

ANALISA KEGAGALAN ELEVATOR NERAK TIPE WB 250 UNTUK MENGANGKUT SULFUR GRANULATION DI PT. MEDCO E&P MALAKA

Hamdani¹
Fakhriza^{1*}
Hendra Saputra¹
Samsul Bahri¹
Edi Saputra¹

¹Jurusan Teknik Mesin
Politeknik Negeri Lhoksumawe
Jl. Medan-Banda Aceh Km.280 Buketrata – Lhokseumawe, INDONESIA

Abstract

PT. Medco E&P Malaka operates one unit of the Nerak WB 250 elevator located in the Sulfur Granulation Unit (SGU), which functions as a material handling system for transferring granulated sulfur from the steel belt conveyor to the sulfur silo. This elevator is driven by an electric motor and gearbox connected to the driver idler shaft (head pulley). The driver idler rotates the rubber chain equipped with buckets containing sulfur granules, allowing the material to be transported vertically to the sulfur silo. However, frequent failures have occurred in several elevator components such as the rubber chain, snap ring, bucket rod, clamping sleeve, chain bushing, bucket, tension idler, as well as the upper and lower idlers. To analyze these failures, the Root Cause Analysis (RCA) method was employed using the Why-Why-Why Analysis (W3A) approach, which is a commonly used method at PT. Medco E&P Malaka. Based on field observations and W3A analysis results, the main causes of failure were identified as misalignment in the elevator system due to worn idler bushings, detached snap rings, and malfunctioning proximity sensors—further aggravated by suboptimal preventive and predictive maintenance activities. Additional contributing factors include clumped sulfur accumulation, which increases the system load. Based on these findings, corrective actions were taken and improvements were made to strengthen both the Predictive Maintenance (PdM) and Preventive Maintenance (PM) programs in order to ensure the reliability of the NERAK WB 250 elevator system at the SGU.

Keywords:

Elevator Nerak; Sulfur Granulation; Maintenance; Root Cause Analysis (RCA)

Abstrak

PT. Medco E&P Malaka mempunyai 1 unit mesin elevator Nerak WB 250 yang ada pada Sulfur Granulation Unit (SGU) yang berfungsi sebagai alat pemindah sulfur yang sudah berbentuk granul dari steel belt conveyor menuju sulfur silo. Elevator ini digerakkan menggunakan motor listrik beserta gearbox yang terhubung ke shaft driver idler (head pulley). Driver idler memutar rubber chain yang dilengkapi dengan bucket berisi sulfur granul sehingga material dipindahkan secara vertikal menuju sulfur silo. Namun, sering terjadi kerusakan pada komponen elevator seperti rubber chain, snap ring, bucket rod, clamping sleeve, chain bushing, bucket, tension idler, upper dan lower idler. Untuk menganalisis kegagalan tersebut, digunakan metode Root Cause Analysis (RCA) dengan pendekatan Why-Why-Why Analysis (W3A), yang merupakan metode yang lazim digunakan di PT. Medco E&P Malaka. Berdasarkan temuan lapangan dan hasil analisa W3A, diketahui bahwa penyebab utama kegagalan adalah misalignment pada sistem elevator akibat ausnya bushing idler, lepasnya snap ring, serta tidak berfungsinya proximity sensor, yang diperburuk oleh kurang optimalnya kegiatan preventive dan predictive maintenance. Faktor lain seperti tumpukan sulfur yang menggumpal dan menyebabkan beban lebih juga turut berkontribusi terhadap kegagalan sistem. Berdasarkan hasil analisa tersebut, dilakukan tindakan perbaikan serta penguatan program Predictive Maintenance (PdM) dan Preventive Maintenance (PM) agar keandalan sistem elevator NERAK tipe WB 250 di SGU dapat terjaga dengan baik

Kata Kunci:

Pemilihan tindakan; Perawatan; Root Cause Analysis (RCA)

DOI: [10.38038/vocatech.v7i1.233](https://doi.org/10.38038/vocatech.v7i1.233)

Citation in APA Style: Hamdani, Fakhriza, Hendra, S., Samsul, B., & Edi, S. (2025). Analisa Kegagalan Elevator Nerak Tipe Wb 250 Untuk Mengangkut Sulfur Granulation Di Pt. Medco E & P Malaka. *VOCATECH: Vocational Education and Technology Journal*, 7(1), 67-74

***Corresponding author:**

Fakhriza, Dosen Jurusan Teknik Mesin, Politeknik Negeri Lhokseumawe, Jl. Medan-Banda Aceh
Km.280 Buketrata – Lhokseumawe, Provinsi Aceh, INDONESIA
Email: fakhriza@pnl.ac.id

1. PENDAHULUAN

Dalam dunia industri, kelancaran proses produksi menjadi salah satu faktor utama yang menentukan daya saing perusahaan. Salah satu aspek penting yang menunjang kelancaran tersebut adalah keandalan mesin dan peralatan produksi, termasuk mesin pemindah bahan (*material handling equipment*). Mesin yang tidak dirawat dengan baik dapat mengalami penurunan performa, meningkatkan risiko kerusakan, serta mengganggu efisiensi dan kontinuitas proses produksi secara keseluruhan. Oleh karena itu, kegiatan pemeliharaan (*maintenance*) yang efektif dan sistematis sangat penting untuk menjamin keandalan operasional peralatan produksi (Ferdinand & Widiasih, 2025; Ramadhan & Ilmaniati, 2024).

Seiring dengan berkembangnya teknologi, peralatan produksi dan sistem pemindahan material juga mengalami kemajuan yang signifikan. Namun, kemajuan ini harus diimbangi dengan sistem perawatan yang tepat agar mesin tetap bekerja secara optimal (Fonna, 2019). Tanpa perawatan yang sesuai dengan spesifikasi dan kebutuhan operasional, kerusakan pada peralatan tetap mungkin terjadi, terutama pada stem yang beroperasi di lingkungan ekstrem atau di bawah beban kerja tinggi. Salah satu peralatan penting dalam sistem pemindahan material adalah bucket elevator, yakni alat yang berfungsi memindahkan material secara vertikal dari satu level ke level lain (Ahmad & Nurrohkayati, 2024). Bucket elevator banyak digunakan untuk menangani material berbentuk granul, bubuk, maupun lumpur, dan memegang peran strategis dalam rantai produksi yang membutuhkan kontinuitas aliran material. Beberapa penelitian sebelumnya, seperti oleh , , dan (Averkova et al., 2017; Gurudath et al., 2021; Sokolski, 2023), telah membahas prinsip kerja, efisiensi, dan kegagalan umum pada sistem bucket elevator, namun masih terbatas pada aspek desain dan performa umum, tanpa mengkaji secara spesifik analisis kegagalan dalam konteks lingkungan industri migas.

PT. Medco E&P Malaka merupakan perusahaan yang bergerak di bidang eksplorasi dan produksi minyak dan gas bumi, serta mengolah sulfur hasil pemisahan H_2S menjadi bentuk granul. Dalam proses produksi sulfur tersebut, digunakan elevator NERAK tipe WB 250 sebagai salah satu komponen vital dalam sistem pemindahan sulfur granul. Mengingat karakteristik material dan lingkungan operasional yang ekstrem, peralatan ini rentan mengalami gangguan apabila tidak dikelola dengan pendekatan pemeliharaan yang memadai. Namun demikian, terjadinya kegagalan fungsi pada elevator NERAK WB 250 menunjukkan masih adanya celah dalam manajemen perawatan dan analisis keandalan sistem. Berdasarkan data historis operasional, selama enam bulan terakhir telah terjadi empat kali kegagalan fungsi pada elevator, yang menyebabkan unit Sulfur Granulation Unit (SGU) mengalami trip (berhenti beroperasi) dengan durasi downtime berkisar antara 3 hingga 6 jam per kejadian. Kegagalan ini sebagian besar disebabkan oleh gangguan mekanis seperti misalignment rubber chain, keausan pada bushing idler, serta kerusakan komponen sensor, yang belum tertangani secara optimal. Ketiadaan dokumentasi teknis yang sistematis terkait analisis akar permasalahan (Root Cause Analysis – RCA) menimbulkan potensi terulangnya permasalahan serupa di masa mendatang. Kondisi ini menjadi celah penting yang perlu diisi melalui pendekatan berbasis data serta evaluasi teknis yang menyeluruh. Oleh karena itu, penelitian ini bertujuan untuk mengidentifikasi akar penyebab kegagalan pada elevator NERAK WB 250 dan menyusun solusi teknis yang aplikatif guna meningkatkan keandalan sistem pemindahan material, khususnya dalam konteks proses produksi sulfur di PT. Medco E&P Malaka.

2. STUDI PUSTAKA

Pemeliharaan atau perawatan dalam suatu industri merupakan salah satu faktor penting dalam mendukung kelancaran proses produksi. Agar proses produksi berjalan secara optimal, peralatan penunjang harus selalu dalam kondisi siap dan andal. Hal ini hanya dapat dicapai jika peralatan tersebut mendapatkan perawatan yang teratur dan terencana (Hapsari et al., 2012; Sariyusda, 2018). Pemeliharaan bertujuan untuk memperpanjang masa pakai aset, menjamin ketersediaan optimum peralatan untuk mendukung kegiatan produksi, menjaga kesiapan operasional peralatan dalam kondisi darurat, serta menjamin keselamatan pengguna sarana tersebut. Selanjutnya, (Agusnawati et al., 2024; Mulyono, 2017) menekankan bahwa

efisiensi dan efektivitas sistem pemeliharaan sangat menentukan keberhasilan dan keberlangsungan sebuah perusahaan. Oleh karena itu, kinerja sistem pemeliharaan perlu diukur melalui teknik pengukuran kinerja atau Maintenance Performance Measurement (MPM). Beberapa alasan pentingnya MPM antara lain: mengukur nilai yang dihasilkan dari aktivitas pemeliharaan, menganalisis investasi, meninjau alokasi sumber daya, menciptakan lingkungan kerja yang sehat dan aman, mendukung manajemen pengetahuan, menyesuaikan diri dengan tren operasional dan strategi pemeliharaan terbaru, serta mendorong perubahan struktural dalam organisasi, (Hapsari et al., 2012; Mahmud et al., 2022; Rangkuti, 2013).

Dalam praktiknya, pemeliharaan dapat dibedakan menjadi dua jenis utama, yaitu preventive maintenance dan corrective maintenance. Preventive maintenance adalah kegiatan pemeliharaan yang dirancang untuk mencegah kerusakan dengan cara yang terencana. Aktivitas ini meliputi inspeksi, perbaikan ringan, pelumasan, dan penyetelan peralatan agar tetap dalam kondisi optimal. Preventive maintenance dibagi menjadi dua kegiatan, yaitu *routine maintenance* dan *periodic maintenance*. Routine maintenance merupakan pemeliharaan rutin seperti pembersihan, pelumasan, dan pengecekan bahan bakar. Sementara itu, periodic maintenance dilakukan secara berkala berdasarkan durasi kerja mesin, misalnya setiap seratus jam operasional (Harahap et al., 2022; Zarkasyi et al., 2019).

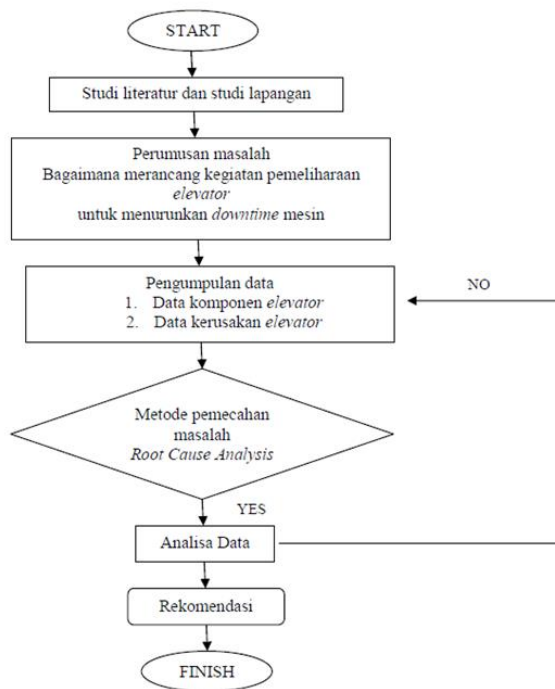
Di sisi lain, corrective maintenance merupakan kegiatan perbaikan yang tidak hanya bertujuan memperbaiki kerusakan, tetapi juga mencari tahu akar penyebab dan mencegah agar kerusakan yang sama tidak terulang. Corrective maintenance terbagi menjadi tiga jenis, yakni *remedial maintenance* (aktivitas yang dilakukan tanpa mengganggu produksi), *deferred maintenance* (aktivitas yang ditunda namun tetap terkendali agar tidak mengganggu produksi), dan *shutdown corrective maintenance* (aktivitas perbaikan saat proses produksi berhenti total), (Rangkuti, 2013; Sukhairi et al., 2023).

Untuk memastikan efektivitas tindakan korektif, metode *Root Cause Analysis* (RCA) sering digunakan. RCA merupakan pendekatan pemecahan masalah yang bertujuan untuk mengidentifikasi penyebab mendasar dari suatu masalah atau ketidaksesuaian, dan mengembangkan solusi yang mampu mencegah terulangnya masalah serupa (Effendi, 2019). Proses RCA terdiri dari lima tahap utama, yaitu: (1) mendefinisikan masalah secara spesifik, (2) menyelidiki akar penyebab menggunakan berbagai tools analisis, (3) menyusun *action plan* sebagai solusi, (4) mengimplementasikan rencana tersebut dengan menetapkan penanggung jawab dan jadwal waktu, serta (5) melakukan verifikasi dan monitoring efektivitas untuk memastikan bahwa solusi yang diterapkan sudah tepat dan tidak menimbulkan masalah baru. Kegiatan monitoring ini dapat berupa audit internal, checklist penyelesaian pekerjaan, atau pengecekan saat start-up sistem (Satryawan, 2016).

Salah satu pendekatan dalam RCA adalah metode *Why-Why-Why Analysis*, yang merupakan pengembangan dari prinsip 5W1H (why, what, where, when, who, how). Metode ini digunakan untuk menganalisis masalah operasional di lapangan dengan tujuan menggali penyebab utama dari suatu permasalahan. Tahap-tahap dalam implementasi metode ini meliputi: mengidentifikasi masalah, mengajukan pertanyaan yang saling berkaitan secara berurutan dari penyebab masalah, menghindari jawaban yang bersifat menyalahkan, serta menentukan akar permasalahan utama secara objektif. Metode *Why-Why-Why Analysis* dipilih karena bersifat sederhana namun sangat efektif dalam mengurai permasalahan kompleks menjadi runtutan penyebab yang logis dan dapat ditindaklanjuti. Dibandingkan dengan metode RCA lain yang memerlukan data statistik atau perangkat analisis yang lebih kompleks, metode ini lebih optimal untuk diterapkan di lapangan, terutama ketika data terbatas namun tindakan perbaikan harus segera dilakukan. Selain itu, metode ini mendorong tim untuk berpikir sistematis dan kolaboratif dalam menemukan akar masalah secara menyeluruh tanpa menyalahkan individu, sehingga sangat sesuai digunakan dalam lingkungan operasional seperti di PT. Medco E&P Malaka.

3. METODE PENELITIAN

Alir penelitian kegagalan elevator Nerak Tipe WB 250 ditunjukkan pada Gambar 1, yang dimulai dari identifikasi masalah dimana ditemukan pada komponen elevator diantaranya *rubber chain*, *snap ring*, *bucket rod*, *clamping sleeve*, *chain bushing*, *bucket*, *tension idler*, *upper and lower idler*, dan *bucket*. Dari fakta di lapangan berdasarkan pengecekan yang dilakukan terhadap kegagalan yang terjadi supaya mudah dalam menentukan akar penyebab.

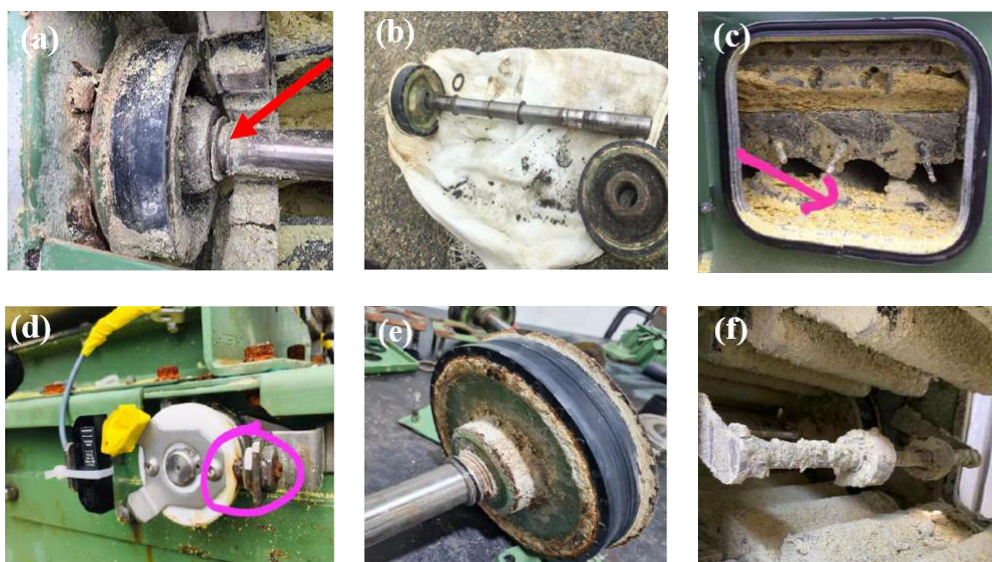


Gambar 1. Diagram alir penelitian

Setelah seluruh informasi dan data pendukung yang diperlukan terkumpul, langkah selanjutnya adalah melakukan analisis kerusakan dengan menggunakan metode *Root Cause Analysis* (RCA). Dalam penerapan RCA ini, digunakan pendekatan *Why-Why-Why Analysis*, yaitu suatu metode yang umum dipakai untuk menganalisis permasalahan operasional di lapangan. Metode ini merupakan pengembangan dari prinsip 5W1H (why, what, where, when, who, and how) yang bertujuan untuk menggali dan menemukan akar permasalahan secara menyeluruh. Analisis dilakukan berdasarkan data yang telah diperoleh, dengan mengidentifikasi komponen mana yang memberikan kontribusi terhadap kegagalan sistem. Apabila dalam proses analisis ditemukan adanya kekurangan data, maka pengumpulan data akan diulang kembali dari tahap awal. Hasil dan pembahasan dalam penelitian ini berfokus pada penentuan akar penyebab dari kerusakan berdasarkan analisis yang telah dilakukan, serta menyusun kesimpulan yang sesuai dengan tujuan penelitian.

4. HASIL DAN PEMBAHASAN

Ditemukan kondisi unit 35 yaitu sulfur *granulation unit* (SGU) stop beroperasi (trip), muncul alarm *fault* pada *electric motor elevator* 35-ZZZ-514 stop. Tim mekanik dan *instrument* pergi menuju lokasi motor *elevator* yang mati tersebut dan ditemukan kondisi motor *overload* dikarenakan posisi *rubber chain elevator* tersangkut menyentuh frame, salah satu sisi *rubber chain* tidak berada pada posisi yang baik pada *idler* nya dan ditemukan kondisi *bushing* pada *idler* aus (Gambar 24.a), kondisi *shaft idler* terjadi *oversize* (aus) sehingga menyebabkan *idler* berada longgar pada posisi *shaft* ((Gambar 2.b), hampir semua *bucket rod* lepas dari posisi *rubber chain* dan bengkok pada satu sisi (Gambar 2.c), kondisi *proximity sensor* (*misalignment sensor*) tidak bekerja dengan baik (Gambar 2.d), salah satu *rubber* pada *idler* aus (Gambar 2.e), dan tumpukan sulfur yang menggumpal pada bagian bawah *elevator*, ada sebagian yang menumpuk dan menutupi *rubber chain* (Gambar 4.f).



Gambar 2. Identifikasi masalah

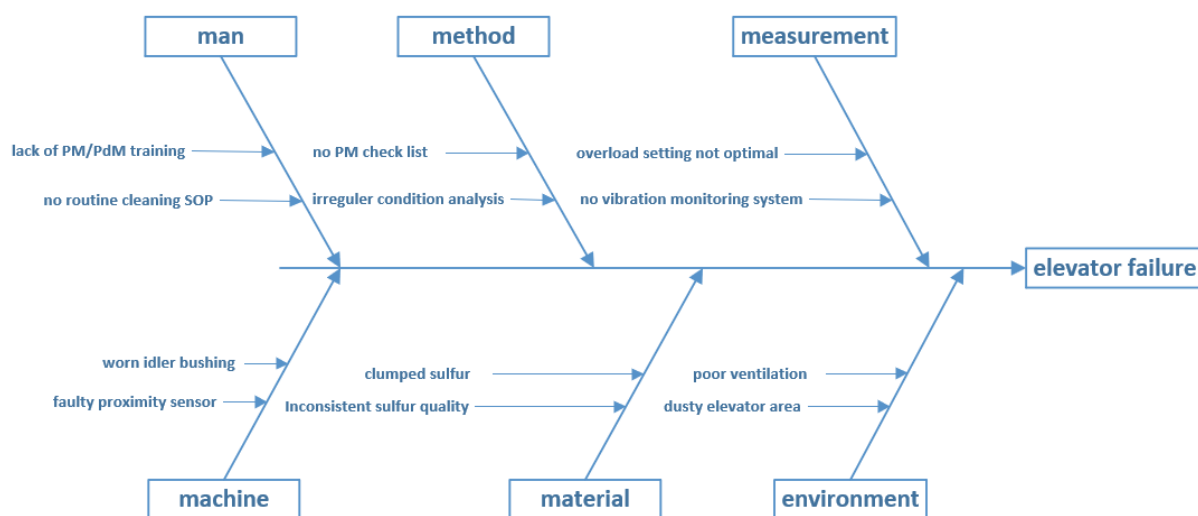
Evaluasi dan perbaikan dilakukan dengan menggunakan *Root Cause Analysis* (RCA) serta dengan melakukan 6 why analysis dapat dilihat di Tabel 1.

Tabel 1. *Why-Why Analysis*

	Why – Why Analysis	Answer
Why-1	Kenapa <i>sulfur granulation unit</i> (SGU) stop beroperasi	Karena kondisi motor <i>elevator</i> 35-ZZZ-514 <i>overload</i>
Why-2	Kenapa motor <i>elevator</i> 35-ZZZ-514 <i>overload</i>	Karena posisi <i>rubber chain elevator</i> tersangkut menyentuh frame
Why-3	Kenapa <i>rubber chain elevator</i> bisa tersangkut menyentuh frame	Karena terjadi <i>misalignment</i> pada <i>elevator</i>
Why-4	Kenapa bisa terjadi <i>misalignment</i> pada <i>elevator</i>	Karena salah satu <i>bushing shaft idler</i> terjadi <i>oversize</i> (aus) sehingga menyebabkan posisi <i>idler</i> tidak <i>center</i> terhadap <i>rubber chain</i>
Why-5	Kenapa salah satu <i>bushing shaft idler</i> terjadi <i>oversize</i> (aus) sehingga menyebabkan posisi <i>idler</i> tidak <i>center</i> terhadap <i>rubber chain</i>	Karena <i>snap ring</i> pada <i>bushing idler</i> ada yang sudah terlepas sehingga tidak ada lagi pengunci <i>bushing idler elevator</i>
Why-6	Kenapa <i>snap ring</i> pada <i>bushing idler</i> ada yang sudah terlepas sehingga tidak ada lagi pengunci <i>bushing idler elevator</i>	Karena kegiatan <i>maintenance</i> (<i>preventive maupun predictive</i>) tidak berjalan dengan baik dikarenakan kurang nya data dari dokumen <i>Installation and Operation Manual</i> (IOM) <i>product elevator vendor Steel Belt System</i> (SBS)

Permasalahan yang terjadi dikelompokkan menjadi tiga bagian yaitu *Laten Cause*, *Physical Cause* dan *Human Cause*. *Laten Cause*; Produk granul sulfur yang tidak standar (menggumpal) yang keluar dari *pastillator* sehingga menyebabkan perlengketan pada *elevator*. *Physical Cause*; *Bushing* pada beberapa *idler* aus (3 *idler*) dan membuat *snap ring* sebagai pengunci *bushing* rusak dan lepas sehingga *idler* bergerak ke kiri dan ke kanan tidak berada pada posisi tengah dari *rubber chain elevator*: Salah satu *rubber* pada *idler* aus, *Proximity sensor* (*misalignment sensor*) tidak bekerja dengan baik, Beberapa *roller support* ada yang sangkut terutama *roller support* pada posisi *horizontal elevator* bagian atas. *Human Cause*; Tidak dilakukan pembersihan tumpahan sulfur secara maksimal pada *elevator* sehingga menyebabkan penumpukan material yang banyak pada *elevator*, kinerja *elevator* menjadi berat saat mentransfer sulfur dari bagian bawah ke bagian atas sulfur *sil*. Kurang nya kegiatan *preventive maintenance* dan *predictive maintenance* (*condition monitoring*) yang baik.

Temuan lapangan yang berkaitan dengan kerusakan elevator nerak tipe wb 250 yang dianalisa menggunakan fishbone diagram ditunjukkan pada Gambar 3 berikut

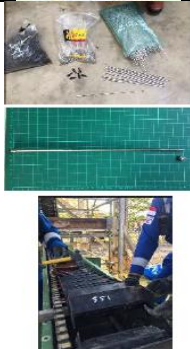


Gambar 3. Fishbone diagram kerusakan elevator

Tindakan Perbaikan

Tindakan perbaikan dalam *Root Cause Analysis* (RCA) untuk mengatasi akar penyebab masalah yang telah diidentifikasi, sehingga mencegah masalah tersebut terulang kembali. Tindakan perbaikan dapat di lihat pada Tabel 2.

Tabel 2. Tindakan perbaikan

No	Identifikasi masalah	Langkah perbaikan	Foto eviden
1	<i>Bushing</i> pada beberapa idler aus	Pembuatan <i>bushing</i> baru dan melengkapi dengan pemasangan <i>snap ring</i>	
2	Proximity sensor (<i>misalignment sensor</i>) tidak bekerja dengan baik	Melakukan penyetelan ulang posisi sensor dan juga <i>function test</i>	
3	Beberapa part elevator ditemukan rusak (<i>bucket, clamping sleeve, chain bushing, bucket rod</i>)	Melakukan pergantian part yang baru	

4	Kegiatan <i>preventive</i> dan <i>predictive maintenance</i> belum maksimal	- Membuat <i>task list</i> dan <i>check list</i> kegiatan <i>preventive maintenance</i> lebih detail - Membuat <i>check list predictive maintenance</i> (melakukan pengecekan vibrasi dan analisa <i>lube oil gearbox elevator</i>)	
5	Terjadi <i>overload</i> pada motor	Menurunkan setingan <i>overload</i> pada motor sebelum 1,80 A menjadi 1,60 A sehingga jika terjadi <i>overload</i> maka motor akan memberikan perintah <i>stop runing</i> pada motor	

5. SIMPULAN

Berdasarkan hasil pengamatan dan analisa permasalahan di lapangan dapat diambil kesimpulan yaitu kegagalan pada elevator Nerak tipe WB 250 dapat ditemukan melalui analisa permasalahan menggunakan metode *Root Cause Analysis* (RCA). Dari hasil analisa permasalahan ditemukan penyebab kegagalan yang paling dominan yaitu dikarenakan kegiatan *maintenance* (*preventive* maupun *predictive*) tidak berjalan dengan baik dikarenakan kurang nya data dari dokumen *Installation and Operation Manual* (IOM) *product elevator vendor Steel Belt System* (SBS). Berdasarkan temuan tersebut dilakukan beberapa perbaikan dan penggantian pada beberapa *part elevator* yang rusak yaitu *bucket*, *clamping sleeve*, *chain bushing*, *bucket rod* sehingga peralatan elevator dapat dijalankan kembali dan proses produksi di Sulfur *Granulation Unit* (SGU) berjalan normal.

Berdasarkan analisa permasalahan di lapangan maka penulis memberikan beberapa saran sebagai agar bisa menyiapkan *spare part* yang baru terhadap bagian-bagian *elevator* yang berpotensi rusak sehingga menyebabkan kegagalan peralatan saat dioperasikan. Mengusulkan agar dilakukan pelatihan (*training*) secara khusus terkait perawatan *elevator* Nerak WB 250 kepada semua pekerja yang terlibat di dalam melakukan kegiatan *preventive maintenance* (PM) maupun *predictive maintenance*.

DAFTAR PUSTAKA

- Agusnawati, R., Nurfadillah, N., Wiradana, N., & Mukhtar, A. (2024). Efektivitas Evaluasi Strategi dalam Manajemen Pengendalian Mutu Organisasi. *Indonesian Journal of Innovation Multidiscipliner Research*, 2(1), 87–105.
- Ahmad, F., & Nurrohmayati, A. S. (2024). Analisis Kerusakan pada Bagian Undercarriage Dozer di Perusahaan Tambang Batu Bara Dozer D85e: Studi Kasus dan Rekomendasi Pemeliharaan. *National Multidisciplinary Sciences*, 3(1), 190–199.
- Averkova, O. A., Logachev, I. N., Logachev, K. I., & Zaytsev, O. N. (2017). Ejecting properties of a bucket elevator. *PARTICLES V: Proceedings of the V International Conference on Particle-Based Methods: Fundamentals and Applications*, 45–56.
- Effendi, M. (2019). Usulan Penerapan Metode *Lean Maintenance* Guna Meningkatkan Efisiensi Sistem Pemeliharaan Mesin Heating Di Pt. *Indospring Tbk*. Universitas Muhammadiyah Gresik.
- Ferdinand, A., & Widiasih, W. (2025). Analisis Keandalan Mesin Blowing dengan OEE, RCA, dan Pendekatan Siklus PDCA. *Jurnal Tekstil: Jurnal Keilmuan Dan Aplikasi Bidang Tekstil Dan Manajemen Industri*, 8(1), 11–20.
- Fonna, N. (2019). *Pengembangan revolusi industri 4.0 dalam berbagai bidang*. Guepedia.
- Gurudath, B., Kumawat, K. K., Tejaswi, V., Sondar, P. R., Rakshan Kumar, J. K., & Hegde, S. R. (2021). Failure analysis of a bucket elevator shaft. *Journal of Failure Analysis and Prevention*, 21(2), 563–569.
- Hapsari, N., Amar, K., & Perdana, Y. R. (2012). Pengukuran Efektivitas Mesin Dengan Menggunakan Metode Overall Equipment Effectiveness (Oee) Di Pt. Setiaji Mandiri. *Spektrum Industri*, 10(2), 134.

- Harahap, J., Wahyudin, Hasnita, & Lutfhi. (2022). Analisis Eksperimental Dan Numerik Uji Tarik Hasil Pengelasan Smaw Pada Baja Karbon Rendah Dengan Variasi Jenis Elektroda Terhadap Sifat Mekanis. *Vocational Education and Technology Journal*, 4(September), 8–17.
- Mahmud, M., Yunus, A., Zulfadli, Z., Aswar, A., Hilmi, H., & Dirhamsyah, M. (2022). Efektifitas Penyerapan Tenaga Kerja Skill Pada Program “Pemagangan Dan Workplace Training” Pemerintah Aceh. *VOCATECH: Vocational Education and Technology Journal*, 3(2), 81–88.
<https://doi.org/10.38038/vocatech.v3i2.82>
- Mulyono, T. (2017). Perawatan Fasilitas Pelabuhan. *Jakarta: Universitas Negeri Jakarta*.
- Ramadhan, M. F., & Ilmanati, A. (2024). Analisis Total Productive Maintenance dengan Metode Overall Equipment Effectiveness dalam Mengurangi Six Big Losses pada Mesin Press (Studi Kasus CV. Nusa Jaya). *Prosiding SENASTITAN: Seminar Nasional Teknologi Industri Berkelanjutan*, 4.
- Rangkuti, F. (2013). *Customer Service Satisfaction & Call Centre Berdasarkan ISO 9001*. Gramedia Pustaka Utama.
- Sariyusda, S. (2018). Analisis reliability centered maintenance (RCM) rel conveyor pada mesin oven BTU pyramax 150N di PT. flextronics teknologi Indonesia-Batam. *Journal Of Mechanical Engineering Manufactures Materials And Energy*, 2(1), 33–42.
- Satryawan, C. A. (2016). *Analisa penyebab kecelakaan kerja dengan metode piramida kecelakaan dan Root Cause Analysis pada proses produksi pupuk ZA di PT. Petrokimia Gresik*. Universitas Muhammadiyah Gresik.
- Sokolski, P. (2023). Assessment of suitability for long-term operation of a bucket elevator: A case study. *Energies*, 16(23), 7852.
- Sukhairi, T. A., Harahap, J., & Wahyu Santoso, D. (2023). Analisis Kinematik Manuver Terbang Vertikal Pada Komponen Swash Plate, Rotor Head Dan Rotor Blades Helikopter Sejenis Nbo - 105 Menggunakan Catia V5R16. *VOCATECH: Vocational Education and Technology Journal*, 4(2), 85–100.
<https://doi.org/10.38038/vocatech.v4i2.114>
- Zarkasyi, A., Sariyusda, S., Jufriadi, J., & Hamdani, H. (2019). Analisa Kerusakan Silinder Hidrolik Pada Excavator Hitachi Ex 200 Lc Dengan Metode Fishbone Di PT. Alhas Jaya Group. *Jurnal Mesin Sains Terapan*, 3(1), 31–34.