

Analisis Kerusakan Motor Listrik di Unit Pemurnian Brine PT. XYZ dengan Metode FMEA

Pugy Gautama¹, Riki Ardiansya², Arif Budi Sulisty³

^{1,2,3}Program Studi Teknik Industri, Fakultas Teknik Universitas Banten Jaya
e-mail: ¹gautamapugy@gmail.com, ²rikiardiansya.sdtl3@gmail.com, ³arif.b.sulisty@gmail.com

Diterima	Direvisi	Disetujui
01-01-2020	01-02-2020	01-03-2020

Abstrak - Kebutuhan dan penggunaan motor listrik untuk berbagai keperluan industri semakin meningkat. Di dunia industri, banyak sekali dijumpai berbagai macam jenis motor listrik sebagai alat penggerak untuk menggerakkan berbagai macam mesin dan peralatan yang dibutuhkan di industri. Di PT XYZ khususnya di Plant Chlor Alkali unit pemurnian larutan brine ada beberapa motor listrik yang sering mengalami masalah pada komponennya dalam setiap tahunnya. Dampak dan kerugian yang terjadi apabila mengalami kerusakan pada mesin atau motor dapat mempengaruhi kualitas produk dan unit pemurnian brine tidak bisa beroperasi (*shutdown*). Penelitian ini menggunakan metode FMEA. Hasil penelitian adalah terdapat 2 jenis kerusakan pada motor listrik yaitu *bearing noise* dan *Coil Short*. Nilai RPN pada jenis kerusakan *bearing noise* sebesar 93,75 dan *Coil Short* sebesar 76. Usulan perbaikan yang dapat dilakukan untuk mengurangi kerusakan motor listrik yaitu dengan perawatan dan pencegahan kerusakan motor listrik di PT XYZ dilakukan dengan cara visual, pemeriksaan dan penggantian komponen motor listrik dengan mengikuti jadwal perawatan yang dibuat mingguan, bulanan dan tahunan

Kata Kunci: FMEA, Kerusakan, Motor Listrik

Abstract - *The need and use of electric motors for various industrial purposes is increasing. In the industrial world, you can find various types of electric motors as driving tools to move various types of machines and equipment needed in industry. At PT At PT XYZ, especially at the Chlorine Alkali Plant, the brine solution purification unit, there are several electric motors that often experience problems with their components every year. The impacts and losses that occur if the machine or motor is damaged can affect product quality and the brine purification unit cannot operate (shutdown). This research uses the FMEA method. The results of the research are that there are 2 types of damage to electric motors, namely bearing noise and coil short. The RPN value for the type of damage to bearing noise is 93.75 and Coil Short is 76. Proposed improvements that can be made to reduce damage to electric motors are by maintaining and preventing damage to electric motors at PT Follow the maintenance schedule made weekly, monthly and annually*

Keywords: FMEA, Damage, Electric Motor

PENDAHULUAN

Kebutuhan dan penggunaan motor listrik untuk berbagai keperluan industri semakin meningkat. Luasnya penggunaan motor listrik di berbagai industri disebabkan kemampuan motor listrik yang sangat handal dalam menyediakan daya putar dengan berbagai pilihan daya disertai dengan efisiensi yang cukup bagus (Digo et al., 2022). Motor listrik yang banyak digunakan di pabrik-pabrik sebagai penggerak adalah motor listrik induksi tiga fasa, karena penggunaan motor listrik tiga fasa tersebut mempunyai konstruksi yang sangat sederhana sehingga mudah dalam perawatan dan perbaikannya. Motor listrik digunakan sebagai salah satu alat penunjang perkembangan industri yang semakin maju selain itu motor listrik juga digunakan disegala bidang kehidupan manusia. Misalnya di dunia industri banyak sekali dijumpai

berbagai macam jenis motor listrik sebagai alat penggerak untuk menggerakkan berbagai macam mesin dan peralatan yang dibutuhkan di industri.

Motor Induksi merupakan motor arus bolak-balik (AC) yang paling luas digunakan. Penamaanya berasal dari kenyataan bahwa arus rotor motor ini bukan diperoleh dari sumber tertentu, tetapi merupakan arus yang terinduksi sebagai akibat adanya perbedaan relatif antara putaran rotor dengan medan putar (*rotating magnetic field*) yang dihasilkan oleh arus stator (Sitorus & Harahap, 2022). Motor induksi merupakan motor yang paling umum digunakan pada berbagai peralatan industri. Popularitasnya karena rancangan didapati, dan dapat langsung disambungkan ke sumber dayal AC (Feri Febrian Syah & Endi Permata, 2022). Motor induksi tiga fasa berputar pada kecepatan yang konstan, mulai dari tidak terbeban sampai mencapai keadaan



beban terpenuhi. Kecepatan putaran motor ini dipengaruhi oleh frekuensi, dengan demikian pengaturan kecepatan tidak dapat dengan mudah dilakukan terhadap motor ini (Saputra, 2022).

Di PT XYZ khususnya di Plant Chlor Alkali unit pemurnian larutan *brine*, ada beberapa motor listrik yang sering mengalami masalah pada komponennya dalam setiap tahunnya. Pada tahun 2021, terdapat kerusakan pada motor sebanyak 14 dan pada tahun 2022, kerusakan pada motor menurun dengan jumlah kerusakan yaitu sebanyak 11. Dampak dan kerugian yang terjadi apabila mengalami kerusakan pada mesin atau motor dapat mempengaruhi kualitas produk dan unit pemurnian *brine* tidak bisa beroperasi (*shutdown*). Karena ada beberapa motor listrik di unit *brine* digunakan sebagai pencampur bahan-bahan kimia pada larutan *brine* sebelum diproses ke dalam *elektrolizer*. Jika motor tersebut mengalami *trouble*, maka larutan garam tersebut kualitasnya kurang baik untuk diproses. Dengan demikian, sangat penting untuk mengetahui kerusakan/kegagalan pada motor listrik unit pemurnian *brine*, supaya dapat mengurangi kerusakan/kegagalan. Dengan menganalisa suatu moda kegagalan bahkan menghilangkan moda kegagalan tersebut pada terhadap kualitas larutan *brine* agar menjadi lebih baik.

Beberapa penelitian mengenai FMEA telah dilakukan, diantaranya penelitian Haq et al., (2021) dan Hendratmoko & Pranoto (2022). FMEA merupakan suatu metode yang digunakan untuk mengidentifikasi dan menganalisa suatu moda kegagalan bahkan dapat menghilangkan moda kegagalan tersebut. Metode ini berguna untuk mengidentifikasi kegagalan, mengevaluasi efek kegagalan, dan memprioritaskan kegagalan berdasarkan rating dan efek yang dihasilkan serta memprioritaskan pokok permasalahan untuk diberi tindakan perbaikan sehingga mencegah terjadinya masalah pada produk dan proses.

METODE PENELITIAN

Tempat penelitian dilaksanakan di PT XYZ. Desa Mangunreja, Kecamatan Pulo Ampel, Kabupaten Serang, Banten. Dan berjarak ± 47 Km dari Kota Serang. Waktu pelaksanaan penelitian di PT XYZ dilaksanakan pada bulan Januari 2023. Penelitian dilakukan selama satu bulan, pada pelaksanaan penelitian dilakukan bersamaan dengan aktivitas bekerja dan selalu melakukan konsultasi untuk menguji validitas data kepada pihak yang bersangkutan sampai pembuatan laporan tugas akhir selesai.

Penelitian ini menggunakan metode FMEA. *Failure Mode and Effect Analysis* (FMEA) merupakan metode analisis induktif untuk mengidentifikasi kerusakan produk dan atau proses yang paling potensial dengan mendeteksi peluang, penyebabnya, efek, dan prioritas perbaikan berdasarkan tingkat kepentingan kerusakan. FMEA

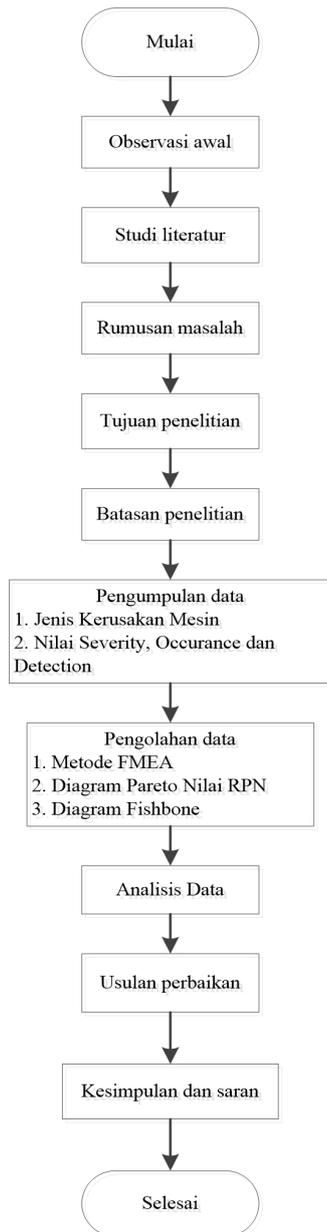
bertujuan mengevaluasi desain sistem dengan mempertimbangkan bermacam-macam model kegagalan yang terdiri dari membuat komponen dan menganalisis dampak keandalan sistem (Susilo et al., 2019). FMEA akan mendefinisikan segala sesuatu yang rusak dan mengapa kerusakan bisa terjadi (*failure modes*) serta mengetahui efek dari setiap kerusakan pada sistem (*failure effect*) (Susilo et al., 2019).

Untuk mengevaluasi kegagalan terjadi dalam sebuah sistem, desain, proses, atau pelayanan (*service*). Identifikasi kegagalan potensial dilakukan dengan cara pemberian nilai atau skor masing-masing moda kegagalan berdasarkan atas tingkat kejadian (*occurrence*), tingkat keparahan (*severity*) dan tingkat deteksi (*detection*) (Stamatis, 2019).

Menurut Zakaria et al., (2020) menjelaskan *Failure Mode and Effect Analysis* (FMEA) yang merupakan metode kegagalan fungsi kerja mesin dari data kegagalan diperoleh, dihitung nilai $RPN = Severity \times Occurrence \times Detection$. *Severity* (Keparahan) adalah peringatan keseriusan risiko kegagalan untuk mengoperasikan mesin, *Occurrence* (Kejadian) adalah frekuensi kejadian yang tidak berfungsi, dan *Detection* (Deteksi) adalah sejauh mana kegagalan dimulai atau dilengkapi dengan fungsi deteksi atau peringatan sebelum peristiwa.

Menurut Dwiartono et al. (2019), semua desain dan proses FMEA menggunakan sepuluh langkah, yaitu:

1. Meninjau proses atau produk.
2. Melakukan *brainstorming* terhadap moda kegagalan potensial.
3. Mendaftar potensi efek yang ditimbulkan untuk setiap moda kegagalan.
4. Menetapkan peringkat *severity* untuk setiap efek yang ditimbulkan.
5. Menetapkan peringkat *occurrence* untuk setiap efek yang ditimbulkan.
6. Menetapkan peringkat *detection* untuk setiap efek yang ditimbulkan.
7. Menghitung *Risk Priority Number* untuk setiap efek yang ditimbulkan.
8. Memprioritaskan moda kegagalan yang akan ditindak lanjuti.
9. Mengambil tindakan untuk menghilangkan atau mengurangi moda kegagalan yang beresiko tinggi.
10. Menghitung hasil *Risk Priority Number* setelah moda kegagalan dikurangi atau dihilangkan.



Gambar 1. Flowchart Penelitian

HASIL DAN PEMBAHASAN

Pengumpulan Data

Data yang digunakan adalah data kerusakan komponen motor listrik dari periode Januari 2021 sampai dengan Desember 2022 dimana dalam unit pemurnian larutan brine ini terdapat 24 unit motor listrik. Data kerusakan yang terjadi dimana ada dua jenis kategori kerusakan, yaitu *Bearing Noise* dan *Coil Short*. Data kerusakan tahun 2021 dan 2022 dapat dilihat pada tabel 1 dan 2.

Bearing Noise yaitu bearing yang putaranya menjadi berbunyi nyaring bahkan bisa menyebabkan temperatur motor menjadi lebih tinggi karena kurangnya pelumasan bahkan bisa menyebabkan motor *stuck* (macet) dengan sendirinya dikarenakan kerusakan pada bearing tersebut. Ada beberapa factor yang menyebabkan *Bearing Noise* diantaranya adalah faktor lingkungan yang berdebu, seal rusak, vibrasi dan pemberian pelumasan yang tidak sesuai dengan ketentuannya.

Coil Short yaitu konduktor listrik (lilitan dynamo atau kabel yang *short*, yaitu tersentuhnya sesama konduktor atau konduktor yang menyentuh body). Ada beberapa faktor yang mempengaruhi *Coil Short* diantaranya: kemasan air hujan, isolator pada lilitan dalam mengelupas akibat temperature yang terlalu tinggi dan *connection* kabel pada terminal kendur. Dari data diatas diketahui bahwa periode 2021-2022 terdapat 25 kasus kerusakan motor listrik di area produksi unit pemurnian *brine* di PT XYZ.

Tabel 1. Data Kerusakan Motor Listrik Tahun 2021

No	Bulan	Tahun	Jumlah Motor Rusak	Akibat
1	Januari	2021	3	<i>Bearing noise</i>
2	Febuari	2021	2	<i>Bearing noise</i>
3	Maret	2021	0	-
4	April	2021	1	<i>Coil short</i>
5	Mei	2021	0	-
6	Juni	2021	0	-
7	Juli	2021	3	<i>Bearing noise</i>
8	Agustus	2021	2	<i>Coil short</i>
9	September	2021	0	<i>Bearing noise</i>
10	Oktober	2021	2	<i>Coil short</i>
11	November	2021	0	-
12	Desember	2021	1	<i>Bearing noise</i>
Total			14	

Sumber: Pengolahan Data, 2023

Tabel 2. Data Kerusakan Motor Listrik Tahun 2022

No	Bulan	Tahun	Jumlah Motor Rusak	Akibat
1	Januari	2022	0	-
2	Febuari	2022	2	Bearing noise
3	Maret	2022	0	-
4	April	2022	1	Bearing noise
5	Mei	2022	0	-
6	Juni	2022	0	-
7	Juli	2022	2	Bearing noise
8	Agustus	2022	0	-
9	September	2022	2	Coil short
10	Oktober	2022	1	Bearing noise
11	November	2022	2	Bearing noise
12	Desember	2022	1	Bearing noise
Total			11	

Sumber: Pengolahan Data, 2023

Pengolahan Data

a. Perhitungan Nilai RPN

Dalam menghitung nilai kekritisan masalah digunakan metode FMEA, maka yang dibutuhkan adalah penilaian *severity*, *occurance* dan *detection* untuk melihat peringkat kekritisan dari suatu proses produksi yang memiliki suatu permasalahan. Penentuan nilai *severity*, *occurance* dan *detection* dilakukan dengan pengisian kuesioner oleh 4 responden yaitu supervisor, foreman dan 2 operator.

Tabel 3. Penentuan Nilai Severity

Nama dan Jabatan (Responden)	Bearing Noise	Coil Short
Pak A (Supervisor)	6	5
Pak B (foreman)	5	4
Pak C (Operator)	5	4
Pak D (operator)	4	6
Total	20	19
Rata - rata	5,00	4,75

Sumber: Pengolahan Data, 2023

Tabel 3 menjelaskan bahwa perhitungan nilai *severity* menghasilkan nilai rata-rata untuk *Bearing Noise* adalah 5,00 dan *Coil Short* adalah 4,75.

Tabel 4. Penentuan Nilai Occurance

Nama dan Jabatan (Responden)	Bearing Noise	Coil Short
Pak A (Supervisor)	3	3
Pak B (foreman)	5	4
Pak C (Operator)	6	4
Pak D (operator)	6	5
Total	20	16
Rata - rata	5,00	4,00

Sumber: Pengolahan Data, 2023

Tabel 4 menjelaskan bahwa perhitungan nilai *Occurance* menghasilkan nilai rata-rata untuk *Bearing Noise* adalah 5,00 dan *Coil Short* adalah 4,00.

Tabel 5. Penentuan Nilai Detection

Nama dan Jabatan (Responden)	Bearing Noise	Coil Short
Pak A (Supervisor)	5	4
Pak B (foreman)	4	3
Pak C (Operator)	3	4
Pak D (operator)	3	5
Total	15	16
Rata - rata	3,75	4,00

Sumber: Pengolahan Data, 2023

Tabel 5 menjelaskan bahwa perhitungan nilai *Detection* menghasilkan nilai rata-rata untuk *Bearing Noise* adalah 3,75 dan *Coil Short* adalah 4,00.

Setelah diperoleh nilai *severity*, *occurance* dan *detection*, berikut merupakan perhitungan RPN.

Tabel 6. Perhitungan RPN

Jenis Kerusakan	S	O	D	RPN
Bearing Noise	5,00	5,00	3,75	93,75
Coil Short	4,75	4,00	4,00	76

Sumber: Pengolahan Data, 2023

Contoh perhitungan RPN *Bearing Noise*
 $RPN \text{ Bearing Noise} = S \times O \times D$
 $RPN \text{ Bearing Noise} = 5,00 \times 5,00 \times 3,75$
 $RPN \text{ Bearing Noise} = 93,75$

Berdasarkan hasil perhitungan, diperoleh nilai RPN *Bearing Noise* sebesar 93,75 dan *Coil Short* sebesar 76.

Berdasarkan hasil nilai RPN pada pengolahan data FMEA, didapat hasil kerusakan motor listrik dengan data kumulatif untuk pengolahan diagram pareto sebagai berikut:

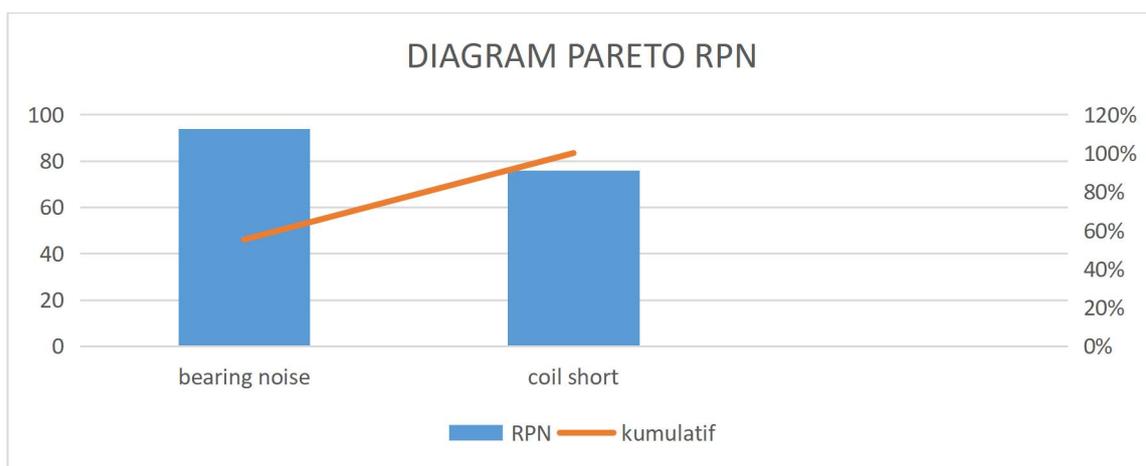
Tabel 7. Persentase Kumulatif

Jenis Kerusakan	RPN	Persentase	Kumulatif
Bearing Noise	93,75	55%	55%
Coil Short	76	45%	100%

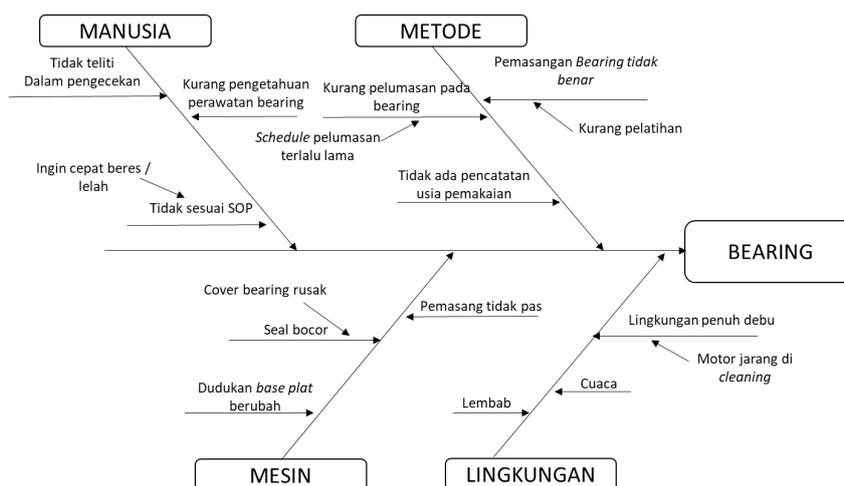
Sumber: Pengolahan Data, 2023

Gambar 2 menyatakan diagram Pareto RPN kerusakan motor listrik berdasarkan pada hasil perhitungan kumulatif.

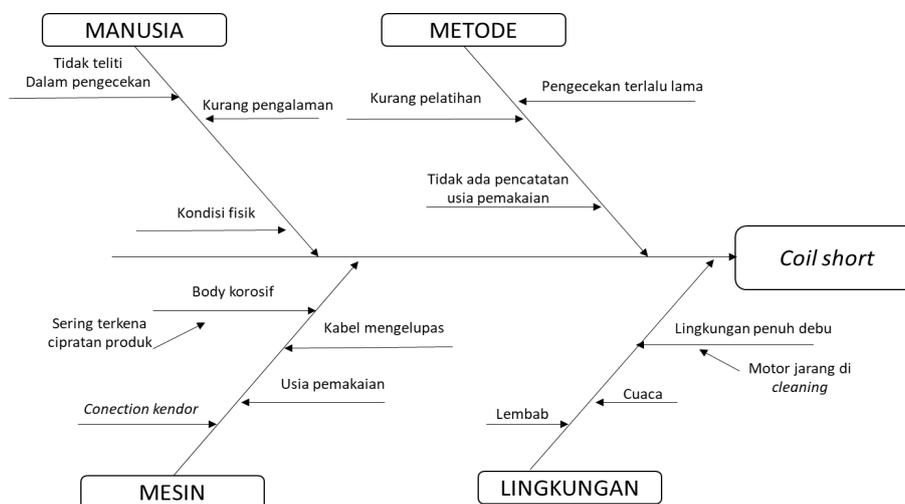
Setelah diperoleh nilai RPN tertinggi berdasarkan data perhitungan kumulatif tertinggi pada diagram pareto, langkah selanjutnya adalah menganalisis penyebab terjadinya kerusakan motor listrik dengan diagram fishbone. Tujuan digunakannya metode ini yaitu untuk mendapatkan faktor – faktor penyebab kerusakan motor listrik diperoleh berdasarkan hasil wawancara dengan supervisor PT XYZ. Gambar 3 dan 4 merupakan diagram *fishbone* Bearing Noise dan Coil Short.



Gambar 2. Diagram Pareto RPN



Gambar 3. Fishbone Bearing Noise



Gambar 4. Fishbone Coil Short

Berdasarkan diagram *fishbone* pada gambar 3 didapatkan faktor-faktor penyebab dari RPN kerusakan motor listrik bearing noise, terdapat 4 faktor diantaranya manusia, metode, mesin dan lingkungan. Sedangkan diagram *fishbone* pada gambar 4 didapatkan faktor-faktor penyebab dari RPN kerusakan motor listrik coil short, terdapat 4 faktor diantaranya manusia, metode, mesin dan lingkungan.

Selanjutnya, berdasarkan hasil analisa kerusakan motor listrik dengan metode FMEA, dibuatlah usulan perbaikan yang diperoleh dari hasil wawancara dengan supervisor PT XYZ. Usulan perbaikan kerusakan motor listrik terdapat pada tabel 8.

KESIMPULAN

Kesimpulan

Berdasarkan hasil penelitian yang telah dilakukan maka kesimpulan penulis adalah sebagai berikut:

- Terdapat 2 jenis kerusakan pada motor listrik yaitu *Bearing Noise* dan *Coil Short*.
- Nilai RPN pada jenis *Bearing Noise* sebesar 93,75 dan *Coil Short* sebesar 76.
- Usulan perbaikan yang dapat dilakukan untuk mengurangi kerusakan motor listrik yaitu dengan perawatan dan pencegahan kerusakan motor listrik di PT XYZ dilakukan dengan cara *visual*, pemeriksaan dan penggantian komponen motor listrik dengan mengikuti jadwal perawatan yang dibuat mingguan, bulanan dan tahunan.

REFERENSI

- Digo, M., Situmeang, U., & Zondra, E. (2022). Analisis Kinerja Motor Induksi 3 Fasa Pada Screw Press Pabrik Kelapa Sawit di PT. Guna Agung Semesta. *Jurnal Sain, Energi, Teknologi & Industri*, 6(2), 66–72. <https://doi.org/10.31849/sainetin.v6i2.9676>
- Dwiartono, S., Setiawan, N. Y., & Rachmadi, A. (2019). Rekomendasi Dan Perbaikan Proses Bisnis Menggunakan Business Process Improvement Pada PT. Trivia Nusantara. *Jurnal Pengembangan Teknologi Informasi Dan Ilmu Komputer*, 3(2), 1342–1348. <http://j-ptiik.ub.ac.id>
- Feri Febrian Syah, & Endi Permata. (2022). Perbaikan Dan Pemeliharaan Motor Listrik Penggerak Water Jet Pump Di Area Waste Heat Recovery System Pt Cemindo Gemilang. *Jurnal Riset Rumpun Ilmu Teknik*, 1(1), 78–87. <https://doi.org/10.55606/jurritek.v1i1.299>
- Haq, I. S., Darma, A. Y., & Batubara, R. A. (2021). Penggunaan Metode Failure Mode and Effect Analysis (FMEA) dalam Identifikasi Kegagalan Mesin untuk Dasar Penentuan Tindakan Perawatan di Pabrik Kelapa Sawit Libo. *Jurnal Vokasi Teknologi Industri (Jvti)*, 3(1), 41–47. <https://doi.org/10.36870/jvti.v3i1.209>

Tabel 8. Usulan Perbaikan Kerusakan Motor Listrik

No	<i>Failure mode</i>	<i>Actionable cause</i>	<i>Design action solution</i>	<i>Design validation</i>
1	Seal rusak	Kurang pengecekan	Melakukan pengecekan secara rutin	Melakukan pengecekan secara teliti melihat kondisinya masih layak atau tidak. Jika menemukan kerusakan harus segera melakukan <i>switch</i> dengan motor yang lain (<i>spare nya</i>).
2	Kabel mengelupas	Usia pemakaian	Melakukan pengantian sebelum rusak	Melakukan pengecekan secara berkala seperti check temperature dan kondisinya dilapangan, jika kondisi kabel sudah keras/kaku maka harus segera menentukan jadwal pengantian.
3	<i>Conection</i> kendur	Jarang melakukan pengecekan	Membuat jadwal pengecekan secara berkala	Melakukan pengecekan secara rutin jika posisi motor tidak <i>running</i> (operasi). Untuk memastikan <i>conection</i> tidak ada yang kendur
4	Kurang pelumasan	<i>schedule</i> terlalu lama	Melakukan penambahan pelumasan lebih cepat dari jadwal sebelumnya	Membuat jadwal pelumasan menjadi lebih sering agar dapat meminimalisir terjadinya kerusakan <i>bearing</i> dapat dihindari
5	Dudukan berubah	Baut kendur	Membuat jadwal pengecekan berkala	Melakukan pengecekan baut <i>base plat</i> ketika jadwal pengecekan
6	Pemasangan <i>bearing</i> tidak benar	Kurangnya pelatihan	Mengadakan pelatihan	Melakukan pelatihan yang sesuai dengan sop, guna meningkatkan kemampuan karyawan
7	<i>Shaft</i> terkikis	Terkena cairan produk	Membuat jadwal pengecekan	Melakukan pengecekan secara berkala agar dapat mengetahui jika tanda-tanda kerusakan sudah ada guna dapat dilakukan perbaikan.
8	<i>Body</i> korosif	Terkena cairan produk	Membuat <i>cover</i> penutup untuk motor	Membuat <i>cover</i> penutup untuk motor guna menghindari kontak dengan cairan produk
9	<i>Schedule</i> pengecekan	Kurang pelatihan	Mengadakan pelatihan	Mengadakan pelatihan bagi karyawan guna meningkatkan kemampuan
10	Tidak mengikuti SOP	Ingin cepat beres	Dilakukan edukasi mengenai SOP	Melakukan edukasi dan penjelasan terhadap karyawan agar memahami SOP
11	Kurang teliti	Jarang mengontrol proses	Melakukan pengawasan secara rutin	Melakukan <i>monitoring</i> pada saat proses produksi agar tidak kecolongan ketika ada gejala kerusakan
12	Kurang pengalaman	Kurang memahami permasalahan	Menemberikan pengarahan	Melakukan pengarahan (<i>breafing</i>) terlebih dahulu sebelum memulai pekerjaan
13	Kondisi fisik	Kelelahan dan mengantuk	Istirahat yang cukup sebelum bekerja	Memberi pengarahan pentingnya menjaga kesehatan dan waktu istirahat diluar jam kerja
14	Area berdebu	Kurang menjaga kebersihan area	Membersihkan area kerja	Membuat jadwal kebersihan rutin
15	Area lembab	Area terbuka	Membuat <i>cover</i> pentup	Membuat <i>cover</i> guna menghindari kontak langsung dengan air

- Hendratmoko, T., & Pranoto, H. (2022). Analisis kegagalan dengan menggunakan metode FMEA dan FTA untuk menentukan perawatan undercarriage pada kendaraan listrik e-niaga geni biru tiga roda. *Journal of New Energies and Manufacturing (JONEM)*, 1(2), 94–103.
- Saputra, D. (2022). *Laporan kerja praktek perawatan motor 3 phase di pt. imbang tata alam kab. kep. meranti – riau.*
- Sitorus, H. F., & Harahap, R. (2022). *Pemeliharaan Motor Induksi 3 Fasa Tegangan 380 V Pada GT 2 . 1 di PT . PLN (Persero) Unit Pelaksana Pengendalian Pembangkitan Belawan. 1099*, 119–123.
- Stamatis, D. H. (2019). *Risk Manajement Using Failure Mode Effect Analysis (FMEA)*. ASQ Quality Press.
- Susilo, A., Rohimat, R. I., & Husniah, H. (2019). *Analisis Kegagalan Operasional Mesin Chiller dengan Metoda FTA dan FMEA Chiller Machine Operational Failure Analysis with The FTA and FMEA Methods. 2.*
- Zakaria, T., Jaya, U. B., Gunawan, W., Jaya, U. B., Faisal, A., & Jaya, U. B. (2020). *Electrostatic Precipitator Failure Analysis Using FMEA Method on Steam Turbine Electricity Generation (PLTU Banten 2 - Indonesia). 410*(Imcete 2019), 40–42.