

STUDI KASUS DI PT X
ANALISA PENYEBAB UNSUR PHOSFOR *OUTSPEC*
PADA PROSES PELEBURAN BAJA SUP11AM
DI DAPUR EAF

SKRIPSI



DISUSUN OLEH:

NAMA : NENGAH DARMAWAN
NIM : 2111917

PROGRAM STUDI TEKNIK MESIN S-1
FAKULTAS TEKNOLOGI INDUSTRI
INSTITUT TEKNOLOGI NASIONAL MALANG
2022

STUDI KASUS DI PT X
ANALISA PENYEBAB UNSUR PHOSFOR *OUTSPEC*
PADA PROSES PELEBURAN BAJA SUP11AM
DI DAPUR EAF

SKRIPSI



DISUSUN OLEH:

NAMA : NENGAH DARMAWAN
NIM : 2111917

PROGRAM STUDI TEKNIK MESIN S-1
FAKULTAS TEKNOLOGI INDUSTRI
INSTITUT TEKNOLOGI NASIONAL MALANG
2022

STUDI KASUS DI PT X
ANALISA PENYEBAB UNSUR PHOSFOR *OUTSPEC*
PADA PROSES PELEBURAN BAJA SUP11AM
DI DAPUR EAF

SKRIPSI

Diajukan sebagai salah satu syarat untuk memperoleh gelar Sarjana Teknik (ST)
Jurusan Teknik Mesin

DISUSUN OLEH:

NAMA : NENGAH DARMAWAN
NIM : 2111917

PROGRAM STUDI TEKNIK MESIN S-1
FAKULTAS TEKNOLOGI INDUSTRI
INSTITUT TEKNOLOGI NASIONAL MALANG
2022

LEMBAR PENGESAHAN
Skripsi
STUDI KASUS DI PT X
ANALISA PENYEBAB UNSUR PHOSFOR OUTSPEC
PADA PROSES PELEBURAN BAJA SUP11AM
DI DAPUR EAF



DISUSUN OLEH :

NAMA : NENGAH DARMAWAN
NIM : 2111917

Malang, 22 Desember 2022

Diperiksa / Disetujui

Dosen Pembimbing I

A blue ink signature of Dr. J Komang Astana Widi, ST., MT.

Dr. J Komang Astana Widi, ST., MT.

NIP.Y. 1030400405

Dosen Pembimbing II

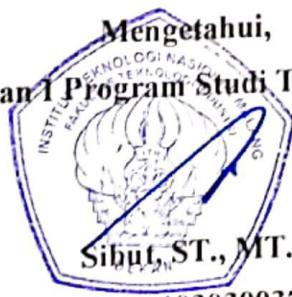
A blue ink signature of Bagus Setyo Widodo, ST., M.MT.

Bagus Setyo Widodo, ST., M.MT.

NIP.P. 1032100599

Mengetahui,

Wakil Dekan I Program Studi Teknik Mesin S-1



Sibut, ST., MT.

NIP.Y. 1030300379



PT BNI (PERSERO) MALANG
BANK NIAGA MALANG

PERKUMPULAN PENGELOLA PENDIDIKAN UMUM DAN TEKNOLOGI NASIONAL MALANG
INSTITUT TEKNOLOGI NASIONAL MALANG
FAKULTAS TEKNOLOGI INDUSTRI
FAKULTAS TEKNIK SIPIL DAN PERENCANAAN
PROGRAM PASCASARJANA MAGISTER TEKNIK

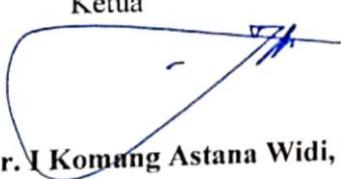
Kampus I, Jl. Bendungan Sigura-gura No 2 Telp (0341) 551431 (Hunting), Fax. (0341) 553015 Malang 65145
Kampus II, Jl. Raya Karanglo, Km 2 Telp (0341) 417636 Fax (0341) 417634

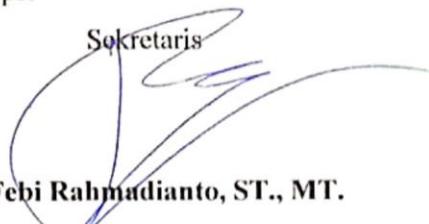
BERITA ACARA UJIAN SKRIPSI
FAKULTAS TEKNOLOGI INDUSTRI

Nama : Nengah Darmawa
NIM : 21.11.917
Jurusan / Bidang : Teknik Mesin S-1.
Judul Skripsi : Studi Kasus di PT X Analisa Penyebab Unsur Phosfor
Outspec pada Proses Peleburan Baja SUP11AM di Dapur
EAF.

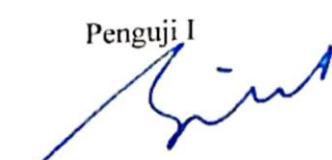
Dipertahankan dihadapan Tim Penguji Skripsi Jenjang Strata Satu (S-1) pada:
Hari/Tanggal : Kamis /22 Desember 2022
Dengan Nilai : 81,55

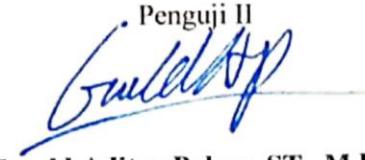
Panitia Pengujian Skripsi

Ketua

Dr. I Komang Astana Widi, ST.,MT.
NIP.Y. 1030400405

Sekretaris

Febi Rahmadianto, ST., MT.
NJP. P. 1031500490

Anggota Penguji

Pengaji I

Sibut, ST., MT.
NIP. Y. 1030300379

Pengaji II

Gerald Adityo Pohan, ST., M.Eng.
NIP. P. 1031500492

PERNYATAAN KEASLIAN TULISAN

Saya yang bertanda tangan di bawah ini :

Nama : Nengah Darmawan

NIM : 2111917

Mahasiswa Jurusan Teknik Mesin S-1, Fakultas Teknologi Industri, Institut
Teknologi Nasional Malang.

Menyatakan

Bahwa tulisan skripsi yang saya buat ini adalah hasil karya saya sendiri dan bukan
hasil dari karya orang lain, kecuali kutipan yang telah disebutkan sumbernya.

Demikian surat pernyataan keaslian saya buat dengan data yang sebenarnya.

Malang, 22 Desember 2022



Nengah Darmawan

2111917

LEMBAR ASISTENSI LAPORAN SKRIPSI

Nama : Nengah Darmawan
NIM : 2111917
Jurusan : S1 Teknik Mesin
Judul Skripsi : Studi Kasus di PT X Analisa Penyebab Unsur Phosfor *Outspec* pada Proses Peleburan Baja SUP11AM di Dapur EAF.

Dosen Pembimbing 1 : Dr. I Komang Astana Widi, ST., MT.

Dosen Pembimbing 2 : Bagus Setyo Widodo, ST., M.MT.

No.	Materi Bimbingan	Waktu Bimbingan	Paraf Dosen Pembimbing
1	- Pengajuan Judul Skripsi	20 September 2022	3F
2	- Perbaikan Judul Skripsi	23 September 2022	3F
3	- Pembahasan hipotesa hasil skripsi yang diinginkan	29 September 2022	3F
4	- Perbaikan materi latar belakang agar lebih jelas	7 Oktober 2022	3F
5	- Persetujuan Proposal Skripsi BAB I, II, dan III.	19 Oktober 2022	3F
6	- Seminar Proposal Skripsi BAB I, II, dan III	2 November 2022	3F
7	- Penyusunan Laporan Skripsi BAB IV dan V	9 November 2022	3F
8	- Perbaikan Laporan Skripsi BAB IV dan V	16 November 2022	3F
9	- Persetujuan Laporan Skripsi BAB IV dan V	30 November 2022	3F
10	- Seminar Hasil Laporan Skripsi BAB I, II, III, IV, dan V	13 Desember 2022	3F

LEMBAR BIMBINGAN SKRIPSI

Nama : Nengah Darmawan

NIM : 2111917

Jurusan : S1 Teknik Mesin

Judul Skripsi : Studi Kasus di PT X Analisa Penyebab Unsur Phosfor *Outspec*
pada Proses Peleburan Baja SUP11AM di Dapur EAF.

Dosen Pembimbing 1 : Dr. I Komang Astana Widi, ST., MT.

Dosen Pembimbing 2 : Bagus Setyo Widodo, ST., M.MT.

Tanggal Mengajukan Skripsi : 15 September 2022

Tanggal Menyelesaikan Skripsi : 15 Januari 2023

Telah Dievaluasi Dengan Nilai : 85

Diperiksa dan Disetujui,

Dosen Pembimbing 1



Dr. I Komang Astana Widi, ST., MT.

NIP.Y. 1030400405

Dosen Pembimbing 2



Bagus Setyo Widodo, ST., M.MT.

NIP.P. 1032100599

KATA PENGANTAR

Dengan segala kerendahan hati, penyusun mengucapkan puji syukur kepada Tuhan Yang Maha Esa atas segala rahmat dan karunia-Nya sehingga penyusun dapat menyelesaikan Tugas Akhir ini yang merupakan salah satu persyaratan akademik dalam menyelesaikan program studi di jurusan Teknik Mesin, Institut Teknologi Nasional Malang.

Dalam penyusunan skripsi tugas akhir ini, penyusun telah banyak mendapatkan bimbingan dan saran dari berbagai pihak yang telah membantu. Oleh karena itu penyusun tidak lupa menyampaikan banyak terima kasih kepada yang terhormat :

1. Prof. Dr. Eng. Ir. Abraham Lomi, MSEE selaku Rektor Institut Teknologi Nasional Malang.
2. Dr. Ellysa Nursanti, S.T., M.T. selaku Dekan Fakultas Teknologi Industri, Institut Teknologi Nasional Malang.
3. Dr. I Komang Astana Widi, S.T., M.T. selaku Ketua Program Studi Teknik Mesin S-1, Fakultas Teknologi Industri, Institut Teknologi Nasional Malang. Sekaligus sebagai Dosen Pembimbing I Penyusunan Laporan ini.
4. Bapak Bagus Setyo Widodo, S.T., M.MT. Selaku Dosen Pembimbing II Penyusunan Laporan ini.
5. Bapak Ir. Nyoman Sugiarktha, ST., CPHCM., CHCGM. Sebagai Direktur PT. X sekaligus sebagai mentor kegiatan penelitian
6. Bapak dan Ibu staff dan pegawai PT. X, yang telah memberikan banyak pelajaran.
7. Bapak, Ibu dan Adik-Adik tercinta yang selalu memberikan dukungan baik melalui doa maupun kebutuhan finansial.

Malang, 22 Desember 2022

Penyusun
Nengah Darmawan

STUDI KASUS DI PT X
ANALISA PENYEBAB UNSUR PHOSFOR OUTSPEC
PADA PROSES PELEBURAN BAJA SUP11AM
DI DAPUR EAF

Nengah Darmawan¹, Dr. I Komang Astana Widi, ST.,MT², Bagus Setyo Widodo, ST., M.MT³

Jurusan Teknik Mesin S-1 Fakultas Teknologi Industri

Institut Teknologi Nasional Malang

Email : darkkh1998@gamil.com

ABSTRAK

Proses peleburan baja mulai dari pengelompokan bahan *scrap* sesuai jenisnya sampai proses peleburan, pemurnian, dan *casting*, cairan baja harus diatur komposisi kimianya. Komposisi kimia sangat penting dari proses produksi *special steel*, karena sesuai dengan sifat produk yang dihasilkan. Dalam proses produksi dari bulan Januari-Maret 2022 ditemukan cacat atau *defect* pada *billet* baja. Faktor yang menjadi penyebab *defect* terbesar adalah faktor penyimpangan kimia (*chemical outspec*). Data *chemical outspec* berdasarkan *steel grade* baja, penyumbang *chemical outspec* paling tinggi adalah *steel grade* SUP11AM. Dari *steel grade* SUP11AM dapat kita ketahui unsur-unsur apa saja yang mengalami *outspec*. Diketahui ada 3 unsur yang mengalami *outspec* yaitu unsur phosfor (P), titanium (Ti) dan nikel (Ni). Dari ketiga unsur tersebut hosfor adalah unsur yang paling sering terjadi *outspec*, sehingga cairan *billet* baja ataupuan *billet* tidak memenuhi standar JIS dan AIM. Phosfor merupakan salah satu unsur kimia pengotor dalam proses peleburan baja yang harus dikendalikan.

Penelitian ini bertujuan untuk menganalisa penyebab unsur phosfor *outspec* guna mengetahui faktor apa saja yang menjadi penyebab unsur phosfor *outspec* dalam proses peleburan baja SUP11AM di dapur EAF. Dengan melakukan analisa proses yang mempengaruhi kandungan phosfor yaitu faktor pemilihan material *scrap*, pemilihan alloy, penambahan CaO dan CaF₂, injeksi oksigen (O₂) dan injeksi karbon (C).

Dari hasil pengolahan data penelitian ini, kelima faktor yang dianalisa menunjukkan bahwa ada dua hal yang menjadi penyebab utama unsur phosfor *outspec* dalam peleburan baja SUP11AM yaitu pemilihan material *scrap* dan pemilihan alloy. Untuk penambahan CaO dan CaF₂ serta injeksi O₂ dan C adalah faktor yang sangat membantu dalam menurunkan kandungan phosfor dalam cairan baja. Jadi dua hal ini yaitu pemilihan material *scrap* dan pemilihan alloy harus dikontrol ketat penggunaanya.

Kata kunci : *Scrap*, Alloy, CaO dan CaF₂, Injeksi O₂ dan C, phosfor *outspec*.

CAUSE ANALYSIS OF PHOSPHOR ELEMENTS OUTSPEC IN SUP11AM STEEL MELTING PROCESS IN THE EAF FURNACE

ABSTRACT

The steel smelting process, starting from grouping scrap materials according to type to smelting, refining and casting processes, liquid steel must be regulated by its chemical composition. The chemical composition is very important in the production process of special steel, because it is in accordance with the nature of the resulting product. In the production process from January to March 2022 defects were found in the steel billets. The factor that causes the biggest defect is the chemical outspec factor. Chemical outspec data is based on steel grade steel, the highest chemical outspec contributor is steel grade SUP11AM. From the SUP11AM steel grade, we can find out which elements are outspec. It is known that there are 3 elements that have experienced outspec, namely the elements Phosphorus (P), Titanium (Ti) and Nickel (Ni). Of the three elements, Phosphorus is the element that most often occurs outspec, so that liquid steel billets or billets do not meet JIS and AIM standards. Phosphorus is a chemical impurity element in the steel smelting process that must be controlled.

This study aims to analyze the causes of outspec phosphorus elements in order to find out what factors cause outspec phosphorus elements in the SUP11AM steel smelting process in the EAF furnace. By analyzing the processes that affect the phosphorus content, namely the selection of scrap material, alloy selection, addition of CaO and CaF₂, injection of oxygen (O₂) and carbon (C).

From the results of this research data processing, the five factors analyzed showed that there were two main causes of outspec phosphorus elements in SUP11AM steel smelting, namely scrap material selection and alloy selection. For the addition of CaO and CaF₂ as well as injection of O₂ and C are factors that are very helpful in reducing the phosphorus content in liquid steel. So these two things, namely the selection of scrap materials and the selection of alloys, must be strictly controlled for their use.

Keywords: Scrap, Alloy, CaO and CaF₂, Injections O₂ and C, phosphorus outspec.

DAFTAR ISI

Halaman Sampul	i
Lembar Pengesahan	iii
Lembar Berita Acara Ujian Skripsi.....	iv
Pernyataan Keaslian Tulisan.....	v
Lembar Asistensi Laporan Skripsi	vi
Lembar Bimbingan Skripsi	vii
Kata Pengantar	viii
Abstrak	ix
Daftar Isi.....	xi
Daftar Gambar.....	xiii
Daftar Tabel	xiv
Daftar Grafik	xvi
BAB I PENDAHULUAN	1
1.1 Latar Belakang	1
1.2 Rumusan Masalah.....	3
1.3 Batasan Masalah	3
1.4 Tujuan Penelitian	3
1.4.1 Tujuan Umum	3
1.4.2 Tujuan Khusus	3
1.5 Manfaat Penelitian	4
1.6 Sistematika Penulisan	4
BAB II KAJIAN PUSTAKA	6
2.1 Penelitian Terdahulu	6
2.2 Baja	7
2.2.1 Baja Paduan (<i>Alloy Steel</i>).....	7
2.2.2 Baja Karbon (<i>Carbon Steel</i>).....	8
2.2.3 <i>Spring Steel</i>	9
2.3 Proses Peleburan Baja	9
2.3.1 Material <i>scrap</i>	10
2.3.2 <i>Electric Arc Furnace</i> (EAF).....	12
2.3.3 <i>Ladle Furnace</i> (LF).....	14

2.3.4 <i>Vacum Degassing</i> (VD)	15
2.3.5 <i>Continous Casting Machine</i> (CCM)	16
3.3.6 <i>Billet Inspection</i> (BI).....	17
2.4 Reaksi Kimia dalam Peleburan Baja di EAF.....	18
2.5 Pengaruh Unsur Phosfor dalam Cairan Baja.....	21
2.5.1 Diagram Biner Fe-P	22
2.6 Data <i>Chemical Outspec</i>	25
2.7 Material CaO dan CaF ₂	30
2.7.1 CaO – CaF ₂ Equilibrium Phase Diagram.....	32
BAB III METODOLOGI PENELITIAN.....	34
3.1 Diagram Alir Penelitian	34
3.2 Tempat dan Waktu Penelitian	34
3.3 Objek Penelitian	34
3.4 Variabel Penelitian	35
3.5 Kerangka Berpikir	35
3.6 Metode Pengolahan Data	36
3.6.1 Metode <i>8 Steps Problem Solving</i>	36
3.6.2 Alat Bantu <i>Seven Tools</i>	36
BAB IV PEMBAHASAN.....	38
4.1 Pengaruh Pemilihan Material <i>Scrap</i> terhadap Phosfor	38
4.1.1 Pengujian <i>Scrap</i> HMS/PNS	39
4.1.2 Pengujian <i>Scrap Shredded</i>	41
4.1.3 Pengujian <i>Scrap Leafspring</i>	42
4.1.4 Pengujian <i>Scrap Busheling</i>	44
4.2 Pengaruh Pemilihan <i>Alloy</i> terhadap Kandungan Phosfor	48
4.3 Pengaruh Penambahan CaO dan CaF ₂ terhadap Kandungan Phosfor	50
4.4 Pengaruh Injeksi Oksigen (O ₂) dan Karbon (C)	53
BAB V PENUTUP.....	55
5.1 Kesimpulan	55
5.2 Saran.....	56
DAFTAR PUSTAKA	57
LAMPIRAN	69

DAFTAR GAMBAR

Gambar 2.1 Alur Pembuatan <i>Billet</i> Baja	9
Gambar 2.2 <i>Scrap</i> HMS (P&S)	10
Gambar 2.3 <i>Scrap Busheling</i>	10
Gambar 2.4 <i>Scrap Shredded</i>	11
Gambar 2.5 <i>Scrap</i> Premium Lokal	11
Gambar 2.6 <i>Scrap Return</i>	11
Gambar 2.7 Sub-material.....	12
Gambar 2.8 Pengisian Material ke <i>Bucket</i>	12
Gambar 2.9 <i>Electric Arc Furnace</i>	13
Gambar 2.10 <i>Ladle Furnace</i>	14
Gambar 2.11 <i>Vacuum Degassing</i>	15
Gambar 2.12 <i>Continous Casting Machine</i>	17
Gambar 2.13 <i>Billet Inspection</i>	18
Gambar 2.14 Reaks Kimia Oksida di EAF.....	18
Gambar 2.15 Diagram Biner Fe-P	22
Gambar 2.16 Material CaO	30
Gambar 2.17 Material CaF ₂	31
Gambar 2.18 CaO-CaF ₂ <i>Equilibrium Phase Diagram</i>	32
Gambar 3.1 Diagram Alir Penelitian	34
Gambar 3.2 Kerangka Berpikir Penelitian	35
Gambar 3.3 <i>8 Step problem Solving</i>	36
Gambar 4.1 Daftar <i>scrap</i> baja SUP11AM	38
Gambar 4.2 <i>Scrap</i> HMS/PNS	39
Gambar 4.3 Sampel <i>scrap</i> HMN/PNS.....	40
Gambar 4.4 <i>Scrap shredded</i>	41
Gambar 4.5 Sampel <i>scrap shredded</i>	41
Gambar 4.6 <i>Scrap leafspring</i>	42
Gambar 4.7 Sampel <i>scrap leafspring</i>	43
Gambar 4.8 <i>Scrap busheling</i>	44
Gambar 4.9 Sampel <i>scrap busheling</i>	44

Gambar 4.10 Diagram eligham	50
Gambar 4.11 Reaksi kimia pembentukan oksida.....	51

DAFTAR TABEL

Tabel 2.1 Penurunan harga impac akibat pengaruh kandungan P pada baja.....	24
Tabel 2.2 Data <i>defect</i> pada billet bulan Januari-Maret 2022.....	26
Tabel 2.3 Data <i>defect</i> berdasarkan <i>steel grade</i> bulan Januari-Maret 2022.....	27
Tabel 2.4 Data Tabel <i>steel grade</i> SUP11AM bulan Januari-Maret 2022.....	27
Tabel 2.5 Komposisi unsur <i>steel grade</i> SUP11AM	29
Tabel 4.1 Jenis <i>scrap</i> baja SUP11AM.....	39
Tabel 4.2 Unsur kimia <i>scrap</i> HMS/PNS	40
Tabel 4.3 Unsur kimia <i>scrap shredded</i>	41
Tabel 4.4 Unsur kimia <i>scrap leafspring</i>	43
Tabel 4.5 Unsur kimia <i>scrap busheling</i>	45
Tabel 4.6 Aktual penggunaan jenis <i>scrap</i>	46
Tabel 4.7 Selisih <i>scrap</i> dan persentase <i>slag</i> akibat penambahan CaO dan CaF ₂ ..	47
Tabel 4.8 Jenis <i>alloy</i> yang digunakan baja SUP11AM	48
Tabel 4.9 Penggunaan <i>alloy</i> pada baja SUP11AM.....	49
Tabel 4.10 Perbandingan Penggunaan CaO dan CaF ₂	52
Tabel 4.11 Penurunan Nilai P Akibat Penambahan CaO dan CaF ₂	52
Tabel 4.12 Penggunaan Injeksi Oksigen (O ₂) dan Karbon (C)	54

DAFTAR GRAFIK

Grafik 2.1 Data Penyebab <i>Defect</i> pada <i>Billet</i>	26
Grafik 2.2 <i>Steel Grade Chemical Outspec</i>	27
Grafik 2.3 Unsur <i>Chemical Outspec</i>	28
Grafik 2.4 Frekuensi Unsur <i>Outspec</i>	28
Grafik 4.1 Hasil uji kandungan phosfor pada <i>scrap</i>	46
Grafik 4.2 Hasil uji kandungan phosfor pada <i>alloy</i>	48
Grafik 4.3 Penggunaan CaO dan CaF ₂ dalam baja SUP11AM.....	52
Grafik 4.4 Penurunan Phosfor Akibat Penambahan CaO dan CaF ₂	53
Grafik 4.5 Penggunaan injeksi Oksigen (O ₂) dan Karbon (C).....	54