peng H, Timmermans B, van Houtum GJ. 2017. A condition-based *maintenance* model for a single component in a system with scheduled and unscheduled downs. *Int J Prod Econ*. 193:365–80.