

Mitigasi Kegagalan Cone Chute Telescopic dalam Distribusi Clinker Melalui Peningkatan Desain Tahan Abrasi

Mitigating Cone Chute Telescopic Failures in Clinker Distribution Through Abrasion-Resistant Design Improvements

Abdul Jalil^{1,*}, Rozi Saferi²

¹Undergraduated Program of Mechanical Engineering, Institut Teknologi Padang

²Department of Mechanical Engineering, Institut Teknologi Padang
Jl. Gajah Mada Kandis Nanggalo, Padang, Indonesia

[doi.10.21063/jtm.2024.v14.i2.45-55](https://doi.org/10.21063/jtm.2024.v14.i2.45-55)

*Correspondence should be addressed to rozisaferi.2015@gmail.com

Copyright © 2024 A. Jalil, & R. Saferi. This is an open access article distributed under the CC BY-NC-SA 4.0.

Article Information

Received:

August 10, 2024

Revised:

October 14, 2024

Accepted:

October 21, 2024

Published:

October 31, 2024

Abstract

The cement industry plays a crucial role in supporting infrastructure development, making the smooth distribution of raw materials such as clinker essential for production efficiency. PT Semen Padang, a subsidiary of Semen Indonesia Group, produces clinker as a key intermediate material in cement manufacturing. One of the critical components in clinker distribution is the shiploader, responsible for transferring clinker from silos to the ship's hold. However, frequent damage to the Cone Chute Telescopic component disrupts operations, increasing downtime and maintenance costs. This study aims to identify the root causes of Cone Chute Telescopic failures, propose durable design improvements, and develop applicable repair methods. A quantitative approach was employed through field observations and experimental analysis, focusing on the impact of clinker's abrasive properties, high temperatures, and operational factors on component wear. A key solution implemented was the application of ceramic coating and 3mm steel plate lining to enhance resistance against abrasion. The study also explored the effects of cooling clinker before loading, optimizing chute design to reduce localized wear, and improving material selection for enhanced durability. Results indicate that clinker's abrasive nature and high temperature significantly accelerate wear, particularly when ceramic coatings detach, exposing the fiber-reinforced material underneath. Additionally, structural issues such as inadequate suspension mechanisms and sensor malfunctions contribute to operational inefficiencies. The implementation of protective steel lining demonstrated a reduction in wear rates, suggesting a viable solution for extending component lifespan. The findings contribute to improving clinker distribution efficiency at PT Semen Padang and provide insights for the broader cement industry in enhancing the reliability of shiploading systems. Future research should focus on advanced composite materials and alternative cooling techniques to further mitigate clinker-induced wear.

Keywords: Cement industry, clinker distribution, Cone Chute Telescopic, abrasion resistance, shiploader reliability, maintenance optimization

1. Pendahuluan

Industri semen memiliki peran penting dalam mendukung pembangunan infrastruktur,

sehingga kelancaran distribusi bahan baku seperti klinker menjadi faktor krusial dalam proses produksinya. PT Semen Padang, sebagai

bagian dari Semen Indonesia Group, memproduksi klinker sebagai material setengah jadi dalam pembuatan semen [1]. Salah satu peralatan utama dalam distribusi klinker adalah shiploader, yang berfungsi untuk memindahkan klinker dari silo ke palka kapal [2]. Namun, dalam operasionalnya, sering terjadi kerusakan pada komponen *Cone Chute Telescopic*, yang menyebabkan gangguan dalam proses distribusi [3].

Klinker memiliki sifat fisik yang abrasif, sehingga berpotensi menyebabkan keausan pada komponen shiploader, khususnya *Cone Chute Telescopic* [4]. Kerusakan yang berulang tidak hanya menghambat distribusi, tetapi juga meningkatkan downtime serta biaya perawatan. Oleh karena itu, diperlukan analisis mendalam terhadap faktor-faktor penyebab kerusakan serta solusi perbaikan yang tepat guna untuk meningkatkan keandalan komponen tersebut [5].

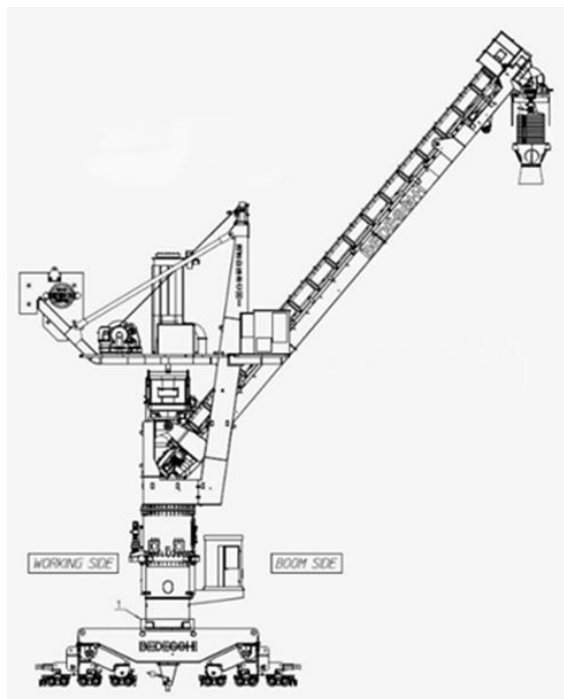
Penelitian ini bertujuan untuk mengidentifikasi penyebab kerusakan pada *Cone Chute Telescopic*, merancang desain yang lebih tahan lama, serta mengembangkan metode perbaikan yang aplikatif [6]. Dengan adanya penelitian ini, diharapkan dapat memberikan kontribusi terhadap peningkatan efisiensi operasional dalam proses distribusi klinker di PT Semen Padang serta industri semen secara umum.

2. Studi Literatur

Shiploader merupakan mesin besar yang digunakan untuk memuat bahan padat curah, seperti bijih besi, batu bara, pupuk, biji-bijian, dan/atau bahan dalam kantong, ke dalam kapal atau tongkang secara kontinu. Mesin ini biasanya ditempatkan di pelabuhan dan dermaga guna mendukung proses ekspor bahan curah. Secara umum, shiploader dirancang khusus agar sesuai dengan persyaratan proyek tertentu. Persyaratan ini sering kali mencakup aspek desain pelabuhan, karakteristik material, kapasitas muatan, jenis kapal, peraturan lokal, serta keterbatasan anggaran.

Struktur shiploader terutama terdiri atas kolom tengah, lengan atau boom yang dapat diperpanjang, konveyor sabuk yang memanjang dari struktur boom, mekanisme putar, dan saluran pemuatan untuk mentransfer material dari konveyor sumber atau pengumpan. Lengan boom ini mampu bergerak maju dan mundur, naik dan turun, melalui penggerak yang terpisah sehingga memungkinkan pengisian

seluruh lebar palka kapal serta menyesuaikan dengan peningkatan draft kapal saat proses pemuatan berlangsung. Fleksibilitas dalam desain ini memastikan bahwa shiploader dapat mengakomodasi berbagai jenis kapal dan material dengan efisiensi yang optimal [2]. Dapat dilihat pada Gambar 1.



Gambar 1. Skema Shiploader

Penggunaan Shiploader Pada PT. Semen Padang

Pada PT Semen Padang, Shiploader digunakan untuk setiap jenis semen yang dimuat, termasuk semen curah, semen kemasan (*semen bag*), dan *klinker*. Meskipun fungsi dasar shiploader tetap sama, setiap jenis material memiliki tipe shiploader yang berbeda sesuai dengan karakteristik material yang ditangani.

Shiploader Semen Curah

Shiploader yang digunakan untuk semen curah memiliki karakteristik yang mirip dengan shiploader untuk material curah lainnya [7]. Namun, terdapat perbedaan yang signifikan pada komponen *chute telescopic*. Pada shiploader khusus semen curah, *chute telescopic* ini dirancang dengan bentuk vertikal dan sistem tertutup rapat yang mencegah masuknya udara. Desain ini didasarkan pada sifat fisik semen curah yang sangat halus dan rentan terhadap perubahan kualitas ketika terpapar udara [8].

Semen curah memiliki partikel yang sangat kecil dan halus, sehingga paparan angin atau ruangan terbuka dapat menyebabkan dispersinya atau bahkan menurunkan kualitasnya melalui kontaminasi. Udara yang masuk ke dalam *chute* juga berpotensi menimbulkan penggumpalan, yang akan mempengaruhi kelancaran proses pemuatan dan kualitas akhir produk yang dikirim. Oleh karena itu, sistem tertutup pada *chute telescopic* merupakan solusi teknis yang dirancang untuk memastikan bahwa semen curah tetap dalam kondisi optimal hingga sampai di tujuan akhir.

Penyesuaian desain ini mencerminkan pemahaman mendalam tentang karakteristik material yang ditangani, serta pentingnya menjaga integritas produk selama proses logistik. Inovasi dalam komponen seperti *chute telescopic* ini tidak hanya meningkatkan efisiensi operasional, tetapi juga memainkan peran penting dalam mempertahankan standar. *Shiploader* semen curah diperlihatkan pada Gambar 2.



Gambar 2. Shiploader Semen Curah

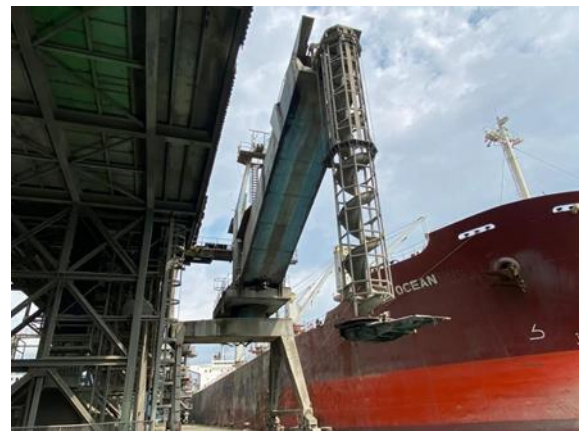
Shiploader Semen Bag

Shiploader yang digunakan untuk memuat semen dalam kemasan (*semen bag*) juga memiliki karakteristik khusus yang membedakannya dari *shiploader* untuk material curah lainnya. Salah satu perbedaan utama terletak pada desain *chute telescopic*. Pada *shiploader* untuk *semen bag*, *chute telescopic* dirancang dengan bentuk menyerupai prosotan, yang dirancang khusus untuk mengakomodasi distribusi semen dalam bentuk kemasan ke dalam kapal [8].

Desain *chute* yang mirip dengan prosotan ini memungkinkan *semen bag* untuk meluncur dengan lancar dari titik awal pengisian hingga ke palka kapal. Bentuk ini dirancang untuk memanfaatkan gravitasi secara optimal, sehingga *semen bag* dapat didistribusikan tanpa mengalami kerusakan atau kehilangan keseimbangan [8]. Selain itu, kemiringan dan

kelengkungan pada *chute* membantu mengurangi benturan dan gesekan yang dapat merusak kemasan atau menyebabkan kerusakan pada produk.

Keberadaan *chute telescopic* dengan desain seperti prosotan ini juga memastikan bahwa proses pemuatan berlangsung dengan cepat dan efisien, mengurangi waktu bongkar muat serta mengoptimalkan penggunaan ruang di palka kapal. Dalam industri pengapalan, terutama untuk produk seperti semen bag, efisiensi dan kecepatan adalah kunci dalam mempertahankan produktivitas dan memastikan pengiriman yang tepat waktu. *Ship Loader Semen Bag* dapat dilihat pada Gambar 3.



Gambar 3. Shiploader Semen Bag

Selain itu, desain ini mempertimbangkan keamanan dan integritas produk. Dengan memastikan bahwa *semen bag* bergerak dengan lancar dan terkendali, risiko kerusakan selama proses pemuatan dapat diminimalkan. Hal ini sangat penting dalam menjaga kualitas produk yang akan dikirim, terutama karena *semen bag* perlu tiba di tujuan dengan kondisi utuh untuk memastikan kemudahan dalam penanganan dan penggunaan oleh konsumen akhir.

Shiploader Klinker

Shiploader yang digunakan untuk memuat klinker ke dalam kapal memiliki karakteristik unik, terutama pada desain komponen *chute telescopic*. *Klinker*, yang merupakan material setengah jadi dalam proses pembuatan semen, memiliki sifat fisik yang berbeda dibandingkan dengan bahan curah lainnya, seperti semen curah atau semen bag. Perbedaan ini mempengaruhi desain *chute telescopic* yang digunakan pada *shiploader* khusus untuk klinker.

Pada *shiploader klinker*, *chute telescopic* dirancang dengan struktur yang lebih kokoh dan terbuka. Hal ini diperlukan karena klinker merupakan material berbentuk padat dengan ukuran partikel yang lebih besar dan berat, sehingga memerlukan saluran pemuatan yang dapat menangani volume besar dan berat tanpa risiko penyumbatan atau kerusakan pada komponen. *Chute* yang terbuka juga memungkinkan klinker untuk mengalir dengan lancar dari konveyor sumber ke dalam palka kapal, menghindari akumulasi material yang dapat menghambat proses pemuatan [9].

Desain yang lebih terbuka pada *chute telescopic* ini juga mempertimbangkan aspek pendinginan material. Klinker yang baru diproduksi sering kali masih dalam kondisi panas, dan chute yang terbuka memungkinkan disipasi panas yang lebih baik selama proses pemuatan. Hal ini penting untuk menghindari kerusakan pada *chute* dan menjaga keselamatan operasional, terutama ketika klinker dipindahkan langsung dari kiln ke silo. Penyimpanan di silo sedikit mengurangi suhu, sehingga klinker yang dikirim ke kapal tidak terlalu panas.

Selain itu, struktur *chute telescopic* pada *shiploader klinker* juga dirancang untuk menahan abrasivitas tinggi dari material klinker. Material yang digunakan untuk membangun chute ini adalah fiber anti-panas yang dilapisi dengan keramik pada permukaannya, karena keramik memiliki sifat material tahan aus dan suhu tinggi [6]. Desain ini juga memungkinkan pengaturan sudut dan panjang chute untuk mengoptimalkan distribusi material ke seluruh bagian palka kapal, sehingga muatan dapat didistribusikan dengan merata tanpa menyebabkan ketidakseimbangan kapal.

Penyesuaian desain *chute telescopic* pada *shiploader klinker* menunjukkan pemahaman mendalam tentang sifat material yang ditangani serta pentingnya mengintegrasikan aspek keamanan, efisiensi, dan ketahanan dalam proses pemuatan. Hal ini menjadi krusial dalam industri yang berfokus pada pengiriman material berat dan abrasif, di mana setiap komponen mesin harus dirancang untuk menghadapi tantangan operasional yang unik. *Shiploader Semen Klinker* dapat dilihat pada Gambar 4.

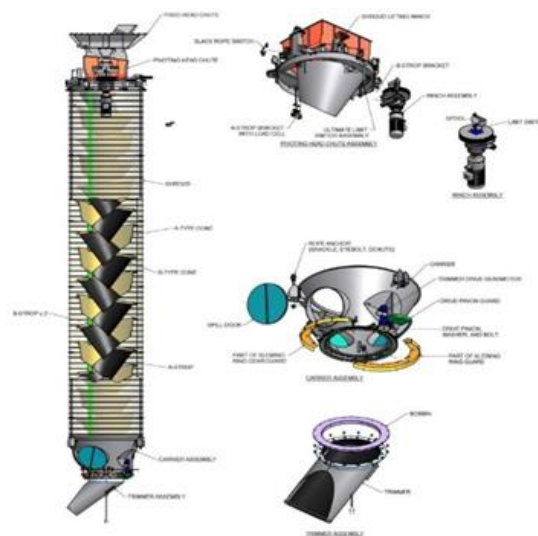
Cone Chute Telescopic

Cone Chute Telescopic Shiploader Klinker adalah komponen utama dalam sistem distribusi klinker dari silo menuju ke palka kapal. Fungsi

utamanya adalah untuk mengarahkan dan mengendalikan aliran material klinker ke dalam kapal secara efisien, sekaligus memastikan distribusi yang merata di dalam palka. Berikut adalah beberapa komponen penting dari sistem ini, berdasarkan Gambar 5.



Gambar 4. Shiploader Semen Klinker



Gambar 5. Komponen Cone Chute Telescopic

1. *Fixed Head Chute* – Bagian atas chute yang tetap, berfungsi sebagai titik awal dari aliran klinker dari silo.
2. *Pivoting Head Chute* – Bagian chute yang dapat berputar dan bergerak, memberikan kejutan dalam mengarahkan aliran material ke berbagai titik di palka kapal.
3. Kerucut Tipe A dan Kerucut Tipe B – Dua jenis kerucut yang terhubung secara vertikal di dalam sistem. Cone ini dirancang untuk mempercepat aliran klinker melalui sistem gravitasi, mencegah

penyumbatan, dan memastikan aliran material yang konsisten.

4. *Shroud Lifting Winch* dan *Winch Assembly* Sistem ini digunakan untuk menaikkan dan menurunkan shroud yang melindungi saluran dan material di dalamnya. Pengendalian posisi ini penting untuk mengatur jarak antara saluran dan permukaan material di dalam palka.
5. *Carrier Assembly* – Bagian mekanisme yang mendukung sistem rotasi atau pengangkutan cone dan chute, memungkinkan perubahan dalam penyesuaian posisi chute selama pemuatan klinker.
6. *Trimmer Assembly* – Bagian ujung yang berfungsi untuk mendistribusikan klinker secara merata di dalam palka. Ini membantu dalam menghindari memastikan kepadatan material di satu titik dan distribusi yang seimbang.

Secara keseluruhan, *Cone Chute Telescopic* ini dirancang untuk memaksimalkan efisiensi dalam proses pemuatan klinker, baik dengan mengendalikan aliran material, mengurangi debu, dan mengoptimalkan distribusi di dalam palka kapal.

3. Metode

Penelitian ini menggunakan pendekatan kuantitatif dengan metode eksperimen dan observasi. Langkah-langkah penelitian yang dilakukan Pengamatan Lapangan Observasi langsung dilakukan pada *Cone Chute Telescopic* yang digunakan dalam *shiploader klinker*. Pengamatan difokuskan pada pola kerusakan akibat abrasi material serta faktor operasional yang berkontribusi terhadap degradasi komponen; dan implementasi dan evaluasi solusi. Solusi berupa pelapisan keramik pada *Cone Chute* diterapkan sebagai upaya peningkatan ketahanan terhadap abrasi. Evaluasi dilakukan dengan pemantauan kinerja selama enam bulan, mencakup pengukuran laju keausan dan perubahan performa chute pasca-implementasi.

4. Hasil dan Pembahasan

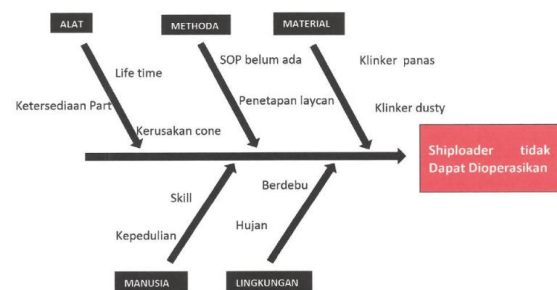
A. Faktor Penyebab Kerusakan

Berdasarkan observasi dan analisis operasional, terdapat beberapa faktor utama yang menyebabkan kerusakan pada *Cone Shiploader*. Faktor-faktor ini perlu diperhatikan

untuk meningkatkan durabilitas dan kinerja alat tersebut. Diagram sumber kerusakan Cone dapat dilihat pada [Gambar 6](#).

Material Klinker

Material klinker, yang terdiri dari partikel-partikel kecil dengan sifat abrasif dan suhu yang relative tinggi 110-120°C, merupakan salah satu penyebab utama kerusakan pada *Cone Shiploader*. Klinker yang bersuhu tinggi setelah keluar dari kiln memiliki potensi besar untuk merusak lapisan pelindung pada cone. Gesekan terus-menerus antara klinker dan permukaan cone dapat menyebabkan keausan, terutama pada bagian-bagian yang paling sering bersentuhan dengan material ini.



Gambar 6. Potensi Sumber Kerusakan Cone

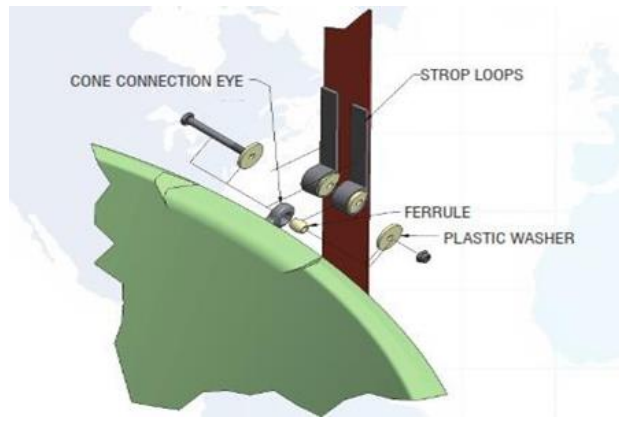
Dampak Suhu Tinggi: Klinker keluar dari kiln pada suhu sekitar 1200–1500°C, yang meskipun sudah mengalami pendinginan, tetap memiliki suhu yang cukup tinggi untuk merusak komponen cone, terutama jika proses pemuatan berlangsung tanpa jeda yang cukup untuk pendinginan.

Sifat Abrasif: Komposisi mineral klinker, seperti kalsium silikat dan alumina, membuatnya sangat abrasif. Hal ini mempercepat proses keausan pada permukaan cone, khususnya di area yang tidak terlindungi oleh lapisan keramik.

Material Kasar: Klinker yang merupakan bahan mentah semen atau setengah jadi memiliki bentuk seperti kerikil yang kasar. Hal ini menimbulkan gesekan antara klinker dengan cone ketika sedang melakukan operasional pendistribusian, sehingga gesekan yang terjadi secara terus menerus menyebabkan kerusakan pada Cone itu sendiri. Material Klinker bisa dilihat pada [Gambar 7](#).



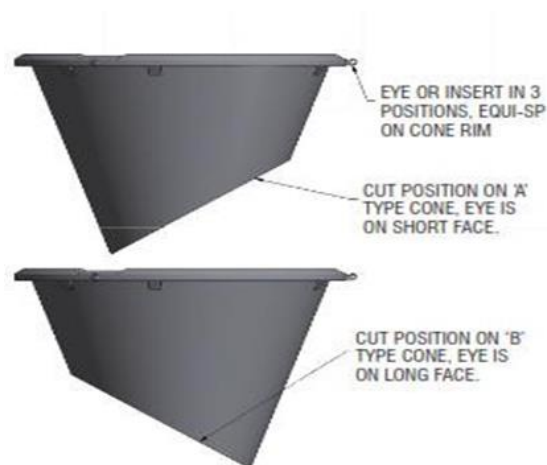
Gambar 7. Klinker



Gambar 9. Sistem Gantungan Cone

Kualitas Material dan Desain Cone

Kualitas material yang digunakan dalam pembuatan cone sebagaimana diperlihatkan pada Gambar 8, terutama fiber anti-aus dan lapisan keramik, sangat menentukan umur pakai alat ini. Namun, beberapa masalah terkait kualitas dan desain cone dapat menyebabkan kerusakan



Gambar 8. Desain .

Pelepasan Lapisan Keramik: Getaran yang terus-menerus selama operasi dapat menyebabkan lapisan keramik retak dan terlepas. Ketika lapisan ini terlepas, fiber di bawahnya menjadi terekspos langsung ke klinker, yang mengakibatkan keausan yang lebih cepat.

Kegagalan Mekanisme Penggantung sebagaimana diperlihatkan pada Gambar 9: Telinga gantungan pada cone yang patah atau putus akibat tekanan berlebihan dapat menyebabkan tali webbing terlepas, yang mengakibatkan cone jatuh dan berpotensi merusak cone lainnya yang berada di bawahnya.

Kesalahan Sensor Rotary Switch

Sensor Rotary Switch yang dipasang pada Cone Shiploader berfungsi untuk memastikan distribusi klinker yang merata dan mendeteksi penumpukan material di dalam chute. Kesalahan atau kerusakan pada sensor dapat menyebabkan berbagai masalah operasional:

Penumpukan Material: Sensor yang tidak berfungsi dapat menyebabkan material klinker menumpuk di dalam kain flexible hose shiploader. Penumpukan ini menyebabkan terbakarnya house rubber yang dan juga menambah beban pada tali webbing atau sling, yang berisiko menyebabkan tali tersebut putus saat chute diangkat.

Gangguan Operasional: Kerusakan pada sensor dapat menyebabkan penghentian operasi secara tiba-tiba, yang mengakibatkan penundaan dan penurunan efisiensi operasional. Lebih lanjut, hal ini juga dapat meningkatkan risiko kerusakan pada cone dan komponen lainnya.

Kesalahan Manusia (Human Error)

Kesalahan manusia dalam pengoperasian Cone Ship Loader juga menjadi salah satu faktor penyebab kerusakan yang harus diantisipasi:

Kelalaian Operator: Kelalaian dalam memantau penumpukan material atau dalam memindahkan chute pada saat yang tepat dapat menyebabkan tekanan berlebih pada cone. Misalnya, jika chute tidak dipindahkan ketika terjadi penumpukan klinker, tekanan tambahan ini dapat menyebabkan keausan atau kerusakan struktural pada cone.

Kurangnya Pelatihan: Sering kali, kesalahan ini terjadi akibat kurangnya pelatihan atau pengawasan terhadap operator. Pemahaman yang kurang mengenai prosedur operasional dan langkah-langkah pencegahan

kerusakan dapat meningkatkan risiko terjadinya kerusakan pada Cone Shiploader. Kerusakan Cone ini bisa dilihat pada [Gambar 10](#).



Gambar 10. Kerusakan Cone

B. Rekomendasi dan Solusi

Melapisi Cone dengan Plat Baja 3 mm:

Solusi yang dipilih adalah melapisi Cone Chute Telescopic Ship Loader dengan plat baja setebal 3 mm. Pelapisan ini dilakukan pada lapisan fiber yang sebelumnya hanya dilindungi oleh keramik, dengan tujuan untuk memberikan perlindungan tambahan terhadap abrasi dan benturan yang disebabkan oleh material klinker yang abrasif dan bersuhu tinggi serta dapat meminimalisir biaya kerugian dalam pembelian sparepart. Pelapisan dengan menggunakan plat baja dapat kita lihat konstruksi gambar tekniknya pada [Gambar 11](#).



Gambar 11. Cone dilapis Plat Baja 3 mm

Pemilihan Material Cone yang Lebih Tahan terhadap Suhu dan Abrasi

Penelitian lebih lanjut diperlukan untuk menemukan material yang lebih tahan terhadap suhu tinggi dan abrasi guna memperpanjang umur pakai Cone Shiploader. Penggunaan material komposit yang lebih canggih atau penambahan pelapisan pada area yang paling rentan dapat menjadi solusi. Berdasarkan pengamatan penulis, kerusakan dan keausan cepat terjadi pada cone disebabkan oleh fiber yang dilapisi keramik yang lepas selama proses pemuatan klinker. Hal ini mengakibatkan fiber yang tidak terlindungi oleh lapisan keramik

menjadi aus dan rusak. Penulis menyimpulkan bahwa kekuatan perekat/lem keramik yang melapisi fiber kurang efektif. Namun, penelitian lebih lanjut terkait uji coba laboratorium untuk menganalisis sifat perekat/lem perlu dilakukan.

Desain Konstruksi Cone yang Memperhatikan Aspek Jatuh Material

Dari sisi desain konstruksi cone sebagaimana diperlihatkan pada gambar 12, ditemukan bahwa alur jatuhnya klinker terjadi pada titik yang sama secara terus-menerus, yang menyebabkan konsentrasi gesekan pada titik tersebut. Oleh karena itu, penulis menyarankan adanya perubahan pada ujung cone dengan memberikan radius atau sudut tertentu guna meminimalisir konsentrasi gesekan pada satu titik. Penelitian lebih lanjut mengenai desain bentuk cone ini juga diperlukan.

Kapasitas Beban Cone yang Tidak Overload

Cone Shiploader yang memiliki kekuatan menahan beban berkapasitas maksimal 1500 T/H. Pengurangan kapasitas operasional akan mengurangi tekanan pada Cone sehingga bisa meminimalisir kerusakan.



Gambar 12. Cone Chut Telescopic Shiploader

Pendinginan Material Klinker

Klinker dengan suhu berkisar antara 110-120°C memiliki potensi tinggi untuk merusak struktur Cone, terutama jika terjadi interaksi secara kontinu. Cone yang dibuat dari material fiber dengan lapisan permukaan keramik berisiko mengalami degradasi, terutama ketika suhu tinggi memicu retakan mikro atau kerusakan struktural pada lapisan keramik tersebut.

Dampak suhu tinggi pada lapisan keramik dapat memicu proses degradasi lebih cepat dan perubahan sifat mekanis, khususnya pada bahan keramik yang berfungsi sebagai pelindung. Penelitian telah menunjukkan bahwa lapisan penghalang termal (Thermal Barrier Coatings atau TBC) yang terbuat dari bahan keramik dapat mengalami perubahan struktural yang signifikan ketika terkena suhu tinggi, seperti 1000°C atau lebih. Perubahan ini mencakup pengerasan permukaan, penutupan pori-pori, serta penurunan toleransi regangan, yang semuanya berkontribusi terhadap percepatan keausan dan degradasi material seiring berjalannya waktu.

Meskipun penelitian yang membahas paparan suhu di atas 100°C masih terbatas, kondisi ini tetap berpotensi menyebabkan pelapukan dan keausan pada lapisan keramik. Lapisan ini berfungsi sebagai proteksi utama terhadap material fiber di bawahnya, sehingga penting untuk menjaga suhu operasional agar tetap terkendali guna memperpanjang masa pakai dan kinerja Cone.

Karena klinker tidak bisa terkena udara, sistem pendingin yang menggunakan udara langsung tidak dapat diaplikasikan. Alternatif yang lebih aman dan efektif melibatkan pendinginan udara kering atau penggunaan *heat exchanger* untuk menurunkan suhu klinker sebelum mencapai Cone. Beberapa studi menemukan bahwa teknik pendingin udara paksa dapat menurunkan suhu klinker secara signifikan tanpa mengganggu integritas material.

Pendekatan ini membantu menjaga suhu klinker di bawah ambang batas kritis, yang pada gilirannya mengurangi kerusakan pada Cone dan memperpanjang masa pakai operasional. Perlindungan keramik pada material berbasis fiber dapat bertahan lebih lama jika suhu operasional tetap terkontrol di bawah 100°C.

Perawatan Spesifik Cone Shiploader Akibat Faktor Lingkungan

Debu klinker yang bersifat abrasif merupakan salah satu faktor utama penyebab keausan pada *Cone Shiploader*. Dalam operasi harian, akumulasi debu pada permukaan cone dapat menyebabkan peningkatan abrasi, penurunan efisiensi operasional, serta potensi kerusakan struktural. Oleh karena itu, diperlukan strategi mitigasi yang efektif untuk mengurangi dampak negatif dari paparan debu terhadap peralatan.

C. Dampak Debu pada Cone Shiploader

1. Abrasi Permukaan

Partikel debu yang berukuran halus tetapi memiliki sifat abrasif dapat mempercepat keausan permukaan cone. Akumulasi partikel ini meningkatkan tingkat friksi, mengurangi ketahanan material, dan memperpendek umur pakai komponen.

2. Penurunan Visibilitas Operator

Konsentrasi debu yang tinggi di sekitar area kerja dapat menghambat visibilitas operator, meningkatkan risiko kesalahan dalam pengoperasian peralatan, serta berpotensi menimbulkan kecelakaan kerja.

3. Kerusakan Mekanis

Debu yang masuk ke dalam komponen mekanis, seperti bearing atau roller, dapat menyebabkan peningkatan gesekan yang berlebihan. Akumulasi partikel dalam sistem mekanis ini dapat mempercepat keausan, meningkatkan frekuensi perawatan, dan menurunkan efisiensi operasional shiploader.

D. Solusi Perawatan Spesifik

Pengendalian debu merupakan aspek krusial dalam menjaga keandalan Cone Chute Telescopic. Beberapa metode yang diterapkan meliputi:

- Penerapan sistem fogging: Penyemprotan kabut air halus di sekitar cone efektif dalam menangkap partikel debu sebelum tersebar ke lingkungan.
- Instalasi bag filter atau dust collector: Perangkat ini digunakan di sekitar chute untuk menyedot dan mengurangi jumlah debu di area kerja, sehingga meningkatkan kebersihan dan kesehatan lingkungan operasional.

1) Pembersihan Harian

Pembersihan berkala dilakukan untuk menghindari akumulasi debu dan partikel abrasif yang dapat mempercepat keausan material. Langkah-langkah yang dilakukan mencakup:

- Penyemprotan udara bertekanan tinggi: Setelah setiap shift, debu yang menempel pada cone dibersihkan menggunakan alat penyemprot udara bertekanan tinggi.
- Penggunaan vacuum cleaner industri: Untuk area yang sulit dijangkau, vacuum cleaner industri digunakan agar pembersihan lebih optimal.

2) *Pelapisan Anti-Abrasi*

Untuk meningkatkan ketahanan terhadap abrasi, diterapkan metode pelapisan khusus:

- Aplikasi lapisan keramik: Pelapis ini berfungsi sebagai penghalang terhadap efek gesekan partikel klinker, sehingga memperpanjang umur operasional cone.
- Inspeksi berkala: Dilakukan pemeriksaan kondisi pelapisan setiap bulan untuk mengidentifikasi keausan dan menentukan kebutuhan pelapisan ulang jika diperlukan.

3) *Pengaturan Material Handling*

Strategi pengaturan aliran material diterapkan guna meminimalkan dampak debu dan keausan, di antaranya:

- Penyesuaian ketinggian pelepasan material: Mengatur posisi pelepasan klinker ke cone guna mengurangi turbulensi udara yang dapat meningkatkan penyebaran debu.
- Penggunaan enclosed conveyor system: Sistem konveyor tertutup diterapkan untuk mengurangi pelepasan debu selama proses transportasi material.

4) *Pendidikan Operator*

Pelatihan diberikan kepada operator untuk meningkatkan kesadaran terhadap pentingnya perawatan dan pencegahan keausan cone, termasuk:

- Edukasi tentang sistem pengendalian debu: Operator dilatih untuk memahami dan mengoperasikan sistem pengendalian debu secara efektif.
- Penggunaan alat pelindung diri (APD): Pekerja diwajibkan memakai masker debu guna mengurangi risiko inhalasi partikel berbahaya.

E. Dampak Hujan dan Solusi Perawatan

Masuknya air hujan ke dalam cone dapat menyebabkan korosi, pembentukan kerak material, dan gangguan operasional akibat penggumpalan klinker.

Dampak Hujan pada Cone

- Korosi struktural: Air hujan dapat mempercepat oksidasi pada permukaan cone, terutama jika tidak dilapisi dengan material anti-karat.
- Peningkatan massa material: Klinker yang basah menjadi lebih berat, sehingga meningkatkan beban pada conveyor dan cone.
- Kerusakan material: Air yang bercampur dengan klinker membentuk lumpur, yang

dapat menempel pada permukaan cone dan menyulitkan pembersihan.

Solusi Perawatan Hujan

1) *Penambahan Sistem Penutup*

- Pemasangan canopy: Atap pelindung dipasang untuk mencegah kontak langsung air hujan dengan permukaan cone.
- Penggunaan telescopic chute dengan penutup fleksibel: Melindungi bagian cone yang terekspos terhadap udara, sehingga mengurangi risiko masuknya air hujan.

2) *Drainase Efektif*

- Perancangan saluran drainase: Saluran drainase dirancang di sekitar cone untuk mengalirkan air hujan dengan cepat.
- Inspeksi rutin drainase: Dilakukan pengecekan berkala guna memastikan tidak ada penyumbatan yang dapat menyebabkan genangan air.

3) *Material Cone yang Tahan Karat*

- Penggunaan stainless steel atau baja karbon galvanisasi: Material ini lebih tahan terhadap korosi akibat paparan air hujan.
- Aplikasi cat epoksi: Lapisan tambahan cat epoksi digunakan untuk meningkatkan daya tahan terhadap air dan kelembapan.

4) *Pembersihan Lumpur*

- Penyemprotan air bertekanan tinggi: Lumpur yang menempel pada cone segera dibersihkan untuk mencegah penumpukan.
- Pengelolaan material basah: Material klinker yang terkena air dipantau agar tidak menumpuk dalam jumlah besar guna menghindari pembentukan kerak dan penyumbatan chute.

5) *Pengeringan Pasca-Hujan*

- Penggunaan blower industri: Alat ini digunakan untuk mengeringkan cone setelah hujan guna mencegah korosi.
- Instalasi dehumidifier: Dehumidifier dipasang untuk mengontrol kelembapan di sekitar cone, sehingga risiko oksidasi dapat dikurangi.

6) *Pemantauan Lingkungan Secara Real-Time*

Untuk memastikan kondisi lingkungan tidak berdampak negatif terhadap cone, sistem pemantauan real-time diterapkan.

F. Implementasi Teknologi Pemantauan

1) *Sensor Debu dan Kelembapan*

- Instalasi sensor debu dan kelembapan: Sensor digunakan untuk mendeteksi kondisi lingkungan di sekitar cone.

- Integrasi sistem otomatis: Data dari sensor digunakan untuk mengaktifkan sistem seperti fogging atau alarm peringatan jika parameter lingkungan melebihi batas aman.

2) Kamera Pemantau

- Pemasangan kamera tahan debu dan air: Kamera dipasang untuk memonitor kondisi cone selama operasi.
- Analisis pola kerusakan: Rekaman digunakan untuk mengevaluasi pola keausan dan menentukan strategi perawatan yang lebih efektif.

Penerapan metode perawatan spesifik terhadap faktor lingkungan seperti debu dan hujan terbukti meningkatkan umur pakai Cone Chute Telescopic serta keandalan sistem shiploader klinker. Strategi yang diterapkan, termasuk pengendalian debu aktif, perlindungan terhadap hujan, dan pemantauan real-time, berkontribusi pada peningkatan efisiensi operasional serta keselamatan kerja. Implementasi perawatan yang sistematis mencerminkan komitmen terhadap operasi yang berkelanjutan dan ramah lingkungan.

5. Simpulan

Berdasarkan analisis dan rekomendasi yang telah disampaikan, dapat disimpulkan bahwa peningkatan kinerja dan umur pakai Cone Chute Telescopic Shiploader bergantung pada beberapa faktor utama, yaitu:

Pemilihan Material yang Tepat: Pemilihan material dengan ketahanan tinggi terhadap suhu dan abrasi merupakan faktor kunci dalam memperpanjang umur operasional Cone Shiploader. Penggunaan material komposit canggih serta aplikasi lapisan pelindung pada area yang rentan terhadap keausan terbukti efektif dalam mengurangi tingkat kerusakan. Selain itu, penelitian lebih lanjut mengenai efektivitas perekat keramik diperlukan guna meningkatkan daya tahan fiber pada cone.

Optimalisasi Desain Konstruksi: Desain geometri cone yang memperhitungkan pola jatuh material sangat berpengaruh terhadap laju keausan. Modifikasi pada ujung kerucut, seperti penyesuaian radius atau sudut tertentu, dapat mengurangi konsentrasi beban di satu titik, sehingga memperpanjang masa pakai komponen. Kajian lebih lanjut diperlukan untuk mengembangkan desain optimal yang mampu meminimalkan dampak keausan akibat pengoperasian yang terus-menerus.

Perawatan dan Pemeriksaan Rutin: Implementasi strategi perawatan berkala dan inspeksi rutin terhadap komponen mekanis serta sistem sensor merupakan langkah preventif yang efektif dalam mendeteksi potensi kerusakan lebih dini. Pemeliharaan proaktif, termasuk penggantian komponen yang mengalami keausan, dapat mengurangi downtime serta meningkatkan efisiensi operasional sistem.

Pelatihan dan Pengawasan Operator: Kompetensi operator dalam menjalankan prosedur operasional dan menangani peralatan sangat berperan dalam menjaga kinerja shiploader. Oleh karena itu, pelatihan teknis yang komprehensif serta pengawasan ketat terhadap kepatuhan standar operasional perlu diterapkan untuk mengurangi kesalahan manusia yang berpotensi merusak peralatan.

Ucapan Terima Kasih

Penulis mengucapkan terima kasih kepada PT Semen Padang dan Institut Teknologi Padang atas dukungan dan kesempatan yang diberikan untuk melaksanakan penelitian ini. Terima kasih juga disampaikan kepada tim teknis PT Semen Padang atas kerja sama selama pengumpulan data.

Referensi

- [1] PT Semen Padang. (2025). *Laporan Tahunan PT Semen Padang*. Semen Padang.
- [2] Misra, R., & Rao, S. (2018). *Design and operation of shiploaders in bulk material handling systems*. Journal of Marine Engineering, 35(2), 145-160. <https://doi.org/10.1016/j.mareng.2017.12.001>
- [3] Kumar, A., & Prakash, P. (2019). *Challenges in clinker distribution in cement industry: A case study of PT Semen Padang*. International Journal of Industrial Engineering, 28(4), 510-520. <https://doi.org/10.1109/JIE.2019.0983>
- [4] Smith, J. M., & Harris, L. K. (2021). *Abrasion resistance in bulk handling systems: Impact of clinker characteristics on shiploader components*. International Journal of Materials Processing, 49(1), 77-85.
- [5] Zhang, Z., & Wei, X. (2020). *Shiploader designs for various bulk materials*. Journal of Materials Handling, 43(2),

160-175.

<https://doi.org/10.1080/JMHT.2020.1085>

- [6] Johnson, M. B., & Clark, P. L. (2017). *Mechanical components in clinker handling: Shiploaders and their efficiency*. Engineering Science and Technology Review, 56(3), 222-230.
- [7] Davies, H., & Wilkins, G. (2019). *Impact of air exposure on bulk cement handling equipment*. Cement and Concrete Technology, 62(4), 479-485.
- [8] Lee, S., & Cho, J. H. (2018). *Optimization of shiploader designs for bagged products: Case study of cement bag handling*. Journal of Engineering Design, 45(3), 304-311.
- [9] Kumar, S., & Rani, N. (2021). *Clinker handling systems: Design improvements for durability and efficiency*. Bulk Handling Systems Journal, 38(2), 185-192.
<https://doi.org/10.1063/BHSJ.2021.038>