

SKRIPSI

**PENENTUAN INTERVAL WAKTU PERAWATAN MESIN
ELECTRODE SLIPPING DI AREA *FURNACE*
MENGUNAKAN METODE *AGE REPLACEMENT*
(Studi Kasus PT. Vale Indonesia Tbk.)**

Disusun dan diajukan oleh

**A. MUH. YUSUF HADI
D071181319**



**PROGRAM STUDI SARJANA TEKNIK INDUSTRI
FAKULTAS TEKNIK
UNIVERSITAS HASANUDDIN
GOWA
2023**

SKRIPSI

**PENENTUAN INTERVAL WAKTU PERAWATAN MESIN
ELECTRODE SLIPPING DI AREA *FURNACE*
MENGUNAKAN METODE *AGE REPLACEMENT*
(Studi Kasus PT. Vale Indonesia Tbk.)**

Disusun dan diajukan oleh

**A. MUH. YUSUF HADI
D071181319**



**PROGRAM STUDI SARJANA TEKNIK INDUSTRI
FAKULTAS TEKNIK
UNIVERSITAS HASANUDDIN
GOWA
2023**

LEMBAR PENGESAHAN SKRIPSI**PENENTUAN INTERVAL WAKTU PERAWATAN MESIN
ELECTRODE SLIPPING DI AREA *FURNACE* MENGGUNAKAN
METODE AGE REPLACEMENT
(Studi Kasus PT. Vale Indonesia Tbk.)**

Disusun dan diajukan oleh

A. MUH. YUSUF HADI
D071181319

Telah dipertahankan dihadapan Panitia Ujian yang dibentuk dalam rangka penyelesaian Studi Program Sarjana Program Studi Teknik Industri Fakultas Teknik Universitas Hasanuddin
Pada tanggal 28 Februari 2023
dan dinyatakan telah memenuhi syarat kelulusan

Menyetujui,

Pembimbing Utama,



Dr. Eng. Ir. Irwan Setiawan, ST., MT.

NIP. 19750929 199903 1 002

Pembimbing Pendamping,



Ir. A. Besse Riyani Indah, ST., MT., IPM

NIP. 19891201 201903 2 013

Ketua Program Studi, Teknik Industri
Fakultas Teknik Universitas Hasanuddin



Ir. Kifayah Amar, S.T., M.Sc., Ph.D, IPU

NIP. 19740621 200604 2 001

PERNYATAAN KEASLIAN

Yang bertanda tangan di bawah ini:

Nama : A. Muh. Yusuf Hadi
NIM : D071181319
Program Studi : Teknik Industri
Jenjang : S1

Menyatakan dengan ini bahwa karya tulisan saya berjudul

**PENENTUAN INTERVAL WAKTU PERAWATAN MESIN *ELECTRODE
SLIPPING* DI AREA *FURNACE* MENGGUNAKAN METODE *AGE
REPLACEMENT*
(Studi Kasus PT. Vale Indonesia Tbk.)**

Adalah karya tulisan saya sendiri dan bukan merupakan pengambilan alihan tulisan orang lain dan bahwa skripsi yang saya tulis ini benar-benar merupakan hasil karya saya sendiri.

Semua Informasi yang ditulis dalam skripsi yang berasal dari penulis lain telah diberi penghargaan, yakni dengan mengutip sumber dan tahun penerbitannya. Oleh karena itu semua tulisan dalam skripsi ini sepenuhnya menjadi tanggung jawab penulis. Apabila ada pihak manapun yang merasa ada kesamaan judul dan atau hasil temuan dalam skripsi ini, maka penulis siap untuk diklarifikasi dan mempertanggungjawabkan segala resiko.

Segala data dan informasi yang diperoleh selama proses pembuatan skripsi, yang akan dipublikasi oleh Penulis di masa depan harus mendapat persetujuan dari Dosen Pembimbing.

Apabila dikemudian hari terbukti atau dapat dibuktikan bahwa sebagian atau keseluruhan isi skripsi ini hasil karya orang lain, maka saya bersedia menerima sanksi atas perbuatan tersebut.

Gowa, 28 Februari 2023

Yang Menyatakan Tanda Tangan,



A. Muh. Yusuf Hadi

ABSTRAK

ANDI MUHAMMAD YUSUF HADI. *Penentuan Interval Waktu Perawatan Mesin Electrode Slipping Di Area Furnace Menggunakan Metode Age Replacement (Studi Kasus PT. Vale Indonesia Tbk.)* (dibimbing oleh Irwan Setiawan dan A. Besse Riyani Indah)

PT. Vale merupakan perusahaan tambang penghasil nikel *matte*, yang dalam proses produksinya mempunyai berbagai macam mesin dan beroperasi secara terus menerus, tidak menutup kemungkinan resiko kerusakan dapat dimulai dari hal yang kecil hingga terjadinya *breakdown* mesin secara tiba-tiba. Pada penelitian ini objek yang di kaji yaitu mesin *Electrode Slipping* yang ada di setiap area *Furnace*. Mesin tersebut memiliki peranan yang sangat penting dalam proses produksi, dalam hal ini yaitu peleburan *calcine*. Permasalahan yang terjadi saat ini adalah terjadinya banyak kerusakan pada mesin *Electrode Slipping* di area *Furnace* yang menyebabkan tingginya *downtime* mesin, sehingga proses produksi tidak berjalan dengan maksimal.

Penelitian ini dilakukan untuk menentukan interval waktu *preventive maintenance* yang optimal terhadap komponen kritis pada mesin *Electrode Slipping* di setiap area *Furnace* dengan tujuan untuk meminimalkan waktu *downtime* menggunakan metode *Age Replacement*. Hasil perhitungan menunjukkan bahwa komponen kritis yang menyebabkan *downtime* tertinggi pada mesin *Electrode Slipping* di setiap area *Furnace* adalah komponen *Cylinder Slipping*. Berdasarkan hasil perhitungan dengan menggunakan metode *Age replacement*, diperoleh waktu perawatan yang optimal pada mesin *Electrode Slipping* untuk komponen *Cylinder Slipping* di area *Furnace* 1 yaitu setiap 22 hari dengan penurunan *downtime* sebesar 1,4 menit/hari, komponen *Cylinder Slipping* di area *Furnace* 2 yaitu setiap 23 hari dengan penurunan *downtime* sebesar 1,6 menit/hari, komponen *Cylinder Slipping* di area *Furnace* 3 yaitu setiap 27 hari dengan penurunan *downtime* sebesar 0,7 menit/hari dan komponen *Cylinder Slipping* di area *Furnace* 4 yaitu setiap 34 hari dengan penurunan *downtime* sebesar 0,04 menit/hari.

Kata Kunci: *Preventive Maintenance, Downtime, Mesin Electrode Slipping, Metode Age Replacement*

ABSTRACT

ANDI MUHAMMAD YUSUF HADI. *Maintenance Interval Determination of Electrode Slipping Machines in the Furnace Area Using the Age Replacement Method (Case Study of PT. Vale Indonesia Tbk.) (supervised by Irwan Setiawan and A. Besse Riyani Indah)*

PT Vale is a nickel matte producing mining company, which in the production process has various kinds of machines and operates continuously, it is possible that the risk of damage can start from small things to sudden machine breakdowns. In this study, the object studied is the Electrode Slipping machine in each Furnace area. The machine has a very important role in the production process, in this case, calcine smelting. The current problem is the occurrence of many damage to the Electrode Slipping machine in the Furnace area which causes high machine downtime, so that the production process does not run optimally.

This study was conducted to determine the optimal preventive maintenance time interval for critical components on the Electrode Slipping machine in each Furnace area with the aim of minimising downtime using the Age Replacement method. The calculation results show that the critical component that causes the highest downtime on the Electrode Slipping machine in each Furnace area is the Cylinder Slipping component. Based on the results of calculations using the Age replacement method, the optimal maintenance time on the Electrode Slipping machine for the Cylinder Slipping component in the Furnace 1 area is every 22 days with a decrease in downtime of 1,4 minutes/day, the Cylinder Slipping component in the Furnace 2 area is every 23 days with a decrease in downtime of 1,6 minutes/day, the Cylinder Slipping component in the Furnace 3 area is every 27 days with a decrease in downtime of 0,7 minutes/day and the Cylinder Slipping component in the Furnace 4 area is every 34 days with a decrease in downtime of 0,04 minutes/day.

Keywords: *Preventive Maintenance, Downtime, Electrode Slipping Machine, Downtime, Age Replacement Method*

KATA PENGANTAR

Puji syukur saya hanturkan kehadirat Allah SWT karena atas berkat, rahmat dan hidayah-Nya sehingga peneliti dapat menyelesaikan tugas akhir ini dengan judul “Penentuan Interval Waktu Perawatan Mesin *Electrode Slipping* di Area *Furnace* Menggunakan Metode *Age Replacement* (Studi Kasus PT. Vale Indonesia Tbk.)”. Sholawat serta salam semoga tetap tercurahkan kepada baginda Nabi Muhammad SAW, Nabi yang menggulung tikar-tikar kekufuran dan membentangkan permadani-permadani kebenaran.

Tugas akhir ini disusun dalam rangka memenuhi salah satu persyaratan untuk memperoleh gelar Sarjana pada Departemen Teknik Industri Fakultas Teknik Universitas Hasanuddin. Penulis menyadari bahwa dalam penyusunan tugas akhir ini tidak akan berhasil dengan baik tanpa adanya bimbingan, sumbangan pemikiran dan motivasi dari berbagai pihak. Pada kesempatan ini saya mengucapkan banyak terima kasih kepada:

1. Allah SWT sebagai pemberi rahmat dan pengabul doa-doa penulis hingga penulis mampu menyelesaikan tugas akhir ini.
2. Kedua orang tua saya. Ayahanda Chaidar dan Ibunda Neneng yang telah mendidik saya, merawat sedari kecil dan mengajarkan saya bagaimana menjadi manusia yang baik dengan kesabaran yang luar biasa.
3. Ibu Ir. Kifayah Amar, ST., M.Sc., Ph.D, IPU selaku Ketua Departemen Teknik Industri Fakultas Teknik Universitas Hasanuddin.
4. Bapak Dr. Eng. Ir. Irwan Setiawan, ST., MT. selaku pembimbing I dan Ibu Ir. A. Besse Riyani Indah, ST., MT., IPM selaku pembimbing II dalam menyusun tugas akhir ini, terima kasih banyak atas bimbingan dan bantuannya selama proses penyusunan skripsi ini dimulai dari awal hingga selesai.
5. Ibu Ir. Kifayah Amar, ST., M.Sc., Ph.D, IPU dan ibu Ir. Diniary Ikasari S., ST., MT. selaku dosen penguji yang telah memberikan masukan dan saran dalam perbaikan tugas akhir saya.
6. Bapak dan ibu dosen serta staf Departemen Teknik Industri Fakultas Teknik Universitas Hasanuddin.

7. Bapak H. Zainuddin Syahril, ST., MT., MM., IPM, ASEAN Eng. selaku *General Manager of Furnace* di PT. Vale Indonesia Tbk. yang telah mengizinkan dan membantu saya dalam proses pengambilan data penelitian.
8. Bapak Hendik Irawan, selaku *Supervisor Reliability* dan pembimbing saya di PT. Vale yang telah senantiasa membimbing dan mengajarkan banyak hal selama disana serta kakak-kakak yang tidak bisa saya tuliskan namanya satu per satu yang sangat ramah dan baik dalam membantu saya, sekali lagi Terima Kasih yang sebesar-besarnya atas pengalaman dan pengetahuan yang telah diberikan.
9. Teman-teman FEAZ18LE yang telah banyak membantu saya dalam dunia perkuliahan seperti belajar bareng, saling memberikan dukungan dan tetap merangkul saya ketika terdapat masalah yang tidak bisa saya selesaikan sendiri.
10. Kanda-kanda senior yang senantiasa memberikan saran dan bimbingannya dalam proses perkuliahan.
11. Teman-teman beserta semua pihak yang tidak bisa saya tuliskan satu per satu yang telah mendukung dan membantu serta menyemangati dalam menyelesaikan tugas akhir ini.

Dengan segala kerendahan hati, saya menyadari bahwa tugas akhir ini jauh dari kata sempurna. Oleh karena itu, saya mengharap kritik dan saran dari pembaca demi kesempurnaan tugas akhir ini. Saya berharap semoga karya yang sederhana ini dapat bermanfaat dengan baik untuk saya pribadi dan para pembaca.

Gowa, 28 Februari 2023



Penulis

DAFTAR ISI

LEMBAR PENGESAHAN SKRIPSI	i
PERNYATAAN KEASLIAN.....	ii
ABSTRAK	iii
<i>ABSTRACT</i>	iv
KATA PENGANTAR	v
DAFTAR ISI.....	vii
DAFTAR TABEL.....	x
DAFTAR GAMBAR	xi
BAB I PENDAHULUAN	1
1.1 Latar Belakang	1
1.2 Rumusan Masalah.....	2
1.3 Tujuan Penelitian	3
1.4 Manfaat Penelitian	3
1.5 Batasan Masalah	4
BAB II TINJAUAN PUSTAKA.....	5
2.1 Perawatan (<i>Maintenance</i>)	5
2.2 Tujuan Perawatan.....	5
2.3 Jenis-Jenis Perawatan.....	6
2.3.1 Pemeliharaan Terencana (<i>Planned Maintenance</i>).....	6
2.3.2 Pemeliharaan Tak Terencana (<i>Unplanned Maintenance</i>)	9
2.4 Definisi Keandalan (<i>Reliability</i>)	9
2.5 Pola Distribusi Data Dalam Keandalan	10
2.5.1 Distribusi Normal	11
2.5.2 Distribusi Lognormal.....	11
2.5.3 Distribusi Weibull	12
2.5.4 Distribusi Eksponensial.....	12

2.6 <i>Age Replacement</i>	13
2.7 <i>Electric Furnace</i>	15
2.8 Penelitian Terdahulu	17
BAB III METODOLOGI PENELITIAN	22
3.1 Alur Proses Produksi.....	22
3.2 Objek Penelitian.....	23
3.3 Tempat dan Waktu Penelitian.....	23
3.4 Sumber Data.....	23
3.5 Metode Pengumpulan Data.....	24
3.6 Tahap Penelitian.....	24
3.7 <i>Flow Chart</i> Penelitian.....	26
3.8 Kerangka Pikir	27
BAB IV PENGOLAHAN DATA	29
4.1 Pengumpulan Data	29
4.1.1 Data Waktu Kerusakan Mesin <i>Electrode Slipping</i>	29
4.1.2 Data <i>Preventive Maintenance</i> (TTRp)	33
4.2 Pengolahan Data	35
4.2.1 Penentuan komponen Kritis	35
4.2.2 Perhitungan <i>Time to Repair</i> (TTR) dan <i>Time to Failure</i> (TTF)...	39
4.2.3 Pengujian Kesesuaian Distribusi Data.....	43
4.2.4 Perhitungan <i>Mean Time to Failure</i> (MTTF)	43
4.2.5 Perhitungan <i>Mean Time to Repair</i> (MTTR).....	45
4.2.6 Perhitungan <i>Age Replacement</i>	50
BAB V ANALISA DAN PEMBAHASAN	56
5.1 Analisa Komponen Kritis	56
5.2 Analisa Waktu <i>Maintenance</i> Berdasarkan <i>Downtime</i> Terendah	56
5.3 Analisa Perbandingan <i>Preventive Maintenance</i> Aktual serta Usulan.....	58
BAB VI PENUTUP	61

6.1 Kesimpulan 61

6.2 Saran 61

DAFTAR PUSTAKA 63

LAMPIRAN 65



DAFTAR TABEL

Tabel 2.1 Penelitian Terdahulu	17
Tabel 4.1 Data Kerusakan Mesin <i>Electrode Slipping</i> di EF 1	29
Tabel 4.2 Data Kerusakan Mesin <i>Electrode Slipping</i> di EF 2	30
Tabel 4.3 Data Kerusakan Mesin <i>Electrode Slipping</i> di EF 3	31
Tabel 4.4 Data Kerusakan Mesin <i>Electrode Slipping</i> di EF 4	32
Tabel 4.5 Data <i>Preventive Maintenance Electrode Slipping</i> di EF 1	33
Tabel 4.6 Data <i>Preventive Maintenance Electrode Slipping</i> di EF 2	34
Tabel 4.7 Data <i>Preventive Maintenance Electrode Slipping</i> di EF 3	34
Tabel 4.8 Data <i>Preventive Maintenance Electrode Slipping</i> di EF 4	35
Tabel 4.9 TTR dan TTF Komponen <i>Cylinder Slipping</i> EF 1	40
Tabel 4.10 TTR dan TTF Komponen <i>Cylinder Slipping</i> EF 2	41
Tabel 4.11 TTR dan TTF Komponen <i>Cylinder Slipping</i> EF 3	41
Tabel 4.12 TTR dan TTF Komponen <i>Cylinder Slipping</i> EF 4	42
Tabel 4.13 Uji Distribusi dan Parameter Komponen <i>Cylinder Slipping</i>	43
Tabel 4.14 Perhitungan <i>Age Replacement</i> Komponen <i>Cylinder Slipping</i> E21	51
Tabel 4.15 Perhitungan <i>Age Replacement</i> Komponen <i>Cylinder Slipping</i> EF2.....	52
Tabel 4.16 Perhitungan <i>Age Replacement</i> Komponen <i>Cylinder Slipping</i> EF3.....	53
Tabel 4.17 Perhitungan <i>Age Replacement</i> Komponen <i>Cylinder Slipping</i> EF4.....	54
Tabel 4.18 Perbandingan Ekspektasi <i>Downtime</i> dan Keandalan Aktual dengan Perhitungan Teoritis	55
Tabel. 5.1 Perbandingan Ekspektasi <i>Downtime</i> dan Keandalan Aktual dengan Perhitungan Teoritis	58

DAFTAR GAMBAR

Gambar 2.1 <i>Electric Furnace</i>	16
Gambar 3.1 Alur Proses Produksi Nikel <i>Matte</i>	22
Gambar 3.2 <i>Flow Chart</i> Penelitian	26
Gambar 3.3 Kerangka Pikir Penelitian.....	28
Gambar 4.1 Diagram Pareto Mesin <i>Electrode Slipping</i> EF 1	36
Gambar 4.2 Diagram Pareto Mesin <i>Electrode Slipping</i> EF 2	37
Gambar 4.3 Diagram Pareto Mesin <i>Electrode Slipping</i> EF 3	38
Gambar 4.4 Diagram Pareto Mesin <i>Electrode Slipping</i> EF 4	39
Gambar 4.5 Perhitungan MTTF komponen <i>Cylinder Slipping</i> EF 1	44
Gambar 4.6 Perhitungan MTTF komponen <i>Cylinder Slipping</i> EF 2.....	44
Gambar 4.7 Perhitungan MTTF komponen <i>Cylinder Slipping</i> EF 3	44
Gambar 4.8 Perhitungan MTTF komponen <i>Cylinder Slipping</i> EF 4.....	45
Gambar 4.9 Perhitungan MTTR komponen <i>Cylinder Slipping</i> EF 1.....	46
Gambar 4.10 Perhitungan MTTR komponen <i>Cylinder Slipping</i> EF 2.....	46
Gambar 4.11 Perhitungan MTTR komponen <i>Cylinder Slipping</i> EF 3.....	47
Gambar 4.12 Perhitungan MTTR komponen <i>Cylinder Slipping</i> EF 4.....	47
Gambar 4.13 Perhitungan MTTRp komponen <i>Cylinder Slipping</i> EF 1.....	48
Gambar 4.14 Perhitungan MTTRp komponen <i>Cylinder Slipping</i> EF 2.....	49
Gambar 4.15 Perhitungan MTTRp komponen <i>Cylinder Slipping</i> EF 3.....	49
Gambar 4.16 Perhitungan MTTRp komponen <i>Cylinder Slipping</i> EF 4.....	50

BAB I PENDAHULUAN

1.1 Latar Belakang

Semakin meningkatnya persaingan pada bidang manufaktur, kelancaran proses produksi menjadi salah satu faktor kritis yang perlu diberikan prioritas perhatian dengan cara menjaga agar kondisi fasilitas produksi atau mesin yang digunakan dapat beroperasi dengan baik. Pada saat mesin dan komponen mengalami kerusakan atau kegagalan secara otomatis akan mengakibatkan terganggunya proses produksi dan bahkan proses produksinya terhenti sehingga sangat dimungkinkan target produksi yang ditetapkan tidak dapat tercapai dan pada akhirnya akan dapat merugikan perusahaan.

PT. Vale merupakan perusahaan tambang penghasil nikel dalam bentuk matte yang beroperasi di Blok Sorowako, Kabupaten Luwu Timur, Provinsi Sulawesi Selatan. Untuk menjalankan roda produksinya harus ditunjang dengan mesin-mesin produksi yang baik dan beroperasi secara terus menerus selama 24 jam, tidak menutup kemungkinan resiko kerusakan dapat dimulai dari hal yang kecil hingga terjadinya *breakdown* pada mesin. Salah satu mesin yang digunakan untuk proses produksi adalah mesin *Electrode Slipping* yang ada di area *Furnace*. Mesin *Electrode Slipping* memiliki peranan yang sangat penting dalam proses produksi, dalam hal ini yaitu peleburan *calcine*, dimana ketika terjadi *breakdown* mengakibatkan proses produksi berhenti selama perbaikan dilakukan, sehingga kerugian yang dialami yaitu waktu menganggur dan biaya-biaya akibat kerusakan serta mengakibatkan hasil produksi tidak memenuhi target yang diinginkan. Berdasarkan data historis kerusakan mesin *Electrode Slipping* di area *Furnace* pada tahun 2021 mengalami kerusakan sebanyak 84 kali dengan total *downtime* sebesar 10.154 menit.

Oleh karena itu untuk menjamin agar mesin ini berfungsi dengan baik, maka perlu adanya sistem perawatan dan pemeliharaan secara teratur dan terencana, dalam hal ini yaitu menentukan interval waktu yang optimal

dalam melakukan perawatan pencegahan terhadap komponen kritis pada mesin *Electrode Slipping* agar terhindar dari terjadinya kerusakan sehingga dapat meminimalkan waktu menganggur dan biaya-biaya akibat kerusakan serta tidak mengganggu jalannya proses produksi. Diketahui bahwa terdapat komponen pada mesin *Electrode Slipping* yang memiliki kecenderungan diperbaiki karena kerusakan sangatlah banyak, sehingga diperlukan pemfokusan terhadap komponen yang akan diteliti dengan kriteria memiliki tingkat kerusakan yang mengakibatkan tingginya *downtime* pada mesin tersebut. Berdasarkan hasil penelitian yang dilakukan oleh Firdaus (2021), dalam menentukan interval waktu penggantian komponen yang tepat dengan menggunakan metode *Age Replacement* dapat memberikan dampak positif dalam meminimalkan *downtime* mesin dengan peningkatan nilai keandalan komponen sebesar 70,97% dan menghemat biaya sebesar Rp. 587.229.247 atau sekitar 26,24%. Serta adapun hasil penelitian yang dilakukan oleh Hastomo & Marfuah (2019) juga dapat memberikan dampak positif dalam meminimalkan *downtime* mesin sebesar 56%, dengan didapatkan hasil tersebut metode ini cocok digunakan dalam melakukan proses pencegahan kerusakan pada komponen mesin *Electrode Slipping*.

Berdasarkan permasalahan diatas maka penelitian ini dilakukan pada penentuan interval waktu yang optimal dalam melakukan tindakan pencegahan kerusakan komponen kritis sehingga dapat meminimalkan waktu *downtime* pada mesin *Electrode Slipping*. Usulan pencegahan tersebut adalah dengan penerapan *preventive maintenance* dengan metode *Age Replacement*. Metode *Age Replacement* digunakan untuk mendapatkan interval waktu perawatan pencegahan yang ideal dengan harapan dapat meminimalkan total *downtime* pada mesin *Electrode Slipping*.

1.2 Rumusan Masalah

Berdasarkan latar belakang yang telah dijelaskan sebelumnya, maka permasalahan yang akan dibahas dalam penelitian ini adalah bagaimana menentukan interval waktu *preventive maintenance* yang optimal terhadap

komponen yang menyebabkan *downtime* pada mesin *Electrode Slipping* di area *Furnace* agar dapat meminimalkan waktu *downtime* mesin?

1.3 Tujuan Penelitian

Adapun tujuan yang ingin dicapai melalui penelitian ini adalah sebagai berikut:

1. Menentukan komponen kritis pada mesin *Electrode Slipping* di setiap area *Furnace*.
2. Menghitung interval waktu *preventive maintenance* yang optimal terhadap komponen kritis pada mesin *Electrode Slipping* di setiap area *Furnace* agar dapat meminimalkan waktu *downtime* menggunakan metode *Age Replacement*.

1.4 Manfaat Penelitian

Adapun manfaat yang dapat diperoleh dari penelitian ini adalah sebagai berikut:

1. Manfaat bagi perusahaan:
Hasil penelitian akan dijadikan bahan pertimbangan bagi perusahaan untuk mengevaluasi kerja mesin dan proses perawatan yang baik agar dapat beroperasi secara optimal dan memperoleh biaya perawatan yang lebih rendah.
2. Manfaat bagi akademik:
Meningkatkan kerjasama antara lembaga pendidikan dalam hal ini Program Studi Teknik Industri Fakultas Teknik Universitas Hasanuddin dengan PT. Vale Indonesia Tbk.
3. Manfaat bagi peneliti:
Memberikan kesempatan bagi penyusun untuk menerapkan teori yang telah didapatkan dibangku kuliah dengan kondisi diperusahaan.

1.5 Batasan Masalah

Adapun batasan masalah pada penelitian ini adalah:

1. Mesin yang akan diteliti yaitu mesin *Electrode Slipping* di setiap area *Furnace*.
2. Penelitian difokuskan pada komponen kritis berdasarkan tingkat *downtime* yang tertinggi.
3. Data yang digunakan adalah data historis pada mesin *Electrode Slipping* di setiap area *Furnace* pada tahun 2021.
4. Penelitian ini tidak membahas tentang masalah biaya.



BAB II TINJAUAN PUSTAKA

2.1 Perawatan (*Maintenance*)

Perawatan merupakan suatu fungsi yang sama pentingnya dengan produksi pada suatu perusahaan atau pabrik. Hal ini karena peralatan atau fasilitas yang kita gunakan memerlukan pemeliharaan agar peralatan atau fasilitas dapat digunakan terus sehingga kegiatan produksi dapat berjalan dengan lancar. Tanpa adanya sistem perawatan yang baik, pihak perusahaan akan mengalami kerugian besar seperti mesin rusak dan tidak dapat berfungsi kembali, peningkatan jumlah produk cacat, hingga kerugian material akibat sering mengganti komponen pada mesin (Ruchiyat et al., 2008).

Perawatan (*maintenance*) merupakan suatu kombinasi dari beberapa tindakan yang dilakukan untuk menjaga dan memelihara suatu mesin serta memperbaikinya sampai suatu kondisi yang dapat diterima. Pada umumnya sebuah produk yang dihasilkan oleh manusia, tidak ada yang tidak mungkin rusak, tetapi usia penggunaannya dapat diperpanjang dengan melakukan perbaikan. Oleh karena itu, perawatan penting untuk dilakukan guna menjaga stabilitas asset fisik yang dimiliki perusahaan. Sistem perawatan dapat dipandang sebagai bayangan dari sistem produksi, dimana apabila sistem produksi beroperasi dengan kapasitas yang sangat tinggi maka perawatan akan lebih intensif (Ahmadi & Hidayah, 2017).

Suatu kalimat yang perlu diketahui oleh orang pemeliharaan (*maintenance*) dan bagian lainnya bagi suatu pabrik adalah pemeliharaan (*maintenance*) murah sedangkan perbaikan (*repair*) mahal (Setiawan, 2008).

2.2 Tujuan Perawatan

Tujuan *maintenance* secara garis besar dapat dilihat dari definisi kegiatan *maintenance* itu sendiri, kegiatan *maintenance* ini memiliki tujuan utama yaitu menjaga kondisi serta memperbaiki mesin sehingga menjaga produktivitas dan sesuai dengan tujuan suatu instansi. *Maintenance*

memastikan mesin dapat memproduksi sesuai dengan standar yang ditetapkan secara bentuk, ukuran dan fungsi. Berikut ini adalah tujuan *maintenance* secara umum adalah (Sudrajat, 2011):

- a. Kemampuan produksi dapat memenuhi kebutuhan sesuai dengan rencana produksi.
- b. Menjaga kualitas pada tingkat yang tepat untuk memenuhi apa yang dibutuhkan oleh produk itu sendiri dan kegiatan produksi yang tidak terganggu.
- c. Membantu mengurangi pemakaian dan penyimpangan diluar batas serta menjaga modal yang diinvestasikan dalam perusahaan, selama waktu yang ditentukan sesuai dengan kebijakan perusahaan mengenai investasi tersebut.
- d. Mencapai tingkat biaya perawatan secara efektif dan efisien secara keseluruhan.
- e. Menjamin keselamatan orang yang menggunakan sarana tersebut.
- f. Memaksimalkan ketersediaan semua peralatan sistem produksi dengan cara mengurangi *downtime*.
- g. Memperpanjang umur atau masa pakai dari mesin tersebut.

2.3 Jenis-Jenis Perawatan

2.3.1 Pemeliharaan Terencana (*Planned Maintenance*)

Planned Maintenance merupakan suatu tindakan atau kegiatan perawatan yang pelaksanaannya telah direncanakan terlebih dahulu, pengendalian dan pencatatan sesuai dengan rencana yang telah ditentukan sebelumnya. Terdapat aktifitas utama dalam *planned maintenance* yaitu (Ansori & Mustajib, 2013):

a. *Preventive maintenance*

Preventive maintenance adalah kegiatan pemeliharaan dan perawatan yang dilakukan secara terjadwal untuk mencegah kerusakan atau kegagalan pada suatu sistem atau mesin. Tujuannya adalah untuk memperpanjang umur pakai, mengurangi *downtime* dan biaya perbaikan. Perawatan ini dilakukan dengan berdasarkan

jadwal yang telah ditentukan sebelumnya secara berkala pada interval tertentu. Kegiatan perawatan ini meliputi pembersihan, inspeksi dan penyetelan, pemeriksaan kondisi, perbaikan, penggantian serta tes fungsi secara terjadwal berdasarkan analisa laju kerusakan mesin yang telah dilakukan sebelumnya. Tindakan *preventif* dalam perawatan mesin yang tepat dilakukan pada komponen yang bersifat kritis atau akan berdampak pada berhentinya mesin jika terjadi kerusakan, komponen dengan ketersediaan yang sulit untuk diperoleh, serta komponen yang membutuhkan waktu lama untuk tindakan perbaikan kerusakan. Dalam prakteknya *preventive maintenance* yang dilakukan oleh perusahaan dibedakan atas (Ansori & Mustajib, 2013):

- *Routine Maintenance* yaitu kegiatan pemeliharaan terhadap kondisi dasar mesin dan mengganti suku cadang yang aus atau rusak yang dilakukan secara rutin misalnya setiap hari. Contohnya pembersihan peralatan, pelumasan atau pengecekan oli, pengecekan bahan bakar, pemanasan mesin-mesin sebelum dipakai berproduksi.
- *Periodic Maintenance* yaitu kegiatan yang dilakukan secara periodik atau dalam jangka waktu tertentu misalnya satu minggu sekali, dengan melakukan inspeksi secara berkala dan berusaha memulihkan bagian mesin yang cacat atau tidak sempurna. Contohnya penyetelan katup-katup pemasukan dan pembuangan, pembongkaran mesin untuk penggantian komponen.
- *Running Maintenance* merupakan pekerjaan perawatan yang dilakukan pada saat fasilitas produksi dalam keadaan bekerja. Perawatan ini termasuk cara perawatan yang direncanakan untuk diterapkan pada peralatan atau pemesinan dalam keadaan operasi. Biasanya diterapkan pada mesin-mesin yang harus terus menerus beroperasi dalam melayani proses produksi. Kegiatan

perawatan dilakukan dengan jalan mengawasi secara aktif (*monitoring*).

- *Shutdown Maintenance* merupakan kegiatan perawatan yang hanya dapat dilakukan pada waktu fasilitas produksi sengaja dimatikan atau dihentikan. Perawatan pencegahan dilakukan untuk menghindari suatu peralatan atau sistem mengalami kerusakan.

b. Predictive maintenance

Predictive Maintenance dapat diartikan sebagai pemeriksaan atau *monitoring* suatu gejala kerusakan agar dapat memprediksi kerusakan yang mungkin akan timbul dengan melakukan analisis data dan pengukuran kondisi sistem atau mesin. Perawatan ini memungkinkan perusahaan untuk memperkirakan kapan *maintenance* perlu dilakukan dan mencegah kerusakan atau kegagalan sebelum terjadi, baik berupa kerusakan total ataupun titik dimana pengurangan mutu telah menyebabkan mesin bekerja dibawah standar yang ditetapkan oleh pemakainya (Darujati et al., 2022).

Perawatan ini umumnya dilakukan lebih spesifik berdasarkan analisis data dan pengukuran dengan alat khusus, seperti pemantauan suhu, suara, getaran, konsumsi bahan bakar dan lain sebagainya. Tujuan dari perawatan ini adalah mengeleminasi gangguan pada mesin dengan menerapkan teknologi yang sesuai untuk mengukur kondisi dari sebuah mesin, mengidentifikasi dan melaporkan permasalahan secepatnya dan memprediksi waktu pelaksanaan tindakan perawatan. Pelaksanaan pemeliharannya tidak dilakukan secara periodik melainkan berdasarkan prediksi keadaan peralatan dan nilai ambang sebuah peralatan (Sudrajat,2011).

2.3.2 Pemeliharaan Tak Terencana (*Unplanned Maintenance*)

Menurut *Unplanned maintenance* adalah kegiatan perawatan yang penerapannya tidak ditentukan dan tidak ada perencanaan sebelumnya. Pemeliharaan ini dilaksanakan berdasarkan situasi dan kondisi pada saat tertentu dan cenderung mendesak. Terdapat aktifitas utama dalam *unplanned maintenance* yaitu (Assauri, 2008):

- a. *Emergency Maintenance* adalah kegiatan perawatan mesin yang bersifat darurat agar tidak menimbulkan akibat yang lebih fatal jika tidak dilakukan penanganan segera. Adanya berbagai jenis pemeliharaan di atas diharapkan dapat menjadi alternatif untuk melakukan pemeliharaan sesuai dengan kondisi yang dialami perusahaan. Sebaiknya pemeliharaan yang baik adalah pemeliharaan yang tidak mengganggu jadwal produksi atau dijadwalkan sebelum kerusakan mesin terjadi sehingga tidak mengganggu produktifitasnya mesin (Assauri, 2008).
- b. *Corrective Maintenance* yaitu perawatan yang dilakukan setelah kerusakan terjadi yang bertujuan untuk memperbaiki kerusakan tersebut. Pemeliharaan korektif dilakukan terhadap komponen yang rusak ataupun dalam kondisi mendekati rusak sehingga menyebabkan tidak berfungsinya sistem produksi atau berhenti aktivitas. Kerusakan komponen ini merupakan akibat dari tidak diterapkannya jenis pemeliharaan preventif atau pun kegiatan preventif yang dilakukan tidak mampu mencegah komponen yang rusak dalam kurun waktu tertentu. Penerapan pemeliharaan korektif tanpa didampingi dengan pemeliharaan preventif dapat menyebabkan kerusakan mesin yang lebih parah atau hebat dibandingkan dengan menerapkan pemeliharaan preventif (Ngadiyono, 2010).

2.4 Definisi Keandalan (*Reliability*)

Keandalan merupakan probabilitas suatu komponen, peralatan, mesin atau sistem yang akan memenuhi kinerja yang diinginkan selama periode

waktu tertentu di bawah kondisi tertentu. Keandalan mesin bergantung pada periode waktu penggunaan, mesin yang digunakan terus menerus maka keandalannya akan terus menurun. Keandalan ini digunakan sebagai salah satu ukuran keberhasilan sistem perawatan serta untuk menentukan jadwal perawatan sebagai langkah pencegahan terjadinya gangguan ataupun kerusakan. Nilai keandalan suatu sistem biasanya dinyatakan dalam bentuk probabilitas, dengan nilai R (*Reliability*) antara 0-1. Nilai 0 menyatakan kondisi sistem tidak dapat berfungsi. Sedangkan nilai 1 menunjukkan kondisi sistem dapat berjalan sesuai dengan yang diharapkan tanpa terjadi kerusakan (Soesetyo & Bendatu, 2014).

Keandalan dari suatu sistem seringkali dinyatakan dalam bentuk angka yang menyatakan ekspektasi masa pakainya. Rata-rata waktu kerusakan disebut dengan *Mean Time To Failure* (MTTF). MTTF adalah masa kerja suatu komponen saat pertama kali digunakan atau dihidupkan sampai unit tersebut akan rusak kembali atau perlu di periksa kembali. Sedangkan MTTR (*Mean Time to Repair*) adalah rata-rata waktu komponen untuk dilakukan perbaikan atau perawatan (*repair*). MTTR didasarkan atas lamanya perbaikan dan penggantian komponen yang mengalami kerusakan (*failure*). Perhitungan MTTR memerlukan parameter yang telah dihitung sebelumnya. Cara perhitungan setiap MTTR juga berbeda tergantung dengan parameter yang sesuai dengan distribusi data yang ada (Widyantoro et al., 2019).

2.5 Pola Distribusi Data Dalam Keandalan (*Reliability*)

Identifikasi distribusi bertujuan untuk mengetahui distribusi dari data interval antar kerusakan dari mesin atau komponen dan lama waktu perbaikan kerusakan. Mesin atau komponen memiliki distribusi kerusakan yang berbeda-beda. Distribusi yang biasa digunakan untuk menentukan pola data kerusakan adalah *lognormal*, *normal*, *weibull* dan *exponential* (Soesetyo & Bendatu, 2014).

2.5.1 Distribusi Normal

Distribusi ini biasa disebut kurva lonceng (*bell curve*) karena grafik fungsi kepadatan probabilitasnya (*Probability Density Function*) mirip dengan bentuk lonceng. Parameter pada distribusi normal yaitu μ dan σ . Fungsi ini banyak digunakan terutama menggambarkan laju kerusakan alat yang terus meningkat. Fungsi probabilitas yang ada pada distribusi normal antara lain (Soesetyo & Bendatu, 2014):

Fungsi kepadatan probabilitas:

$$f(t) = \frac{1}{\sigma\sqrt{2\pi}} \exp\left(\frac{-(t-\mu)^2}{2\sigma^2}\right) \dots\dots\dots(2.1)$$

Fungsi kumulatif kerusakan:

$$F(t) = \Phi\left(\frac{t-\mu}{\sigma}\right) \dots\dots\dots(2.2)$$

Fungsi keandalan:

$$R(t) = 1 - \Phi\left(\frac{t-\mu}{\sigma}\right) \dots\dots\dots(2.3)$$

Mean time to failure:

$$MTTF = \mu \dots\dots\dots(2.4)$$

2.5.2 Distribusi Lognormal

Distribusi *lognormal* mempunyai dua parameter yaitu s (*scale parameter*) dan t_{med} (median dari data waktu kerusakan) yang juga menunjukkan median dari data. Distribusi ini merupakan distribusi yang berguna untuk menggambarkan distribusi kerusakan untuk situasi yang bervariasi. Serta banyak digunakan di bidang teknik, khususnya sebagai model untuk jenis sifat material dan kelelahan material. Fungsi yang terdapat dalam distribusi *lognormal* yaitu (Soesetyo & Bendatu, 2014):

Fungsi kepadatan probabilitas:

$$f(t) = \frac{1}{s.t\sqrt{2\pi}} e\left[-\frac{1}{2s^2}\left(\frac{\ln t}{t_{med}}\right)^2\right] \dots\dots\dots(2.5)$$

Fungsi kumulatif kerusakan:

$$F(t) = \Phi\left(\frac{\ln t - \mu}{\sigma}\right) \dots\dots\dots(2.6)$$

Fungsi keandalan:

$$R(t) = 1 - \Phi\left(\frac{\ln t - \mu}{\sigma}\right) \dots\dots\dots(2.7)$$

Mean time to failure:

$$MTTF = e\left(\mu + \frac{\sigma^2}{2}\right) \dots\dots\dots(2.8)$$

2.5.3 Distribusi Weibull

Distribusi *weibull* merupakan distribusi yang sering digunakan dalam memodelkan *time to failure*. Distribusi ini mempunyai dua parameter yang digunakan yaitu β (*shape parameter*) dan θ (*scale parameter*). Distribusi ini biasanya untuk mengukur unsur atau waktu pakai peralatan. Fungsi yang terdapat dalam distribusi *weibull* yaitu (Ariyanto, 2015):

Fungsi kepadatan probabilitas:

$$f(t) = \frac{\beta}{\alpha} \left(\frac{t}{\alpha}\right)^{\beta-1} e\left[-\left(\frac{t}{\alpha}\right)^{\beta}\right] \dots\dots\dots(2.9)$$

Fungsi kumulatif kerusakan:

$$F(t) = 1 - \exp\left[-\left(\frac{t}{\alpha}\right)^{\beta}\right] \dots\dots\dots(2.10)$$

Fungsi keandalan:

$$R(t) = 1 - F(t) \dots\dots\dots(2.11)$$

$$R(t) = e\left[-\left(\frac{t}{\alpha}\right)^{\beta}\right] \dots\dots\dots(2.12)$$

Mean time to failure:

$$MTTF = \alpha \cdot \Gamma\left(1 + \frac{1}{\beta}\right) \dots\dots\dots(2.13)$$

2.5.4 Distribusi Eksponensial

Distribusi eksponensial menggambarkan suatu kerusakan dari mesin yang disebabkan oleh kerusakan pada salah satu komponen dari mesin atau peralatan yang menyebabkan mesin terhenti. Dalam

hal ini kerusakan tidak dipengaruhi oleh unsur pemakaian peralatan. Dengan kata lain distribusi ini memiliki kelajuan yang konstan terhadap waktu. Distribusi ini akan tergantung nilai λ , yaitu laju kegagalan (konstan). Fungsi kepadatan distribusi eksponensial dapat dinyatakan dalam persamaan (Ponidi, 2015):

Fungsi kepadatan probabilitas:

$$f(t) = \lambda e^{-\lambda t} \dots\dots\dots(2.14)$$

Untuk $t \geq 0$; $\lambda \geq 0$; dan dengan $t =$ waktu

Fungsi kumulatif kerusakan:

$$F(t) = 1 - \exp(-\lambda t) \dots\dots\dots(2.15)$$

Fungsi keandalan:

$$R(t) = \exp(-\lambda t) \dots\dots\dots(2.16)$$

Mean time to failure:

$$MTTF = \frac{1}{\lambda} \dots\dots\dots(2.17)$$

2.6 Age Replacement

Age Replacement yaitu metode perawatan pencegahan yang dilakukan dengan menetapkan interval waktu perawatan pencegahan berdasarkan selang waktu kerusakan yang menuntut adanya tindakan penggantian dengan kriteria minimasi *downtime*. Metode ini akan menyesuaikan kembali jadwalnya setelah perbaikan atau penggantian komponen dilakukan, baik akibat terjadi kerusakan maupun hanya bersifat sebagai perawatan pencegahan, sehingga metode ini sangat cocok digunakan apabila ingin membuat suatu penjadwalan perawatan pencegahan mesin dengan berdasarkan perhitungan interval waktu kerusakannya. Melakukan tindakan perawatan pencegahan adalah untuk menghindari terhentinya mesin akibat kerusakan komponen. Jika interval waktu perawatan komponen diketahui, maka perusahaan dapat menghindari aktivitas penggantian atau perbaikan komponen yang terlalu singkat atau tidak sesuai dengan umur pemakaiannya. Intinya pada saat dilakukan perbaikan atau penggantian adalah tergantung pada umur komponen, jadi perawatan pencegahan akan dilakukan dengan interval yang ditentukan (Jardine, 2013).

Dalam metode *age replacement*, suatu komponen akan diganti pada saat mencapai usia tertentu yang telah ditetapkan sebelumnya, meskipun komponen tersebut masih dalam kondisi baik dan belum mengalami kegagalan. Hal ini dilakukan untuk menghindari kegagalan yang tiba-tiba dan mencegah kerusakan yang lebih parah pada sistem atau mesin. Metode ini umumnya digunakan pada komponen mesin atau sistem yang memiliki biaya perawatan yang tinggi dan memerlukan waktu yang lama untuk dilakukan perbaikan atau penggantian. Contoh penggunaannya adalah pada komponen mesin di pabrik, sistem transportasi, atau sistem listrik. Untuk menentukan model penggantian ini terdapat gambaran yang dikembangkan untuk dapat memfokuskan pada inti permasalahan, yaitu (Jardine, 2013):

- a. Laju kerusakan komponen bertambah sesuai dengan peningkatan pemakaian.
- b. Peralatan yang telah dilakukan penggantian komponen akan kembali pada kondisi semula.
- c. Tidak ada pemasalahan dalam persediaan komponen

Berikut adalah variabel-variabel yang terkait pada metode *age replacement* (Jardine, 2013):

- a. *Downtime* yang terjadi karena penggantian kerusakan (T_f)

Variabel ini adalah rata-rata waktu perbaikan yang diakibatkan karena kerusakan komponen secara tiba-tiba dan tidak terencana dan diakhiri dengan kegiatan penggantian komponen..

- b. *Downtime* yang terjadi karena penggantian pencegahan (T_p)

Variabel ini adalah rata-rata waktu perbaikan yang sudah terencana sebelumnya. Untuk mendapatkan nilai variabel ini akan dilakukan pendekatan dengan cara menanyakan pada bagian perawatan, berapa waktu yang dibutuhkan untuk membongkar model komponen kritis dan memasangnya kembali hingga mesin dapat beroperasi kembali dengan asumsi bahwa komponen pengganti telah tersedia.

- c. Interval waktu penggantian pencegahan (t_p)

Variabel ini adalah variabel yang akan dicari titik optimalnya.

d. Keandalan komponen atau probabilitas komponen andal [R(tp)]

Nilai variabel ini besarnya adalah sama dengan nilai fungsi keandalan mesin, dimana nilainya dapat dicari setelah distribusi data diketahui. Rumus keandalan yang digunakan sesuai dengan distribusi dari mesin tersebut.

e. Probabilitas kegagalan komponen (F(tp))

Fungsi ini menggambarkan probabilitas kerusakan yang terjadi dalam suatu rentang waktu tertentu

f. Nilai probabilitas total *downtime* per satuan waktu [D(tp)]

Variabel ini bertindak sebagai indikator apakah nilai variabel interval penggantian pencegahan telah menghasilkan *downtime* minimal.

Adapun formulasi perhitungan model *age replacement* adalah sebagai berikut (Jardine, 2013):

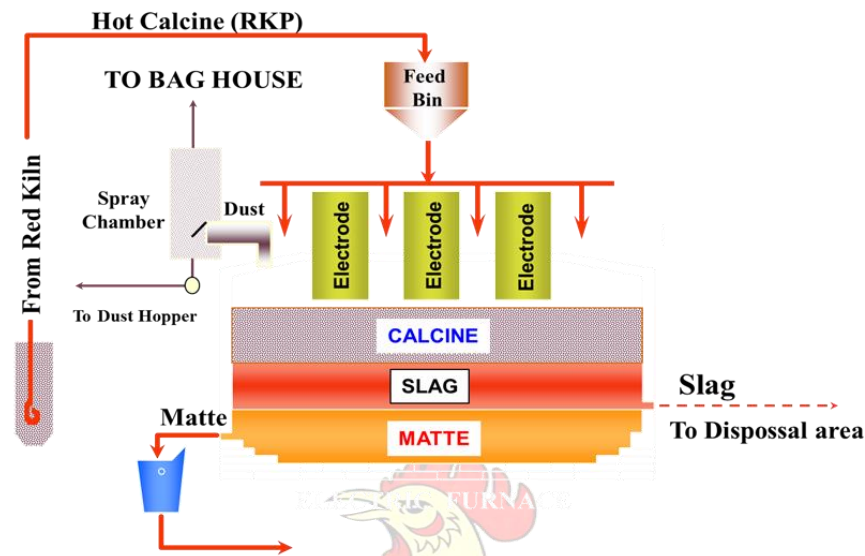
$$D(tp) = \frac{(Dp \cdot (1 - F(Tp)) + DR \cdot F(tp))}{(Tp \cdot R(Tp)) + (\int Tp \cdot f(Tp) dt)} \dots \dots \dots (2.18)$$

Dimana:

- Tp = Waktu penggunaan hingga dilakukan perawatan
- Dp = Waktu untuk melakukan perawatan preventif
- DR = Waktu untuk melakukan perawatan kerusakan
- R(Tp) = Nilai keandalan saat Tp
- F(Tp) = Probabilitas kegagalan komponen saat Tp
- D(tp) = *Downtime* persatuan waktu

2.7 *Electric Furnace*

PT. Vale Indonesia Tbk. memiliki 4 *Electric Furnace* (EF) untuk menunjang proses produksinya. *Electric Furnace* merupakan salah satu area produksi yang digunakan untuk proses pembuatan nikel *matte* dalam hal ini yaitu peleburan *calcine* (campuran bijih nikel, sulfur, batubara dan lain-lain) yang bertujuan memisahkan *matte* dan *slag* (terak besi) dengan temperatur sekitar $\pm 1.500^{\circ}\text{C}$, yang nantinya *matte* tersebut akan diproses lagi ke tahap selanjutnya.



Gambar 2. 1 *Electric Furnace*
(Sumber: PT. Vale Indonesia Tbk.)

Electric Furnace menggunakan tenaga listrik dalam proses peleburannya, maka sistem *Electrode* ini mempunyai peranan yang penting. Setiap *Furnace* mempunyai masing-masing 3 buah *Electrode*. Dimana tiap *electrode* di masukkan pasta yaitu bahan utama untuk menghantarkan listrik ke dalam *Furnace* pada proses peleburan dalam jumlah tertentu. Untuk memperoleh panas yang tinggi, maka ke dalam ketiga *electrode* tersebut dialirkan tenaga listrik tegangan tinggi. Tenaga panas yang terjadi, mengakibatkan ujung ketiga *electrode* tersebut terbakar, dan menyusutkan panjang *electrode* yang bersentuhan dengan *slag*. Dimana jarak penetrasi *electrode* terhadap cairan *slag* harus dipertahankan. Untuk itu sistem pengendalian *electrode* ini akan di dikakukan oleh mesin *Electrode Slipping* (PT.Vale Indonesia Tbk.).

Adapun komponen dari mesin *Electrode Slipping* yaitu (PT.Vale Indonesia Tbk.):

- a. *Cylinder Slipping* : berfungsi menaikkan dan menurunkan *electrode*
- b. *Hose Slipping* : berfungsi sebagai tempat mengalirnya oli
- c. *Limit slipping* : berfungsi mengatur batas naik atau turunnya *electrode*
- d. *Encoder* : berfungsi mengukur posisi atau jarak pergerakan *electrode*
- e. *Pump Slipping* : berfungsi sebagai penggerak mesin

2.8 Penelitian Terdahulu

Berikut merupakan tabel penelitian terdahulu:

Tabel 2. 1 Penelitian Terdahulu

No.	Peneliti	Judul	Metode	Hasil
1.	Firdaus (2021)	<i>Preventive Maintenance</i> Mesin Printing Rotogravure Pada komponen Press Roll Dengan Metode <i>Age Replacement</i> Sebagai Pengoptimalan Biaya <i>Downtime</i> di PT. X	<i>Age Replacement</i>	Diperoleh interval waktu penggantian komponen Press Roll yang paling optimal yaitu 158 jam dengan tingkat keandalan komponen yaitu 70,97% serta didapatkan biaya perawatan sebesar Rp.196.009.173,6 dari biaya semula sebesar Rp.783.38.421 sehingga terdapat penghematan biaya sebesar Rp.587.229.247,4 atau sama dengan 26,24%.
2	Andriani & Romli (2020)	<i>Preventive Maintenance</i> Pada Mesin Die Casting Dengan <i>Age Replacement</i> Model Untuk Peningkatan Reliabilitas Mesin	<i>Age Replacement</i>	Hasil penelitian didapatkan bahwa total <i>downtime</i> komponen kritis sebelum <i>preventive maintenance</i> selama 3,076jam dan setelah <i>preventive maintenance</i> selama 2,16jam. Sehingga terdapat penghematan waktu selama 0,916jam atau sebesar 29% serta didapat penghematan biaya sebesar Rp.572.184 per bulan atau sebesar 8.72%
3	Agustiawan et al., (2021)	Usulan <i>Preventive Maintenance</i> Pada Mesin Hanger Shot Blast Kazo Dengan Menggunakan Metode <i>Age Replacement</i> di PT. Barata Indonesia	<i>Age Replacement</i>	Diperoleh interval waktu penggantian yang paling optimal adalah 7 hari dengan tingkat keandalan komponen sebesar 79% sehingga terjadi 41 kali penggantian komponen dalam 1 periode pada bulan April 2019 – Maret 2020 dengan penghematan biaya sebesar Rp.1.045.237.557.
4	Ardhi & Marfuah (2019)	Minimasi <i>Downtime</i> Pada Unit <i>Shore To Ship</i> Dengan Metode <i>Reliability Centered Maintenance</i> (RCM) di PT.Mitra Sentosa Abadi	<i>Age Replacement</i> dan <i>Reliability Centered Maintenance</i> (RCM)	Hasil dari penelitian menunjukkan bahwa komponen <i>Sensor Proximity</i> mengalami penurunan nilai <i>downtime</i> sekitar 56% yaitu yang sebelumnya 425.2 menit atau 7,1 jam dalam 6 bulan menjadi 120 menit atau 2 Jam dalam 3 bulan.

No.	Peneliti	Judul	Metode	Hasil
5	Karina (2016)	Perancangan Program Perawatan Yang Efektif Untuk Menurunkan <i>Downtime</i> Mesin Pada <i>Lube Oil Blending Plant</i> (LOBP)	<i>Age Replacement</i>	Hasil perhitungan <i>preventive maintenance</i> dapat menurunkan lama <i>downtime</i> dari 9,73 jam/bulan menjadi 8,91 jam/bulan, atau sebesar 0,82 jam/bulan (4.4%). Sedangkan penurunan biaya perawatan mesin dengan <i>preventive maintenance</i> adalah dari Rp.14.464.685 menjadi Rp.7.755.832 atau terjadi penghematan sebesar 35%.

Firdaus (2021), melakukan penelitian “*Preventive Maintenance* Mesin *Printing Rotogravure* Pada komponen *Press Roll* Dengan Metode *Age Replacement* Sebagai Pengoptimalan Biaya *Downtime* di PT. X”. PT. X merupakan industri *monosodium glutamate* (MSG) atau di kalangan masyarakat dikenal dengan istilah penyedap rasa. Objek yang menjadi penelitian yaitu mesin *Printing Rotogravure* pada komponen *Press Roll*. Permasalahan yang terjadi yaitu perusahaan tidak memiliki pemeliharaan *preventive* pada mesin cetak *rotogravure*, terutama komponen *Press roll*. Tujuan penelitian ini adalah menentukan rencana dukungan pencegahan untuk komponen *Press roll* pada mesin cetak *Rotoravure* menggunakan metode *Age Replacement*. Serta membandingkan biaya waktu saat pelaksanaan *Preventive Maintenance*. Berdasarkan hasil penelitian didapatkan penjadwalan pergantian komponen *Press roll* yang ideal dan dapat menghemat biaya perawatan.

Andriani & Romli (2020), melakukan penelitian “*Preventive Maintenance* Pada Mesin *Die Casting* Dengan *Age Replacement* Model Untuk Peningkatan Reliabilitas Mesin”. Tempat penelitian yaitu PT. Astra Honda Motor. Objek yang menjadi penelitian yaitu mesin *Die Casting*. *Die*

Casting merupakan suatu proses awal dari pembuatan *part* sepeda motor yaitu mencetak bahan baku berupa material aluminium yang dilebur menjadi cair yang kemudian di injeksi menggunakan tekanan tinggi. Permasalahan yang terjadi yaitu tingginya jumlah *breakdown* pada divisi *die casting* serta besarnya total *downtime* . Tujuan penelitian ini adalah menganalisis pelaksanaan *preventive maintenance* yang tepat sehingga dapat mengurangi total *downtime* yang terjadi sehingga ketersediaan dan kehandalan mesin *die casting* dapat meningkat dengan pendekatan *Age Replacement* . Berdasarkan hasil penelitian didapatkan interval waktu penggantian dan pemeriksaan komponen kritis yang dapat mengurangi total *downtime* serta dapat menghemat biaya perawatan.

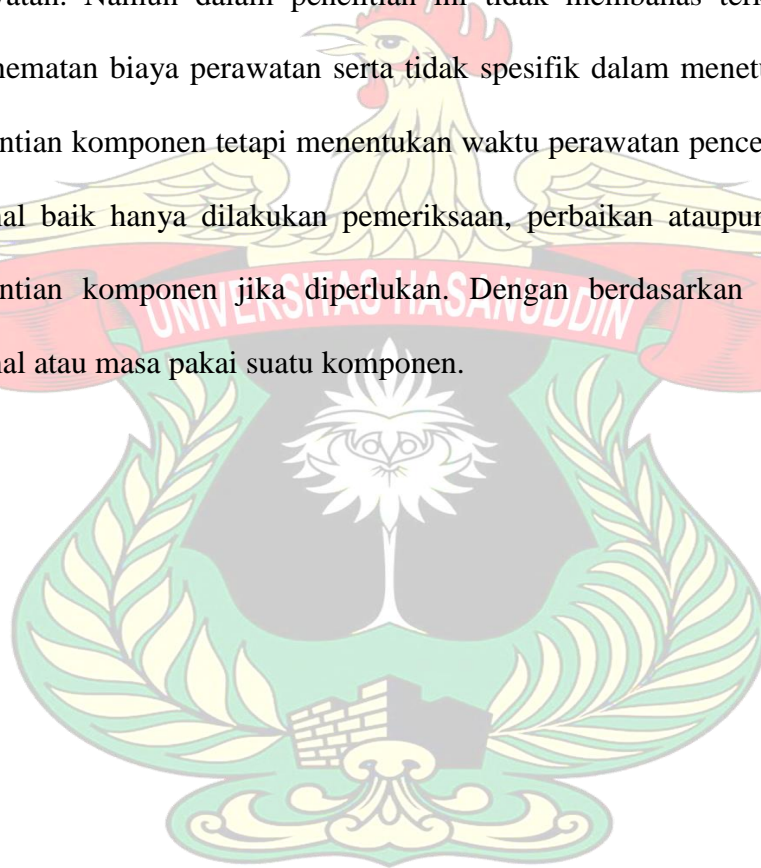
Agustiawan et al., (2021), melakukan penelitian “Usulan *Preventive Maintenance* Pada Mesin *Hanger Shot Blast Kazo* Dengan Menggunakan Metode *Age Replacement* di PT. Barata Indonesia”. PT Barata Indonesia salah satu perusahaan yang bergerak di bidang *Engineering, Procurement & Construction, Manufacturing,* dan *Foundry* . Objek yang menjadi penelitian yaitu mesin *Hanger Shot Blast Kazo* . Permasalahan yang dihadapi perusahaan adalah tingginya frekuensi kerusakan di area *Workshop 1* . Tujuan penelitian ini adalah menentukan waktu optimal penjadwalan perawatan *preventive maintenance* dan menentukan biaya setelah penerapan *preventive maintenance* pada komponen kritis. Berdasarkan hasil penelitian didapatkan interval waktu penggantian komponen kritis yang optimal serta dapat menghemat biaya perawatan.

Ardhi & Marfuah (2019), melakukan penelitian “Minimasi *Downtime* Pada Unit *Shore To Ship* Dengan Metode *Reliability Centered Maintenance* (RCM) di PT.Mitra Sentosa Abadi”. PT Mitra Sentosa Abadi merupakan salah satu perusahaan bongkar muat peti kemas/*container*. Objek yang menjadi penelitian yaitu unit *Shore To Ship*. Permasalahan yang terjadi yaitu dalam kegiatan operasionalnya terdapat tingginya nilai *downtime* pada unit *Shore To Ship* (STS) karena mengalami beberapa kali *breakdown*. Tujuan penelitian ini adalah menentukan interval waktu perawatan yang optimal menggunakan metode *Age Replacement*. Berdasarkan hasil penelitian didapatkan waktu pergantian dan perawatan komponen *Sensor Proximity* yang optimal yang dapat mengurangi total *downtime*.

Karina (2016), melakukan penelitian “Perancangan Program Perawatan Yang Efektif Untuk Menurunkan *Downtime* Mesin Pada *Lube Oil Blending Plant* (LOBP)”. *Lube Oil Blending Plant* (LOBP) Lemigas merupakan instalasi pabrikasi minyak lumas terdiri dari *storage tank*, *premix tank*, *blending tank*, *filling machine* dengan desain proses *manufacturing batch line flow*. Objek yang menjadi penelitian yaitu mesin *filling machine*. Permasalahan yang terjadi yaitu belum memiliki jadwal perawatan yang baik. Tujuan penelitian ini adalah menganalisis interval waktu penggantian dan pemeriksaan komponen kritis yang optimal sebagai acuan perencanaan perancangan penjadwalan *maintenance* untuk mengurangi *downtime*. Berdasarkan hasil penelitian didapatkan penjadwalan pergantian dan pemeriksaan komponen kritis yang optimal

yang dapat mengurangi total *downtime* serta dapat menghemat biaya perawatan.

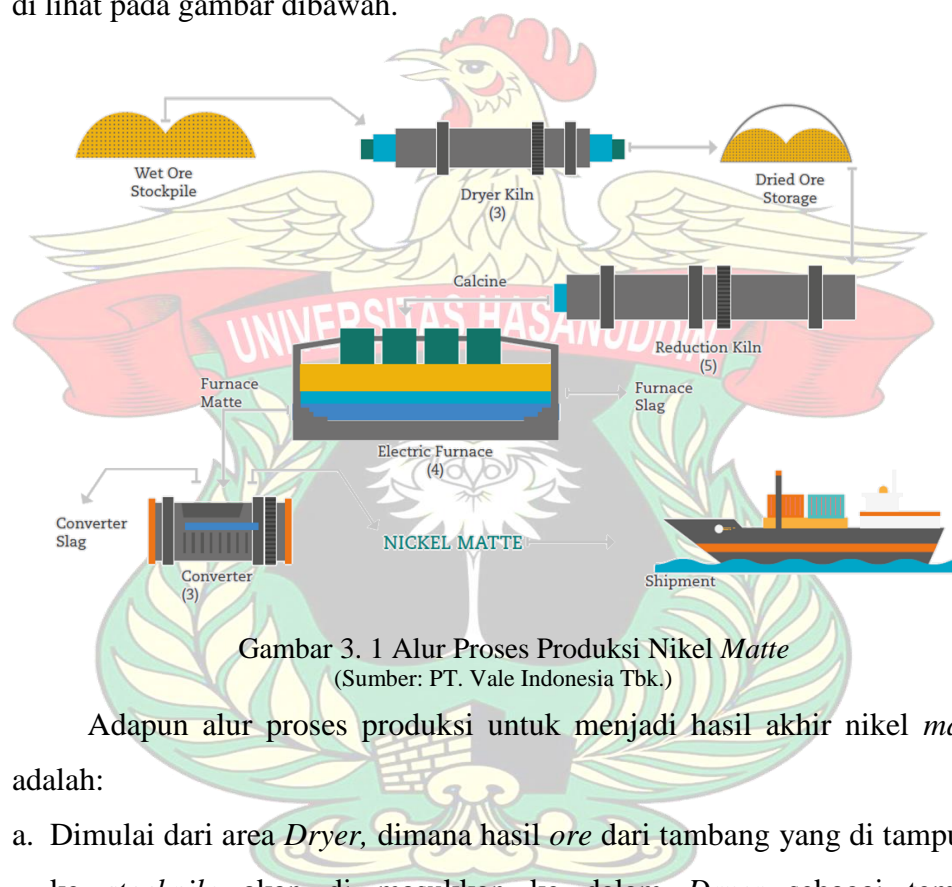
Berdasarkan hasil penelitian diatas terdapat 5 jurnal yang dimana dalam menentukan interval waktu penggantian komponen yang tepat dengan menggunakan metode *Age Replacement*, dapat memberikan dampak positif dalam meminimalkan *downtime* mesin serta dapat menghemat biaya perawatan. Namun dalam penelitian ini tidak membahas terkait dengan penghematan biaya perawatan serta tidak spesifik dalam menentukan waktu pergantian komponen tetapi menentukan waktu perawatan pencegahan yang optimal baik hanya dilakukan pemeriksaan, perbaikan ataupun dilakukan pergantian komponen jika diperlukan. Dengan berdasarkan pada umur optimal atau masa pakai suatu komponen.



BAB III METODOLOGI PENELITIAN

3.1 Alur Proses Produksi

PT. Vale merupakan perusahaan tambang penghasil nikel dalam bentuk *matte* yang beroperasi di Blok Sorowako, Kabupaten Luwu Timur, Provinsi Sulawesi Selatan. Perusahaan tersebut memiliki beberapa tahapan proses produksi dalam mengolah biji nikel menjadi nikel *matte* yang dapat di lihat pada gambar dibawah.



Gambar 3. 1 Alur Proses Produksi Nikel *Matte*
(Sumber: PT. Vale Indonesia Tbk.)

Adapun alur proses produksi untuk menjadi hasil akhir nikel *matte* adalah:

- a. Dimulai dari area *Dryer*, dimana hasil *ore* dari tambang yang di tampung ke *stockpile* akan di masukkan ke dalam *Dryer* sebagai tempat penguapan sebagian kandungan air dari *ore* yang basah, lalu *ore* yang sudah kering kemudian ditampung di DOS (*dryer ore storage*).
- b. Kemudian hasil *ore* dari DOS di proses pada area *Reduction Kiln* untuk dihilangkan kandungan air bebas dan air kristalnya, yang hasil akhirnya adalah *calcine*.
- c. Selanjutnya *calcine* tersebut akan dilebur di area *Electric Furnace* untuk memisahkan nikel *matte* dan *slag* (terak besi). Setelah memisahkan *slag* dan mengeluarkan nikel *matte*.

- d. Kemudian di area *Converter* kadar nikel *matte* ditingkatkan hingga 78%. Setelah itu disemprot dengan air bertekanan tinggi hingga berbentuk butir-butiran, lalu nikel *matte* disaring dan siap dikemas. Setiap kantong berisi tiga ton nikel *matte* yang siap di kirim.

3.2 Objek Penelitian

Pada penelitian ini yang menjadi objek penelitian adalah mesin *Electrode Slipping* di setiap area *Furnace* pada PT. Vale Indonesia Tbk.

3.3 Waktu dan Tempat Penelitian

Waktu pengambilan data penelitian dilakukan pada tanggal 29 September - 14 November 2022. Tempat penelitian dilaksanakan di *Process Plant Department* pada PT. Vale Indonesia Tbk.

3.4 Sumber Data

Sumber data dalam penelitian ini berupa:

a. Data Primer

Data primer merupakan data yang diperoleh secara langsung di lapangan. Dalam penelitian ini, data primer didapatkan dengan metode wawancara yaitu dengan mengadakan tanya jawab kepada karyawan mengenai hal-hal yang berkaitan dengan permasalahan yang akan dibahas.

b. Data Sekunder

Data sekunder merupakan data yang mengacu pada informasi yang dikumpulkan dari sumber yang telah ada. Data ini digunakan untuk mendukung informasi primer yang telah diperoleh yaitu dari bahan pustaka, literatur, penelitian terdahulu, buku, dan lain sebagainya. Untuk pengumpulan dan pengambilan data yaitu data historis kerusakan mesin khususnya pada *emergency maintenance* dari mesin *Electrode Slipping* di setiap area *Furnace* pada tahun 2021 serta data *preventive maintenance* tiap 6 minggu pada mesin *Electrode Slipping* selama tahun 2021.

3.5 Metode Pengumpulan Data

Metode pengumpulan data yang dilakukan adalah:

a. Studi pustaka

Merupakan suatu metode yang dilakukan untuk mendapatkan pengetahuan dan landasan teoritis dalam menganalisis data dan permasalahan melalui jurnal, buku, dan sumber-sumber lainnya sebagai bahan pertimbangan dalam penulisan penelitian.

b. Wawancara

Pengumpulan data ini dilakukan dengan bertanya secara langsung kepada sumber informasi. Wawancara ini dilakukan ke beberapa karyawan perusahaan yang berkaitan dengan permasalahan yang akan dibahas.

3.6 Tahap Penelitian

Metode yang digunakan dalam pengolahan data yang terdiri atas beberapa tahapan, sehingga membentuk suatu kerangka yang sistematis. Adapun tahapan-tahapan tersebut terbagi atas:

a. Tahap Pendahuluan

Mengidentifikasi permasalahan yang dijadikan sebagai topik penelitian dengan melakukan survei langsung meliputi kondisi operasional perusahaan dan beberapa informasi yang dapat mendukung kelancaran penelitian yang dilakukan, serta melakukan studi literatur sebagai teori pendukung untuk menentukan metode pemecahan masalah.

b. Tahap pengumpulan data

Melakukan pengumpulan data berupa data primer dan data sekunder.

c. Tahap pengolahan data

Langkah-langkah pengolahan data dapat dibagi menjadi beberapa tahapan sebagai berikut:

1. Menentukan komponen kritis berdasarkan *downtime* yang terbesar yang ditentukan dengan menggunakan diagram pareto.
2. Pengujian distribusi dari data interval waktu kerusakan