

**PENGARUH PENAMBAHAN *BASIC OXYGEN FURNACE*
(BOF) *SLAG* DAN *KANBARA REACTOR (KR) SLAG*
TERHADAP KEKUATAN TEKAN MORTAR**

TUGAS AKHIR

N ANNISA WIDANINGSIH

123.13.022

Disusun Sebagai Salah Satu Syarat Untuk Mendapatkan Gelar Sarjana Teknik
Pada Program Studi Teknik Metalurgi dan Material



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

2017

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 : N Annisa Widaningsih

NIM : 123.13.022

Tanda Tangan :

Tanggal : 4 Agustus 2017

**PENGARUH PENAMBAHAN *BASIC OXYGEN FURNACE*
(BOF) *SLAG* DAN *KANBARA REACTOR (KR) SLAG*
TERHADAP KEKUATAN TEKAN MORTAR**

TUGAS AKHIR

N ANNISA WIDANINGSIH

123.13.022

Diajukan Untuk Memenuhi Syarat Memperoleh Gelar Sarjana Program Studi
Metalurgi Dan Material Institut Teknologi Dan Sains Bandung

Menyetujui,

Kota Deltamas, 4 Agustus 2017

Pembimbing I

Pembimbing II

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

Andrie Harmaji. S.T., M.T
NIDN. 0407019103

Mengetahui,

Ketua Program Studi Teknik Metalurgi dan Material

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

KATA PENGANTAR

Alhamdulillahirabbil'alamin, atas rahmat dan hidayah yang telah dilimpahkan oleh Allah SWT sehingga penulis dapat menyelesaikan tugas akhir dengan judul *Pengaruh Penambahan Basic Oxygen Furnace (BOF) Slag dan Kanbara Reactor (KR) Slag Terhadap Kekuatan Tekan Mortar* sebagai salah satu syarat untuk menyelesaikan studi dan memperoleh gelar Sarjana Teknik pada Jurusan Teknik Metalurgi dan Material Fakultas Teknik dan Desain Institut Teknologi dan Sains Bandung.

Penulis menyadari bahwa tugas akhir ini masih jauh dari kesempurnaan, tentunya hal ini disebabkan oleh keterbatasan ilmu serta kemampuan yang dimiliki penulis, sehingga dengan segala keterbukaan penulis mengharapkan masukan berupa kritik dan saran yang bersifat membangun dari semua pihak.

Perjalanan yang dilalui penulis dalam menyelesaikan tugas akhir ini tidak lepas dari tangan-tangan berbagai pihak yang senantiasa memberikan bantuan, baik berupa materi maupun dorongan moril. Sehingga pada kesempatan kali ini dengan segala kerendahan hati, ucapan terima kasih, penghormatan serta penghargaan penulis ucapkan kepada semua pihak yang telah membantu, yaitu kepada :

1. Kedua orang tua serta seluruh keluarga yang senantiasa mendoakan dan tak kenal lelah serta tanpa pamrih telah memberikan perhatian, motivasi, dan dukungan baik moril maupun materil.
2. Dr. Eng Akhmad Ardian Korda S.T., M.T. selaku ketua program studi Teknik Metalurgi dan Material ITS B yang telah memberikan saran dan masukan kepada penulis.
3. Prof. Ir. Syoni Soepriyanto M.Sc, Ph.D selaku dosen pembimbing I yang telah mengarahkan serta memberikan dukungan penuh kepada penulis.
4. Andrie Harmaji, S.T.,M.T. selaku dosen pembimbing II yang telah meluangkan waktunya untuk memberikan bimbingan dan pengarahan mulai dari awal hingga akhir.
5. Seluruh dosen Teknik Metalurgi dan Material ITS B yang telah memberikan ilmu yang bermanfaat kepada penulis.

6. Teman-teman seperjuangan TMM 13 yang telah memberikan dukungan serta cerita dan kenangan indah selama masa perkuliahan.
7. Seluruh masa HIMATAMA ITSB atas doa dan dukungan kepada penulis dalam menyelesaikan tugas akhir ini.
8. Teman-teman semua yang tidak bisa disebutkan satu persatu, atas doa, dukungan serta bantuannya.

Kota Deltamas, 4 Agustus 2017

Penulis

HALAMAN PERNYATAAN PERSETUJUAN PUBLIKASI TUGAS AKHIR UNTUK KEPENTINGAN AKADEMIS

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

Nama : N. Annisa Widaningsih
NIM : 123.13.022
Program Studi : Teknik Metalurgi dan Material
Fakultas : Teknik dan Desain
Jenis Karya : Tugas Akhir

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

“Pengaruh Penambahan Basic Oxygen Furnace (BOF) Slag dan Kanbara Reactor (KR) Terhadap Kekuatan Tekan Mortar”.

beserta perangkat yang ada (jika diperlukan). Dengan Hak Bebas Royalti Noneksklusif ini Institut Teknologi dan Sains Bandung berhak menyimpan, mengalih media/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 : Kota Deltamas

Pada Tanggal : 4 Agustus 2017

Yang menyatakan,

N Annisa Widaningsih

ABSTRAK

Ketersediaan limbah hasil pengolahan baja berupa slag sudah semakin meningkat, hal ini disebabkan oleh tingginya produksi baja untuk memenuhi kebutuhan pembangunan yang semakin meningkat. Apabila slag yang dihasilkan tidak dikelola dengan baik maka dapat menimbulkan masalah lingkungan. Hal ini tentu tidak diharapkan baik oleh perusahaan maupun oleh masyarakat. Penelitian ini adalah membuat mortar dari campuran slag *Basic Oxygen Furnace* (BOF) dan slag *Kanbara Reactor* (KR) dari PT Krakatau POSCO yang digunakan sebagai penguat pada pembuatan mortar. Dengan penelitian ini diperoleh manfaat adanya alternatif pemanfaatan limbah slag baja dari PT Krakatau Steel untuk didaur ulang menjadi bahan penguat pada pembuatan mortar, sehingga dapat mengurangi dampak kerusakan lingkungan. Material yang digunakan dalam penelitian ini adalah semen, agregat halus (pasir), dan slag baja (slag KR dan slag BOF). Mortar dibuat dengan dimensi 5 cm x 5 cm x 5 cm dengan masing-masing slag yang digunakan sebagai penguat pada mortar dengan variasi volume 10%, 20%, 30%, 40%, 50%.

Hasil pengujian tekan menunjukkan bahwa variasi penambahan slag pada campuran mortar yang memberikan kuat tekan maksimum adalah varian 10% untuk slag BOF maupun slag KR yang menghasilkan kuat tekan 23.28 MPa pada B10 dan 19.68 Mpa pada K10 saat umur 28 hari dibandingkan dengan mortar normal sebesar 17.26 MPa. Peningkatan kuat tekan mortar campuran slag ini dapat terjadi karena slag mengandung senyawa sementik yang secara kimiawi dapat bereaksi dengan senyawa *Calcium Hydroxide* hasil reaksi hidrasi semen dengan air membentuk senyawa *Calcium Silicate Hydrate* yang berperan untuk meningkatkan kekuatan mortar.

Kata kunci : *Basic Oxygen Furnace* (BOF) slag, *Kanbara Reactor* (KR) slag, *Calcium Silicate Hydrate* (CSH), *Calcium Hydroxyde* (CH)

ABSTRACT

Availability of waste results in the form of steel slag processing is increasing, due to the high production of steel to meet the needs of development. If the slag not properly managed it can cause environmental problems. This was certainly not expected either by the company or by the community. This research has successfully made mortar from mixed Basic Oxygen Furnace (BOF) slag and Kanbara Reactor (KR) slag from PT Krakatau POSCO which used as reinforcement in mortar manufacture. It found that there was an alternative way to use the steel slag waste from PT Krakatau Steel to be recycled into a reinforce material in mortar making, thus reduced the impact of environmental damage. The material used in this research were cement, fine aggregate (sand), and steel slag (KR slag and BOF slag). Mortar was made with dimensions of 5 cm x 5 cm x 5 cm with each slag used as a reinforcer in a mortar with volume variation are 10%, 20%, 30%, 40%, 50%.

The compressive test result showed that the variation of the addition of slag to the mortar mixture providing the maximum compressive strength is 10% for the BOF slag and the KR slag resulting in a compression strength of 23.28 MPa at B10 and 19.68 Mpa at K10 at 28 days compared with a normal mortar of 17.26 MPa . This increase in compressive strength of mixed slag mortar occurred because the slag contained a cementic compound which can chemically react with the Calcium Hydroxide compound of the cement hydration reaction with water to form the Calcium Silicate Hydrate (CSH) compound which served to increase the strength of the mortar.

Keywords : Basic Oxygen Furnace (BOF) slag, Kanbara Reactor (KR) slag, Calcium Silicate Hydrate (CSH), Calcium Hydroxyde (CH)

DAFTAR ISI

HALAMAN PERNYATAAN ORISINALITAS	i
HALAMAN PENGESAHAN	iii
KATA PENGANTAR	iv
HALAMAN PERNYATAAN PERSETUJUAN PUBLIKASI TUGAS AKHIR UNTUK KEPENTINGAN AKADEMIS	vi
ABSTRAK	vii
ABSTRACT	viii
DAFTAR ISI	ix
DAFTAR TABEL	xii
DAFTAR GAMBAR	xiii
DAFTAR LAMPIRAN	xv
BAB I PENDAHULUAN	1
1. 1 Latar Belakang	1
1.2 Maksud dan Tujuan Penelitian	2
1.3 Ruang Lingkup Penelitian	2
1.4 Metodologi Penelitian	2
1.5 Sistematika Penulisan	3
BAB II TINJAUAN PUSTAKA	5
2.1 Mortar dan Material Penyusunnya	5
2.1.1 Semen Portland	5
2.1.2 Agregat Halus	11
2.1.3 Bahan Tambahan (Admixture)	13
2.1.4 Air Campuran Mortar	14
2.2 Material Pozzolan	14
2.3 Slag Hasil Pemurnian Baja	15
2.3.1 Slag Basic Oxygen Furnace	17

2.3.2 Slag Kanbara Reactor (KR).....	18
2.4 Faktor yang Mempengaruhi Kekuatan Mortar.....	19
2.4.1 Rasio Air Semen (w/c)	19
2.4.2 Jumlah Semen.....	19
2.4.3 Umur Mortar.....	20
2.4.4 Sifat Agregat.....	20
2.5 Pengaruh Penambahan Slag dan Umur Pada Kuat Tekan Mortar	20
2.5.1 Pengaruh Slag Terhadap Kuat Tekan	20
2.5.2 Pengaruh Umur Mortar Terhadap Kuat Tekan.....	21
BAB III PROSEDUR DAN HASIL PERCOBAAN.....	22
3.1 Prosedur Penelitian.....	22
3.1.1 Alat dan Bahan	22
3.1.2 Prosedur Percobaan	23
3.1.3 Pembuatan Benda Uji	25
3.1.4 Perawatan Benda Uji	27
3.1.5 Pengujian dan Karakterisasi Material.....	27
3.2 Hasil Percobaan.....	30
3.2.1 Hasil Uji Lumpur.....	30
3.2.2 Hasil Uji Analisis Saringan	31
3.2.3 Hasil Uji Tekan	31
3.2.4 Hasil X-ray Fluorescence (XRF)	32
3.2.5 Hasil X-ray Diffraction (XRD).....	32
BAB IV PEMBAHASAN.....	33
4.1 Analisa Visual Mortar	33
4.1.1 Analisa Fisik Mortar.....	33
4.1.2 Pola Runtuh Uji Tekan Mortar	34
4.2 Analisa Karakteristik Material Penyusun Mortar	34

4.2.1 Agregat Halus	34
4.2.2 Pengaruh Komposisi Senyawa Slag Dan Semen	35
4.3 Pengaruh Penggunaan Slag Terhadap Kuat Tekan Mortar	36
4.3.1 Pengaruh Slag BOF Terhadap Kuat Tekan Mortar	36
4.3.2 Pengaruh Slag KR Terhadap Kekuatan Tekan Mortar.....	39
4.3.3 Perbandingan Kuat Tekan Mortar Slag KR dan Slag BOF.....	41
4.4 Prospek Aplikasi Penggunaan Mortar Slag.....	43
4.5 Perbandingan Kuat Tekan Mortar Slag BOF, KR, dan GGBFS.....	44
BAB V KESIMPULAN DAN SARAN.....	45
5.1 Kesimpulan	45
5.2 Saran.....	45
DAFTAR PUSTAKA	46
LAMPIRAN.....	48

DAFTAR TABEL

Tabel 2.1 Senyawa Utama Semen Portland.	6
Tabel 2.2 Pengaruh Senyawa Penyusun Semen.....	7
Tabel 2.3 Jenis- Jenis <i>Chemical Admixture</i>	13
Tabel 3.2 Perencanaan Campuran Mortar.....	26
Tabel 3.3 Hasil Uji Lumpur.....	31
Tabel 3.4 Hasil Uji Analisis Saringan.....	31
Tabel 3.5 Hasil Uji Tekan Mortar.....	31
Tabel 3.6 Hasil Karakterisasi Xrf Slag.....	32
Tabel 3.7 Hasil Karakterisasi Xrd Mortar.....	32
Tabel 4.1 Komposisi Slag Bof Dan Slag Kr.....	36
Tabel 4.2 Perbandingan Intensitas Relatif Mortar.....	38
Tabel 4.3 Perbandingan Intensitas Relatif Mortar.....	40
Tabel 4.4 Aplikasi Penggunaan Mortar.....	42

DAFTAR GAMBAR

Gambar 1.1 Metodologi Penelitian.....	3
Gambar 2.1 Kenaikan Kekuatan Berbanding Waktu Empat Komponen Kimia Semen Portland	9
Gambar 2.2 Laju Hidrasi Empat Senyawa Utama Semen.....	10
Gambar 2.3 Laju Evolusi Panas Selama Proses Hidrasi Semen Portland.....	10
Gambar 2.4 Keadaan Kelembaban Agregat.....	13
Gambar 2.5 Proses Pemurnian Baja Pt Krakatau Posco.....	16
Gambar 2.6 Tungku Bof.....	17
Gambar 2.7 Slag <i>Basic Oxygen Furnace</i> (Bof).....	18
Gambar 2.8 Slag <i>Kanbara Reactor</i>	18
Gambar 2.9 <i>Kanbara Reactor</i>	19
Gambar 3.1 Diagram Alir Pengujian Sifat Fisik Agregat Halus.....	23
Gambar 3.2 Prosedur Percobaan.....	24
Gambar 3.3 Diagram Alir Pembuatan Pasir Ssd.....	25
Gambar 3.4 Pasir Ssd (<i>Saturated Surface Dry</i>).....	25
Gambar 3.5 (1) Penimbangan Bahan; (2) Pencampuran Pasir, Semen, dan Slag; (3) Penambahan Air; (4) Pengadukan; (5) Pencetakan.....	26
Gambar 3.6 Uji Analisis Saringan.....	27
Gambar 3.7 Pengujian Kadar Lumpur Agregat Halus.....	28
Gambar 3.8 <i>Concrete Compression Testing Machine</i>	29
Gambar 4.1 (A) Mortar Umur 3 Hari; (B) Mortar Umur 7 Hari; (C) Mortar Umur 28 Hari.....	33
Gambar 4.2 Pola Runtuhan Mortar Saat Pengujian Tekan.....	34
Gambar 4.3 Kurva Gradasi Pasir.....	35
Gambar 4.4 Pengaruh Variasi Slag Bof Terhadap Kuat Tekan.....	37

Gambar 4.5 Difragnetogram Xrd Mortar Slag Bof.....	38
Gambar 4.6 Pengaruh Variasi Slag Kr Terhadap Kuat Tekan.....	39
Gambar 4.7 Difragnetogram Xrd Mortar Slag Kr.....	40
Gambar 4.8 Kekuatan Tekan Mortar Slag Bof Dan Slag Kr.....	41
Gambar 4.9 (A) <i>Building Block</i> ; (B) Pelapis Dinding (<i>Load And Non Load Bearing Wall</i>)	42

DAFTAR LAMPIRAN

Lampiran 1. Hasil Karakterisasi XRF Slag BOF dan Slag KR.....	48
Lampiran 2. Hasil Karakterisasi XRD Mortar.....	49
Lampiran 3. Dokumentasi Uji Tekan Mortar.....	52
Lampiran 4. Dokumentasi Uji Kadar Lumpur.....	53
Lampiran 5. Hasil Uji Analisis Saringan Slag.....	54