

**TESIS**

**ANALISIS PEMAKAIAN WEAR PLATE  
ALTERNATIF UNTUK MENGATASI KEAUSAN  
PADA VERTICAL COAL MILL**



**BERTAWAN  
NIM. 03032622024002**

**PROGRAM STUDI MAGISTER TEKNIK MESIN  
JURUSAN TEKNIK MESIN  
FAKULTAS TEKNIK  
UNIVERSITAS SRIWIJAYA  
2022**

**TESIS**

**ANALISIS PEMAKAIAN WEAR PLATE  
ALTERNATIF UNTUK MENGATASI KEAUSAN  
PADA VERTICAL COAL MILL**

**Diajukan untuk memenuhi salah satu syarat memperoleh gelar  
Magister Teknik**



**BERTAWAN  
NIM. 03032622024002**

**PROGRAM STUDI MAGISTER TEKNIK MESIN  
JURUSAN TEKNIK MESIN  
FAKULTAS TEKNIK  
UNIVERSITAS SRIWIJAYA  
2022**

**HALAMAN PENGESAHAN**  
**ANALISIS PEMAKAIAN WEAR PLATE ALTERNATIF UNTUK**  
**MENGATASI KEAUSAN PADA VERTICAL COAL MILL**

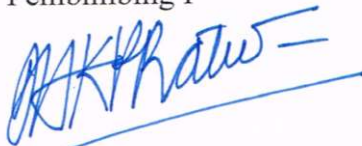
**TESIS**

Diajukan Sebagai Salah Satu Syarat  
Untuk Mendapatkan Gelar Magister Teknik Mesin  
Pada Fakultas Teknik Universitas Sriwijaya

Oleh :  
**BERTAWAN**  
**NIM. 03032622024002**

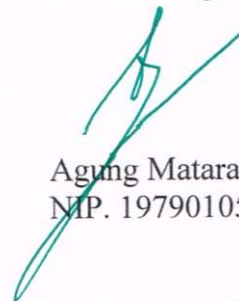
Palembang, 25 September 2022

Menyetujui  
Pembimbing I



Dr. Ir. Diah Kusuma Pratiwi, M.T  
NIP. 196307191990032001

Pembimbing II



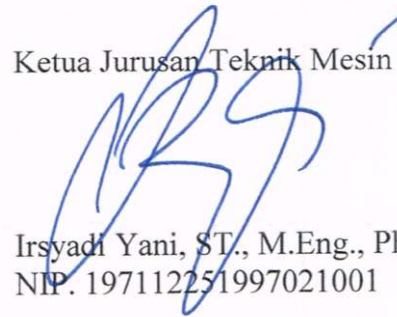
Agung Mataram ST. M.T., Ph.D  
NIP. 197901052003121002

Mengetahui,  
Dekan Fakultas Teknik  
Universitas Sriwijaya



Dr. Eng. Ir. H. Joni Arliansyah, MT  
NIP. 196706151995121002

Ketua Jurusan Teknik Mesin



Irsyad Yani, ST., M.Eng., Ph.D.  
NIP. 197112251997021001

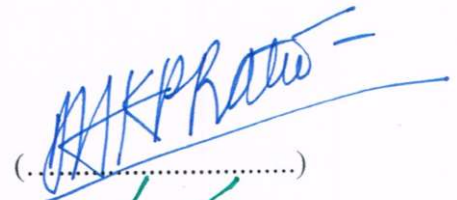
## HALAMAN PERSETUJUAN

Karya tulis ilmiah berupa Tesis ini dengan judul “ANALISIS PEMAKAIAN WEAR PLATE ALTERNATIF UNTUK MENGATASI KEAUSAN PADA VERTICAL COAL MILL” telah dipertahankan di hadapan Tim Karya Tulis Ilmiah Fakultas Teknik Program Studi Magister Teknik Mesin Universitas Sriwijaya pada Tanggal Desember 2022.

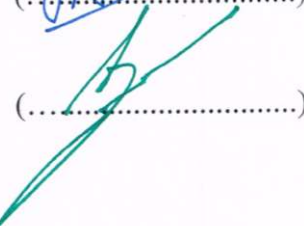
Palembang, Desember 2022

Pembimbing:

1. Dr. Ir. Diah Kusuma Pratiwi, M.T  
NIP. 196307191990032001
2. Agung Mataram ST. MT. Ph.D  
NIP. 197901052003121002



(.....)




(.....)

Tim Penguji :

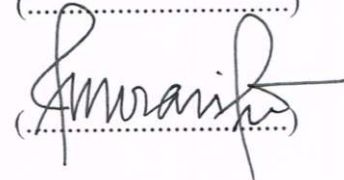
1. Irsyadi Yani, S.T., M.Eng., Ph.D  
NIP. 197112251997021001
2. Dr. Ir. Hendri Chandra., M.T  
NIP. 196004071990031003
3. Amir Arifin, S.T., M.Eng., PhD  
NIP. 197909272003121004



(.....)

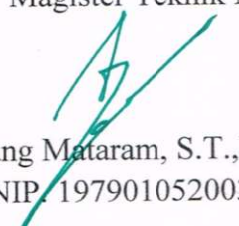


(.....)



(.....)

Koordinator Program Studi  
Magister Teknik Mesin



Agung Mataram, S.T.,M.T.,Ph.D.  
NIP. 197901052003121002

JURUSAN TEKNIK MESIN  
FAKULTAS TEKNIK  
UNIVERSITAS SRIWIJAYA

Agenda No. :  
Diterima Tanggal :  
Paraf :

---

TESIS

NAMA : BERTAWAN  
NIM : 03032622024002  
JURUSAN : TEKNIK MESIN  
BIDANG STUDI : TEKNIK MATERIAL DAN  
MANUFAKTUR  
JUDUL : ANALISIS PEMAKAIAN WEAR PLATE  
ALTERNATIF UNTUK MENGATASI  
KEAUSAN PADA VERTICAL COAL  
MILL  
DIBUAT TANGGAL : 1 FEBRUARI 2022  
SELESAI TANGGAL : 9 DESEMBER 2022

Palembang, Desember 2022

Menyetujui  
Pembimbing I

Dr. Ir. Diah Kusuma Pratiwi, M.T  
NIP. 196307191990032001

Pembimbing II

Agung Mataram ST. M.T., Ph.D  
NIP. 197901052003121002

Mengetahui,  
Ketua Jurusan Teknik Mesin

Irsyadi Yani, ST., M.Eng., Ph.D  
NIP. 197112251997021001

## HALAMAN PERNYATAAN PERSETUJUAN PUBLIKASI

Yang bertanda tangan dibawah ini :

Nama : Bertawan

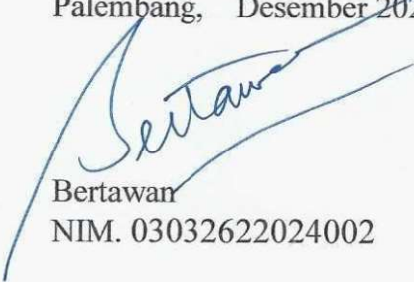
NIM : 03032622024002

Judul : ANALISIS PEMAKAIAN WEAR PLATE ALTERNATIF UNTUK  
MENGATASI KEAUSAN PADA VERTICAL COAL MILL

Memberikan izin kepada Pembimbing dan Universitas Sriwijaya untuk mempublikasikan hasil penelitian saya untuk kepentingan akademik apabila dalam waktu 1 (satu) tahun tidak mempublikasikan karya penelitian saya. Dalam kasus ini saya setuju untuk menempatkan Pembimbing sebagai penulis korespondensi (*corresponding author*).

Demikian, pernyataan ini saya buat dalam keadaan sadar dan tanpa ada paksaan dari siapapun.

Palembang, Desember 2022



Bertawan

NIM. 03032622024002

## HALAMAN PERNYATAAN INTEGRITAS

Yang bertanda tangan dibawah ini :

Nama : Bertawan

NIM : 03032622024002

Judul : ANALISIS PEMAKAIAN WEAR PLATE ALTERNATIF  
UNTUK MENGATASI KEAUSAN PADA VERTICAL COAL  
MILL

Menyatakan bahwa Tesis saya merupakan hasil karya sendiri didampingi Pembimbing dan bukan hasil penjiplakan/plagiat. Apabila ditemukan unsur penjiplakan/plagiat dalam Tesis ini, maka saya bersedia menerima sanksi akademik dari Universitas Sriwijaya sesuai aturan yang berlaku.

Demikian, pernyataan ini saya buat dalam keadaan sadar dan tanpa ada paksaan dari siapapun.



Palembang, Desember 2022



Bertawan  
NIM.03032622024002

## KATA PENGANTAR

Assalamualaikum Warahmatullahi Wabarakatuh

Segala puji dan syukur kami panjatkan kehadiran Allah SWT yang telah melimpahkan rahmat dan hidayah-Nya kepada kita semua. Shalawat serta salam semoga tercurah kepada Rasulullah SAW beserta keluarganya. Dalam kesempatan ini penulis menyampaikan banyak terima kasih kepada semua pihak yang telah banyak membantu hingga akhirnya penulis dapat menyelesaikan tesis ini.

1. Kedua Orang tua, mertua, istri dan anak-anak yang selalu memberikan dukungan, doanya serta motivasi yang tulus kepada penulis dari awal hingga selesainya tesis ini.
2. Ibu Dr. Ir. Diah Kusuma Pratiwi, MT selaku dosen pembimbing yang tulus membimbing, mendidik, mengarahkan, memotivasi kepada penulis dari awal hingga selesainya tesis ini ini.
3. Bapak Agung Mataram, S.T., M.T., Ph.D selaku Ketua Prodi Magister S2 Teknik Mesin Fakultas Teknik Universitas Sriwijaya sekaligus dosen pembimbing yang terus memotivasi serta banyak memberikan sarana kepada penulis dari awal hingga selesainya tesis ini ini.
4. Bapak Irsyadi Yani, S.T., M.Eng., Ph.D dan Bapak Amir Arifin, ST., MT., Ph.D. selaku Ketua dan Sekretaris Jurusan di Jurusan Teknik Mesin, Fakultas Teknik, Universitas Sriwijaya yang memberikan bimbingan serta arahan dalam ruang lingkup Jurusan Teknik Mesin
5. Bapak Taufik dan Bapak Adi Oktaviandi selaku Vice President di Perusahaan tempat penulis bekerja yang terus memberikan support dan bantuannya.
6. Bapak Pratomo selaku Manager Area PT. Perintis Palembang.
7. Bapak Agung Kristian selaku Staf Administrasi Prodi S2 Magister Teknik Mesin Fakultas Teknik Universitas Sriwijaya yang telah banyak membantu dalam proses administrasi.
8. Rekan-rekan mahasiswa Magister Jurusan Teknik Mesin Universitas Sriwijaya dan rekan sesama peneliti yang telah membantu saya dalam



menjalankan penelitian, membuat tesis hingga kebersamai saya di berbagai kondisi suka dan duka.

Dalam penyusunan proposal ini, kami menyadari sepenuhnya bahwa proposal ini masih jauh dari kesempurnaan karena pengalaman dan pengetahuan penulis yang terbatas. Oleh karena itu, kritik dan saran dari semua pihak sangat kami harapkan demi terciptanya proposal yang lebih baik lagi untuk masa mendatang..

Wassalamualaikum Warahmatullah Wabarakatuh.

Palembang, Desember 2022

Penulis

## RINGKASAN

### ANALISIS PEMAKAIAN WEAR PLATE ALTERNATIF UNTUK MENGATASI KEAUSAN PADA VERTICAL COAL MILL

Karya tulis ilmiah berupa Tesis, 25 Oktober 2022

Bertawan; Dibimbing oleh Dr. Ir. Diah Kusuma Pratiwi, M.T.

Analysis of Alternative Wear Plate Usage to Overcome Wear on Vertical Coal Mill

xxvii+ 64 Halaman, 10 Table, 28 Figure, 3 Lampiran

#### RINGKASAN

Vertical Coal Mill adalah peralatan untuk menggiling dan menghaluskan batubara hingga berukuran mikron dan menjadikannya dalam bentuk pulverize atau powder yang digunakan burner pada rotary kiln untuk menghasilkan clinker. Peralatan ini memiliki bagian Housing dilengkapi dengan Lining Plate untuk melindungi Housing dari keausan terdiri dari banyak segmen dengan tebal dan material sejenis. Material yang tahan terhadap gesekan dan umur pakai yang lama diperlukan untuk meningkatkan umur operasi. Penelitian ini bertujuan mengetahui sejauh mana keausan dari lining plate tersebut dan diharapkan mendapatkan perbedaan sifat fisik dan mekanik antara wear plate dan plate alternatif yang dibuat dari plat komposit (composite plate) sebagai pertimbangan pemilihan jenis material untuk meningkatkan umur pakai yang lebih panjang. Penelitian ini dilakukan terhadap 3 spesimen plate yaitu Hardlite dan Everhard 500 dengan masing masing pengujian sehingga diperoleh perbandingan nilai pengujian. Proses erosi yang disebabkan oleh gas yang membawa partikel padatan yang membentur permukaan material terjadi pada *Lining Plate*. Semakin besar dan semakin dalam jejak keausan yang terbentuk maka semakin tinggi volume material yang terkelupas. Pengujian dilakukan berupa Pengujian Komposisi Kimia, Pengamatan Metalographi, Pengujian Kekerasan dan Pengujian Keausan. Dari hasil pengujian terlihat bahwa unsur paduan

*hardfacing* Fe-Cr-C sangat mempengaruhi nilai kekerasan suatu material dan ketahanan ausnya serta dipengaruhi oleh komposisi dan struktur mikro.

**Kata Kunci** : *Lining plate, wear plate, Fe-Cr-C, Hardlite, Everhard C500LE*

## SUMMARY

### ANALYSIS OF ALTERNATIVE WEAR PLATE USE TO OVERCOME WEAR IN VERTICAL COAL MILL

Scientific Paper, 9<sup>th</sup> Desember 2022

Bertawan; Supervised by Dr. Ir. Diah Kusuma Pratiwi, M.T

Analisa Pemakaian Wear Plate Alternatif Untuk Mengatasi Keausan Pada  
Vertical Coal Mill

xxvii+ 64 Pages, 10 Tables, 28 Figures, 3 Attachments

### SUMMARY

Vertical Coal Mill is equipment for grinding and pulverizing coal down to micron size and making it in the form of pulverize or powder used by burners in rotary kilns to produce clinker. This equipment has a Housing section equipped with a Lining Plate to protect against wear and tear. The Housing consists of many segments with similar thickness and material. Materials that are resistant to abrasion and long service life are required to increase operating life. This study aims to determine the extent of the wear of the lining plate and is expected to obtain differences in physical and mechanical properties between wear plates and alternative plates made of composite plates as a consideration for selecting the type of material to increase longer service life. This research was conducted on 3 plate spesimens, namely Hardlite and Everhard C500LE with each test so that a comparison of the test values was obtained. The erosion process caused by gas carrying solid particles that hit the surface of the material occurs on the Lining Plate. The larger and deeper the wear marks formed, the higher the volume of exfoliated material. Tests were carried out in the form of a Chemical Composition Test, Metalographic Observation, Hardness Test and Wear Test. From the test results it can be seen that the Fe-Cr-C hardfacing alloy greatly

affects the hardness value of a material and its wear resistance and is also influenced by its composition and microstructure.

**Keywords:** Lining plate, wear plate,  $M_7C_3$  (Fe-Cr-C), Hardlite, Everhard C500LE

## DAFTAR ISI

TESIS .....	II
HALAMAN PERSETUJUAN .....	I
HALAMAN PERNYATAAN PERSETUJUAN PUBLIKASI .....	X
HALAMAN PERNYATAAN INTEGRITAS .....	XI
KATA PENGANTAR.....	XII
RINGKASAN .....	XIV
SUMMARY .....	XVI
DAFTAR ISI .....	XVIII
DAFTAR GAMBAR .....	XXI
DAFTAR TABEL .....	XXIII
DAFTAR ISTILAH .....	XXIV
DAFTAR LAMBANG.....	XXV
ABSTRACT .....	XXVI
ABSTRAK .....	XXVII
BAB 1 PENDAHULUAN.....	1
1.1 Latar Belakang .....	1
1.2 Rumusan Masalah .....	2
1.3 Ruang Lingkup Penelitian .....	2
1.4 Tujuan Penelitian.....	3
1.5 Manfaat Penelitian.....	3

1.6	Sistematika Penelitian .....	4
1.7	Sistematika Penulisan.....	4
BAB 2 TINJAUAN PUSTAKA.....		6
2.1	Vertical Coal Mill.....	6
2.2	Housing <i>Coal Mill</i> .....	7
2.3	Keausan .....	9
2.3.1	Definisi Keausan dan Penyebabnya.....	9
2.3.2	Klasifikasi dari Mekanisme Keausan ( <i>Wear Mechanism</i> ).....	11
2.3.2.1	Keausan Mekanis, Kimia, dan Termal .....	11
2.3.2.2	Keausan adhesif ( <i>Adhesive wear</i> ) .....	13
2.3.2.3	Keausan Abrasif ( <i>abrasive wear</i> ) .....	13
2.3.2.3	Keausan Lelah ( <i>Fatigue Wear</i> ).....	14
2.3.2.3	Keausan Korosif ( <i>Corrosive Wear</i> ) .....	16
2.4	Klasifikasi Baja .....	17
2.4.1	Baja Karbon ( <i>Carbon Steel</i> ) .....	17
2.4.2	Baja Paduan ( <i>Alloy Steel</i> ) .....	17
2.5	Material Komposit.....	18
2.5.1	Komposit Fibre .....	19
2.5.2	Komposit Partikel .....	19
2.5.3	Komposit Laminasi.....	20
2.6	Pengujian .....	21
2.6.1	Pengujian Tidak Merusak ( <i>Non destructive Test</i> ) .....	21
2.6.2	Pengujian <i>Destructive Test</i> (DT) .....	23
BAB 3 METODOLOGI PENELITIAN.....		32
3.1	Diagram Alir Penelitian.....	32
3.2.	Pengumpulan Data .....	33
3.2.1	Komposisi Material .....	34
3.2.2	Komposisi Material Bahan Batubara.....	35
3.2.3	Parameter operasi.....	36
3.3	Penyiapan Spesimen.....	36
3.3.1	Spesimen <i>Wear Plate ex pemakaian dan baru</i> .....	37
3.3.2	Spesimen <i>Hardlite Plate</i> .....	38
3.3.3	Peralatan yang digunakan .....	39
3.3.4	Identifikasi Komposisi Kimia.....	39
3.3.5	Pengujian Metalografi .....	40
3.3.6	Pengujian Kekerasan .....	42

3.3.7 Pengujian Keausan.....	43
3.4 Analisa Hasil dan Pembahasan.....	45
3.5 Hasil Yang Diharapkan .....	46
BAB 4 HASIL DAN PEMBAHASAN.....	47
4.1 Pengujian Komposisi Kimia (XRF) Bahan Baku.....	47
4.2 Pengujian Metalografi .....	49
4.3 Pengujian Kekerasan .....	55
4.4 Pengujian Keausan .....	57
BAB 5 KESIMPULAN DAN SARAN.....	59
5.1 Kesimpulan.....	59
5.2 Saran.....	59
DAFTAR PUSTAKA` .....	61
LAMPIRAN .....	65
Lampiran 1 - Hasil uji komposisi kimia ( <i>XRF</i> ).....	65
Lampiran 2 - Hasil uji kekerasan Brinell .....	66
Lampiran 3 - Hasil uji keausan.....	67



## DAFTAR GAMBAR

Gambar 2 1.	Sistem aliran material dan gas panas pada Coal Mill untuk menghasilkan batubara dalam bentuk powder .....	7
Gambar 2 2	Lay Out dari Coal Mill.....	8
Gambar 2 3.	Lay Out dari Housing Coal Mill .....	8
Gambar 2 4.	Mekanisme keausan adhesif .....	13
Gambar 2 5.	Mekanisme keausan abrasif oleh pemotongan micro dari permukaan benda bubuk .....	14
Gambar 2 6.	Mekanisme keausan lelah ( <i>Fatigue wear</i> ) .....	14
Gambar 2 7.	Ilustrasi proses pembentukan retakan bawah permukaan melalui pertumbuhan dan rongga penghubung.....	15
Gambar 2 8.	Keausan lelah pada bearing .....	15
Gambar 2 9.	Keausan korosif pada lapisan film yang rapuh .....	16
Gambar 2 10.	Model interaksi antara agen korosif dan permukaan yang aus..	16
Gambar 2 11.	Model composite laminasi.....	20
Gambar 2 12.	Metode impact Charpy .....	31
Gambar 2 13.	Ilustrasi uji impact Charpy .....	31
Gambar 3. 1.	Diagram alir penelitian .....	33
Gambar 3. 2.	Peralatan yang digunakan untuk mengetahui komposisi Batubara (1) Bomb Kalorimete Merk PARR 6200 dan (2) Water Handling PARR 6510 (Lab. Kimia PT. Semen Baturaja tahun 2022) .....	35
Gambar 3. 3.	Tampilan proses produksi penggilingan di Coal Mill di Central Control Room (PNID Diagram) .....	36
Gambar 3. 4.	Vertical Mill Housing dan Lining Plate .....	37
Gambar 3. 5.	Lining Plate aus yang terpasang pada dinding Housing Vertical Mill.....	37
Gambar 3. 6.	Pemasangan Lining Plate baru .....	38
Gambar 3. 7.	Dimensi Hardlite [27].....	38
Gambar 3.7.	Pengambilan data komposisi kimia menggunakan Alat Uji komposisi material Niton XL2 .....	39
Gambar 3.8.	Metode penentuan lokasi area yang diitunjukkan di material benda uji.....	41
Gambar 3.9.	Mikroskop uji makro-mikro di Lab. Teknik Mesin Unsri .....	42
Gambar 3.10.	Skema minimal jarak indentor [29].....	42
Gambar 3.11.	Alat uji kekerasan Torssee Lab. Teknik Mesin UNSRI th.2022	43
Gambar 3.12.	Mesin uji aus Ogoshi di Lab. Teknik Mesin UGM (6 Januari 2022).....	43
Gambar 3.13.	Skema pengujian keausan dengan metode Ogoshi.....	44
Gambar 4.1	Struktur mikro perbesaran 450x pada: (1). Spesimen A, (2). Spesimen B, (3). Spesimen C .....	50
Gambar 4.2	Struktur mikro perbesaran 1000x pada Hardlite.....	52
Gambar 4.3	Mikrograf cahaya optik dari lapisan las besi putih kromium tinggi hipereutektik, 200x, terukir dalam asam besi klorida ....	53

Gambar 4.4	Struktur mikro perbesaran 1000x pada spesimen 2.....	54
Gambar 4.5	Struktur mikro perbesaran 1000x pada spesimen 3.....	54
Gambar 4.6	Spesimen yang diuji kekerasan, Spesimen 1 merupakan permukaan hasil dari hardfacing, Spesimen 2 dan 3 satu jenis material dengan catatan spesimen 3 merupakan material yang sudah digunakan .....	55
Gambar 4.7	Grafik perbandingan nilai kekerasan pada spesimen Hardlite dan Everhard C500LE [36] .....	55
Gambar 4.8	Perbandingan nilai keausan secara rata-rata pada spesimen Hardlite, Everhard C500LE (1) dan (2).....	57

## DAFTAR TABEL

Tabel 2. 1. Pengelompokan dari parameter keausan .....	12
Tabel 2. 2. Sifat khas baja paduan.....	18
Tabel 2. 3. Pedoman penilaian fitur dengan pemeriksaan mikroskopis dan makroskopik menurut ISO17639 .....	26
Tabel 3. 1. Chemical Composition (heat analysis) for Wear Plate Housing Vertical Mill standard from Design equipment (datasheet) .....	34
Tabel 3. 2. Mechanical properties untuk Wear Plate pada Housing Vertical Mill standard berdasarkan standar desain peralatan (datasheet) . .....	34
Tabel 3. 3. Mechanical properties untuk plate komposit pengganti wear plate standard [23].....	34
Tabel 3. 4. Tampilan hasil pengujian sample batubara yang digunakan didalam proses Coal Mill .....	35
Tabel 4 1. Komposisi kimia untuk sample Plate yang diuji.....	47
Tabel 4 2. Nilai Kekerasan VHN Spesimen.....	56
Tabel 4 3. Nilai Pengujian Keausan Ogoshi.....	57

## DAFTAR ISTILAH

Istilah	Penjelasan
<i>Semen</i>	Zat yang digunakan untuk merekat batu, bata, batako, maupun bahan bangunan lainnya..
<i>Vertical Coal Mill</i>	Salah satu peralatan yang kompleks yang digunakan untuk mengurangi ukuran material batubara dengan menggunakan roller.
<i>Lining Plate</i>	Elemen pelindung (dalam bentuk pelat) berfungsi untuk melindungi dinding bagian dalam dari dinding body Vertical Mill.
<i>Wear Plate</i>	Baja dengan kekerasan tinggi, umumnya diatas 370 HB. Sehingga pada kondisi tersebut material mempunyai ketahanan terhadap abrasi.
<i>Wear Resistant</i>	Ketahanan suatu material terhadap keausan
<i>Housing Vertical Coal Mill</i>	Bagian pada peralatan Vertical Mill yang merupakan tempat menempelnya <i>Lining Plate</i> .
<i>Pulverize</i>	Mengurangi ukuran material menjadi debu atau bubuk, seperti dengan menumbuk atau menggiling
<i>Burner pada rotary Kiln</i>	Alat yang digunakan pada rotary kiln dengan fungsi untuk memanaskan rotary kiln dan pembakaran material.
<i>Roller grinding</i>	Bagian dari peralatan Vertical Mill yang berputar berfungsi mengurangi ukuran material.
<i>Clinker</i>	Produk yang dihasilkan oleh Rotary Kiln disuatu pabrik semen

## DAFTAR LAMBANG

Lambang	Nama	Satuan
Cu	Cuprum / tembaga	[%]
Mn	Mangan	[%]
Cr	Cromium	[%]
Si	Silicon	[%]
V	Vanadium	[%]
Ni	Nickel	[%]
Cr	Chromium	[%]
Mo	Molybdenum	[%]
P	Phospor	[%]
Cu	Cuprum	[%]
Fe	Ferro	[%]
C	Carbon	[%]
d	diameter	[m]
Ws	Harga keausan spesifik	[mm <sup>2</sup> /kg]
B	Lebar piringan pengaus	[mm]
Bo	Lebar keausan pada benda uji	[mm]
r	Jari-jari piringan pengaus	[mm]
Po	Gaya tekan pada proses keausan	[kg]
lo	Jarak tempuh pada proses pengausan	[mm]

## Analisa Pemakaian Wear Plate Alternatif Untuk Mengatasi Keausan Pada Vertical Coal Mill

Bertawan<sup>(1)</sup>, Diah Kusuma Pratiwi<sup>(1)</sup>, Agung Mataram<sup>(1)</sup>

<sup>(1)</sup>Jurusan Teknik Mesin, Fakultas Teknik, Universitas Sriwijaya,  
Indralaya 30662, Ogan Ilir, Sumatera Selatan, Indonesia

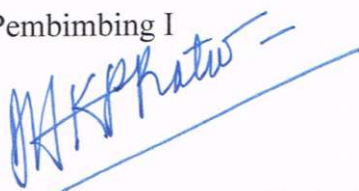
Email: [pratiwidiahkusuma@ft.unsri.ac.id](mailto:pratiwidiahkusuma@ft.unsri.ac.id)

### Abstrak

*Vertical Coal Mill* adalah peralatan untuk menggiling dan menghaluskan batubara hingga berukuran mikron dan menjadikannya dalam bentuk powder digunakan burner pada rotary kiln untuk menghasilkan clinker. VCM memiliki bagian Housing dengan Lining Plate untuk melindungi Housing dari keausan. Housing terdiri dari beberapa segmen dengan ketebalan dan bahan yang yang parah keausannya karena partikel padat pembawa gas yang mengenai permukaan. Material khusus yang tahan terhadap abrasi diperlukan untuk memperluas layanan pengoperasian. Penelitian ini bertujuan untuk mengetahui sifat keausan Hardlite dan Everhard C500LE pada plat lining. Karakterisasi sampel meliputi komposisi, struktur mikro, kekerasan, dan uji keausan. Proses erosi yang disebabkan oleh gas yang membawa partikel padatan yang membentur permukaan material terjadi pada Lining Plate. Semakin besar dan semakin dalam jejak keausan yang terbentuk maka semakin tinggi volume material yang terkelupas. Hasil pengujian menunjukkan bahwa paduan hard-facing Fe-Cr-C berpengaruh nyata terhadap nilai kekerasan suatu material dan ketahanan ausnya. Hasil uji kekerasan menunjukkan rata-rata nilai kekerasan lapisan overlay Hardlite sebesar 703 BHN (N/mm<sup>2</sup>), hampir dua kali lipat dari Everhard C500LE.

**Keyword:** *Lining plate, wear plate, M7C3 (Fe-Cr-C), Hardlite, Everhard C500LE.*

Pembimbing I



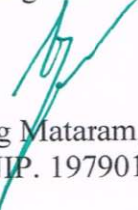
Dr. Ir. Diah Kusuma Pratiwi, MT  
NIP. 196307191990032001

Palembang, 6 Desember 2022  
Pembimbing II



Agung Mataram, S.T., M.T., Ph.D  
NIP. 197901052003121002

Mengetahui,  
Koordinator Program Studi  
Magister Teknik Mesin



Agung Mataram, S.T., M.T., Ph.D  
NIP. 197901052003121002

## Analysis Of Alternative Wear Plate Use To Overcome Wear In Vertical Coal Mill

Bertawan<sup>(1)</sup>, Diah Kusuma Pratiwi<sup>(1)</sup>, Agung Mataram<sup>(1)</sup>

<sup>(1)</sup>Mechanical Engineering Department, Faculty of Engineering, University of Sriwijaya, Indralaya 30662, Ogan Ilir, South Sumatera, Indonesia

Email: [pratiwidiahkusuma@ft.unsri.ac.id](mailto:pratiwidiahkusuma@ft.unsri.ac.id)

### Abstract

Vertical Coal Mill (VCM) is equipment for grinding and pulverizing coal into micron size. Rotary kilns then use the powders as fuel burners. The VCM has a housing section equipped with a lining plate as a wear and tear protector. The housing comprises segments with similar thicknesses and materials that are severe to wear due to gas-carrying solid particles hitting the surface. The specific material resilient to abrasion is required to extend operating services. This study aims to determine the wear properties of Hardlite and Everhard C500LE on the lining plate. Characterization of the samples, including composition, microstructure, hardness, and wear test. Microstructure observation shows that the more extensive and profound the wear marks formed, the higher the volume of exfoliated material. The test results show that the Fe-Cr-C hard facing alloy significantly affects the hardness value of a material and its wear resistance. The hardness test results showed an average Hardlite overlay layer hardness value of 703 BHN (N/mm<sup>2</sup>), almost double that of Everhard C500LE.

**Keywords:** Lining plate, wear plate, M<sub>7</sub>C<sub>3</sub> (Fe-Cr-C), Hardlite, Everhard C500LE.

Supervisor I



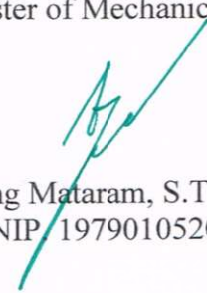
Dr. Ir. Diah Kusuma Pratiwi, MT  
NIP. 196307191990032001

Palembang, 6<sup>th</sup> December 2022  
Supervisor II



Agung Mataram, S.T., M.T., Ph.D  
NIP. 197901052003121002

Approved by,  
Head of Department  
Magister of Mechanical Engineering



Agung Mataram, S.T., M.T., Ph.D  
NIP. 197901052003121002

# **BAB 1**

## **PENDAHULUAN**

### **1.1 Latar Belakang**

Fungsi semen adalah sebagai bahan pengikat (*binder*) serta bersifat adhesive dan cohesive (cementitious). Pada proses pembuatannya secara umum terbagi menjadi 5 tahapan utama yaitu penyediaan bahan baku, penggilingan, proses pembakaran, penggilingan clinker dan bahan ketiga dan proses akhirnya adalah pengemasan dan pengantongan. Bahan baku utama semen adalah batukapur dan tanah liat sedangkan bahan baku penolong dan berfungsi juga sebagai bahan koreksi berupa pasir silika, dan pasir besi, dan pada proses penggilingan akhirnya sebagai bahan korektifnya berupa gypsum dan sering ditambahkan pozzoland dan *flyash* Batubara dengan kadar tertentu sesuai standar yang telah ditentukan. Proses pembakaran mempergunakan bahan bakar batubara dengan dihaluskan hingga 200-300 mesh di *Vertical Coal Mill* yang kemudian ditembakkan ke tanur putar (*rotary kin*) untuk menghasilkan bahan setengah jadi berupa *clinker*.

Perkembangan industri menuntut adanya inovasi dan efisien dalam proses operasi. Perkembangan ilmu pengetahuan dan teknologi terutama pada bidang material dirasakan kemajuannya dengan sangat pesat. Sehingga di butuhkan pemikiran-pemikiran bagaimana cara untuk melakukan peningkatan kualitas material baik produknya sendiri maupun pemakaian material yang tepat untuk membuat produk itu sendiri sehingga dengan tujuan untuk menekan biaya produksi dengan demikian diharapkan perusahaan dapat bertahan dan berkembang untuk melanjutkan keberlangsungannya. Pemeliharaan dilakukan secara rutin dan non rutin sehingga bisa menjaga performa peralatan dapat beroperasi secara maksimal dan sesuai dengan rencana. Seringkali kerusakan pada peralatan terjadi pada waktu yang tidak bisa diperkirakan, sehingga adanya pemeliharaan dapat mengurangi terjadinya permasalahan breakdown pada peralatan dan produksi bisa berproduksi secara maksimal.



Pada beberapa peralatan yang menggunakan sparepart habis pakai seperti *hammer crusher*, *Grate plate* pada *Grate Cooler*, *Lining Plate* pada *Vertical Mill* dan *Tube Mill* dan lain-lain memerlukan material yang handal dan tahan terhadap keausan yang diakibatkan oleh gesekan antara material yang diproduksi dengan yang melewatinya beserta unsur penyerta lainnya. Pada industri semen penggunaan material dengan ketahanan aus yang tinggi sangat membantu operasional perusahaan karena dengan hal tersebut dapat mengurangi biaya pemeliharaan baik biaya jasa ataupun sparepartnya. Penggunaan lining plate pada *Vertical Mill* dipasang dengan beberapa segmen dengan tujuan untuk mempermudah pemasangan, walaupun membutuhkan biaya dan waktu yang tidak sedikit. Sehingga sangat membutuhkan efektifitas dan laju keausan yang rendah untuk mengurangi biaya pemeliharaan. Berdasarkan beberapa hal tersebut di atas, diajukan proposal penelitian ini untuk mengetahui sejauh mana keausan dari lining plate tersebut disamping itu diharapkan mendapatkan perbedaan sifat fisik dan mekanik antara wear plate dan plate alternatif yang dibuat dari plat komposit (*composite plate*) menjadi pertimbangan pemilihan jenis material tersebut yang mempunyai umur pakai yang lebih panjang.

## **1.2 Rumusan Masalah**

Keausan pada *Lining Plate* pada *Coal Mill* menyebabkan umur yang pendek sehingga memerlukan penelitian yang terukur sehingga dapat diperoleh spesifikasi material yang lebih tepat untuk peralatan di *Vertical Coal Mill* untuk mengurangi, mencegah dan memperlambat keausan yang terjadi sehingga meminimumkan total biaya yang dikeluarkan pada pemeliharaan pabrik.

## **1.3 Ruang Lingkup Penelitian**

Agar pembahasan dalam Tesis ini tidak jauh dari tujuan penelitian yang dilakukan sehingga lebih terarah dan terfokus, maka disusunlah beberapa batasan penelitian dalam penulisannya, antara lain:

1. *Wear Plate* yang digunakan sebagai data awal sesuai spesifikasi awal *BS EN 10029* pada *Housing Vertical Coal Mill*
2. *Composite Plate* sebagai material pengganti, bahan overlay dan diproduksi dalam lapisan tunggal yaitu material *Hardlite*
3. Pengujian yang dilakukan adalah pengujian komposisi kimia bahan baku, pengujian metalografi, pengujian kekerasan, pengujian keausan sehingga bisa membandingkan material wear plate tersebut terhadap keausan yang terjadi pada housing *Coal Mill*
4. Kondisi pengujian pada kondisi temperature ambient
5. Metode penelitian dengan studi literature dan hasil pengujian material.

#### **1.4 Tujuan Penelitian**

Tesis ini Mempunyai tujuan sebagai berikut:

1. Memahami sifat mekanik dan fisik wear plate Everhard yang merupakan material sebelum dan setelah penggantian dengan menggunakan material *Hardlite*.
2. Mengkaji hubungan kekerasan material terhadap ketahanan aus
3. Menganalisa penggunaan material wear plate yang tepat untuk *Vertical Coal Mill* dengan mempertimbangkan biaya yang effesien.

#### **1.5 Manfaat Penelitian**

Penelitian ini memiliki beberapa manfaat antara lain:

- a. Penyelesaian masalah pemeliharaan pada *housing Vertical Coal Mill* menjadikan penulis mendapatkan pengetahuan dan pengalaman baru.
- b. Menjadi acuan bagi pihak terkait untuk pemeliharaan *Vertical Mill* yang efektif.
- c. Menjadi acuan bagi pihak terkait untuk penelitian di *Vertical Mill*.
- d. Mendapatkan informasi terkait penyebab keausan pada *housing Coal Mill*

- e. Menjadi dasar bagi pihak manajemen dalam pengambilan keputusan/kebijakan.

## **1.6 Sistematika Penelitian**

Penelitian ini berdasarkan beberapa sistematika antara lain:

- a. Survei lapangan untuk pengumpulan data.
- b. Studi literatur
- c. Pengujian laboratorium

## **1.7 Sistematika Penulisan**

Penyajian tesis ini dibagi dalam beberapa bab untuk mempermudah mendapatkan informasi yang dibutuhkan, serta menunjukkan penyelesaian pekerjaan yang sistematis. Pembagian bab tersebut adalah sebagai berikut :

### **BAB I. Pendahuluan**

Bab ini berisi tentang latar belakang, identifikasi permasalahan, rumusan masalah, tujuan penelitian, ruang lingkup dan sistematika penulisan.

### **BAB II. Tinjauan Pustaka**

Bab ini memuat teori yang menjadi dasar pengetahuan yang digunakan dalam menyusun tesis berdasarkan fungsi peralatan *Coal Mill*, teori tentang keuasan, jenis-jenis material baja serta pengujian material yang berkaitan dengan tesis.

### BAB III. Metodologi Penelitian

Pada bab ini diuraikan mengenai Menjelaskan mengenai diagram alir penelitian, metode penelitan, parameter penelitian, rincian kerja prosedur penelitian, serta alat dan bahan yang digunakan.

### BAB IV. Hasil dan Pembahasan

Berisi tentang memaparkan dan menganalisis data-data yang didapatkan dari hasil pengujian.

### BAB V. Saran dan Kesimpulan

Menjelaskan mengenai kesimpulan akhir penelitian dan saran-saran yang direkomendasikan berdasarkan pengalaman di lapangan untuk perbaikan proses pengujian selanjutnya.

## DAFTAR PUSTAKA`

- [1] Thyssenkrupp, “Polysius Rolles Mills For grinding Polysius tk.”
- [2] S. . Tabor, David, “Friction and wear,” *Frict. Lubr. Wear*, vol. 1, no. 3, pp. 184–185, 1968, doi: 10.1016/S0041-2678(68)80541-X.
- [3] M. Tontu, “An investigation of performance characteristics and energetic efficiency of vertical roller coal mill,” *Int. J. Coal Prep. Util.*, vol. 00, no. 00, pp. 1–15, 2020, doi: 10.1080/19392699.2020.1799200.
- [4] A. Hylén et al., “Understanding wear mechanisms – the application technology behind WR-Steel ®,” pp. 1–16, 2020.
- [5] K. Kato, “Classification of wear mechanisms / models,” *wear Mech.*, vol. 216, no. October 2001, p. 8579, 2002.
- [6] R. G. Bayer, “Fundamentals of Wear Failures,” *Mach. Prod. Eng.*, vol. 116, no. 2986, pp. 169–174, 1970.
- [7] S. C. Lim and M. F. Ashby, “Overview No. 55 Wear-Mechanism maps,” *Acta Metall.*, vol. 35, no. 1, pp. 1–24, 1987, doi: 10.1016/0001-6160(87)90209-4.
- [8] S. K. Biswas, *Wear, Materials, Mechanism and Practice*. John Wiley & Sons, Ltd, 2005.
- [9] “Fatigue,” in *Engineering Tribology*, pp. 657–679.
- [10] H. Wiryosumarto and T. Okumura, *Teknologi Pengelasan Logam*, vol. 8. 2000.
- [11] J. Carvill, “Mechanical Engineer’s Data Handbook,” p. 634, 2003.
- [12] F. Cardanelli, *Materials Handbook*, 2nd ed. Springer-Verlag London Limited, 2014.
- [13] ISO 17639:2003(E), “Destructive tests on welds in metallic materials - Macroscopic and microscopic examination of welds,” 61010-1 © Iec2001, vol. 1, p. 13, 2003.
- [14] ASTM E112 - 10, “Standard Test Methods for Determining Average Grain Size,” *Astm E112-10*, vol. 96, no. 2004, pp. 1–27, 2010, doi: 10.1520/E0112-10.Copyright.
- [15] Jenney and O’Brien, *Welding Handbook*, vol. 1. 2001.

- [16] A. O. Brien, *Welding Handbook*, vol. 4. 2011.
- [17] ASTM, “ASTM E10-12: Standard Test Method for Brinell Hardness of Metallic Materials,” *Annu. B. ASTM Stand.*, no. June, pp. 1–32, 2014.
- [18] ASTM-E92, “Standard Test Method for Vickers Hardness of Metallic Materials 1,” vol. 82, no. Reapproved 1997, pp. 1–2, 1997.
- [19] ASTM-E18, “ASTM E18 – 16 Standard Test Methods for Rockwell Hardness of Metallic Materials,” *Am. Soc. Test. Mater.*, vol. 16, pp. 1–38, 2016, doi: 10.1520/E0018-16.
- [20] H. Antara and S. L. Dan, “Karakteristik Komposit Partikel Arang Kayu Ulin Bermatrik Epoxy Sebagai Ssalah Satu Alternatif Pengganti Kampas Rem dengan Fraksi Volume 25%, 35%, 45%,” *J. Ilm. Tek. Mesin*, vol. 25, no. Lmx, 2017.
- [21] G. P. Description and M. Properties, “Hardox ® 500,” 2019.
- [22] J. S. Corporation, “EVERHARD Abrasion-Resistant Steel Plate,” *Everhard Abrasion Resist. Steel Plate*, p. 2, 2009.
- [23] Welding alloys group, “Composite wear plates Composite wear plates Standard thicknesses,” *Compos. Wear Plate*, 2006.
- [24] A. ASTM E3-01, “Standard Guide for Preparation of Metallographic Specimens Standard Guide for Preparation of Metallographic Specimens 1,” *AStandard Guid. Prep. Metallogr. Specimens*, vol. E3–01, pp. 1–12, 2001.
- [25] M. Dartta, “Studi Pengaruh Kombinasi Komposisi 0.02 wt.% Sr dan 0.055, 0.078, dan 0.087 wt.% Ti Terhadap Ketahanan Aus Paduan Aluminium AC4B,” *J. Ilm. Tek. Mesin*, 2010.
- [26] R. Nunes, I. Adams, J.H(Eagle-Picher Industries, A. M. (Martin M. E. Systems), H. S. (Consulting E. Avery, and Etc., *ASM Handbook, Volume 2, Properties and Selection: Nonferrous Alloys and Special Purpous Materials*. 1990.
- [27] D. G. EPRI Project manager, “Carbon Steel Handbook,” vol. 3, no. 3, 2007.
- [28] Welding alloys group, “Hard lite <sup>TM</sup>,” no. 1, 2016.
- [29] S. D. Sun et al., “Microstructure, abrasive wear and corrosion

- characterisation of laser metal deposited Fe-30Cr-6Mo-10Ni-2.2C alloy,” *Wear*, vol. 438–439, no. September, p. 203070, 2019, doi: 10.1016/j.wear.2019.203070.
- [30] Y. Li, M. Gong, K. Wang, P. Li, X. Yang, and W. Tong, “Diffusion behavior and mechanical properties of high chromium cast iron/low carbon steel bimetal,” *Mater. Sci. Eng. A*, vol. 718, no. December 2017, pp. 260–266, 2018, doi: 10.1016/j.msea.2018.01.111.
- [31] C. M. Chang, C. C. Hsieh, C. M. Lin, J. H. Chen, C. M. Fan, and W. Wu, “Effect of carbon content on microstructure and corrosion behavior of hypereutectic Fe-Cr-C claddings,” *Mater. Chem. Phys.*, vol. 123, no. 1, pp. 241–246, 2010, doi: 10.1016/j.matchemphys.2010.04.003.
- [32] K. Abdel-Aziz, M. El-Shennawy, and A. A. Omar, “Microstructural characteristics and mechanical properties of heat treated high-cr white cast iron alloys,” *Int. J. Appl. Eng. Res.*, vol. 12, no. 14, pp. 4675–4686, 2017.
- [33] ASM International, *ASM handbook volume 3: Alloy phase diagrams*. 1998.
- [34] T. C. S. Imurai, CH. Thanachayanont, J.T.H. Pearce, “Microstructure and Erosion-Corrosion Behavior of AS-Cast High Chromium White Irons Containing Molibdenum in Aqueous Sulfuric-Acid Slurry,” vol. 60, 2015, doi: 10.1515/amm-2015-0230.
- [35] G. D. Nelson, G. L. F. Powell, and V. M. Linton, “Investigation of the wear resistance of high chromium white irons,” *Proc. 19th Int. Conf. Surf. Modif. Technol.*, vol. 2006, pp. 111–118, 2006.
- [36] Mgr inŜ. Łukasz Konat, “Spis treŝ ci,” *Struct. Prop. Hardox Steel Their Appl. Possiblities under Cond. Abras. Wear Dyn. Loads*, pp. 1–24, 2016.
- [37] International Standard Organisation, “ISO 18265:2003 (E) Metallic materials-Conversion of hardness values.” ISO Copyright Office, Geneva, p. 11, 2003.
- [38] W. D. Callister, “Materials science and engineering: An introduction (2nd edition),” *Mater. Des.*, vol. 12, no. 1, p. 59, 1991, doi: 10.1016/0261-3069(91)90101-9.

- [39] K. Abdel-aziz and A. A. Omar, “Microstructural Characteristics and Mechanical Properties of Heat Treated High-Cr White Cast Iron Alloys,” vol. 12, no. 14, pp. 4675–4686, 2017.