

BAB II

TINJAUAN PUSTAKA

2.1. Perawatan (Maintenance)

Perawatan adalah pemeliharaan, perbaikan, penggantian, pembersihan, penyetelan, dan pemeriksaan terhadap objek yang dirawat. Perawatan juga dapat diartikan sebagai suatu kombinasi dari berbagai tindakan yang dilakukan untuk menjaga suatu barang, atau memperbaikinya sampai suatu kondisi barang tersebut yang bisa diterima. Perawatan merupakan suatu fungsi dalam suatu perusahaan yang sama pentingnya dengan fungsi-fungsi lainnya. Perawatan mesin sangat dibutuhkan dalam menjaga mesin bekerja secara efektif dan efisien (Jenita Marbun & Tahir, 2022). *Maintenance* adalah memastikan setiap saat fisik terus melakukan apa yang penggunanya inginkan (Setyawan et al., 2023). Perawatan (*maintenance*) merupakan suatu kombinasi dari setiap tindakan yang dilakukan untuk menjaga suatu mesin atau untuk memperbaikinya sampai suatu kondisi yang bisa diterima. Tujuan dari perawatan adalah memperpanjang umur pakai peralatan, menjamin tingkat ketersediaan yang optimal dari fasilitas produksi, menjamin kesiapan operasional seluruh fasilitas untuk pemakaian darurat serta menjamin keselamatan operator dan pemakai fasilitas.

2.2. Jenis-jenis Perawatan

Dalam praktik industri, kegiatan perawatan umumnya dibedakan menjadi beberapa jenis, yaitu:

2.2.1. Corrective maintenance (CM)

Corrective maintenance adalah kegiatan pemeliharaan dan perawatan yang dilakukan setelah terjadinya kerusakan pada peralatan sehingga peralatan tidak berfungsi dengan baik. Kegiatan perawatan korektif meliputi seluruh aktifitas mengembalikan system dari keadaan rusak menjadi beroperasi kembali. Perbaikan baru terjadi ketika mengalami kerusakan (Kumala, 2022).

Corrective/breakdown maintenance adalah kegiatan pemeliharaan dan perawatan yang dilakukan setelah terjadinya suatu kerusakan atau kelakuan setelah terjadinya suatu kerusakan atau kelalaian pada fasilitas atau perawatan sehingga dapat berfungsi dengan baik. Perbaikan yang dilakukan karena kerusakan tersebut biasanya merupakan suatu akibat dari tidak dilakukannya atau kurang optimalnya kegiatan *preventive maintenance*(Putra et al., 2020).

Corrective Maintenance, disebut dengan *emergency maintenance* akan dilaksanakan apabila mesin sudah tidak bisa lagi dijalankan akibat kerusakan sehingga perawatan ini bertujuan untuk memperbaiki kerusakan pada mesin(Tamba et al., 2023).

2.2.2. Preventive maintenance (PM)

Perawatan pencegahan (*Preventive maintenance*) merupakan perawatan yang dilakukan sebelum terjadi kerusakan mesin. Kebijakan ini cukup baik dapat mencegah berhentinya mesin yang tidak direncanakan. (Sudrajat & Rahmatullah, 2020). *Preventive maintenance* adalah perawatan rutin, dilakukan untuk memastikan aset mesin dan peralatan dan menghilangkan potensi kegagalan peralatan atau *Downtime* yang mungkin terjadi. *Downtime* mesin adalah suatu kondisi dimana mesin/peralatan tidak dapat melakukan fungsinya. *Downtime* mesin dapat terhitung mulai dari berhentinya mesin/ peralatan sampai dengan berjalan kembali sesuai fungsinya setelah ada upaya perbaikan(Ini et al., 2022). Perawatan *preventive* harus dilihat dari pendekatan proaktif yang menetapkan jadwal inspeksi atas aset untuk memverifikasi ketergantungan, serta memperpanjang umur aset (Syaripudin et al., 2022). Dapat diartikan sebagai suatu kegiatan pemeliharaan atau perawatan yang dilakukan secara rutin, terjadwal, dan bersifat proaktif untuk mencegah terjadinya kerusakan atau gangguan pada peralatan sebelum kerusakan tersebut benar-benar terjadi.

Kebijakan perencanaan yang efektif harus mencakup jadwal pemeliharaan *preventif* yang tepat dan sesuai dengan kebutuhan peralatan. Pemilihan kegiatan pemeliharaan yang optimal sangat penting untuk mencegah kerusakan pada komponen mesin(Ramadhania et al., 2025). Pemeliharaan mesin juga bisa menambah kinerja mesin dengan waktu operasi atau kerusakan pada komponen bisa dikurangi (Frastyansyah et al., 2025)

Tujuannya adalah menjaga agar peralatan atau mesin dapat berfungsi dengan optimal dan tahan lama, sehingga dapat menghindarkan dari kerusakan mendadak yang dapat mengganggu proses kerja dan menyebabkan biaya perbaikan yang besar.

(Perawatan & Produksi, 2021) *Preventive maintenance* terbagi menjadi dua pendekatan utama, yaitu:

1. ***Time-Based Maintenance (TBM)***

Jenis PM ini sering dilakukan pada interval waktu terjadwal yang teratur terlepas dari kondisi peralatan dan berdasarkan rekomendasi dari produsen peralatan atau pengalaman personil dengan peralatan serupa. Meskipun jenis pemeliharaan ini dapat merombak kondisi dan meningkatkan keandalan sistem secara keseluruhan, namun tidak dapat mencegah kegagalan yang terjadi sebelum waktunya atau selama periode mortalitas kecuali jika interval yang telah ditentukan dikurangi.

Time based maintenance, Kegiatan pemeliharaan ini didasarkan pada periode waktu termasuk inspeksi harian, pemeliharaan, pembersihan harian, dan lain-lain.

2. ***Condition-Based Maintenance (CBM)***

Jenis PM kedua, diperkenalkan. CBM melibatkan pengukuran, pemantauan, dan analisis kondisi peralatan. Inti dari CBM adalah bahwa pemeliharaan harus dilakukan jika kondisi peralatan memerlukannya. Oleh karena itu, CBM memerlukan beberapa alat pengukuran, komunikasi, dan penyimpanan untuk mendapatkan dan memanfaatkan

informasi yang diperlukan untuk menentukan kondisi kerusakan dan memelihara peralatan sebelum kondisinya memburuk ke kondisi yang tidak dapat diterima. Namun, pemantauan peralatan secara terus menerus membutuhkan biaya yang besar.

Namun demikian, baik TBM maupun CBM tidak mempertimbangkan probabilitas kegagalan dan konsekuensinya. Dengan kata lain, jenis ini tidak mempertimbangkan nilai peralatan terhadap keseluruhan keseluruhan sistem karena semua peralatan memiliki tingkat keandalan yang sama pentingnya. Oleh karena itu, keluar dari jenis pemeliharaan yang ada harus dikembangkan dan ditingkatkan untuk melibatkan konsep yang diperlukan keandalan dalam pemeliharaan. *Condition based maintenance*, Kegiatan perawatan ini menggunakan peralatan untuk mendiagnosa perubahan kondisi peralatan/aset, dengan tujuan untuk memprediksi penentuan awal interval perawatan.

Sebagai kelemahan dari jenis pemeliharaan tersebut dalam mempertimbangkan pentingnya keandalan peralatan, sebuah jenis peningkatan telah diperkenalkan untuk menggambarkan gambaran integral dari pemeliharaan yang disebut pendekatan Pemeliharaan Berpusat pada Keandalan (RCM).

2.2.3. Prediktif Maintenance

Dalam pemeliharaan prediktif, pemeliharaan dilakukan ketika diperlukan, biasanya sebelum kegagalan diperkirakan terjadi. Esensi pendekatan ini adalah memprediksi kondisi kesehatan mesin berdasarkan analisis berulang atau karakteristik yang diketahui. Oleh karena itu, pemeliharaan prediktif merupakan jenis pemeliharaan berbasis kondisi di mana kita memprediksi kinerja masa depan berdasarkan indikator saat ini dan historis. Penerapan teknik ini menyebabkan pengurangan baik waktu henti yang direncanakan maupun yang tidak direncanakan. Waktu henti

yang direncanakan merujuk pada tindakan pencegahan yang dapat dijadwalkan dengan lebih baik, sedangkan waktu henti yang tidak direncanakan terkait dengan kegagalan yang tidak terduga yang dapat dihindari dengan memantau kondisi peralatan secara terus-menerus.(Chopra, 2021).

Predictive Maintenance didefinisikan sebagai pengukuran yang dapat mendeteksi degradasi sistem, sehingga penyebabnya dapat dieliminasi atau dikendalikan tergantung pada kondisi fisik komponen, hasilnya menjadi indikasi kapabilitas fungsi sekarang dan masa depan.

2.3. RCM (Reliability Centered Maintenance)

Reliability Centered Maintenance (RCM) adalah sistematis proses yang digunakan untuk menentukan apa yang apa yang harus dilaksanakan untuk memastikan setiap fasilitas dapat terus menjalankan fungsinya dalam operasionalnya. *Reliability Centered Maintenance* (RCM) adalah pendekatan sistematis untuk menentukan persyaratan perawatan pabrik dan peralatan dalam operasinya yang digunakan untuk mengoptimalkan strategi *preventive maintenance*(Chopra, 2021).

RCM merupakan serangkaian proses yang digunakan untuk menentukan kegiatan perawatan yang tepat dengan tujuan sehingga aset fisik dapat terjaga sesuai fungsi operasionalnya. Sehingga RCM lebih berfokus dalam jenis perawatan *Preventive maintenance* pada penerapannya(Lubis, 2021). RCM difokuskan pada pelestarian fungsi-fungsi sistem, daripada melestarikan aset fisik. RCM menganalisis fungsi, potensi kegagalan suku cadang, dan ini merupakan tinjauan untuk mengevaluasi "reliability" dengan manajemen risiko (Fathurohman & Triyono, 2020).

Tujuan utama dari RCM adalah untuk mengidentifikasi secara tepat mode kegagalan untuk setiap sistem atau peralatan serta tingkat keparahan konsekuensi kegagalan untuk menentukan teknik pemeliharaan yang dapat diterapkan dengan cara yang hemat biaya Mengidentifikasi mode dan konsekuensi kegagalan.

RCM pada dasarnya memaksimalkan keandalan sistem sambil meminimalkan biaya pemeliharaan yang terkait. Beberapa tujuan dalam penerapan RCM, yaitu :

1. Untuk mengembangkan desain yang sifat mampu dipeliharanya (*maintenability*) baik.
2. Untuk memperoleh informasi yang penting dalam melakukan improvement pada desain awal yang kurang baik.
3. Untuk mengembangkan sistem pemeliharaan yang dapat mengembalikan kepada *reliability* dan *safety* seperti awal mula peralatan dan deteriorasi yang terjadi setelah sekian lama dioperasikan.
4. Untuk mewujudkan semua tujuan di atas dengan biaya minimum.

2.3.1. Teori Keandalan

Ukuran keberhasilan suatu tindakan pemeliharaan (*maintenance*) dapat dinyatakan dengan tingkat *reliability*. Secara umum *reliability* dapat didefinisikan sebagai probabilitas suatu sistem atau produk dapat beroperasi dengan baik tanpa mengalami kerusakan pada suatu kondisi tertentu dan waktu yang telah ditentukan (Perawatan & Produksi, 2021).

Reliability atau keandalan dapat didefinisikan sebagai probabilitas bahwa suatu komponen atau sistem akan menginformasikan suatu fungsi yang dibutuhkan dalam periode waktu tertentu ketika digunakan dalam kondisi operasi (Ebeling, 2019).

Reliability atau keandalan dari suatu produk atau sistem menyampaikan konsep dapat diandalkan atau sistem tersebut sukses beroperasi dengan tidak adanya kegagalan.

Perhitungan umum keandalan didasarkan pada pertimbangan terhadap modus dari kegagalan awal, yang dapat disebut sebagai angka kegagalan dini (menurunnya tingkat kegagalan yang akan datang seiring dengan berjalannya waktu) atau memakai modus usang (yaitu meningkatnya

kegagalan seiring dengan waktu). Parameter utama yang menggambarkan kehandalan adalah:

1. *Mean Time To / Between Failure* (MTBF) yakni rata-rata jarak waktu antar setiap kegagalan.
2. *Mean Time To Repair* (MTTR) yakni rata-rata jarak waktu yang digunakan untuk melakukan perbaikan.
3. *Mean Life To Component* yakni angka rata-rata usia komponen
4. *Failure Rate* yakni angka rata-rata kegagalan peralatan pada satu satuan waktu.
5. *Maximum Number Of Failure* yakni angka maksimum kegagalan peralatan pada jarak waktu tertentu.

2.3.2. Menghitung Kehandalan

Untuk menghitung Kehandalan (*Reliability*), Digunakan distribusi Weibull, Normal, Lognormal dan eksponensial.

a. Distribusi Weibull

Distibusi Weibull merupakan distribusi empiris yang paling banyak digunakan dan hampir muncul pada semua karakteristik kegagalan. Pada umumnya, distribusi ini digunakan pada komponen mekanik atau peralatan pemesinan.

Dua parameter yang digunakan dalam distribusi ini adalah θ yang disebut dengan parameter skala (*scale parameter*) dan β yang disebut dengan parameter bentuk (*shape parameter*). Fungsi – fungsi distribusi weibull (Margana et al., 2021) :

Fungsi kepadatan probabilitas:

$$f(t) = \frac{\beta}{\alpha} \left(\frac{t}{\alpha}\right)^{\beta-1} e^{-\left(\frac{t}{\alpha}\right)^\beta} \quad (2.1)$$

Fungsi keandalan :

$$R(t) = e^{-\left(\frac{t}{\theta}\right)^\beta} \quad (2.2)$$

Distribusi kumulatif

$$F(t) = 1 - \exp \left[\left(-\frac{t}{\theta} \right)^\beta \right] \quad (2.3)$$

Laju kerusakan :

$$\lambda(t) = \frac{f(t)}{R(t)} = \frac{\beta}{\theta} \left(\frac{t}{\theta} \right)^{\beta-1} \quad (2.4)$$

Mean Time To Failure (MTTF) :

$$MTTF = \beta \gamma(1 + \frac{1}{\alpha}) \quad (2.5)$$

Keterangan :

$R(t)$ = Fungsi keandalan

β = Parameter bentuk

γ = Fungsi Gamma. $\gamma(n) = (n - 1)$

θ = Parameter skala

t = waktu

perubahan nilai-nilai dari parameter bentuk (β) yang menunjukkan laju kerusakan. Jika parameter β mempengaruhi laju kerusakan maka parameter θ mempengaruhi nilai tengah dari pola data.

Tabel 2. 1. Nilai Parameter Bentuk (β) Distribusi Weibull

Nilai	Laju Kerusakan
$0 < \beta < 1$	Laju kerusakan menurun (decreasing failure rate) \rightarrow DFR
$\beta = 1$	Laju kerusakan konstan (constant failure rate) \rightarrow CFR Distribusi Eksponensial

$1 < \beta < 2$	Laju kerusakan meningkat(increasing failure rate) → IFR
	Kurva berbentuk konkaf
$\beta = 2$	Laju keusakan linier (linier failure rate) → LFR
	Distribusi Reyleigh
$\beta > 2$	Laju kerusakan meningkat (increasing failure rate) → IFR
	Kurva berbentuk konveks
$3 \leq \beta \leq 4$	Laju kerusakan meningkat(increasing failure rate) → IFR
	Kurva berbentuk simetris
	Distribusi Normal

b. Distribusi Lognormal

Distribusi Lognormal Distribusi lognormal menggunakan dua parameter yaitu s yang merupakan parameter bentuk (*shape parameter*) dan t_{med} sebagai parameter lokasi (*location parameter*) yang merupakan nilai tengah dari suatu distribusi kerusakan. Distribusi ini dapat memiliki berbagai macam bentuk, sehingga sering dijumpai bahwa data yang sesuai dengan distribusi Weibull juga sesuai dengan distribusi Lognormal. Fungsi *reliability* yang terdapat dalam distribusi Lognormal menurut (Syahputra, 2021):

Reliability function :

$$R(t) = 1 - \Phi\left[\frac{1}{s} \ln - \frac{t}{t_{med}}\right] \quad (2.6)$$

Mean Time To Failure (MTTF) :

$$MTTF = \exp(\mu + (0.5 \times s^2)) \quad (2.7)$$

Keterangan :

σ = Standar deviasi

μ = Harga rata – rata

t = Waktu operasi keseluruhan

$R(t)$ = Fungsi Keandalan

c. Distribusi normal

Distribusi normal cocok untuk digunakan dalam memodelkan fenomena keausan. Parameter yang digunakan adalah μ (nilai tengah) dan σ (standar deviasi). Karena hubungannya dengan distribusi Lognormal, distribusi ini dapat juga digunakan untuk menganalisis probabilitas Lognormal. Fungsi *reliability* yang terdapat dalam distribusi Normal (Syahputra, 2021):

Reliability function :

$$R(t) = \Phi\left[\frac{t-\mu}{\sigma}\right] \quad (2.8)$$

Dimana $\mu > 0$, $\sigma > 0$ dan $t > 0$

d. Distribusi Eksponensial

Distribusi Eksponensial digunakan untuk menghitung keandalan dari distribusi kerusakan yang memiliki laju kerusakan konstan. Distribusi ini mempunyai laju kerusakan yang tetap terhadap waktu, dengan kata lain probabilitas terjadinya kerusakan tidak tergantung pada umur alat. Distribusi ini adalah distribusi yang paling mudah dianalisis. Parameter yang digunakan dalam distribusi Eksponen adalah λ , yang menunjukkan rata-rata kedatangan kerusakan yang terjadi.

Fungsi *reliability* yang terdapat dalam distribusi eksponensial (He et al., 2020)

Reliability function :

$$R(t) = e^{-\lambda t} \quad (2.9)$$

Nilai Laju Kerusakan :

$$\lambda(t) = \lambda \quad (2.10)$$

Mean Time To Failure (MTTF) :

$$MTTF = \int_t^{\infty} R(t)dt = 1/\lambda \quad (2.11)$$

Mean Time To Failure menyatakan rata-rata lama (waktu) pemakaian komponen sampai komponen tersebut rusak atau nilai harapan (ekspektasi) lama sebuah komponen dapat dipergunakan sampai rusak. *Mean Time To Repair* (MTTR) adalah rata-rata waktu komponen untuk dilakukan perbaikan atau perawatan (*repair*) (Ananda, 2024).

2.3.3. Failure Mode Effect Analysis (FMEA)

Failure Mode Effect Analysis (FMEA) merupakan sebuah metodologi yang digunakan untuk mengevaluasi kegagalan terjadi dalam sebuah sistem, desain, proses, atau pelayanan (*service*). Analisa FMEA dilakukan guna mengetahui kerusakan dari suatu komponen yang dapat menghambat berjalannya suatu sistem. Output yang didapatkan dari analisa yang dilakukan berupa nilai resiko prioritas (RPN)(Fauzan Muhammad et al., 2023). Penilaian FMEA ditentukan dari perhitungan frekuensi terjadinya kegagalan berdasarkan data historis kegagalan perusahaan. Data tersebut kemudian dibuat *range* 1 sampai 5 yang bertujuan untuk memudahkan penilaian.

Nilai dari RPN akan menentukan seberapa kritis komponen pada mesin Perhitungan RPN dengan rumus sebagai berikut :

$$RPN = Severity \times Occurrence \times Detection$$

Berikut merupakan rating Severity, occurrence, dan detection(Nurjanah et al., 2024).

Tabel 2. 2. Tingkat keparahan (severity)

Tingkat	Deskripsi	Keterangan
1	Insignificant	Tidak ada konsekuensi yang ditimbulkan, mesin beroperasi dengan normal
2	Minor	Mesin tetap beroperasi, hanya ada beberapa gangguan kecil pada peralatan yang tidak signifikan. Dampaknya hanya dapat diketahui oleh operator yang berpengalaman.
3	Moderate	Mesin tetap beroperasi, tetapi beberapa kegagalan proses telah terjadi. Operator merasa tidak puas karena tingkat kinerjanya menurun. Adanya <i>Downtime</i> 1-3 jam. Diperlukan pengecekan kerusakan alat.
4	Major	Mesin tetap beroprasi, tetapi tidak dapat berfungsi sepenuhnya. Operator merasa sangat tidak puas dengan kondisi tersebut. Adanya <i>Downtime</i> lebih besar dari 3 jam Diperlukan pengecekan kerusakan alat dan penggantian komponen.

5	Catastrophic	Mesin tidak dapat dioperasikan. Pengoperasian dapat menimbulkan kecelakaan dan bahaya bagi keselamatan.
---	--------------	---

Tabel 2. 3. Tingkat kemungkinan (*Occurrence*)

Tingkat	Deskripsi	Keterangan
1	Jarang terjadi	Kegagalan terjadi dalam rentang waktu lebih dari satu tahun
2	Kemungkinan terjadi	Kegagalan terjadi 1 kali pertahun
3	Mungkin dapat terjadi	Kegagalan terjadi 2 - 3 kali pertahun
4	Cenderung dapat terjadi	Kegagalan terjadi 4 - 5 kali pertahun
5	Hampir pasti terjadi	Kegagalan terjadi > 5 kali pertahun

Tabel 2. 4. Tingkat kemungkinan kegagalan terdeteksi (*Detection*)

Tingkat	Deskripsi	Keterangan
1	Tinggi	Pasti terdeteksi
2	Medium	Mudah terdeteksi
3	Rendah	Jarang terdeteksi
4	Sangat rendah	Sulit terdeteksi
5	Non-Detectable	Tidak dapat terdeteksi

2.4. Laju Kegagalan / Kerusakan

Laju kegagalan adalah banyaknya kegagalan per satuan waktu. Laju kegagalan dapat dinyatakan sebagai perbandingan antara banyaknya kegagalan yang terjadi selama selang waktu tertentu dengan total waktu operasi komponen, subsistem, atau sistem.

Alat, komponen, dan sistem dapat mengalami penurunan keandalan atau kegagalan dalam menjalankan fungsi operasionalnya setelah digunakan selama periode tertentu. Kegagalan ini disebabkan oleh beberapa faktor, seperti keausan, korosi, dan beban yang terlalu tinggi(Lefaan et al., 2024).

Sebuah *equipment* yang ada dalam mesin akan melakukan tugasnya selama mesin tersebut beroperasi, selama selang waktu tersebut dapat terjadi sebuah kegagalan. Kejadian kegagalan yang terus menerus dalam periode tertentu akan memberikan dampak terhadap produktivitas mesin tersebut(Studi et al., 2023).

2.5. Diagram Pareto

Diagram Pareto adalah suatu diagram yang divisualisasikan dan dapat membantu mengidentifikasi dan memprioritaskan permasalahan dengan mengurutkannya berdasarkan tingkat kepentingannya. Dengan menggunakan diagram pareto, kita dapat menemukan permasalahan yang memiliki tingkat kepentingan tertinggi dan harus segera diselesaikan (peringkat tertinggi), serta permasalahan yang tidak harus segera diselesaikan (peringkat terendah)(Jurnal et al., 2024).

Diagram pareto adalah suatu gambar yang mengurutkan suatu klasifikasi data dari kiri ke kanan menurut urutan ranking tertinggi hingga terendah. Hal ini dapat membantu menemukan permasalahan yang paling penting untuk segera diselesaikan (ranking tertinggi) sampai dengan masalah yang tidak harus segera diselesaikan (ranking terendah). Diagram pareto juga

dapat digunakan untuk mencari 20% jenis cacat yang merupakan 80% kecacatan dari keseluruhan proses produksi(Fajar, 2021).

Diagram pareto adalah grafik batang yang menunjukkan masalah berdasarkan urutan banyaknya kejadian, Dimana grafik pertama akan menunjukkan masalah yang paling banyak terjadi dan batang yang paling tinggi adalah masalah yang paling kritis. Sedangkan batang yang paling kiri adalah masalah yang cukup ringan.

Diagram Pareto berfungsi untuk :

- a. Menentukan frekuensi relatif dan urutan pentingnya masalah-masalah atau penyebab yang ada.
- b. Memfokuskan perhatian pada isu-isu kritis dan penting dengan memberikan ranking pada masalah-masalah dari masalah itu dalam bentuk yang signifikan.

2.6. Slag Hauler

Slag Hauler (SH) merupakan salah satu peralatan penting pada area *smelter* yang berfungsi sebagai Alat berat khusus yang mengangkat dan mengangkut *Slag ladle* dengan berat rata-rata 80 ton Dalam operasinya, Terdapat 3 unit *Slag Hauler* dengan tipe yang sama untuk operasi,yaitu SH-001, SH-002, dan SH-003. Tanpa ada unit cadangan. jika salah satu unit mengalami kegagalan maka akan mempengaruhi Produksi menjadi lambat.

Oleh karena itu, perlu dilakukan analisis *Reliability Centered Maintenance* (RCM) dan *Failure Mode and Effect Analysis* (FMEA) untuk menentukan strategi Perawatan yang efektif. Penelitian dilakukan dengan mengolah data kerusakan dan *Downtime* dari tim *maintenance* dan operator *Slag Hauler*.



Gambar 2.1. Slag Hauler

Berikut adalah spesifikasi unit *Slag Hauler* :

Tabel 2. 5. Spesifikasi Umum Slag Hauler

Kategori	Spesifikasi Teknis
Model & Produsen	Kress P-240CTE Slag Pot Carrier (USA)
Aplikasi	Pengangkutan, penuangan (dumping), dan de-skulling pot slag di area smelter
Prime Mover	Caterpillar® 621K Tier-3 / EU Stage IIIa
Mesin	CAT® C13 ACERT Diesel, 6 silinder inline, turbocharged
Daya Bersih	407 HP (304 kW) @ 1.700 rpm
Kapasitas Silinder	12,5 liter (762,8 in ³)
Transmisi	Planetary power-shift, 8 maju / 1 mundur
Sistem Kemudi	Artikulasi penuh 180° (hidrolik ganda)
Struktur Utama	Rangka U-Frame baja kekuatan tinggi (90.000–100.000 psi)
Sistem Angkat Pot	Silinder hidrolik independen, 2 lift + 2 dump + 1 assist
Sistem Rem	Cakram basah (wet disc) hidrolik dan rem parkir pegas
Suspensi (Cushion Hitch)	Parallelogram linkage dengan nitrogen accumulator
Kapasitas Pot Slag	16,5 m ³ (±583 ft ³)

Beban Rata-rata	84.000 kg (35 ton pot + 49 ton slag)
Beban Maksimum	92.600 kg (35 ton pot + 57,6 ton slag)
Berat Kosong (EVW)	45.178 kg
Berat Total (GVW)	137.778 kg
Dimensi Utama	Panjang: 10.240 mm • Lebar: 5.649 mm • Tinggi: 4.077 mm • Wheelbase: 6.237 mm
Radius Putar Minimum	7.942 mm (90°)
Kecepatan Maksimum	43 km/jam (kosong) • 24 km/jam (penuh)
Daya Tanjak (Gradeability)	Kosong: 15,1% • Penuh: 7,7%
Ban Depan	(2) 33.25-29 E3 Bias Ply Earthmover Tires
Ban Belakang	(4) 18.00-25 Bias Ply Industrial Tires
Tangki Bahan Bakar	515 liter
Tangki Hidrolik	454 liter
Konsumsi Bahan Bakar	±39–51 liter/jam (bebani sedang)
Kabin Operator	Kress Dual Control Cab (ROPS/FOPS Certified), rotasi 180°, <75 dBA
Sistem Kontrol	IQAN digital control system 10" display, electro-hydraulic
Fitur Keamanan & Opsional	Fire suppression system, kamera area kerja (WAVS), AutoLube, pelat ID stainless, reflektor keselamatan
Warna Standar	Oranye Kress dengan logo pabrikan

Sumber : *Modul operator manual (Carrier, n.d.)*