

Perancangan Pemeliharaan Preventif Pada Sistem Kelistrikan Agitator Untuk Tangki Seed Precipitation Di PT Borneo Alumina Indonesia

Putra Rahmatullah^{1*}, Muh Yusan Naim², Arif Jaya³

^{1,2,3}Program Studi Teknik Elektro, Universitas Muslim Indonesia, Makassar, Indonesia

Email: ¹putra.rahmatullah28@gmail.com; ²muhyusan.naim@umi.ac.id; ³arief.jaya@umi.ac.id

Received: 09 02 2025 | Revised: 18 02 2025 | Accepted: 04 03 2025 | Published: 28 03 2025

Abstrak

PT. Borneo Alumina Indonesia merupakan perusahaan pengolahan bauksit menjadi alumina, di mana keandalan sistem agitator pada tangki seed precipitation sangat penting untuk kelancaran produksi. Kegagalan sistem ini dapat menyebabkan downtime signifikan, berdampak pada efisiensi produksi dan kerugian operasional. Penelitian ini bertujuan merancang jadwal pemeliharaan preventif guna meningkatkan keandalan sistem kelistrikan agitator. Metode yang digunakan meliputi *Failure Mode and Effect Analysis* (FMEA), *Risk Based Maintenance* (RBM), dan *Reliability Centered Maintenance* (RCM) yang didukung simulasi *Weibull*. Pendekatan ini bertujuan untuk meningkatkan keandalan sistem serta mengoptimalkan produktivitas operasional di fasilitas produksi. Hasil penelitian menunjukkan bahwa rancangan pemeliharaan preventif yang diusulkan mampu meningkatkan reliabilitas sistem hingga 113% dibandingkan tanpa pemeliharaan. Jadwal yang diterapkan mencakup inspeksi rutin harian, penggantian komponen kritis dalam interval satu hingga tiga tahun, serta pengujian isolasi motor saat overhaul tahunan. Implementasi strategi ini berhasil menekan downtime tahunan menjadi 3,84%, memungkinkan produksi alumina mencapai 96% dari kapasitas teoritis sebesar 1.000.000 ton per tahun.

Kata kunci: fmea, rbm, rcm, weibull, pemeliharaan preventif

1. Pendahuluan

PT. Borneo Alumina Indonesia selaku perusahaan yang bergerak pada industri permurnian bauksit yang memproduksi alumina sebagai bahan baku dalam pembuatan aluminium. Perusahaan ini di dirikan sebagai wujud nyata program pemerintah mengenai program hirilisasi biji bauksit di Indonesia. Proses Bayer merupakan suatu proses pemurnian bijih bauksit untuk menghasilkan aluminium dalam bentuk oksidanya atau yang disebut alumina. Tahap pada proses Bayer ini meliputi ekstraksi, presipitasi, dan kalsinasi [1].

Keandalan sistem *agitator* pada tangki *seed precipitation* memegang peranan penting dalam mendukung kelancaran proses produksi. Kegagalan pada sistem ini dapat menyebabkan *downtime* signifikan yang berimbas pada kerugian operasional dan penurunan efisiensi produksi. Untuk mencapai keandalan sistem maka peralatan-peralatan penunjang proses produksi ini harus mendapatkan perawatan yang teratur dan terencana [2]. Semua tugas dan kegiatan pemeliharaan dapat digolongkan kedalam lima tugas pokok yakni; inspeksi, kegiatan teknik, kegiatan produksi, kegiatan administrasi, serta *house keeping* [3].

Pemeliharaan Preventif bertujuan untuk menjaga peralatan agar tetap dalam kondisi optimal dan mengurangi risiko terjadinya kerusakan yang tidak terduga oleh karena itu adanya penjadwalan yang dirancang dengan fokus utama meningkatkan keandalan sistem dapat berdampak besar pada keberlangsungan produksi pabrik.

2. Metode

Jenis penelitian yang digunakan yaitu penelitian studi kasus dengan pendekatan penelitian kuantitatif dengan melakukan pengamatan dan pengambilan data pada objek dengan data yang akan disajikan dengan angka. Metode yang digunakan yaitu dengan melakukan simulasi melalui software *Python* yang bertujuan untuk mengetahui perbandingan terhadap pengaruh penerapan preventif maintenance terhadap peralatan yang tergolong *critical equipment* terhadap keandalan.

Metodologi penelitian dalam merancang jadwal pemeliharaan dan memperoleh hasil simulasi mengikuti pendekatan terstruktur terhadap pemrosesan dan analisis data, yang menggabungkan langkah-langkah berikut:

- a. Melakukan pendataan komponen kelistrikan yang berkaitan dengan objek penelitian
- b. Menentukan nilai RPN berdasarkan FMEA *Decision Worksheet*
- c. Menyusun komponen kritis dengan menggunakan diagram pareto
- d. Menentukan interval pemeliharaan komponen berdasarkan metode RBM
- e. Menentukan kegiatan pemeliharaan berdasarkan metode RCM *Decision Worksheet*
- f. Melakukan simulasi dengan memasukkan data TBF ke dalam program *Weibull* berbasis *pyhton*
- g. Menganalisa hasil pengaruh pemeliharaan preventif terhadap keandalan komponen dan produksi alumina.

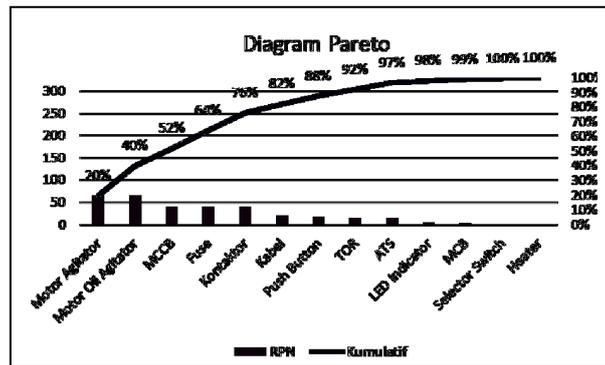
3. Hasil dan Pembahasan

Berikut adalah hasil pengambilan data langsung dilapangan terkait komponen atau peralatan yang menjadi obejek pada penelitian ini.

Tabel 1. Komponen sistem kelistrikan agitator

Nama Komponen	Jumlah	Fungsi
Motor Agitator	1	Penggerak Utama
Motor Sirkulasi Oli	1	Sirkulasi Oli Gearbox
ATS	2	Pengalih Otomatis Sumber Listrik
MCCB	2	Memutus dan Menghubungkan aliran Listrik
Kontaktor	2	Mengendalikan aliran Listrik
TOR	2	Melindungi motor listrik dari Overcurrent
Fuse	5	Melindungi rangkaian Listrik
MCB	2	Memutus dan Menghubungkan aliran Listrik
Kabel Listrik	1	Mengahntarkan arus listrk
Heater	1	Menjaga kelembapan panel Listrik
Push Button	6	Mengontrol motor Listrik
LED Indicator	5	Indikator kondisi rangkaian kontrol
Selector Switch	2	Mengubah mode kontrol

Pada tabel 1 terdapat 13 komponen dalam sistem kelistrikan agitator yang selanjutnya dilakukan penentuan komponen kritis menggunakan metode *Failure Modes and Effects Analysis* (FMEA) dan diagram pareto yang hasil dari penentuan komponen berdasarkan tingkat RPN dan persentase kumulatif dari semua komponen kelistrikan yang paling tinggi maka dapat diuraikan dalam gambar grafik dibawah ini



Gambar 1. Diagram Pareto Komponen Kelistrikan

Grafik di atas menunjukkan bahwa komponen seperti motor *agitator*, motor oli *agitator*, MCCB, *fuse* dan kontaktor menyumbang 76% dari total risiko kegagalan kumulatif, meskipun jumlahnya hanya mencakup sebagian kecil dari keseluruhan komponen. Hal ini mengindikasikan bahwa upaya mitigasi risiko atau pemeliharaan harus difokuskan terlebih dahulu pada komponen-komponen ini karena mereka memiliki dampak signifikan terhadap kinerja sistem secara keseluruhan.

Setelah melakukan pengelompokan komponen selanjutnya menentukan interval pemeliharaan menggunakan metode *Risk Based Maintenance* (RBM) dan menentukan kegiatan pemeliharaan dengan *Decision Worksheet* RCM maka diperoleh jadwal pemeliharaan sebagai berikut.

Tabel 2. Jadwal pemeliharaan preventif

No.	Operation Description	1D	5M	1Y	2Y	3Y	Remark
1	Inspeksi Peralatan <i>Agitator</i>	■					
2	Regreasing Motor		■				
3	Penggantian Motor			■			
4	Penggantian MBBC				■		
5	Penggantian Fuse				■		
6	Penggantian Kontaktor				■		
7	Penggantian <i>Push Button</i>					■	
8	Penggantian TOR					■	
9	Penggantian ATS					■	
10	Penggantian LED					■	
11	Penggantian MCB					■	
12	Penggantian <i>Selector Switch</i>					■	
13	Penggantian <i>Heater</i>					■	

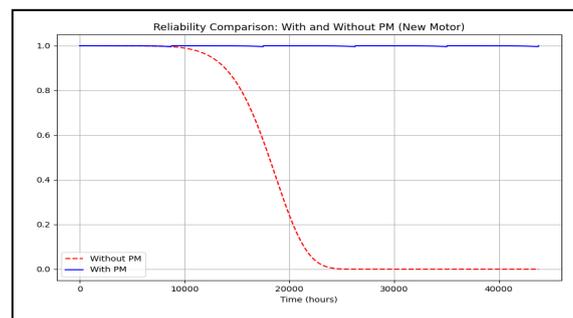
Berdasarkan jadwal yang telah dibuat terdapat 13 kegiatan pemeliharaan preventif yang telah dijadwalkan yang dapat diuraikan dengan setiap hari dilakukan pengecekan peralatan *agitator* seperti suhu bearing dan suara bearing, cek suhu motor dan cek sirkulasi udara pendingin dan kipas, sedangkan untuk lima bulan sekali dilakukan *regreasing* pada *bearing* motor, dan setiap *overhaul* atau satu tahun sekali dilakukan penggantian komponen motor Listrik dan penggantian setiap 2 tahun untuk komponen kelistrikan seperti MCCB, *fuse*, dan Kontaktor serta 3 tahun sekali dilakukan penggantian komponen kelistrikan berupa *push button*, TOR, ATS, LED *indicator*, MCB, *selector switch* dan *heater*.

Setelah mengetahui jadwal dan kegiatan pemeliharaan maka dapat dianalisa pengaruh penjadwalan pemeliharaan terhadap usia penggunaan komponen khususnya pada motor listrik dan pengaruh terhadap produksi dengan memasukkan data *Time Between Failure* (TBF) motor agitator yang diperoleh dari perusahaan yang menggunakan spesifikasi agitator yang sama.

Tabel 3. Data *time between failure* motor agitator

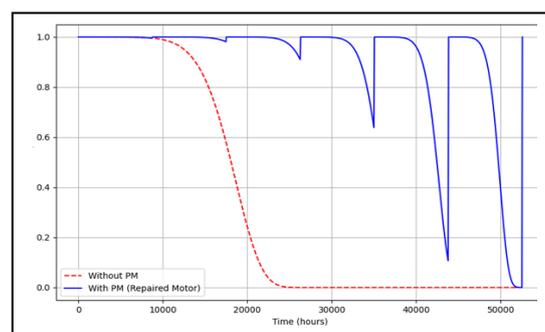
No	Waktu Kegagalan	Hari	Jam
1	9/29/2014	0	0
2	6/27/2016	637	15288
3	7/28/2018	761	18264
4	6/29/2020	702	16848
5	5/26/2022	696	16704
6	12/17/2024	936	22464

Setelah diperoleh nilai waktu kegagalan dalam jam selanjutnya data tersebut dimasukkan ke dalam simulasi Weibull menggunakan software Python maka diperoleh hasil Shape parameter (β /beta) = 7.1 dan Scale parameter (η /eta) = 19043. Berdasarkan nilai tersebut diperoleh hasil simulasi dengan menggunakan interval pemeliharaan 1 tahun dengan melakukan penggantian motor baru diperoleh hasil simulasi sebagai berikut



Gambar 2. Grafik perbandingan keandalan sistem dengan motor baru

Gambar 2 diatas menunjukkan perbandingan reliabilitas motor listrik tanpa pemeliharaan preventif dan dengan pemeliharaan preventif menggunakan motor baru. Pada kurva dengan PM, reliabilitas motor mengalami penurunan eksponensial seiring bertambahnya waktu dimana dapat dilihat bahwa untuk siklus *preventif maintenance* tahun pertama hingga tahun selanjutnya *reliability* mencapai angka 99%. Sedangkan dengan Skenario yang lain menggunakan motor hasil perbaikan dapat dilihat pada gambar 3 sebagai berikut



Gambar 3. Grafik perbandingan keandalan sistem dengan motor perbaikan

Grafik tersebut menunjukkan perbandingan reliabilitas motor listrik tanpa *preventif maintenance* (PM) dan dengan pemeliharaan preventif menggunakan motor hasil perbaikan. Pada kurva tanpa PM, reliabilitas motor mengalami penurunan eksponensial seiring bertambahnya waktu dimana dapat dilihat bahwa untuk siklus *preventif maintenance* tahun pertama *reliability* mencapai angka 99%, untuk siklus selanjutnya secara berturut turut adalah 97%, 91%, 64%, 12% dan 0% di waktu 51860 jam atau 5 Tahun 11 Bulan. Sedangkan untuk motor tanpa preventif maintenance dapat dilihat bahwa nilai *reliability* 0% di waktu 23676 jam atau 2 Tahun 8 Bulan.

PT Borneo Alumina Indonesia dirancang untuk memproduksi 1.000.000 ton alumina pertahun dalam kondisi ideal, tanpa gangguan operasional atau *downtime*. Namun, dalam realitas operasional, proses produksi memerlukan perawatan terjadwal PM untuk menjaga keandalan mesin dimana, berdasarkan jadwal PM yang telah dibuat diperoleh data sebagai berikut:

- Inspeksi atau pengecekan secara berkala meliputi pengecekan visual berupa suhu dan vibrasi pada bearing dan body motor serta regreasing pada DE dan NDE bearing dilakukan secara online (motor tetap berjalan).
- Penggantian Motor dan penggantian komponen dilakukan saat overhaul tahunan.
- Overhaul tahunan berdurasi 14 hari atau 336 jam per tahun

Downtime terjadi selama pelaksanaan overhaul tahunan, yaitu selama 336 jam per tahun. Dengan total waktu operasional dalam satu tahun sebesar 8.760 jam.

- a. persentase downtime dihitung sebagai berikut:

$$\text{Persentase Downtime} = \frac{\text{Total Downtime}}{\text{Total Jam Operasional}} \times 100\% \quad (1)$$

$$\text{Persentase Downtime} = \frac{336}{8760} \times 100\% = 3.84\%$$

Maka total persentase *downtime* dalam kurung waktu satu tahun adalah sebesar 3.84%.

- b. persentase downtime terhadap kapasitas produksi tahunan:

$$\text{Produksi Hilang} = \text{Kapasitas Produksi} \times \text{Persentase Downtime} \quad (2)$$

$$\text{Produksi Hilang} = 1.000.000 \text{ Ton} \times 3.84\% = 38.400 \text{ ton}$$

Diperoleh nilai produksi yang akan hilang akibat dari perawatan preventif yang dirancang adalah sebesar 38.400 Ton.

- c. Produksi aktual setelah downtime adalah:

$$\text{Produksi Aktual} = \text{Kapasitas Produksi} - \text{Produksi Hilang} \quad (3)$$

$$\text{Produksi Aktual} = 1.000.000 \text{ Ton} - 38.400 \text{ Ton} = 961.600 \text{ ton}$$

Maka dari perhitungan data diatas diperoleh nilai produksi aktual sebanyak 961.600 Ton pertahun dengan asumsi dalam satu tahun tidak adanya kegagalan.

Berdasarkan perhitungan penjadwalan pemeliharaan memiliki pengaruh terhadap produksi alumina dimana pabrik mampu menghasilkan 961.644 ton pertahun alumina atau sekitar 96% dari total kapasitas produksi sebesar 1.000.000 ton pertahun.

Penjadwalan PM pada sistem kelistrikan agitator menunjukkan dampak signifikan terhadap peningkatan usia pakai peralatan dan keberlanjutan produksi alumina. Dimana korelasi antara peningkatan usia pakai dengan total produksi alumina jika menggunakan penerapan PM dengan motor hasil perbaikan dapat dilihat pada tabel 4 dibawah ini

Tabel 4. Pengaruh interval pemeliharaan preventif

No	Interval Perawatan Preventif	Peningkatan Usai	Total Produksi (Ton/Tahun)
1	3 Bulan	9 Tahun 5 Bulan	846600
2	6 Bulan	6 Tahun 3 Bulan	923300
3	1 Tahun	3 Tahun 2 Bulan	961600
4	2 Tahun	1 Tahun 3 Bulan	961600
5	3 Tahun	0 Tahun	961600

Analisis data menunjukkan bahwa penerapan Preventive Maintenance (PM) memiliki korelasi tidak linier antara usia pakai motor dan total produksi alumina. Interval PM 3 bulan meningkatkan usia motor hingga 9 tahun 5 bulan, tetapi downtime yang tinggi menurunkan produksi menjadi 846.600 ton/tahun. Interval PM 1 tahun memberikan hasil paling optimal, dengan peningkatan usia motor 3 tahun 2 bulan dan produksi maksimal 961.600 ton/tahun, menyeimbangkan reliabilitas motor dan efektivitas produksi. Interval PM lebih jarang (2-3 tahun) mempertahankan produksi maksimal tetapi hanya sedikit memperpanjang usia motor, meningkatkan risiko kegagalan. Dengan demikian, interval PM 1 tahun adalah pilihan terbaik untuk menjaga keandalan motor dan efisiensi produksi.

4. Kesimpulan dan Saran

Berdasarkan hasil analisis data terkait penjadwalan Preventive Maintenance (PM) pada sistem kelistrikan mesin agitator di PT Borneo Alumina Indonesia, diperoleh bahwa strategi pemeliharaan terdiri dari inspeksi harian, regreasing bearing motor setiap 5 bulan, penggantian motor setiap 1 tahun, serta perawatan berkala pada 2 tahun dan 3 tahun untuk komponen kelistrikan lainnya. Implementasi PM ini meningkatkan reliabilitas motor listrik hingga 99%, dengan perpanjangan usia pakai sebesar 113% (3 tahun 1 bulan) dibandingkan tanpa pemeliharaan. Selain itu, strategi ini berkontribusi terhadap pencapaian target produksi alumina sebesar 961.600 ton/tahun dengan mengurangi risiko kegagalan sistem agitator.

Untuk optimalisasi lebih lanjut, disarankan mempertimbangkan penggunaan motor baru guna meningkatkan reliabilitas, mengurangi downtime saat overhaul tahunan, serta menerapkan metode Predictive Maintenance untuk meningkatkan keandalan sistem. Selain itu, penelitian lanjutan dapat mencakup analisis biaya, keandalan komponen kecil, serta pendekatan pemeliharaan yang lebih kompleks guna mendukung keberlanjutan produksi.

Daftar Pustaka

- [1] R. D. Kisnawati, "Pemisahan Alumina Pada Residu Bauksit (Red Mud) Yang Berasal Dari Riau Dengan Metode Sintering Sodalime", Doctoral dissertation, Institut Teknologi Sepuluh Nopember Surabaya, 2016.

- [2] A. S. Corder, “Teknik-Teknik Pemeliharaan”. Jakarta: Erlangga, 1996.
- [3] H. Asisco, “Usulan Perencanaan Perawatan Mesin Dengan Metode Reliability Centered Maintenance (RCM) Di PT. Perkebunan Nusantara VII (Persero) Unit Usaha Sungai Niru Kab. Muara Enim,” Jurnal Kaunia, vol. VII, no. 2, pp. 78–79, 2012, UIN Sunan Kalijaga.