

Perbaikan Kualitas Produksi dengan Metode *Failure Mode and Effect Analysis* (FMEA) di PT. ABC

Khadijah Sayyidatun Nisa¹, Ella Melyna², Muhammad Iqbaal Maulana³, Muhammad Arsyi Arrizqi Ridwan⁴

^{1,2,3,4} Program Studi Teknik Kimia Polimer, Politeknik STMI Jakarta
Jl. Letjen Suprpto No. 26 Cempaka Putih Jakarta Pusat DKI Jakarta 10510

E-mail: khadijahnisa@stmi.ac.id

Abstract

PT. ABC is a company that produces several automotive components. Failure Mode and Effect Analysis (FMEA) is a method commonly used to perform potential failures on machines. With the mapping of the machines' potential failure, maintenance and reparation strategies of the machines can be determined. FMEA analysis at PT. ABC was performed on 48 pieces of equipment consisting of 2 compressors, 33 injection moldings, 2 cooling towers, 2 water chillers, 2 dehumidifiers, 1 mixer, and 6 crushers. The cause and frequency of each potential failure was analyzed. Based on these data preventive maintenance, predictive maintenance, and breakdown maintenance strategy for each equipment was defined. The developed maintenance strategy can be used as evaluation material as well as reference for PT. ABC in determining policies related to the maintenance of factory equipments. Several maintenance strategies that can be carried out are recording the flow rate and operating pressure, replacing the engine, and replacing mold and dies.

Keywords: *FMEA, failure, maintenance, machines*

Abstrak

PT. ABC merupakan perusahaan yang bergerak di bidang produksi komponen-komponen otomotif. *Failure Mode and Effect Analysis* (FMEA) merupakan metode yang umum digunakan untuk melakukan pemetaan potensi kegagalan pada mesin. Dengan adanya pemetaan potensi kerusakan mesin, strategi perawatan maupun perbaikan mesin dapat ditentukan. Penyusunan FMEA pada di PT. ABC dilakukan pada 48 peralatan yang terdiri dari 2 unit kompresor, 33 unit *injection molding*, 2 unit *cooling tower*, 2 unit *water chiller*, 2 unit *dehumidifier*, 1 unit *mixer*, dan 6 unit *crusher*. Setiap risiko kegagalan pada peralatan pabrik dianalisis penyebab dan tingkat keagalannya, kemudian berdasarkan data-data tersebut dilakukan penyusunan strategi *preventive maintenance*, *predictive maintenance*, dan *breakdown maintenance*. Hasil strategi *maintenance* yang disusun dapat menjadi bahan evaluasi maupun referensi bagi industri dalam menentukan kebijakan terkait *maintenance* peralatan pabrik. Beberapa strategi *maintenance* yang dapat dilakukan yakni mencatat laju alir dan tekanan operasi, mengganti motor mesin, serta mengganti *dies*.

Kata kunci: *FMEA; kegagalan; maintenance, mesin*

Pendahuluan (*Introduction*)

PT. ABC merupakan perusahaan yang bergerak di bidang produksi komponen-komponen otomotif. Di dalam dunia industri, terdapat berbagai jenis mesin yang memiliki potensi kegagalan (*failure*) sehingga potensi tersebut harus diidentifikasi agar dapat dilakukan pencegahan. Metode yang umum digunakan untuk melakukan pemetaan potensi kegagalan pada mesin disebut *Failure Mode and Effect Analysis* (FMEA) (Whiteley dkk., 2015). Secara umum, FMEA merupakan sebuah metode yang dapat mengidentifikasi penyebab kegagalan dari suatu sistem, produk, maupun proses selama siklus hidupnya, serta efek dan tingkat kekritisan kegagalan tersebut (Hanif dkk., 2015). Penyusunan FMEA dapat meningkatkan reliabilitas komponen maupun sistem yang terdapat pada suatu perusahaan (Filz dkk., 2021, Nishioka dkk., 2022). Kekurangan dari metode FMEA adalah akurasi *expert judgement* ketika data yang diperlukan saat proses penyusunan FMEA kurang (Ghasemi & Rahimi, 2023).

Metode lain yang umum digunakan untuk mengidentifikasi potensi kegagalan pada peralatan adalah *Fault Tree Analysis* (FTA). Menurut Suliantoro dkk. (2017), FTA merupakan metode untuk mencari akar permasalahan kegagalan peralatan dengan cara menentukan terlebih dahulu *top event* yang terjadi, kemudian melakukan *breakdown* untuk menemukan penyebab yang lebih dasar atas kegagalan yang terjadi. Metode FMEA digunakan untuk mengkaji usulan perbaikan produksi di PT. ABC karena metode FMEA dapat mengukur secara kuantitatif potensi dampak yang akan ditimbulkan apabila kegagalan tersebut terjadi, sehingga pelaksanaan perbaikan dapat diutamakan pada peralatan yang akan menghasilkan dampak kegagalan terbesar. Proses penyusunan FMEA terdiri dari identifikasi peralatan mesin yang terdapat pada pabrik, identifikasi potensi kegagalan pada masing-masing komponen peralatan, identifikasi efek yang terjadi apabila terdapat kegagalan, serta menghitung *failure rate* untuk setiap potensi kegagalan untuk mengkuantifikasi risiko kegagalan. FMEA merupakan metode yang komprehensif untuk menganalisis seluruh potensi kegagalan pada mesin (Whiteley dkk., 2015). Namun, FMEA tidak dapat digunakan untuk menganalisis efek yang terjadi apabila kegagalan-kegagalan tersebut terjadi secara bersamaan (Whiteley dkk., 2015).

Perawatan mesin (*maintenance*) merupakan kegiatan yang sangat penting karena berkaitan dengan pengecekan kinerja peralatan, perbaikan kegagalan peralatan, mencegah kerusakan sekunder, serta mempersingkat *downtime* (Zhong dkk., 2023). Adapun strategi perawatan mesin yang disusun meliputi kegiatan *preventive maintenance*, *predictive maintenance*, dan *breakdown maintenance*. *Preventive maintenance* merupakan kegiatan mengecek, mereparasi, dan recalibrasi agar tidak terjadi kerusakan pada alat, sedangkan *predictive* dan *breakdown maintenance* merupakan kegiatan *maintenance* yang dilakukan pada saat kerusakan sudah terprediksi atau sudah terjadi (Allaoui et al., 2008)

PT. ABC saat ini belum memiliki *planning* yang tersusun secara sistematis dalam memitigasi kegagalan yang berpotensi terjadi pada pabrik. Oleh karena itu, tujuan dari pelaksanaan kegiatan Pengabdian kepada Masyarakat di PT. ABC adalah untuk membantu industri dalam memetakan potensi risiko kegagalan mesin serta merekomendasikan metode mitigasi kegagalan tersebut. Dengan adanya rekomendasi mitigasi kegagalan peralatan di pabrik, PT. ABC diharapkan dapat menyusun strategi untuk merencanakan dan melakukan perbaikan terhadap mesin-mesin atau peralatan-peralatan yang memiliki potensi kegagalan. Diharapkan dengan adanya pemetaan terhadap potensi risiko serta strategi untuk mengatasi potensi kegagalan peralatan-peralatan tersebut, produktivitas dan aspek *safety* atau keselamatan kerja di PT. ABC dapat terus terjaga dan ditingkatkan.

Pendekatan Program (*Program Approach*)

Pada penyusunan metode *Failure Mode and Effect Analysis* (FMEA) di PT. ABC, peralatan-peralatan yang dievaluasi meliputi 48 mesin dengan rincian yang tertera pada Tabel 1.

Tabel 1 Peralatan di PT. ABC yang dievaluasi menggunakan metode FMEA

| No. | Peralatan | Jumlah (Unit) | No. | Peralatan | Jumlah (Unit) |
|-----|--------------------------|---------------|--------------|---------------------|---------------|
| 1 | Kompresor | 2 | 5 | <i>Dehumidifier</i> | 2 |
| 2 | <i>Injection molding</i> | 33 | 6 | <i>Mixer</i> | 1 |
| 3 | <i>Cooling tower</i> | 2 | 7 | <i>Crusher</i> | 6 |
| 4 | <i>Water chiller</i> | 2 | Total | | 48 |

Tahapan penyusunan *Failure Mode and Effect Analysis* (FMEA) seluruh alat tersebut meliputi:

1. Pengumpulan data riwayat kerusakan dan perawatan mesin
2. Identifikasi potensi kegagalan pada masing-masing peralatan
3. Identifikasi dampak yang terjadi apabila terdapat kegagalan
4. Menentukan tingkat keparahan (*severity*) setiap potensi kegagalan
5. Menentukan strategi perawatan mesin.

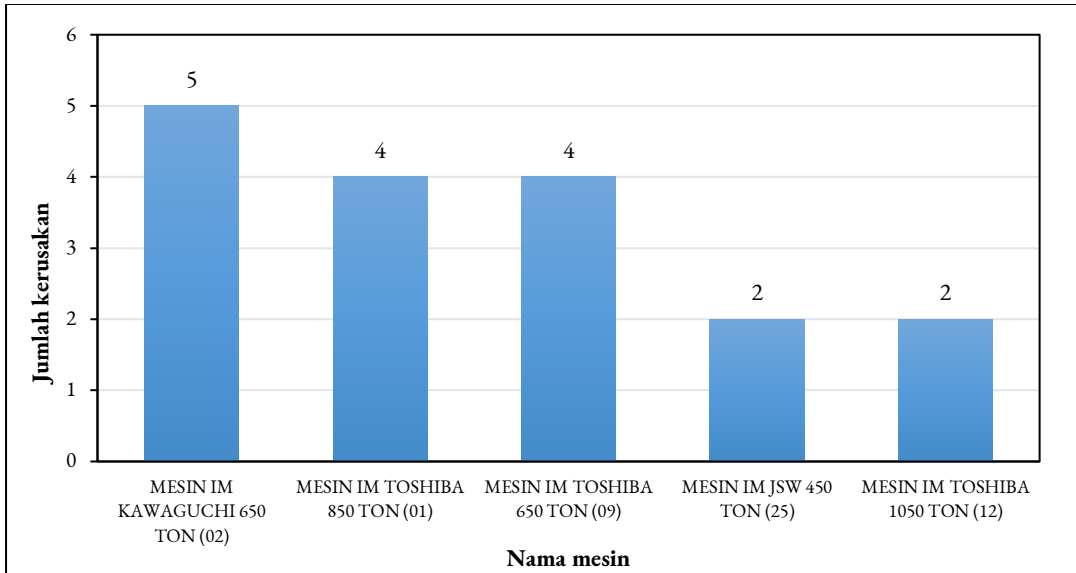
Kategori tingkat kegagalan yang digunakan dalam metode FMEA ini terbagi menjadi 3, yaitu ringan, sedang dan berat. Penentuan peluang kegagalan didasarkan pada riwayat kerusakan peralatan beberapa tahun terakhir, sedangkan penentuan kategori tingkat kegagalan ditentukan berdasarkan riwayat kerusakan serta keparahan dampak yang dihasilkan apabila kegagalan terjadi.

Pelaksanaan Program (*Program Implementation*)

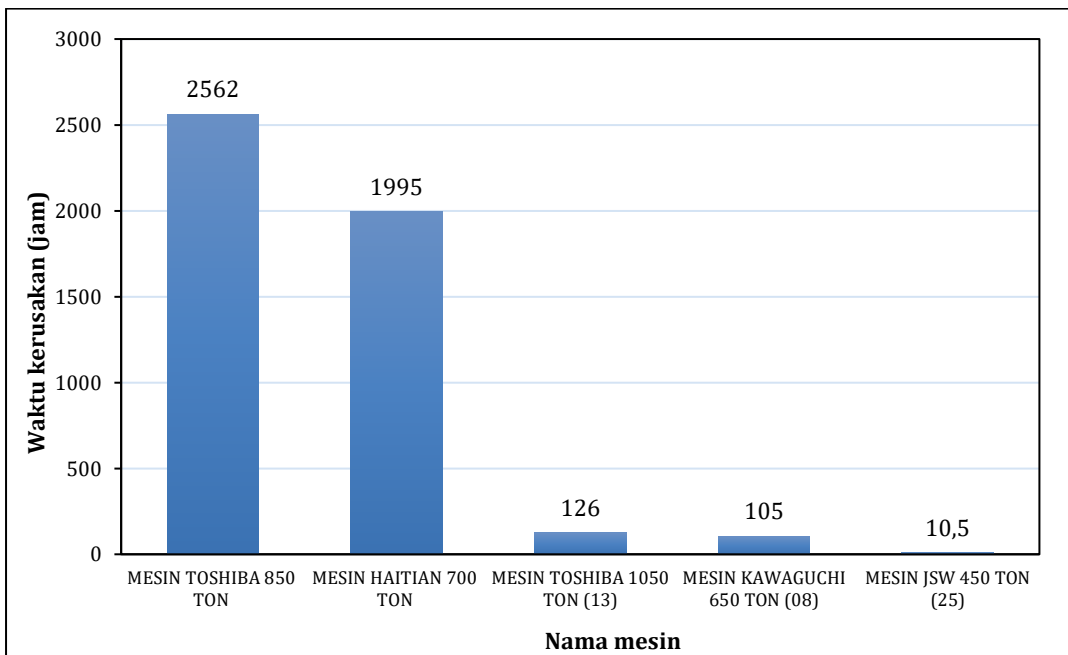
Pelaksanaan kegiatan Pengabdian kepada Masyarakat dilakukan melalui 2 tahap, yakni survei dan pengumpulan data, serta pengolahan data.

Tahap Survei dan Pengumpulan Data

Tahap survei dan pengumpulan data kuantitatif dan kualitatif di PT. ABC dilakukan selama 6 bulan. Adapun data kuantitatif yang dikumpulkan dari PT. ABC yakni mesin yang memiliki frekuensi kerusakan tertinggi serta mesin yang mengalami kerusakan terlama. Data kuantitatif yang diperoleh dari PT. ABC disajikan pada Gambar 1 dan Gambar 2. Dari Gambar 1, terlihat bahwa mesin IM Kawaguchi 650 ton merupakan mesin yang memiliki frekuensi kerusakan tertinggi, sedangkan dari Gambar 2, terlihat bahwa mesin Toshiba 850 ton mengalami kerusakan dengan waktu tertinggi. Adapun data kualitatif yang dikumpulkan meliputi jenis kerusakan mesin serta analisa penyebab kerusakan mesin.



Gambar 1 Mesin dengan frekuensi kerusakan tertinggi di PT. ABC



Gambar 2 Mesin dengan waktu kerusakan tertinggi di PT. ABC

Tahap Pengolahan Data

Setelah data-data tentang kerusakan mesin berhasil dikumpulkan dari PT. ABC, selanjutnya data-data tersebut diolah menjadi penyusunan *Failure Mode and Effect Analysis* (FMEA) serta strategi perawatan mesin. Analisis FMEA yang dilakukan pada setiap mesin meliputi skenario kegagalan, dampak kegagalan, penyebab kegagalan, peluang durasi kegagalan, tingkat kegagalan, serta metode deteksi kegagalan. Hasil penyusunan FMEA pada 2 buah alat kompresor disajikan pada Tabel 1.

Tabel 1 Analisis FMEA pada alat kompresor di PT. ABC

| NOMOR TAG | SKENARIO KEGAGALAN | DAMPAK | PENYEBAB KEGAGALAN | PELUANG DURASI KEGAGALAN | TINGKAT KEGAGALAN | METODE DETEKSI |
|---------------------------------|-----------------------------|--|----------------------|--------------------------|-------------------|--|
| KOMPRESOR C-01 & KOMPRESOR C-02 | GAGAL UNTUK MEMULAI OPERASI | UDARA BERTEKANAN DI MESIN INJECTION MOLDING TIDAK DAPAT DISUPLAI | DRIVE COUPLING RUSAK | 48-240 BULAN | SEDANG | <ul style="list-style-type: none"> • TIDAK ADA INDIKASI LAJU ALIR KELUARAN KOMPRESOR • TIDAK ADA INDIKASI TEKANAN KELUARAN KOMPRESOR • KOMPRESOR TERINDIKASI TIDAK BEROTASI |

Dari Tabel 1, dapat disimpulkan bahwa tingkat kegagalan yang mungkin terjadi pada unit kompresor adalah sedang dan disebabkan oleh *drive coupling* yang rusak. Strategi perawatan yang dapat digunakan untuk unit kompresor meliputi:

- a. *Predictive maintenance*: mencatat laju alir dan tekanan *output* kompresor
- b. *Preventive maintenance*: mencatat kondisi operasi, melakukan inspeksi visual, melakukan pembersihan alat, mengecek *coupling guard*, melakukan inspeksi *shim pack coupling*, dan mengecek *alignment*.
- c. *Breakdown maintenance*: mengecek *alignment* dan mengganti *coupling*

Sementara itu, penyusunan FMEA pada unit *injection molding* disajikan pada Tabel 2. Dari Tabel 2, alat *injection molding* berpotensi mengalami kegagalan sedang yang diakibatkan oleh *seal silinder clamping* yang bocor. Kebocoran pada *seal* tersebut dapat dideteksi melalui pengecekan kerapatan *seal clamping*. Adapun strategi perawatan yang dapat digunakan untuk unit *injection molding* meliputi:

- a. *Predictive maintenance*: mengecek *clamping*, rotor pada motor *cross travel*, serta *optic linear encoder*
- b. *Preventive maintenance*: melakukan inspeksi visual, membersihkan serta melakukan perawatan alat
- c. *Breakdown maintenance*: mengecek kondisi sambungan *clamping*, rotor pada motor *cross travel*, serta *optic linear encoder*.

Tabel 2 Analisis FMEA pada alat *injection molding* di PT. ABC

| NOMOR TAG | SKENARIO KEGAGALAN | DAMPAK | PENYEBAB KEGAGALAN | PELUANG DURASI KEGAGALAN | TINGKAT KEGAGALAN | METODE DETEKSI |
|-----------------------------------|------------------------------|---|------------------------------|--------------------------|-------------------|------------------------------------|
| INJECTION MOLDING IJM-01 - IJM 33 | SEAL SILINDER CLAMPING BOCOR | MESIN TIDAK DAPAT <i>HIGH PRESS</i> SAAT CLAMPING | PEMASANGAN SEAL KURANG RAPAT | 36-60 BULAN | SEDANG | PENGECEKAN KERAPATAN SEAL CLAMPING |

| NOMOR TAG | SKENARIO KEGAGALAN | DAMPAK | PENYEBAB KEGAGALAN | PELUANG DURASI KEGAGALAN | TINGKAT KEGAGALAN | METODE DETEKSI |
|-----------|---|---------------------------------------|---------------------------------------|--------------------------|-------------------|--|
| | ROTOR PADA MOTOR CROSS TRAVEL RUSAK | MOTOR CROSS TRAVEL TIDAK BERFUNGSI | MOTOR CROSS TRAVEL TIDAK BERFUNGSI | 36-60 BULAN | SEDANG | PENGECEKAN MOTOR CROSS TRAVEL |
| | OPTIC LINEAR ENCODER PADA TRANDUSER ERROR | MESIN TIDAK BISA BEROPERASI SEMI AUTO | MESIN TIDAK BISA BEROPERASI SEMI AUTO | 36-60 BULAN | SEDANG | PENGECEKAN MESIN BERJALAN BERJALAN SEMIAUTO ATAU TIDAK |

Hasil analisis FMEA pada peralatan *cooling tower* yang berjumlah 2 buah disajikan pada Tabel 3. Berdasarkan Tabel 3, diperoleh kesimpulan bahwa *cooling tower* berpotensi untuk mengalami kegagalan sedang yang disebabkan oleh *misalignment* dan perputaran *gearbox* yang berat. Peluang durasi kegagalan yang dapat terjadi pada alat *cooling tower* adalah 36-60 bulan. Strategi perawatan *cooling tower* yang dapat dilakukan untuk mencegah terjadinya kerusakan pada *cooling tower* yaitu:

- a. *Predictive maintenance*: mencatat temperatur *cooling water* dan frekuensi vibrasi mesin
- b. *Preventive maintenance*: melakukan inspeksi visual, membersihkan alat, melakukan inspeksi oli *gearbox*, dan mengecek *alignment*
- c. *Breakdown maintenance*: mengganti *alignment* dan *gearbox*.

Tabel 3 Analisis FMEA pada alat *cooling tower* di PT. ABC

| NOMOR TAG | SKENARIO KEGAGALAN | DAMPAK | PENYEBAB KEGAGALAN | PELUANG DURASI KEGAGALAN | TINGKAT KEGAGALAN | METODE DETEKSI |
|-----------------------------|--------------------|---|---|--------------------------|-------------------|--|
| COOLING TOWER CT-01 & CT-02 | KERUSAKAN PADA FAN | KEBUTUHAN AIR PENDINGIN UNTUK MOLD DAN INJECTION MOLDING GAGAL DISUPLAI | MISALIGNMENT DAN PERPUTARAN GEARBOX BERAT | 36-60 BULAN | SEDANG | <ul style="list-style-type: none"> • FREKUENSI VIBRASI MESIN TERINDIKASI TINGGI • TEMPERATUR AIR PENDINGIN KELUARAN COOLING TOWER LEBIH TINGGI DARI TARGET |

Penyusunan FMEA pada 2 buah alat *water chiller* disajikan pada Tabel 4. Dari Tabel 4, dapat disimpulkan bahwa alat *water chiller* berpotensi mengalami kerusakan pada kompresor *chiller* dan dampaknya adalah air pendingin untuk alat *injection* molding gagal disuplai. Potensi kegagalan *water chiller* adalah sedang dan peluang durasi kegagalan yang terjadi pada alat tersebut yaitu 48-240 bulan. Strategi perawatan *water chiller* untuk mencegah kegagalan pada alat tersebut yakni:

- a. *Predictive maintenance*: mencatat laju alir dan tekanan keluaran
- b. *Preventive maintenance*: mengecek dan mencatat kondisi operasi, melakukan inspeksi visual, membersihkan alat, mengecek *coupling guard*, melakukan inspeksi *shim pack coupling*, dan mengecek *alignment*.
- c. *Breakdown maintenance*: mengganti *alignment* dan *coupling*.

Tabel 4 Analisis FMEA pada alat *water chiller* di PT. ABC

| NOMOR TAG | SKENARIO KEGAGALAN | DAMPAK | PENYEBAB KEGAGALAN | PELUANG DURASI KEGAGALAN | TINGKAT KEGAGALAN | METODE DETEKSI |
|-----------------------------|----------------------------------|---|----------------------|--------------------------|-------------------|--|
| WATER CHILLER CW-01 & CW-02 | KERUSAKAN PADA KOMPRESOR CHILLER | AIR PENDINGIN UNTUK MOLD GAGAL DISUPLAI | DRIVE COUPLING RUSAK | 48-240 BULAN | SEDANG | <ul style="list-style-type: none"> • TIDAK ADA INDIKASI LAJU ALIR KELUARAN KOMPRESOR • TIDAK ADA INDIKASI TEKANAN KELUARAN KOMPRESOR • KOMPRESOR TERINDIKASI TIDAK BEROTASI |

Analisis FMEA pada *dehumidifier* menunjukkan bahwa alat *dehumidifier* di PT. ABC berpotensi untuk mengalami kerusakan berupa motor fan tidak menyala dan kebocoran *dehumidifier* yang disebabkan oleh kerusakan pada mesin motor fan serta kurangnya pelumas pada mesin *dehumidifier*. Potensi kerusakan pada alat tersebut tergolong rendah dan kerusakan terjadi selama 24-120 bulan. Strategi perawatan *dehumidifier* untuk mencegah kegagalan pada alat tersebut yakni:

- Predictive maintenance*: melakukan inspeksi visual dan mencatat kelembaban *pellet*
- Preventive maintenance*: mengecek dan mencatat kondisi operasi, melakukan inspeksi visual, dan membersihkan alat.
- Breakdown maintenance*: mengganti motor *dehumidifier* dan menambahkan pelumas

Tabel 5 Analisis FMEA pada alat *dehumidifier* di PT. ABC

| NOMOR TAG | SKENARIO KEGAGALAN | DAMPAK | PENYEBAB KEGAGALAN | PELUANG DURASI KEGAGALAN | TINGKAT KEGAGALAN | METODE DETEKSI |
|----------------------------|-------------------------|-----------------------------|---|--------------------------|-------------------|--|
| DEHUMIDIFIER DH-01 & DH-02 | MOTOR FAN TIDAK MENYALA | PELLET PLASTIK LEBIH LEMBAB | KERUSAKAN PADA MESIN MOTOR FAN | 60-120 BULAN | RENDAH | <ul style="list-style-type: none"> • TIDAK ADA INDIKASI MOTOR FAN BERPUTAR • PELLET PLASTIK LEBIH LEMBAB |
| | DEHUMIDIFIER BOCOR | PELLET PLASTIK LEBIH LEMBAB | KURANGNYA PELUMAS PADA MESIN DEHUMIDIFIER | 24-60 BULAN | RENDAH | <ul style="list-style-type: none"> • PELLET PLASTIK LEBIH LEMBAB |

Sementara itu, alat *mixer* di PT. ABC berpotensi mengalami kegagalan sedang berupa motor induksi tidak berfungsi. Adapun penyebab kegagalan tersebut adalah kerusakan *bearing* motor induksi, yang dapat dideteksi melalui tidak adanya indikasi pengaduk *mixer* berputar. Peluang kegagalan tersebut terjadi pada *mixer* adalah 60-120 bulan. Hasil analisis FMEA pada alat *mixer* disajikan pada Tabel 6. Strategi perawatan *mixer* untuk mencegah kegagalan pada alat tersebut yakni:

- Predictive maintenance*: mencatat kecepatan putaran *mixer*
- Preventive maintenance*: melakukan inspeksi visual serta mengecek vibrasi dan tegangan motor induksi

c. *Breakdown maintenance*: mengganti motor mesin *mixer*.

Tabel 6 Analisis FMEA pada alat *mixer* di PT. ABC

| NOMOR TAG | SKENARIO KEGAGALAN | DAMPAK | PENYEBAB KEGAGALAN | PELUANG DURASI KEGAGALAN | TINGKAT KEGAGALAN | METODE DETEKSI |
|-------------|-------------------------------|---|---------------------------------|--------------------------|-------------------|---|
| MIXER MX-01 | MOTOR INDUKSI TIDAK BERFUNGSI | BAHAN BAKU TIDAK TERCAMPUR SECARA HOMOGEN | KERUSAKAN BEARING MOTOR INDUKSI | 60-120 BULAN | SEDANG | TIDAK ADA INDIKASI PENGADUK PADA MIXER BERPUTAR |

Crusher di PT. ABC berpotensi untuk mengalami kegagalan akibat baut dan *dies* tidak terpasang dengan tepat. Kegagalan tersebut dapat dideteksi melalui ukuran partikel keluaran *crusher*. Kegagalan pada *crusher* bersifat sedang dan berlangsung sekitar 36-60 bulan. Strategi perawatan *crusher* untuk mencegah kegagalan yakni:

- Predictive maintenance*: melakukan inspeksi visual
- Preventive maintenance*: membersihkan alat,
- Breakdown maintenance*: mengganti *dies* dan mengencangkan baut

Tabel 7 Analisis FMEA pada alat *crusher* di PT. ABC

| NOMOR TAG | SKENARIO KEGAGALAN | DAMPAK | PENYEBAB KEGAGALAN | PELUANG DURASI KEGAGALAN | TINGKAT KEGAGALAN | METODE DETEKSI |
|---------------|-------------------------|--|--|--------------------------|-------------------|---|
| CRUSHER CR-01 | CRUSHER TIDAK BERFUNGSI | PRODUK TIDAK TERPOTONG SECARA SEMPURNA | BAUT DAN DIES TIDAK TERPASANG DENGAN TEPAT | 36-60 BULAN | SEDANG | UKURAN PARTIKEL KELUARAN CRUSHER TIDAK SESUAI SPESIFIKASI |

Diskusi Reflektif Capaian Program (*Program Reflective Discussion*)

Setelah dilaksanakannya kegiatan Pengabdian kepada Masyarakat di PT. ABC, hasil diskusi dari PT. ABC dapat dilihat pada Tabel 8. Pengukuran capaian dilakukan dengan cara pengisian survey yang dilakukan oleh perwakilan kepala bagian di PT. ABC. Berdasarkan data pada Tabel 8, terlihat bahwa kegiatan PkM yang telah dilaksanakan di PT. ABC meningkatkan pengetahuan mitra.

Tabel 8 Diskusi capaian program PkM

| KATEGORI PENINGKATAN KEBERDAYAAN MITRA | Skor Peningkatan Keberdayaan | | | | | | | | | |
|---|----------------------------------|--------|--------|--------|---------------|----------------------------------|--------|--------|--------|---------------|
| | Sebelum Pelaksanaan Kegiatan PkM | | | | | Setelah Pelaksanaan Kegiatan PkM | | | | |
| | Sangat Rendah | Rendah | Sedang | Tinggi | Sangat Tinggi | Sangat Rendah | Rendah | Sedang | Tinggi | Sangat Tinggi |
| Kegiatan PkM meningkatkan pengetahuan mitra terhadap topik yang diangkat. | | | √ | | | | | | √ | |
| Kegiatan PkM meningkatkan keterampilan mitra | | | √ | | | | | | √ | |

| | | |
|--|---|---|
| Kegiatan PkM meningkatkan kualitas produk yang dihasilkan oleh PT. ABC | √ | √ |
| Kegiatan PkM meningkatkan kemampuan dan strategi manajemen dalam merawat peralatan | √ | √ |

Kesimpulan (*Conclusion and Program Impact*)

Dari kegiatan penyusunan FMEA di PT. ABC, diperoleh beberapa kesimpulan sebagai berikut:

1. Unit kompresor berpotensi mengalami kegagalan untuk memulai operasi. Strategi *maintenance* yang dapat dilakukan yaitu mencatat laju alir dan tekanan keluaran, serta mengecek *alignment* dan mengganti *coupling*.
2. Unit *injection molding* berpotensi mengalami kebocoran pada *seal silinder clamping*. Strategi *maintenance* yang dapat dilakukan yaitu melakukan pembersihan alat dan mengecek kondisi sambungan *clamping*.
3. Unit *cooling tower* berpotensi mengalami kerusakan pada *fan*. Strategi *maintenance* yang dapat dilakukan yaitu mencatat temperatur *cooling water* dan frekuensi vibrasi mesin, mengecek *alignment*, serta mengganti *gearbox*.
4. Unit *water chiller* berpotensi mengalami kerusakan pada kompresor *chiller*. Strategi *maintenance* yang dapat dilakukan yaitu mengecek *alignment* dan mengganti *coupling*.
5. Unit *dehumidifier* berpotensi mengalami kerusakan motor *fan* tidak menyala. Strategi *maintenance* yang dapat dilakukan yaitu mengganti motor *fan*.
6. Unit *mixer* berpotensi mengalami kerusakan motor induksi. Strategi *maintenance* yang dapat dilakukan yaitu mengecek vibrasi dan tegangan motor induksi, serta mengganti motor mesin.
7. Unit *crusher* berpotensi mengalami kerusakan pada mesin *crusher*. Strategi *maintenance* yang dapat dilakukan yaitu mengganti *dies* dan mengencangkan baut.

Pernyataan Bebas Konflik Kepentingan (*Conflict of Interest Statement*)

Penulis menyatakan bahwa naskah ini terbebas dari segala bentuk konflik kepentingan dan diproses sesuai ketentuan dan kebijakan jurnal yang berlaku untuk menghindari penyimpangan etika publikasi dalam berbagai bentuknya.

Ucapan Terima Kasih (*Acknowledgement*)

Penulis mengucapkan terima kasih kepada PT. ABC selaku mitra dalam kegiatan Pengabdian kepada Masyarakat yang telah dilakukan oleh penulis. Selain itu, penulis mengucapkan terima kasih yang telah mendukung dan mendanai kegiatan Pengabdian kepada Masyarakat ini sehingga kegiatan dapat dilaksanakan sesuai dengan rencana.

Daftar Pustaka (*References*)

- Allaoui, H., Artiba, A., Goncalves, G., & Elmaghraby, S. E. (2008). Scheduling n jobs and preventive maintenance in a single machine subject to breakdowns to minimize the expected total earliness and tardiness costs. *IFAC Proceedings Volumes*, 41(2), 15843–15848. <https://doi.org/10.3182/20080706-5-kr-1001.02678>
- Filz, M. A., Langner, J. E. B., Herrmann, C., & Thiede, S. (2021). Data-driven failure mode and effect analysis (FMEA) to enhance maintenance planning. *Computers in Industry*, 129. <https://doi.org/10.1016/j.compind.2021.103451>
- Ghasemi, F., & Rahimi, J. (2023). Heliyon Failure mode and Effect Analysis of personal fall arrest system under the intuitionistic fuzzy environment. *Heliyon*, 9(6), 1–12. <https://doi.org/10.1016/j.heliyon.2023.e16606>
- Hanif, R. Y., Rukmi, H. S., & Susanty, S. (2015). *Perbaikan Kualitas Produk Keraton Luxury di PT. X dengan Menggunakan Metode Failure Mode and Effect Analysis (FMEA) dan Fault Tree Analysis (FTA)*. 03(03), 137–147.
- Nishioka, S., Okamoto, H., Chiba, T., Sakasai, T., Okuma, K., Kuwahara, J., Fujiyama, D., Nakamura, S., Iijima, K., Nakayama, H., Takemori, M., Tsunoda, Y., Kaga, K., & Igaki, H. (2022). Identifying risk characteristics using failure mode and effect analysis for risk management in online magnetic resonance-guided adaptive radiation therapy. *Physics and Imaging in Radiation Oncology*, 23(March), 1–7. <https://doi.org/10.1016/j.phro.2022.06.002>
- Suliantoro, H., Susanto, N., Prastawa, H., Sihombing, I., & Mustikasari, A. (2017). Penerapan Metode Overall Equipment Effectiveness (OEE) dan Fault Tree Analysis (FTA) untuk Mengukur Efektifitas Mesin Reng. *J@ti Undip: Jurnal Teknik Industri*, 12(2), 105. <https://doi.org/10.14710/jati.12.2.105-118>
- Whiteley, M., Dunnett, S., & Jackson, L. (2015). Failure Mode and Effect Analysis and Fault Tree Analysis of Polymer Electrolyte Membrane Fuel Cells. *International Journal of Hydrogen Energy*, 44(0), 1–16. <https://doi.org/10.1016/j.ijhydene.2015.11.007>
- Zhong, D., Xia, Z., Zhu, Y., & Duan, J. (2023). Overview of predictive maintenance based on digital twin technology. *Heliyon*, 9(4), e14534. <https://doi.org/10.1016/j.heliyon.2023.e14534>