

## **BAB 7**

### **KESIMPULAN DAN SARAN**

#### **7.1. Kesimpulan**

Berdasarkan hasil analisis terhadap kinerja Motor Carbon Dust System pada Unit Generator LGS#3, dapat disimpulkan bahwa peningkatan gangguan peralatan dipengaruhi oleh akumulasi debu karbon, keterbatasan efektivitas sistem penghisap debu, serta pelaksanaan pemeliharaan yang belum berjalan optimal. Melalui identifikasi akar masalah, evaluasi alternatif solusi, serta perancangan sistem penggantian motor, diperoleh rancangan perbaikan yang mampu meningkatkan keandalan aset, mengurangi potensi kerusakan berulang, serta mendukung stabilitas operasi generator. Implementasi solusi yang diusulkan juga berkontribusi pada penurunan risiko downtime dan membantu menjaga kontinuitas proses produksi di Unit LGS#3.

#### **7.2. Saran**

1. Pemeliharaan sistem perlu dilakukan secara terjadwal dan terdokumentasi, terutama pada area slip ring dan jalur penghisap debu, agar potensi kegagalan dapat terdeteksi lebih awal.
2. Diperlukan evaluasi kinerja Motor Carbon Dust System secara berkala setelah penggantian sistem, untuk memastikan peningkatan keandalan benar-benar tercapai.
3. Disarankan dilakukan pelatihan operator dan teknisi terkait prosedur operasi dan inspeksi sistem, sehingga kesalahan operasional dapat diminimalkan.
4. Untuk penelitian berikutnya, pengembangan studi dapat difokuskan pada analisis performa jangka panjang dan perbandingan efisiensi biaya antara sistem lama dan sistem pengganti.

## DAFTAR PUSTKA

- A. Pavlik. (2020). *Improving the surface durability of patterned AISI 316LM steels by nitriding treatment for dry friction sliding*.  
<https://www.sciencedirect.com/science/article/abs/pii/S0301679X2030075X?via%3Dihub>
- Attia, H. (2025). *RCM 4.0: A Novel Digital Framework for Reliability-Centered Maintenance in Smart Industrial Systems*.  
<https://doi.org/https://doi.org/10.35940/ijese.E2595.13050425>
- CCJ Team. (2019). *Combined Cycle Journal*. <https://www.ccj-online.com/>
- Gonzalez. (2020). *The consistency analysis of failure mode and effect analysis (FMEA) in information technology risk assessment*.  
<https://doi.org/https://doi.org/10.1016/j.heliyon.2020.e03161>
- Hongsheng Su. (2024). *A stochastic model of preventive maintenance strategies for wind turbine gearboxes considering the incomplete maintenance*.  
<https://www.nature.com/articles/s41598-024-56436-0>
- Mersen. (2020). *Mersen Power Transfer Technologies*.  
<https://www.mersen.com/en>
- Ritonga, D. (2019). *PENENTUAN WAKTU PREVENTIVE MAINTENANCE TURBIN DENGAN METODE CRITICALITY ANALYSIS PADA PLTA SIPANSIHAPORAS*.  
<https://jurnal.harapan.ac.id/index.php/JSR/article/download/151/81/>
- Rizqi, akhmad. (2020). *Manajemen Risiko Rantai Pasok Ikan Bandeng Kelompok Tani Tambak Bungkok dengan Integrasi Metode Analytic Network Process (ANP) dan Failure Mode and Effect Analysis (FMEA)*.  
<https://doi.org/https://doi.org/10.32734/jsti.v22i2.3949>
- Wang, X. (2021). *Fretting wear behavior of the high-carbon high-chromium X210CrW12 steel: Influence of counterbody material*.  
<https://www.sciencedirect.com/science/article/abs/pii/S004316482100466X?via%3Dihub>
- Wicaksono, R. (2021). *ANALISIS GANGGUAN GENERATOR DI PT. PJB UNIT PEMBANGKITAN BRANTASPLTA MENDALAN MALANG*.  
[file:///C:/Users/Admin/Downloads/231186,+Reno+Satriyo+w+\(12050874212\)+Jurnal.pdf](file:///C:/Users/Admin/Downloads/231186,+Reno+Satriyo+w+(12050874212)+Jurnal.pdf)

## LAMPIRAN

### Lampiran 1: Bukti Bimbingan Bersama Dosen Pembimbing Tugas Akhir

The screenshot displays the 'Bimbingan' (Supervision) system interface. The left sidebar shows the user profile 'Regina Francis...' and a menu with options like Dashboard, Bimbingan Akademik, Bimbingan KRS, Data Institusi, Kerja Praktik, TA, Pendaftaran, Dosen Pembimbing 1, Dosen Pembimbing 2, Magang, Kewirausahaan, Proyek Kemanusiaan, Kampus Mengajar, KKN Tematik, Pertukaran Pelajar, and Logout. The main content area shows a table of supervision sessions for the semester '2025/2026 - Ganjil'. The table has columns for No, Tanggal Bimbingan, Status Pesan, Tipe Bimbingan, Status Bimbingan, and Action. The sessions are listed from 1 to 10, with dates ranging from October 30, 2025, to January 5, 2026. The status of the sessions is 'Bimbingan Selesai' (Supervision Completed) for sessions 1-10, and 'Menunggu Balasan' (Waiting for Response) for session 11. The type of supervision is 'Online' for sessions 1-10 and 'Offline' for session 11. The status of the supervision is 'Dikonfirmasi' (Confirmed) for sessions 1-10 and 'Belum dikonfirmasi' (Not confirmed) for session 11. The interface also includes a search bar, a 'Tambah Bimbingan' (Add Supervision) button, and a footer with the copyright notice 'Copyright Universitas Atma Jaya Yogyakarta © 2020. All rights reserved.'

| No | Tanggal Bimbingan          | Status Pesan      | Tipe Bimbingan | Status Bimbingan   | Action |
|----|----------------------------|-------------------|----------------|--------------------|--------|
| 1  | Kamis, 30 Okt 2025   13:14 | Bimbingan Selesai | Online         | Dikonfirmasi       | ...    |
| 2  | Senin, 08 Des 2025   16:40 | Bimbingan Selesai | Online         | Dikonfirmasi       | ...    |
| 3  | Senin, 08 Des 2025   16:47 | Bimbingan Selesai | Online         | Dikonfirmasi       | ...    |
| 4  | Senin, 08 Des 2025   16:51 | Bimbingan Selesai | Online         | Dikonfirmasi       | ...    |
| 5  | Senin, 08 Des 2025   16:56 | Bimbingan Selesai | Online         | Dikonfirmasi       | ...    |
| 6  | Senin, 08 Des 2025   16:57 | Bimbingan Selesai | Online         | Dikonfirmasi       | ...    |
| 7  | Senin, 08 Des 2025   17:02 | Bimbingan Selesai | Online         | Dikonfirmasi       | ...    |
| 8  | Senin, 08 Des 2025   17:04 | Bimbingan Selesai | Online         | Dikonfirmasi       | ...    |
| 9  | Senin, 08 Des 2025   17:09 | Bimbingan Selesai | Offline        | Dikonfirmasi       | ...    |
| 10 | Senin, 08 Des 2025   17:09 | Bimbingan Selesai | Offline        | Dikonfirmasi       | ...    |
| 11 | Senin, 05 Jan 2026   22:06 | Menunggu Balasan  | Offline        | Belum dikonfirmasi | ...    |

## Lampiran 2: Surat Balasan Dari Perusahaan



Sorowako, 26 November 2025

No. : 178/LC/PTVI/XI/2025  
Lamp : -  
Hal : **Surat Balasan Kerja Praktik**

Kepada Yth.

**DR. Ir. Parama Kartika Dewa SP., S.T., M.T.**  
**Dekan Fakultas Teknologi Industri**  
**Universitas Atma Jaya Yogyakarta**

Dengan hormat,

Surat permohonan Izin Kerja Praktik No. 170/LA2/TI-KP/2025 telah kami terima, bersama ini disampaikan bahwa mahasiswa yang namanya disebutkan di bawah ini sedang melakukan kerja praktik / tugas akhir di PT Vale Indonesia Tbk. dengan jadwal sebagai berikut:

| Nama                   | NIM       | Periode                                 |
|------------------------|-----------|-----------------------------------------|
| Regina Fransisca Boyoh | 210611124 | 25 September 2025 s.d. 30 November 2025 |

Mahasiswa yang bersangkutan telah datang melapor di kantor HR Talent Management Sorowako pada tanggal 25 September 2025.

Perusahaan menyiapkan fasilitas:

- Makan setiap hari kerja di kantin perusahaan.
- Transportasi ke/dari tempat belajar selama masa kerja praktik.

Demikian kami sampaikan dan terima kasih atas perhatian serta kerja sama yang diberikan.

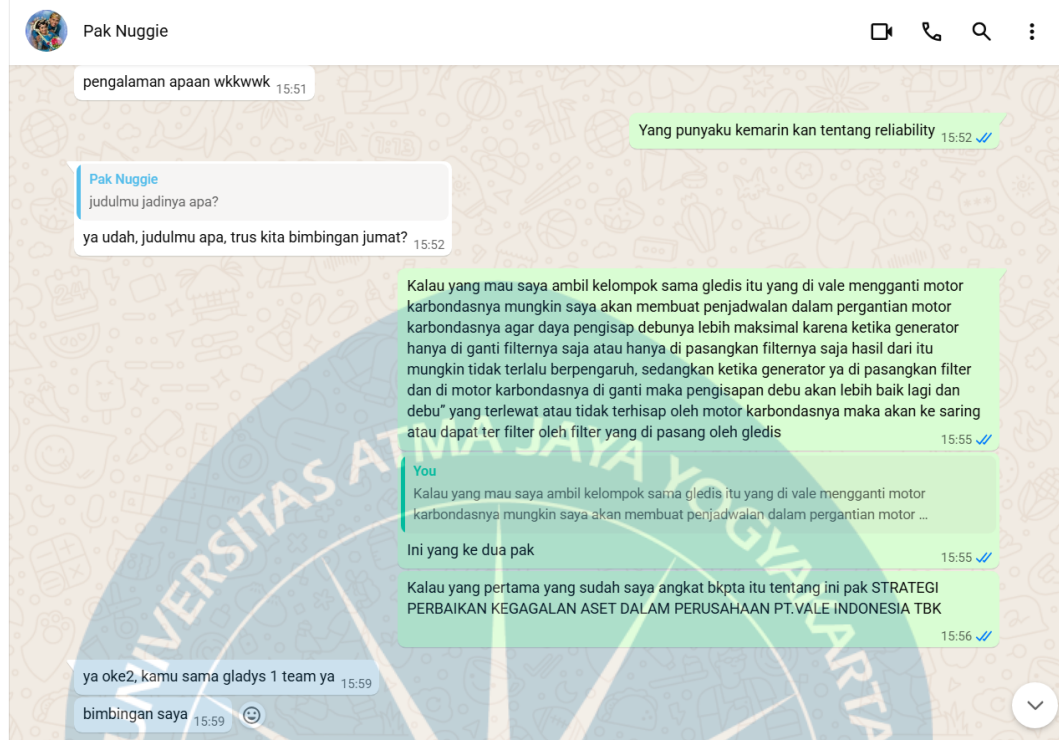
Hormat kami,

  
VALE  
PT Vale Indonesia Tbk

**Lavinia Budiyanto**  
Senior Manager Human Capital Governance & System

PT Vale Indonesia Tbk  
Jakarta: Sequis Tower, 20 th Floor, Unit 6 & 7 - Jl. Jend. Sudirman Kav. 71, Jakarta 12190, Indonesia. T. (62) 21 524 9000 F. (62) 21 524 9020  
Makassar: Jl. Somba Opu No. 281, Makassar 90113, Indonesia. T. (62) 411 366 9000 F. (62) 411 366 9020  
Sorowako: Main Office Plant Site Sorowako, Luwu Timur 92984, Indonesia. T. (62) 475 332 9100 F. (62) 475 332 9575  
[www.vale.com/indonesia](http://www.vale.com/indonesia)

### Lampiran 3: Bukti Penerimaan Bimbingan oleh Dosen Pembimbing



#### Lampiran 4: Hasil Wawancara *Stakeholder Reliability*

Nama Stakeholder: Pak Rais Bandaso

Jabatan: *Leader Reliability*

Tanggal Wawancara: 25 juni 2025

Tempat Wawancara: Online

| Pertanyaan                                                                                            | Jawaban                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                   |
|-------------------------------------------------------------------------------------------------------|---------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| Bagaimana kondisi umur dan tingkat keandalan Motor <i>Carbon Dust System</i> yang saat ini digunakan? | Berdasarkan pengamatan yang saya lakukan, usia Motor <i>Carbon Dust System</i> sudah cukup lama sehingga performanya mulai mengalami penurunan. Hal ini terlihat dari kemampuan daya hisap debu yang tidak lagi stabil dan sering mempengaruhi kelancaran proses operasional. Kondisi tersebut menunjukkan bahwa keandalan peralatan sudah berada di bawah standar ideal. |
| Apakah gangguan yang terjadi pada sistem sering mengakibatkan <i>downtime</i> ?                       | Gangguan yang berulang pada Motor <i>Carbon Dust System</i> menyebabkan <i>downtime</i> . Setiap kali terjadi masalah, unit harus dihentikan sementara untuk pemeriksaan dan penanganan. Hal ini tentu berdampak pada keberlangsungan operasional dan target kinerja unit.                                                                                                |
| Bagaimana kualitas hasil perbaikan terhadap sistem sejauh ini?                                        | Beberapa tindakan perbaikan yang dilakukan masih bersifat sementara. Akibatnya, setelah sistem dijalankan kembali, gangguan yang sama terkadang muncul lagi. Hal ini menunjukkan bahwa kualitas perbaikan belum sepenuhnya menyelesaikan akar permasalahan.                                                                                                               |
| Apakah kondisi tersebut memengaruhi kemampuan sistem bekerja secara maksimal?                         | Benar, akumulasi masalah yang terjadi membuat Motor <i>Carbon Dust System</i> belum dapat bekerja secara maksimal. Performa sistem menjadi tidak stabil dan membutuhkan evaluasi perbaikan secara menyeluruh.                                                                                                                                                             |

## Lampiran 5: Hasil Wawancara *Stakeholder Maintenance*

Nama Stakeholder: Pak Asrul

Jabatan: *Leader Elektrikal Maintenance*

Tanggal Wawancara: 25 juni 2025

Tempat Wawancara: Online

| Pertanyaan                                                                                       | Jawaban                                                                                                                                                                                                                       |
|--------------------------------------------------------------------------------------------------|-------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| Bagaimana pelaksanaan strategi <i>maintenance</i> pada Motor <i>Carbon Dust System</i> saat ini? | Pelaksanaan <i>maintenance</i> masih belum sepenuhnya maksimal. Beberapa aktivitas perawatan belum berjalan konsisten sesuai jadwal, sehingga terdapat komponen yang terlambat mendapat tindakan pemeliharaan.                |
| Apakah frekuensi perawatan sudah sesuai dengan kebutuhan operasional sistem?                     | Frekuensi perawatan masih belum sejalan dengan tingkat beban operasional. Idealnya, sistem yang bekerja terus-menerus membutuhkan perawatan yang lebih rutin, tetapi pada kondisi saat ini masih relatif jarang.              |
| Apakah terdapat risiko kerusakan mesin akibat keterlambatan perawatan?                           | Ya, ketika perawatan tidak dilakukan tepat waktu, risiko kerusakan komponen meningkat. Dalam beberapa kasus, gangguan yang awalnya ringan akan menjadi kerusakan yang lebih serius dan akhirnya menyebabkan <i>downtime</i> . |
| Bagaimana evaluasi terhadap hasil perbaikan yang telah dilakukan?                                | Sebagian perbaikan hanya mengatasi gejala yang muncul tanpa menyentuh akar permasalahan. Akibatnya, setelah beberapa waktu, gangguan yang sama dapat terjadi kembali.                                                         |
| Apakah diperlukan peninjauan ulang terhadap metode perawatan?                                    | Perlu dilakukan <i>review</i> terhadap metode dan <i>maintenance</i> agar lebih sesuai dengan kondisi aktual sistem, sehingga keandalan peralatan dapat meningkat.                                                            |

## Lampiran 6: Hasil Wawancara *Stakeholder* Operator

Nama Stakeholder: Pak Ramidin

Jabatan: Alalis Operator

Tanggal Wawancara: 25 juni 2025

Tempat Wawancara: Online

| Pertanyaan                                                                                 | Jawaban                                                                                                                                                                                 |
|--------------------------------------------------------------------------------------------|-----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| Bagaimana kondisi Motor <i>Carbon Dust System</i> saat digunakan dalam operasional harian? | Pada kondisi tertentu, sistem terasa bekerja lebih berat, terutama ketika debu dalam jumlah besar tidak tersedot secara maksimal. Hal ini membuat proses kerja menjadi kurang maksimal. |
| Apakah jadwal operasional unit berpengaruh terhadap kinerja sistem?                        | Ketika jadwal operasional cukup padat dan <i>downtime</i> jarang diberikan, beban kerja sistem menjadi lebih tinggi. Tanpa jeda perawatan yang memadai, performa motor semakin menurun. |
| Apakah pernah terjadi kondisi overload penggunaan sistem?                                  | Ada beberapa kondisi ketika sistem digunakan melebihi batas ideal operasionalnya. Situasi tersebut membuat motor bekerja terus-menerus, sehingga potensi gangguan menjadi lebih besar.  |
| Bagaimana dampak kondisi tersebut terhadap kinerja operasional?                            | Dampaknya, sistem sering tidak bekerja maksimal dan operator harus melakukan pengecekan tambahan untuk memastikan proses tetap berjalan aman.                                           |
| Menurut operator, apa kebutuhan utama agar sistem dapat bekerja lebih maksimal?            | Diperlukan peningkatan perawatan rutin, pengaturan beban kerja sistem yang lebih seimbang, serta perbaikan teknis agar daya hisap debu kembali stabil.                                  |

## Lampiran 7: Instruksi *Failure Mode and Effect Analysis* (FMEA)

Kolom ini mewakili data yang berkaitan dengan aset dan mode kegagalan.

Kolom ini menunjukkan nilai keparahan, frekuensi kejadian, dan kemampuan deteksi yang ditentukan berdasarkan "panduan penilaian "scoring guidelines"

Kolom ini menunjukkan jenis tindakan pemeliharaan yang ditentukan menggunakan "decision matrix"

| Field name                        | Field Description                                                                                                                                                                         |
|-----------------------------------|-------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| <b>Plant</b>                      | Kolom ini berisi nama pabrik atau lokasi tempat peralatan dipasang.                                                                                                                       |
| <b>Section</b>                    | Kolom ini berisi sistem atau bagian dari pabrik tempat peralatan tersebut dipasang.                                                                                                       |
| <b>Equipment Tag</b>              | Kolom ini berisi nomor tag atau identifikasi peralatan.                                                                                                                                   |
| <b>Equipment Description</b>      | Kolom ini berisi deskripsi peralatan.                                                                                                                                                     |
| <b>Equipment Type</b>             | Kolom ini berisi jenis peralatan, misalnya kompresor, dumper, sekop, ekskavator, dan sebagainya.                                                                                          |
| <b>F. No.</b>                     | Kolom ini berisi nomor urutan fungsi dalam bentuk 1, 2, 3, dan seterusnya.                                                                                                                |
| <b>Function</b>                   | Kolom ini berisi fungsi dari peralatan. Contoh: "Memuat 10 ton material ke dump truck dalam 1 jam."                                                                                       |
| <b>FF. No.</b>                    | Kolom ini berisi nomor urutan kegagalan fungsional dalam bentuk 1.1, 1.2, 1.3, dan seterusnya.                                                                                            |
| <b>Functional Failure</b>         | Kolom ini berisi jenis kegagalan fungsi peralatan. Contoh: "Tidak dapat memuat 10 ton material dalam 1 jam."                                                                              |
| <b>FM No.</b>                     | Kolom ini berisi nomor urutan mode kegagalan dalam bentuk 1.1.1, 1.1.2, dan seterusnya.                                                                                                   |
| <b>Failure Mode(s)</b>            | Kolom ini berisi semua mode kegagalan peralatan yang menyebabkan kegagalan fungsi.                                                                                                        |
| <b>Failure Effect(s)</b>          | Kolom ini berisi konsekuensi dari kegagalan terhadap operasi, fungsi, keselamatan, dan lingkungan.                                                                                        |
| <b>Severity (SEV) safety</b>      | Kolom ini berisi nilai keparahan (sev) dengan rentang 1–10, ditentukan berdasarkan tingkat dampak terhadap keselamatan sesuai "panduan penilaian" dalam dokumen.                          |
| <b>Severity (SEV) environment</b> | Kolom ini berisi nilai keparahan (sev) dengan rentang 1–10, ditentukan berdasarkan tingkat dampak terhadap lingkungan sesuai "panduan penilaian" dalam dokumen ini.                       |
| <b>Severity (SEV) production</b>  | Kolom ini berisi nilai keparahan (sev) dengan rentang 1–10, ditentukan berdasarkan tingkat dampak terhadap produksi sesuai "panduan penilaian" dalam dokumen ini.                         |
| <b>Severity (SEV)</b>             | Kolom ini berisi nilai keparahan (sev) tertinggi (1–10) berdasarkan hasil penilaian terhadap keselamatan, lingkungan, dan produksi.                                                       |
| <b>Failure Cause(s)</b>           | Kolom ini berisi penyebab dari mode kegagalan, yang dapat terkait dengan kesalahan operator atau pemeliharaan, cacat manufaktur, kekurangan desain, atau masalah lingkungan.              |
| <b>Occurrence (OCC)</b>           | Kolom ini berisi nilai kejadian (occ) dengan rentang 1–10, ditentukan berdasarkan frekuensi terjadinya mode kegagalan sesuai panduan penilaian dalam dokumen ini.                         |
| <b>Current Process Controls</b>   | Kolom ini berisi kontrol proses yang saat ini digunakan untuk mendeteksi mode kegagalan.                                                                                                  |
| <b>Detection ( DET)</b>           | Kolom ini berisi nilai deteksi (det) dengan rentang 1–10, ditentukan berdasarkan efektivitas kontrol saat ini dalam mendeteksi mode kegagalan sesuai panduan penilaian dalam dokumen ini. |

|                                            |                                                                                                                                                                                                                                                                                                                     |
|--------------------------------------------|---------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| <b>Risk Priority Number (RPN)</b>          | Kolom ini berisi nilai Risk Priority Number (RPN) dari mode kegagalan. Nilai ini dihitung dengan mengalikan keparahan, kejadian, dan deteksi. Angka ini membantu mengidentifikasi area yang paling berisiko dan menentukan tindakan yang diperlukan untuk mengurangi risiko (idealnya nilai ini di bawah 100).      |
| <b>Maintenance task Type</b>               | Kolom ini berisi salah satu rekomendasi tindakan yang ditetapkan untuk setiap mode kegagalan berdasarkan "decision matrix" dalam dokumen ini:<br>a) Tugas Berdasarkan Kondisi<br>b) Tugas Penggantian Terjadwal<br>c) Tugas Pemulihan Terjadwal<br>d) Tugas Pendeteksian Kegagalan<br>e) Redesain<br>f) Run-to-Fail |
| <b>Recommended Action(s)</b>               | Kolom ini berisi rincian tindakan pemeliharaan yang diperlukan untuk mengurangi nilai RPN dari mode kegagalan.                                                                                                                                                                                                      |
| <b>Responsible person</b>                  | Kolom ini berisi nama penanggung jawab di pabrik yang melaksanakan tugas yang direkomendasikan.                                                                                                                                                                                                                     |
| <b>Target date</b>                         | Kolom ini berisi tanggal target penyelesaian tugas yang direkomendasikan.                                                                                                                                                                                                                                           |
| <b>Severity (SEV) safety</b>               | Kolom ini berisi nilai keparahan (sev) yang telah dikurangi (1–10), ditentukan berdasarkan tingkat dampak terhadap keselamatan sesuai "panduan penilaian" dalam dokumen.                                                                                                                                            |
| <b>Severity (SEV) environment</b>          | Kolom ini berisi nilai keparahan (sev) yang telah dikurangi (1–10), ditentukan berdasarkan tingkat dampak terhadap lingkungan sesuai "panduan penilaian" dalam dokumen ini.                                                                                                                                         |
| <b>Severity (SEV) production</b>           | Kolom ini berisi nilai keparahan (sev) yang telah dikurangi (1–10), ditentukan berdasarkan tingkat dampak terhadap produksi sesuai "panduan penilaian" dalam dokumen ini.                                                                                                                                           |
| <b>Mitigated SEV</b>                       | Kolom ini berisi nilai keparahan (sev) tertinggi yang telah dikurangi (1–10) berdasarkan hasil penilaian terhadap keselamatan, lingkungan, dan produksi.                                                                                                                                                            |
| <b>Mitigated OCC</b>                       | Kolom ini berisi nilai kejadian (occ) yang telah dikurangi (1–10), ditentukan berdasarkan frekuensi terjadinya mode kegagalan sesuai panduan penilaian dalam dokumen ini.                                                                                                                                           |
| <b>Mitigated DET</b>                       | Kolom ini berisi nilai deteksi (det) yang telah dikurangi (1–10), ditentukan berdasarkan efektivitas kontrol saat ini terhadap mode kegagalan sesuai panduan penilaian dalam dokumen ini.                                                                                                                           |
| <b>Mitigated RPN</b>                       | Kolom ini berisi nilai RPN mode kegagalan yang dihitung dengan mengalikan keparahan, kejadian, dan deteksi. Nilai ini membantu mengidentifikasi area dengan tingkat risiko tertinggi dan menentukan tindakan pengurangan risiko.                                                                                    |
| <b>Remarks</b>                             | Kolom ini berisi catatan tambahan, jika ada.                                                                                                                                                                                                                                                                        |
| <b>Field name</b>                          | <b>Field Description</b>                                                                                                                                                                                                                                                                                            |
| <b>Plant</b>                               | Kolom ini berisi nama pabrik atau lokasi tempat peralatan dipasang.                                                                                                                                                                                                                                                 |
| <b>Section</b>                             | Kolom ini berisi sistem atau bagian dari pabrik tempat peralatan tersebut dipasang.                                                                                                                                                                                                                                 |
| <b>Equipment Tag</b>                       | Kolom ini berisi nomor tag atau identifikasi peralatan.                                                                                                                                                                                                                                                             |
| <b>Equipment Description</b>               | Kolom ini berisi deskripsi dari peralatan.                                                                                                                                                                                                                                                                          |
| <b>Equipment Type</b>                      | Kolom ini berisi jenis peralatan, seperti kompresor, dumper, sekop, ekskavator, dan sebagainya.                                                                                                                                                                                                                     |
| <b>Maintenance Type (PM, PDM, CM, RTF)</b> | Kolom ini berisi jenis pemeliharaan, seperti preventif, prediktif, korektif, atau dijalankan hingga gagal.                                                                                                                                                                                                          |
| <b>Recommended Activity</b>                | Kolom ini berisi rincian jenis aktivitas atau tugas yang akan dilakukan.                                                                                                                                                                                                                                            |
| <b>Relevant Failure Mode(s)</b>            | Kolom ini berisi pemetaan jenis tugas dengan mode kegagalan yang terdapat pada lembar FMEA.                                                                                                                                                                                                                         |
| <b>Maintenance Task Type</b>               | Kolom ini berisi jenis tugas pemeliharaan yang diturunkan dari matriks keputusan.                                                                                                                                                                                                                                   |
| <b>Taks Interval</b>                       | Kolom ini berisi interval tugas berdasarkan tingkat kritisitas peralatan.                                                                                                                                                                                                                                           |
| <b>Safety Precautions</b>                  | Kolom ini berisi tindakan pencegahan keselamatan, jika ada, yang berlaku untuk tugas tersebut.                                                                                                                                                                                                                      |
| <b>Remarks</b>                             | Kolom ini berisi catatan tambahan, jika ada.                                                                                                                                                                                                                                                                        |

Lampiran 8: *Scoring guidelines Failure Mode and Effect Analysis (FMEA)*

**Risk Priority Number Guidelines**

| Level | Description  | Production Criteria |
|-------|--------------|---------------------|
| 10    | Catastrophic | > 3MM               |
| 8     | Critical     | >1M – 3MM           |
| 6     | Major        | >300K – 1M          |
| 3     | Minor        | >100K – 300K        |
| 1     | Negligible   | 0 – 100K            |

| Level | Description  | Safety criterion                                                     |
|-------|--------------|----------------------------------------------------------------------|
| 10    | Catastrophic | Insiden yang mengakibatkan lebih dari satu kematian                  |
| 8     | Critical     | Insiden yang menyebabkan cacat permanen atau satu kematian           |
| 6     | Major        | Insiden yang menyebabkan ketidakhadiran kerja                        |
| 3     | Minor        | Insiden tanpa ketidakhadiran (dengan pembatasan dan perawatan medis) |
| 1     | Negligible   | Tidak memerlukan perawatan, hanya pertolongan pertama                |

| Level | Description  | Environment Criteria                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                           |
|-------|--------------|----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| 10    | Catastrophic | 1. Menimbulkan dampak lingkungan yang sangat serius dan tidak dapat dipulihkan, meluas hingga ke wilayah regional atau lebih luas dari lokasi kejadian.<br>2. Memerlukan tindakan pemulihan besar-besaran serta proyek mitigasi lingkungan. Area yang dilindungi hukum turut terdampak dan berpotensi menyebabkan pencabutan atau penangguhan izin lingkungan. |
| 8     | Critical     | 1. Dampak lingkungan yang signifikan, baik bersifat sementara maupun permanen, dengan pengaruh hingga di luar area kejadian.<br>2. Diperlukan langkah perbaikan dan pengendalian dalam skala besar, yang mungkin membutuhkan proyek lanjutan. Area yang dilindungi hukum bisa terkena dampak dan izin lingkungan dapat ditangguhkan.                           |
| 6     | Major        | 1. Terjadi dampak lingkungan yang cukup besar namun masih dapat dipulihkan di area sekitar kejadian.<br>2. Diperlukan perbaikan dan tindakan pengendalian tambahan yang mungkin memerlukan pelaksanaan proyek pendukung.                                                                                                                                       |

| 3     | Minor             | 1. Dampak lingkungan bersifat ringan dan terbatas di area kejadian.<br>2. Diperlukan tindakan perbaikan, pembersihan, atau penyesuaian operasional agar kegiatan tetap berjalan sesuai standar. |
|-------|-------------------|-------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| 1     | Negligible        | 1. Tidak menimbulkan dampak lingkungan yang berarti.<br>2. Hanya memerlukan tindakan kecil seperti pembersihan atau perbaikan ringan untuk menjaga kelayakan operasi.                           |
|       |                   |                                                                                                                                                                                                 |
| Level | Description       | Occurrence criteria                                                                                                                                                                             |
| 1     | Nearly impossible | Kegagalan diperkirakan baru terjadi setelah lebih dari 20 tahun penggunaan.                                                                                                                     |
| 3     | Low               | Kegagalan mungkin muncul dalam rentang waktu antara 10 hingga 20 tahun.                                                                                                                         |
| 6     | Moderate          | Kegagalan diperkirakan dapat terjadi dalam kurun waktu 5 hingga 10 tahun.                                                                                                                       |
| 8     | High              | Kegagalan berpotensi muncul dalam jangka waktu 1 hingga 5 tahun.                                                                                                                                |
| 10    | Very high         | Kegagalan sangat mungkin terjadi dalam waktu kurang dari 1 tahun.                                                                                                                               |
|       |                   |                                                                                                                                                                                                 |
| Level | Description       | Detection criteria                                                                                                                                                                              |
| 10    | Very uncertain    | Kerusakan sangat sulit terdeteksi dan kemungkinan besar tidak akan diketahui oleh pengguna atau pelanggan.                                                                                      |
| 8     | Low               | Kemungkinan pengujian dapat mendeteksi kesalahan sangat kecil.                                                                                                                                  |
| 6     | Moderate          | Ada kemungkinan sedang bahwa proses pengujian mampu menemukan kesalahan.                                                                                                                        |
| 3     | high              | Kemungkinan besar kesalahan dapat ditemukan melalui proses pengujian.                                                                                                                           |
| 1     | Almost certain    | Kesalahan hampir pasti akan terdeteksi selama proses pemeriksaan atau pengujian                                                                                                                 |

### Lampiran 9: Failure Mode and Effect Analysis (FMEA)

| Component No. | Component                      | Function                           | FF No. | Functional Failure                             | FM No. | Failure Mode(s)                                 | Failure Effect(s)                                                                                                                                                         | Severity (SEV) safety                      | Severity (SEV) environment | Severity (SEV) production | Severity (SEV)        | Failure Cause(s)                                    |
|---------------|--------------------------------|------------------------------------|--------|------------------------------------------------|--------|-------------------------------------------------|---------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|--------------------------------------------|----------------------------|---------------------------|-----------------------|-----------------------------------------------------|
|               | Enter description of component | Enter function of component        |        | Enter specific component performance issues    |        | Enter possible ways in which equipment can fail | Enter potential effect of each failure mode                                                                                                                               | Enter severity based on scoring guidelines |                            |                           | Auto-calculated field | Enter underlying cause of failure                   |
| 3             | Slip Ring                      | Mengalirkan daya dari AVR ke rotor | 3,1    | Tidak dapat mentransfer daya dari AVR ke rotor | 3.1.1  | Slip ring dirty                                 | Unit memberikan alarm akibat gangguan ground (earth fault) pada rotor, operator melaporkan ke maintenance untuk dilakukan pengecekan dan perbaikan, lama perbaikan 24 jam | 1                                          | 1                          | 6                         | 6                     | Debu pada carbon brush dalam kondisi operasi normal |
|               |                                |                                    |        |                                                | 3.1.2  | Insulation fail                                 | Unit memberikan alarm akibat gangguan ground (earth fault) pada rotor, operator melaporkan ke maintenance untuk dilakukan pengecekan dan perbaikan, lama perbaikan 4 hari | 1                                          | 1                          | 8                         | 8                     | Menua dan kotor                                     |
| 4             | Carbon brush                   | Mengalirkan daya dari AVR ke rotor | 4,1    | Tidak dapat mentransfer daya dari AVR ke rotor | 4.1.1  | Carbon brush wear                               | Tegangan output generator drop, operator melaporkan ke maintenance untuk dilakukan pengecekan dan perbaikan, lama perbaikan 8 jam                                         | 1                                          | 1                          | 6                         | 6                     | Kerusakan pada operasi normal                       |
|               |                                |                                    |        |                                                | 4.1.2  | Brush holder fail                               | Tegangan output generator drop, operator melaporkan ke maintenance untuk dilakukan pengecekan dan perbaikan, lama perbaikan 8 jam                                         | 1                                          | 1                          | 6                         | 6                     | Kelelahan (fatigue) pada dudukan brush              |
|               |                                |                                    |        |                                                | 21.1.4 | Module fail                                     | Alarm trouble, operator melakukan pengecekan dan aktifkan deluge system secara manual, lalu melaporkan untuk dilakukan perbaikan lama perbaikan 4 jam                     | 1                                          | 1                          | 6                         | 6                     | Kemasukan serangga, Penuaan                         |

| Occurrence (OCC)                             | Current Process Controls                              | Detection (DET)                             | Risk Priority Number (RPN) | Maintenance Task Type                                     | Recommended Action(s)                                 | Responsible person                       | Target date                                          | Severity (SEV) safety                      | Severity (SEV) environment | Severity (SEV) production | Mitigated SEV         | Mitigated OCC                                | Mitigated DET                               | Mitigated RPN         | Remarks                                               |
|----------------------------------------------|-------------------------------------------------------|---------------------------------------------|----------------------------|-----------------------------------------------------------|-------------------------------------------------------|------------------------------------------|------------------------------------------------------|--------------------------------------------|----------------------------|---------------------------|-----------------------|----------------------------------------------|---------------------------------------------|-----------------------|-------------------------------------------------------|
| Enter occurrence based on scoring guidelines | Enter control measures in place to detect the failure | Enter detection based on scoring guidelines | Auto-calculated field      | Enter maintenance action type based using decision matrix | Enter recommendation to avert failure scenarios       | Enter person responsible (if applicable) | Enter target date for recommendation (if applicable) | Enter severity based on scoring guidelines |                            |                           | Auto-calculated field | Enter occurrence based on scoring guidelines | Enter detection based on scoring guidelines | Auto-calculated field | Enter remarks, if any                                 |
| 8                                            | Gangguan tanah                                        | 3                                           | 144                        | Schedule recovery                                         | Membersihkan slip ring                                | Electrician                              |                                                      | 1                                          | 3                          | 3                         | 3                     | 8                                            | 1                                           | 24                    | 3 montly                                              |
| 3                                            | Gangguan tanah                                        | 6                                           | 144                        | On-condition tasks                                        | Ukur tahanan isolation (PI >1.2)                      | Electrician                              |                                                      | 1                                          | 1                          | 3                         | 3                     | 3                                            | 3                                           | 27                    | Yearly                                                |
| 10                                           | VT                                                    | 3                                           | 180                        | On-condition tasks                                        | Periksa keausan carbon brush                          | Operator                                 |                                                      | 1                                          | 1                          | 1                         | 1                     | 3                                            | 3                                           | 9                     | shift (siapkan spare carbon brush)                    |
| 6                                            | VT                                                    | 3                                           | 108                        | On-condition tasks                                        | Periksa kondisi carbon brush holder                   | Operator                                 |                                                      | 1                                          | 1                          | 1                         | 1                     | 3                                            | 3                                           | 9                     | shift (siapkan spare Holder)                          |
| 6                                            | ALARM TROUBLE                                         | 3                                           | 108                        | One time design                                           | Siapkan spare module fire protection untuk semua area | Instrument                               |                                                      | 1                                          | 1                          | 1                         | 1                     | 3                                            | 3                                           | 9                     | Siapkan spare module fire protection untuk semua area |

Lampiran 10: Dokumentasi Motor *Carbon Dust System*

