

PENGARUH *AIR COOLED SLAG* DAN *GRANULATED BLAST FURNACE SLAG* TERHADAP KEKUATAN TEKAN MORTAR

TUGAS AKHIR

ROUDLOTUM MINRIYADLIL JANNAH

123.13.025



PROGRAM STUDI TEKNIK METALURGI DAN MATERIAL

FAKULTAS TEKNIK DAN DESAIN

INSTITUT TEKNOLOGI DAN SAINS BANDUNG

KOTA DELTAMAS

AGUSTUS 2017

PENGARUH *AIR COOLED SLAG* DAN *GRANULATED BLAST FURNACE SLAG* TERHADAP KEKUATAN TEKAN MORTAR

TUGAS AKHIR

ROUDLOTUM MINRIYADLIL JANNAH

123.13.025

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

AGUSTUS 2017

HALAMAN PERNYATAAN ORISINALITAS

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

Nama : Roudlotum Minriyadlil Jannah

NIM : 123.13.025

Tanda Tangan :

Tanggal : 4 Agustus 2017

**PENGARUH AIR COOLED SLAG DAN GRANULATED BLAST FURNACE
SLAG TERHADAP KEKUATAN TEKAN MORTAR**

TUGAS AKHIR

ROUDLOTUM MINRIYADLIL JANNAH

123.13.025

Diajukan Sebagai Salah Satu Syarat Untuk Mendapatkan Gelar Sarjana Teknik
Pada Program Studi Teknik Metalurgi Dan Material Institut Teknologi Dan Sains
Bandung

Menyetujui,

Kota Deltamas, 4 Agustus 2017

Pembimbing I

Pembimbing II

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

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

Mengetahui,

Ketua Program Studi Teknik Metalurgi dan Material

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

KATA PENGANTAR

Puji syukur saya panjatkan kepada Tuhan Yang Maha Esa, karena atas berkat dan rahmat-Nya, saya dapat menyelesaikan Tugas Akhir ini. Penulisan Tugas Akhir ini dilakukan dalam rangka memenuhi salah satu syarat untuk mencapai gelar Sarjana Program Studi Teknik Metalurgi dan Material, Institut Teknologi dan Sains Bandung. Saya menyadari bahwa, tanpa bantuan dan bimbingan dari berbagai pihak, dari masa perkuliahan sampai pada penyusunan Tugas Akhir ini, sangatlah sulit bagi saya untuk menyelesaikan Tugas Akhir ini. Oleh karena itu, saya mengucapkan terima kasih kepada :

1. Orang tua, kakak dan keluarga saya yang telah memberikan do`a dan bantuannya baik material maupun moral selama perkuliahan dan penulisan Tugas Akhir.
2. Dr. Eng. Akhmad Ardian Korda, S.T., M.T selaku ketua program studi Teknik Metalurgi dan Material ITSB yang telah memberikan saran dan masukan kepada penulis.
3. Prof.Ir. Syoni Soepriyanto, M.Sc.,Ph.D., selaku dosen pembimbing I dan dosen wali yang telah menyediakan waktu, tenaga, dan pikiran untuk mengarahkan saya dalam penyusunan Tugas Akhir ini.
4. Andrie Harmaji, S.T., M.T selaku dosen pembimbing II yang telah menyediakan waktu, tenaga, dan pikiran untuk mengarahkan saya dalam penyusunan Tugas Akhir ini.
5. Dr. Andrie Hardiyansyah, S.T, M.T selaku dosen penguji pada sidang tugas akhir yang telah memberikan banyak masukan bagi penyempurnaan Tugas Akhir ini.
6. Dosen-dosen Pengajar Teknik Metalugi dan Material ITSB yang selama ini telah berkenan meluangkan waktunya untuk memberi ilmu kepada kami.
7. Dosen dan segenap civitas akademika kampus ITSB yang telah memberikan ilmu pengetahuan, pengalaman, dan bantuan selama masa perkuliahan penulis.

8. Muhammad Iqbal yang telah memberikan dukungan, semangat dan bantuan selama masa perkuliahan dan penulisan Tugas Akhir.
9. Teman-teman TMM ITSB 2013 yang telah memberikan banyak cerita selama masa perkuliahan serta do`a dan dukungannya selama penulisan Tugas Akhir.
10. Ninis, Nova, Intan, Widati dan Devi teman sepermaian yang telah memberikan dukungan dan hiburan selama penulisan Tugas Akhir
11. Semua pihak yang telah membatu saya dalam menyelesaikan Tugas Akhir ini.

Akhir kata, saya berharap Tuhan Yang Maha Esa berkenan membalas segala kebaikan semua pihak yang telah membantu. Semoga Tugas Akhir ini membawa manfaat bagi pengembangan ilmu.

Kota Deltamas, 4 Agustus 2017

Penulis

**HALAMAN PERSETUJUAN PUBLIKASI
TUGAS AKHIR UNTUK KEPENTINGAN AKADEMIS**

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

Nama : Roudlotum Minriyadlil Jannah
NIM : 123.13.025
Program Studi : Teknik Metalurgi dan Material
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 :

“Pengaruh *Air Cooled Slag* dan *Granulated Blast Furnace Slag* Terhadap
Kekuatan Tekan Mortar”

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 memublikasikan 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

Roudlotum Minriyadlil Jannah

ABSTRAK

Slag merupakan produk non-metal yang merupakan material berbentuk halus sampai balok – balok besar, dari hasil pembakaran yang didinginkan. *Slag* hasil dari pengolahan besi jumlahnya melimpah. Dilihat dari senyawa penyusunnya, *slag* memiliki kandungan senyawa yang hampir mirip dengan semen. Hal tersebut memungkinkan untuk dilakukan pemanfaatan *slag* sebagai bahan tambahan pada material konstruksi. Pada penelitian ini, dilakukan percobaan pemanfaatan *slag* sebagai bahan penguat pada mortar. Jenis slag yang digunakan adalah *Air Cooled Slag* (ACS) dan *Granulated Blast Furnace Slag* (GBFS). Komposisi campuran *slag* pada mortar sebanyak 10%, 20%, 30%, 40% dan 50%. Sampel dibuat dengan rasio air-semen (w/c) 0.35 dengan perbandingan pasir : semen 2:3. Perawatan sampel mortar dilakukan pada temperatur atau kondisi lingkungan. Sampel mortar dibiarkan *curing* hingga hari ke 3, 7 dan 28 yang selanjutnya dilakukan uji tekan. Berdasarkan hasil uji tekan, sampel yang memiliki kekuatan tertinggi dan terendah kemudian dilakukan analisa XRD untuk mengetahui senyawa yang berperan sebagai penguat dalam mortar. Dari percobaan tersebut didapatkan hasil bahwa, senyawa penyusun *slag* terdiri dari SiO_2 , Al_2O_3 , Fe_2O_3 , CaO dan MgO dengan presetase yang tidak jauh berbeda dengan semen. Penambahan *slag* pada mortar menghasilkan kekuatan yang lebih tinggi dibandingkan dengan mortar normal. Kekuatan tertinggi didapatkan pada penambahan 10% slag pada umur 28 hari. Pada mortar GBFS didapatkan kekuatan sebesar 23,76 MPa dan mortar ACS sebesar 17,48 MPa. Dari hasil analisis XRD juga didapatkan bahwa kandungan *tobermorite* (*calcium silica hydrate*) pada mortar GBFS lebih besar dibandingkan dengan mortar ACS. Dari hal tersebut dapat disimpulkan bahwa semakin banyak kandungan senyawa *tobermorite* (*calcium silica hydrate*) pada mortar, maka semakin tinggi pula kekuatan tekan yang dihasilkan.

KATA KUNCI : *Granulated Blast Furnace Slag, Air Cooled Slag, Tobermorite*

ABSTRACT

Slag is a non-metallic product of fine-shaped material to large blocks, from the cooled combustion product. Slag from iron making industry has a very huge amount. Looking at the compound, slag contains the similar compound with cement. It is possible for slag as an additional material to the construction material. This study investigated slag as a reinforce material in mortar. The type of slags used are Air Cooled Slag (ACS) and Granulated Blast Furnace Slag (GBFS). Composition of slag mixture on mortar as much as 10%, 20%, 30%, 40% and 50%. The sample was made with a water-cement ratio (w/c) 0.35 with a ratio sand:cement 2:3. Treatment of mortar sample at ambient temperature was applied. The mortar samples were left to cure until day 3, 7 and 28 which subsequently performed a compression test. Based on the result of the compression test, the sample that has the highest and lowest strength then given XRD analysis to determine which compound acts as a reinforce in mortar. Based on the experiment it was found that the slag compound consist of SiO_2 , Al_2O_3 , Fe_2O_3 , CaO and MgO with a percentage similar to that of cement. The addition of slag to the mortar has a higher compressive strength than the normal mortar. The highest strength was obtained by adding 10% slag at 28 days. GBFS mortar obtained compressive strength 23.76 MPa and ACS mortar 17.48 MPa. From XRD analysis result, it is also found that tobermorite (calcium silica hydrat) content at GBFS mortar is bigger than ACS mortar. It can be concluded that the more content of tobermorite (calcium silica hydrate) compound on mortar, the higher the compressive strength of the mortar.

KEY WORD : *Granulated Blast Furnace Slag, Air Cooled Slag, Tobermorite*

DAFTAR ISI

HALAMAN JUDUL	i
HALAMAN PERNYATAAN ORISINALITAS	ii
LEMBAR PENGESAHAN	iii
KATA PENGANTAR	iv
HALAMAN PERSETUJUAN PUBLIKASI	vi
ABSTRAK	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	2
1.3 Ruang Lingkup Penelitian	2
1.4 Metodologi Penelitian	2
1.5 Sistematika Penulisan	4
BAB II TINJAUAN PUSTAKA	5
2.1 Mortar dan Material Penyusunnya	5
2.1.1 Agregat Halus	5
2.1.2 Semen Portland	6
2.1.3 Air Pencampur	8
2.1.4 Bahan Tambahan (<i>Admixture</i>)	8
2.2 Hidrasi Semen	9
2.2.1 Reaksi Hidrasi	9
2.2.2 Senyawa-senyawa Hidrasi	12
2.3 Faktor-faktor yang Mempengaruhi Kuat Tekan Mortar	13
2.3.1 Rasio Air-semen (w/c)	13
2.3.2 Jumlah Semen	13
2.3.3 Sifat Agregat	13
2.3.4 Umur Mortar	13
2.4 Material Pozzolan	14
2.4.1 Karakteristik Pozzolan	14
2.4.2 Blast Furnace Slag	15
2.5 Pengaruh Penambahan Slag Pada Kuat Tekan Mortar	17
2.5.1 Pengaruh Komposisi Slag Terhadap Kuat Tekan	17
2.5.2 Pengaruh Umur Terhadap Kekuatan Tekan	17
BAB III PROSEDUR DAN HASIL PERCOBAAN	18
3.1 Prosedur Percobaan	18
3.1.1 Alat dan Bahan	18
3.1.2 Diagram Alir Percobaan	19
3.1.3 Pengujian Sampel	21

3.1.4 Perancangan Campuran Mortar (<i>Mix Design</i>).....	25
3.2 Hasil Percobaan	26
3.2.1 Hasil Karakterisasi XRF.....	26
3.2.2 Hasil Pengujian Tekan	27
3.2.3 Hasil Karakterisasi XRD	27
BAB IV PEMBAHASAN	29
4.1 Analisa Material Penyusun Mortar	29
4.1.1 Pengaruh Agregat Mortar	29
4.1.2 Pengaruh Slag Mortar.....	30
4.2 Analisis Visual Mortar	31
4.3 Pengaruh Penambahan Slag Terhadap Kuat Tekan Mortar	32
4.3.1 Penambahan GBFS Terhadap Kuat Tekan Mortar	32
4.3.2 Penambahan ACS Terhadap Kuat Tekan Mortar	33
4.4 Pengaruh Produk Hidrasi Terhadap Kuat Tekan Mortar	35
4.5 Perbandingan Kuat Tekan Mortar GBFS dan ACS	36
4.6 Aplikasi Penggunaan Mortar	38
BAB V KESIMPULAN DAN SARAN	39
5.1 Kesimpulan	39
5.2 Saran	39
DAFTAR PUSTAKA	40
LAMPIRAN	42

DAFTAR TABEL

Tabel 2.1 Senyawa Utama Semen Portland	7
Tabel 3.1 Hasil Pengujian Ayakan	22
Tabel 3.2 Sampel Uji.....	25
Tabel 3.3 Hasil Pengujian XRF <i>Slag</i>	27
Tabel 3.4 Hasil Pengujian Tekan	27
Tabel 4.1 Senyawa Penyusun <i>Slag</i> dan Semen.....	30
Tabel 4.2 Perbandingan Intesitas Relatif Mortar Normal, Mortar GBFS dan ACS	36
Tabel 4.3 Aplikasi Mortar	38

DAFTAR GAMBAR

Gambar 1.1 Diagram Alir Penelitian	3
Gambar 2.1 Keadaan Kandungan Air Dalam Agregat.....	6
Gambar 2.2 Kekuatan Tekan Komponen Kimia Semen Portland	11
Gambar 2.3 Laju Evolusi Panas Selama Proses Hidrasi Semen Portland.....	11
Gambar 2.4 Skema Pembuatan <i>Slag</i>	15
Gambar 2.5 <i>Granulated Blast Furnace Slag</i>	16
Gambar 2.6 <i>Air Cooled Slag</i>	16
Gambar 3.1 Pasir sebelum SSD (a) Proses SSD (b) Pasir Sesudah SSD (c)	18
Gambar 3.2 <i>Granulated Blast Furnace Slag</i> dan <i>Air Cooled Slag</i> (ACS)	19
Gambar 3.3 Skema Prosedur Percobaan	20
Gambar 3.4 Uji Kadar Lumpur	21
Gambar 3.5 Proses Pengujian Ayakan	23
Gambar 3.6 Alat uji XRF “Bruker”	23
Gambar 3.7 Proses Pengujian Tekan	24
Gambar 3.8 Alat Uji XRD “PANalytical”	24
Gambar 3.9 Proses Pembuatan Sampel Uji.Penimbangan Bahan (a) Adukan Mortar (b) Adukan Dalam Cetakan (c) Sampel Siap Uji (d)	26
Gambar 4.1 Grafik Distribusi Ukuran Agregat Halus	29
Gambar 4.2 Penampakan Mortar <i>Slag</i> umur 3 hari (a) umur 7 hari (b) umur 28 hari (c)	31
Gambar 4.3 Patahan Mortar Hasil Uji Tekan.Arah patahan (a) Hasil patahan Bentuk Piramida atau cone (b)	31
Gambar 4.4 Grafik Waktu <i>curing</i> Mortar GM Terhadap Kuat Tekan Mortar.....	32
Gambar 4.5 Grafik Komposisi GBFS Terhadap Kekuatan Tekan Mortar.....	33
Gambar 4.6 Grafik Waktu <i>curing</i> Mortar AM Terhadap Kuat Tekan Mortar.....	34
Gambar 4.7 Grafik Komposisi ACS Terhadap Kekuatan Tekan Mortar.....	34
Gambar 4.8 Hasil XRD Mortar Kontrol dan Mortar dengan Campuran <i>Slag</i>	35
Gambar 4.9 Grafik Perbandingan Kekuatan Mortar GM dan Mortar AM	36
Gambar 4.10 Aplikasi Mortar. Bata Bangunan (a) <i>Facing Bricks</i> (b) dan <i>Parepad Wall</i> (c).....	38

DAFTAR LAMPIRAN

Lampiran 1. Tabel Mix Design Pembuatan Mortar	42
Lampiran 3. Hasil Pengujian Tekan.....	43
Lampiran 4. Proses Pengujian Kadar Lumpur	44
Lampiran 5. Proses Pengujian Tekan.....	45
Lampiran 6. Hasil Pengujian X-Ray Diffraction Mortar	46