

**STUDI AWAL PENGARUH KOMPOSISI FILLER PELAPISAN  
KERAMIK PADA BAJA TERHADAP KETAHANAN  
FOULING DENGAN METODE SLURRY COATING**

**TUGAS AKHIR**

**WURI HANDAYANI  
123.16.013**



**PROGRAM STUDI TEKNIK METALURGI  
FAKULTAS TEKNIK DAN DESAIN  
INSTITUT TEKNOLOGI DAN SAINS BANDUNG  
KOTA DELTAMAS  
2020**

**STUDI AWAL PENGARUH KOMPOSISI FILLER PELAPISAN  
KERAMIK PADA BAJA TERHADAP KETAHANAN  
FOULING DENGAN METODE SLURRY COATING**

**TUGAS AKHIR**

**WURI HANDAYANI  
123.16.013**

Diajukan Sebagai Salah Satu Syarat Untuk Mendapatkan Gelar Sarjana Teknik Pada  
Program Studi Teknik Metalurgi



**PROGRAM STUDI TEKNIK METALURGI  
FAKULTAS TEKNIK DAN DESAIN  
INSTITUT TEKNOLOGI DAN SAINS BANDUNG  
KOTA DELTAMAS  
2020**

## HALAMAN PERNYATAAN ORISINALITAS

**Tugas Akhir ini adalah hasil karya saya sendiri,  
dan semua sumber baik yang dikutip maupun dirujuk  
telah saya nyatakan dengan benar.**

**Nama : WURI HANDAYANI**

**NIM : 123.16.013**

**Tanda Tangan : **

**Tanggal : 28 Agustus 2020**

**STUDI AWAL PENGARUH KOMPOSISI FILLER PELAPISAN  
KERAMIK PADA BAJA TERHADAP KETAHANAN  
FOULING DENGAN METODE SLURRY COATING**

**TUGAS AKHIR**

**WURI HANDAYANI  
123.16.013**

Diajukan Sebagai Salah Satu Syarat Untuk Mendapatkan Gelar Sarjana Teknik Pada  
Program Studi Teknik Metalurgi

Menyetujui,

Kota Deltamas, 28 Agustus 2020

Dosen Pembimbing P2MM-LIPI

Dosen Pembimbing ITSB



Dr. Efendi, S.T., M.T.  
NIP. 197001051996031002



Prof. Ir. Syoni Soepriyanto, M.Sc., Ph.D.  
NIP. 195203181976031001

Mengetahui,

Ketua Program Studi Teknik Metalurgi



Dr. Eng. Akhmad Ardian Korda, S.T., M.T.  
NIP. 197412042008011011

## KATA PENGANTAR

Penulis bersyukur atas kehadiran Allah SWT yang telah menganugerahi segala kepandaian, kesehatan, dan kelancaran, sehingga dapat terselesaikan Tugas Akhir yang berjudul *Studi Awal Pengaruh Komposisi Filler Pelapisan Keramik Pada Baja Terhadap Ketahanan Fouling Dengan Metode Slurry Coating*. Penelitian ini merupakan kolaborasi dengan Lembaga Ilmu Pengetahuan Indonesia (LIPI), tepatnya berlokasi di Pusat Penelitian Metalurgi dan Material (P2MM). Tugas Akhir yang tertuang dalam laporan ini adalah salah satu persyaratan dalam mendapatkan gelar Sarjana Teknik pada program studi Teknik Metalurgi Institut Teknologi dan Sains Bandung (ITSB).

Penyusunan laporan Tugas Akhir ini tidak lepas dari bimbingan, bantuan, dan dukungan banyak pihak. Untuk itu ucapan terima kasih yang tulus sebagai bentuk penghargaan dan rasa hormat secara khusus ditujukan kepada:

1. Ibu, Bapak, kakak-kakak penulis, dan seluruh keluarga yang senantiasa mendoakan dan tak kenal lelah telah memberikan dukungan baik secara moral maupun materil yang tiada tara.
2. Dr. Efendi, S.T., M.T. selaku Pembimbing atas kesempatan, fasilitas, dan panduan yang diberikan kepada penulis dalam melaksanakan penelitian Tugas Akhir di P2MM-LIPI.
3. Yulinda Lestari, S.T, M.T. yang senantiasa bersedia meluangkan waktu, tenaga, pikiran, serta panduan selama proses penelitian berlangsung di P2MM-LIPI.
4. Prof. Ir. Syoni Soepriyanto, M.Sc., Ph.D. selaku Wakil Rektor Bidang Akademik & Kemahasiswaan serta Dosen Pembimbing atas masukan dan bantuannya dalam penyelesaian Tugas Akhir juga selama proses perkuliahan.
5. Dr. Eng. Akhmad Ardian Korda, S.T., M.T. selaku Ketua Program Studi Teknik Metalurgi ITSB yang kerap memotivasi.
6. M. Wildanil Fathoni, S.T., M.T., Andrie Harmaji, S.T., M.T., Ir. Karyanto Herlambang, M.T., Ir. Soleh Wahyudi, M.T., serta

seluruh Dosen Teknik Metalurgi ITSB atas jasa-jasa dalam mendidik juga membantu kegiatan kemahasiswaan.

7. Bu Murni, Bu Rahmanisa, Pak Chandra, Pak Joko, Pak Toat, Pak Syaiful, Bu Inti dan segenap pihak yang telah meluangkan waktu membantu kelancaran selama penelitian dan memberikan ilmu selama berada di P2MM-LIPI.
8. Pradipta Dwi Briyantama, S.T. selaku *supporting system* penulis yang tulus selalu ada serta memberikan bantuan, motivasi, saran dan kritik yang membangun selama penulis menjalani perkuliahan dan kegiatan tugas akhir, hingga saat ini. Sehingga menjadi semangat penulis untuk segera menyelesaikan tugas akhir tepat waktu ditengah pandemi Covid-19.
9. Teman-teman seperjuangan TMM 16 yang telah memberikan dukungan, kerjasama, dan kenangan selama masa perkuliahan.
10. Seluruh masa HIMATAMA ITSB atas doa, dukungan, dan pengalaman berharga selama 4 tahun.
11. Pihak yang tidak disebutkan namun tidak luput dari rasa terimakasih penulis atas bantuannya baik secara langsung maupun tidak langsung.

Penulis sangat mengharapkan kritik dan saran yang bersifat membangun kepada para pembaca. Semoga laporan ini dapat menambah wawasan dan memberikan manfaat bagi semua pihak.

Jakarta, 28 Agustus 2020

Penulis

## HALAMAN PERNYATAAN PERSETUJUAN PUBLIKASI TUGAS AKHIR UNTUK KEPENTINGAN AKADEMIS

Sebagai sivitas akademik Institut Teknologi dan Sains Bandung, saya yang bertanda tangan di bawah ini:

Nama : Wuri Handayani  
NIM : 123.16.013  
Program Studi : Teknik Metalurgi  
Fakultas : Teknik dan Desain  
Jenis karya : Tugas Akhir

demikian demi pengembangan ilmu pengetahuan, menyetujui untuk memberikan kepada Institut Teknologi dan Sains Bandung **Hak Bebas Royalti Noneksklusif (*Non-exclusive Royalty-Free Right*)** atas karya ilmiah saya yang berjudul:

*“Studi Awal Pengaruh Komposisi Filler Pelapisan Keramik Pada Baja Terhadap Ketahanan Fouling Dengan Metode Slurry Coating”*

beserta perangkat yang ada (jika diperlukan). Dengan Hak Bebas Royalti Noneksklusif ini Institut Teknologi dan Sains Bandung berhak menyimpan, mengalihmedia/formatkan, mengelola dalam bentuk pangkalan data (database), merawat, dan mempublikasikan tugas akhir saya selama tetap mencantumkan nama saya sebagai penulis/pencipta dan sebagai pemilik Hak Cipta. Demikian pernyataan ini saya buat dengan sebenarnya.

Dibuat di : Jakarta  
Pada tanggal : 28 Agustus 2020  
Yang menyatakan

Wuri Handayani

## DAFTAR ISI

HALAMAN PERNYATAAN ORISINALITAS .....	ii
KATA PENGANTAR.....	iv
LEMBAR PERSETUJUAN PUBLIKASI KARYA ILMIAH .....	vi
RINGKASAN .....	vii
ABSTRACT .....	viii
DAFTAR ISI .....	ix
DAFTAR TABEL.....	xi
DAFTAR GAMBAR .....	xii
DAFTAR LAMPIRAN .....	xiii
BAB I PENDAHULUAN .....	1
1.1. Latar Belakang.....	1
1.2. Tujuan Penelitian .....	3
1.3. Ruang Lingkup.....	3
1.4. Metodologi Penelitian .....	4
1.5. Sistematika Penelitian.....	5
BAB II TINJAUAN PUSTAKA.....	6
2.1. Deposisi <i>Fouling</i> .....	6
2.2. Korosi pada Lingkungan PLTU .....	7
2.3. Lapisan Pelindung ( <i>Coating</i> ) .....	10
2.4. Metode <i>Coating</i> .....	10
2.4.1. <i>Slurry Spray Technique</i> .....	10
2.4.2. <i>Brush Painting</i> .....	12
2.5. Material <i>Coating</i> .....	12
2.5.1. Material Binder .....	12
2.5.2. Material Aditif.....	12
2.5.3. Material Solvent.....	13
2.5.4. Material Filler .....	13
2.6. Macam-macam Material Filler Anti-fouling .....	13
2.6.1. Zirkonia sebagai Material Filler .....	13
2.6.2. Boron Nitrida sebagai Material Filler .....	14



2.6.3.	Molibdenum Disulfida sebagai Material Filler .....	15
2.6.4.	Graphite sebagai Material Filler .....	16
2.7.	Scanning Electron Microscope- <i>Energy Dispersive X-Ray Spectroscopy</i> (SEM-EDS).....	17
2.8.	<i>State of The Art</i> (Penelitian Sebelumnya) .....	18
BAB III PROSEDUR DAN HASIL PERCOBAAN .....		20
3.1.	Prosedur Percobaan .....	20
3.1.1.	Persiapan Spesimen Uji .....	21
3.1.2.	Persiapan <i>Slurry</i> .....	23
3.1.3.	Proses <i>Coating</i> .....	24
3.1.4.	Proses Pengujian .....	24
3.2.	Hasil Percobaan .....	26
3.2.1.	Hasil Pengujian SEM .....	26
3.2.2.	Hasil Pengujian EDS.....	28
3.2.3.	Hasil Pengujian Ketebalan <i>Cross Section</i> .....	29
BAB IV PEMBAHASAN.....		30
4.1.	Analisis Morfologi dan Komposisi Permukaan Lapisan .....	30
4.2.	Analisis Ketebalan Lapisan .....	33
4.3.	Analisis Sifat <i>Thermal Shock</i> .....	34
4.4.	Analisis Ketahanan <i>Fouling</i> .....	37
BAB V KESIMPULAN DAN SARAN .....		41
5.1	Kesimpulan.....	41
5.2	Saran.....	41
DAFTAR PUSTAKA .....		43
LAMPIRAN .....		47

## DAFTAR TABEL

Tabel 3.1 Komposisi kimia substrat baja berdasarkan hasil uji Spark-OES ....	21
Tabel 3.2 Standar Komposisi Baja AISI 1005 .....	22
Tabel 3.3 Komposisi Slurry menurut Wang et al, 2017 .....	23
Tabel 3.4 Komposisi Slurry Campuran ZrO <sub>2</sub> -BN .....	23
Tabel 3.5 Komposisi Slurry Campuran ZrO <sub>2</sub> -MoS <sub>2</sub> .....	23
Tabel 3.6 Komposisi Slurry Campuran ZrO <sub>2</sub> -Grafit.....	23
Tabel 3.7 Komposisi Slurry Campuran ZrO <sub>2</sub> -BN-MoS <sub>2</sub> -Grafit .....	24
Tabel 3.8 Hasil EDS Komposisi Unsur pada Ceramic Coating.....	29
Tabel 3.9 Hasil EDS Komposisi Unsur pada Ceramic Coating Setelah Uji Thermal Shock .....	29
Tabel 3.10 Hasil EDS Komposisi Unsur pada Ceramic Coating Setelah Uji Fouling .....	29
Tabel 4.1 Hasil EDS Komposisi Unsur pada Ceramic Coating.....	32
Tabel 4.2 Hasil EDS Komposisi Unsur pada Ceramic Coating Setelah Uji Thermal Shock .....	36
Tabel 4.3 Nilai Koefisien Termal Ekspansi tiap Partikel .....	37

## DAFTAR GAMBAR

Gambar 1.1 Metodologi Penelitian.....	4
Gambar 2.1 Shell dan tube boiler yang terdapat fouling (Bott, 1995).....	7
Gambar 2.2 Skema pembentukan fouling pada superheater tube (Wright dkk, 2014).....	9
Gambar 2.3 Tahap pelapisan metode slurry spraying (Nguyen, 2007).....	11
Gambar 2.4 Morfologi partikel ZrO <sub>2</sub> dan Lapisan ZrO <sub>2</sub> (Sachin, 2014).....	14
Gambar 2.5 Morfologi partikel BN (Parucker, 2013).....	15
Gambar 2.6 Morfologi partikel MoS <sub>2</sub> (Parucker, 2013).....	15
Gambar 2.7 Morfologi partikel Grafit (Parucker, 2013).....	16
Gambar 2.8 Komponen Scanning Electron Microscope.....	17
Gambar 2.9 Hasil Pengujian SEM (a) baja yang tidak di-coating (b) baja yang di-coating setelah uji anti-fouling (Nguyen dkk, 2018).....	18
Gambar 2.10 Hasil Pengujian SEM setelah uji anti-fouling pada substrat yang tidak di-coating ((a) x100 (b) x1000) dan substrat yang di-coating ((c) x1000 (d) x5000) (Wang, 2017).....	19
Gambar 3.1 Prosedur Percobaan.....	20
Gambar 3.2 Pemotongan spesimen dengan Wire Cutting Tools.....	22
Gambar 3.3 Persiapan permukaan spesimen dengan sand blasting.....	22
Gambar 3.4 Mesin Pengujian SEM-EDS di P2MM-LIPI.....	25
Gambar 3.5 Morfologi Ceramic Coating Pembesaran 300x pada sampel (a) 3ZB; (b) ZB; (c) ZB3; (d) ZM3; (e) ZC3; (f) ZA3.....	27
Gambar 3.6 Morfologi Ceramic Coating Setelah Uji Thermal Shock Pembesaran 300x pada sampel (a) 3ZB; (b) ZB; (c) ZB3; (d) ZM3; (e) ZC3; (f) ZA3.....	27
Gambar 3.7 Morfologi Ceramic Coating Setelah Uji Fouling Pembesaran 300x pada sampel (a) 3ZB; (b) ZB; (c) ZB3; (d) ZM3; (e) ZC3; (f) ZA3.....	28
Gambar 4.1 Morfologi permukaan coating perbesaran 300x pada sampel (a) 3ZB; (b) ZB; (c) ZB3; (d) ZM3; (e) ZC3; (f) ZA3.....	30
Gambar 4.2 Pengaruh Jenis Filler terhadap Ketebalan Lapisan.....	33
Gambar 4.3 Pengaruh Komposisi Filler terhadap Ketebalan Lapisan.....	34
Gambar 4.4 Morfologi permukaan coating setelah uji thermal shock perbesaran 300x pada sampel (a) 3ZB; (b) ZB; (c) ZB3; (d) ZM3; (e) ZA3; (f) ZC3.....	35
Gambar 4.5 Morfologi permukaan spesimen tanpa coating setelah uji fouling.....	38
Gambar 4.6 Skema terjadinya hot corrosion (Pettit, 2011).....	38
Gambar 4.7 Morfologi permukaan coating setelah uji fouling perbesaran 300x pada sampel (a) 3ZB; (b) ZB; (c) ZB3; (d) ZM3; (e) ZA3; (f) ZC3.....	39
Gambar 4.8 Hasil EDS Komposisi Unsur Na dan S pada Ceramic Coating Setelah Uji Fouling.....	40

## DAFTAR LAMPIRAN

Lampiran A Pencitraan SEM Permukaan Ceramic Coating .....	48
Lampiran B Hasil EDS & Mapping Permukaan Ceramic Coating .....	49
Lampiran C Metalografi Ketebalan Lapisan .....	53
Lampiran D Penampakan SEM Permukaan Lapisan Setelah Uji Thermal Shock .....	54
Lampiran E Hasil EDS & Mapping Permukaan Lapisan Setelah Uji Thermal Shock.....	55
Lampiran F Penampakan SEM Permukaan Lapisan Setelah Uji Fouling .....	57
Lampiran G Hasil EDS & Mapping Permukaan Lapisan Setelah Uji Fouling ..	58