

LEMBAR PENGESAHAN

LAPORAN TUGAS AKHIR

PERHITUNGAN DAN VALIDASI

BALOK BETON BERTULANG DENGAN AGREGAT SLAG

*(Calculation and Validation of Reinforced Concrete Beam
Using Slag as Aggregates)*

Diajukan untuk memenuhi persyaratan dalam menyelesaikan
Pendidikan Tingkat Sarjana Strata 1 (S1) pada Jurusan Teknik Sipil Regular II Fakultas
Teknik Universitas Diponegoro
Semarang

Disusun oleh:

AHMAD MUHROJI
NIM. L2A 305 002

YULI WHURRY FN
L2A. 306 030

Disetujui pada :

Hari :
Tanggal :

Hari :
Tanggal :

Dosen pembimbing I

Dosen pembimbing II

Ir. Han Ay Lie, MEng.
NIP. 131 459 643

Yulita Arni Priastiwi, ST., MT.
NIP. 132 205 687

Mengetahui,
Ketua Pelaksana
Program Reguler II Teknik Sipil
Fakultas Teknik Universitas Diponegoro

Ir. Moga Narayudha, Sp.1
NIP. 130 810 731

KATA PENGANTAR

Puji syukur Kami panjatkan kepada Tuhan Yang Maha Esa atas limpahan berkah, karunia, dan kemurahan – Nya sehingga kami dapat menyelesaikan tugas akhir dengan judul “Perhitungan dan Validasi Balok Beton Bertulang Dengan Agregat *Slag*”.

Tugas akhir ini merupakan syarat dalam menyelesaikan program studi strata-1 (S-1) pada Jurusan Teknik Sipil Reguler II Fakultas Teknik Universitas Diponegoro. Melalui tugas akhir ini banyak pengalaman dan pengetahuan yang Kami peroleh terutama mengenai beton bertulang menggunakan *slag* sebagai agregat, yang kemudian Kami tuangkan dalam bentuk Laporan Tugas Akhir. Kami berharap laporan tugas akhir ini dapat berguna dan bermanfaat sebagai media informasi kepada para pembaca.

Dalam pelaksanaan penelitian dan penyelesaian laporan ini, Kami mendapatkan bantuan dari berbagai pihak. Pada kesempatan ini, dengan penuh rasa hormat Kami mengucapkan terima kasih yang sebesar – besarnya kepada :

1. **Ir. Sri Sangkawati, MS.**, selaku Ketua Jurusan Teknik Sipil Fakultas Teknik Universitas Diponegoro
2. **Ir. Moga Narayudha, SPI.**, selaku Ketua Pelaksana Program Teknik Sipil Reguler II Fakultas Teknik Universitas Diponegoro
3. **Hardi Wibowo, ST. MEng.**, selaku Sekretaris Program Teknik Sipil Reguler II Fakultas Teknik Universitas Diponegoro
4. **Ir. Han Ay Lie, MEng.**, selaku Pemberi Ide dan Dosen Pembimbing I Tugas Akhir
5. **Yulita Arni Priastiw, ST. MT.**, selaku Dosen Wali dan Dosen Pembimbing II Tugas Akhir
6. **Ir. Himawan Indarto, MS.**, selaku Dosen Wali
7. **Bapak Pardi, Bapak Agus, Mas Bowo, Mas Tatang, dan Mbak Gita** selaku laboran dan staf administrasi pada Laboratorium Bahan dan Konstruksi Jurusan Teknik Sipil Fakultas Teknik Universitas Diponegoro
8. Seluruh Civitas Akademia Jurusan Teknik Sipil Fakultas Teknik Universitas Diponegoro yang tidak dapat kami sebutkan satu – persatu.

Penulis menyadari bahwa laporan ini masih banyak kekurangan dan ketidaksempurnaan, oleh karena itu kritik dan saran yang bersifat membangun dari semua pihak sangat penulis harapkan untuk penyempurnaan laporan ini.

Kami persembahkan Laporan Tugas Akhir ini untuk Almamater tercinta dan rekan mahasiswa, semoga bermanfaat bagi semua pihak.

Semarang, Pebruari 2009

Penyusun

ABSTRACT

This research compares the behavior of two reinforced concrete beams which contain different coarse aggregates which are 100% split and 100% slag. The behavior of slag reinforcement has not been recognized. Thus, tensile reinforced concrete beams are made which given flexural loads and observed until reaching the failure. As a validation, these beams are mathematically analyzed.

The result of flexural test shown that strain, shear, and bond capacity of slag concrete are increasing.

This research is carried out in a laboratory scale.

Keywords: slag, tensile reinforcement, strain, shear, bond

DAFTAR ISI

	Halaman
HALAMAN JUDUL	i
LEMBAR PENGESAHAN	ii
KATA PENGANTAR.....	iii
ABSTRAK.....	v
DAFTAR ISI	vi
DAFTAR NOTASI	viii
DAFTAR ISTILAH.....	ix
DAFTAR GAMBAR.....	x
DAFTAR GRAFIK.....	xi
DAFTAR TABEL	xii
BAB I. PENDAHULUAN	1
1.1. Latar Belakang Masalah	1
1.2. Tujuan dan Manfaat Penelitian	2
1.2.1. Tujuan Penelitian	2
1.2.2. Manfaat Penelitian	3
1.3. Pembatasan Masalah	4
1.4. Sistematika Laporan	5
BAB II. TINJAUAN PUSTAKA	7
2.1. Tinjauan Umum	7
2.2. Teori Tentang Beton	7
2.2.1. Kuat Tekan Beton	7
2.3. Limbah Padat (<i>Slag</i>)	9
2.3.1. Kegunaan Limbah Padat (<i>Slag</i>)	9
2.3.2. Karakteristik Limbah Padat (<i>Slag</i>)	10
2.4. Material	11
2.4.1. Semen Portland (PC)	11
2.4.2. Agregat	12
2.4.2.1. Berat Jenis Agregat.....	14
2.4.2.2. Gradasi Agregat.....	14
2.4.2.3. Hubungan antara Pori dalam Mortar dan Beton Dengan Kekuatan.....	14
2.4.2.4. Modulus Halus Butir.....	14
2.4.2.5. Kadar Air Agregat.....	15
2.4.2.6. Persyaratan Agregat.....	15
2.4.2.7. Pengujian Agregat.....	17
2.4.3. Air	18
2.5. Workabilitas.....	19
2.6. Perencanaan Campuran (<i>Mix Design</i>)	20
2.6.1. <i>Mix Design</i> Berdasarkan DOE (<i>Departement of Environment</i>).....	20
2.7. Penelitian Sejenis yang Pernah Dilakukan	24
BAB III. METODOLOGI PENELITIAN	28
3.1. Tinjauan Umum	28
3.2. Persiapan	29

3.3.	Studi Literatur	30
3.4.	Identifikasi Masalah	30
3.5.	Analisa Desain Penampang Balok	30
3.6.	Persiapan Pengujian dan <i>Set Up</i> Benda Uji Penelitian	30
3.7.	Pengujian dan Penelitian Balok Beton Bertulang	30
3.8.	Analisa Hasil Penelitian	31
3.9.	Kesimpulan dan Saran	31
3.10.	Alur Pengujian	31
BAB IV.	ANALISA PENULANGAN BALOK	33
4.1.	Analisa Desain Awal	33
4.1.1.	Analisa Penulangan Balok	35
BAB V.	VALIDASI PENGUJIAN	37
5.1.	Tinjauan Umum	37
5.2.	Tahapan Penelitian	37
5.2.1.	Tahapan Persiapan Penelitian	37
5.2.2.	Tahapan Pelaksanaan Penelitian	38
5.2.2.1.	Pembuatan Beton dan Uji Workabilitas	38
5.2.2.2.	Perawatan (<i>Curing</i>)	43
5.2.2.3.	Pengujian Beton dan Baja	44
5.3.	Hasil Pengujian	54
5.3.1.	Hasil Pengujian Tekan Silinder Beton	54
5.3.2.	Hasil Rekaman <i>Data Logger</i>	55
BAB VI.	KOMPARASI DESAIN BALOK BETON BERTULANG DENGAN HASIL PENGUJIAN	60
6.1.	Tinjauan Umum	60
6.2.	Analisa Penulangan Balok Beton Split	60
6.3.	Analisa Penulangan Balok Agregat Slag	66
6.4.	Komparasi antara Balok Beton Agregat Split dengan Slag	73
BAB VII.	PENUTUP	73
7.1.	Kesimpulan	73
7.1.1.	Analisa	73
7.1.2.	Visual	73
7.2.	Saran	74
DAFTAR PUSTAKA		
LAMPIRAN		
SURAT-SURAT		
LEMBAR ASISTENSI		

DAFTAR NOTASI

a	=	tinggi blok tegangan tekan persegi ekuivalen, mm.
A_s	=	luas tulangan tarik non – prategang, mm ² .
b	=	lebar badan balok, mm.
c	=	jarak dari serat tekan terluar ke garis netral, mm.
d	=	jarak dari serat tekan terluar ke pusat tulangan tarik, mm.
E_c	=	modulus elastisitas beton, MPa.
E_s	=	modulus elastisitas baja, MPa.
f_c'	=	kuat tekan beton, MPa.
f_s	=	tegangan dalam tulangan pada beban kerja, MPa.
f_y	=	tegangan luluh baja tulangan yang diisyaratkan, MPa.
h	=	tinggi total balok beton, mm.
L	=	panjang bentang balok, mm.
M_n	=	kuat momen nominal suatu penampang, Nm.
P	=	beban aksial. N.
P_u	=	beban aksial <i>ultimate</i> , N.
s	=	jarak antar tulangan geser, mm.
V_c	=	kuat geser nominal yang disumbangkan oleh beton, N.
V_d	=	kuat geser nominal yang disumbangkan tulangan tarik, N.
V_s	=	kuat geser nominal yang disumbangkan tulangan geser, N.
V_u	=	kuat geser <i>ultimate</i> pada penampang, N.
z	=	jarak lengan momen, mm.
ϵ_c	=	regangan beton
ϵ_s	=	regangan baja
γ	=	berat jenis, kg/m ³ .
δ	=	defleksi (penurunan), mm.
ρ	=	rasio penulangan tarik non – prategang.
ρ_b	=	rasio penulangan pada keadaan seimbang.

DAFTAR ISTILAH

ACI	=	<i>American Concrete Institute</i>
ASTM	=	<i>American Society for Testing and Material</i>
DOE	=	<i>Development and Environment</i>
FAS	=	Faktor Air Semen
PCC	=	<i>Portland Composite Cement</i>
SNI	=	Standar Nasional Indonesia
SSD	=	<i>Saturated Surface Dry</i>

DAFTAR GAMBAR

	Halaman
Gambar 2.1. Tipe-tipe Keruntuhan Slump	20
Gambar 3.1. Alur Pelaksanaan Penelitian	29
Gambar 4.1. Diagram Alir Perencanaan Penampang Persegi dengan Tulangan Tunggal	33
Gambar 5.1. Persiapan Material Campuran Beton <i>Slag</i> dan Split.....	40
Gambar 5.2. Pencampuran Material Beton.....	40
Gambar 5.3. Pengujian Workabilitas dengan Kerucut Abrams.....	41
Gambar 5.4. Kondisi Fisik <i>Trial</i> Kubus Pasca Uji Tekan	42
Gambar 5.5. a. Memasukkan Beton ke dalam Bekisting.....	43
Gambar 5.5. b. Lapis Pertama Digetarkan dengan Vibrator Selama 30 Detik.....	43
Gambar 5.6. Silinder Beton	45
Gambar 5.7. Perletakan Benda Uji Silinder Beton ke dalam <i>Crushing Test Machine</i>	45
Gambar 5.8. Kondisi Fisik Silinder Beton Pasca Uji Tekan	46
Gambar 5.9. Spesimen Uji Tarik	47
Gambar 5.10. Pengujian Tarik Tulangan Baja	47
Gambar 5.11. Garis Skalatis pada Balok untuk Mempermudah Pola Retak	48
Gambar 5.12. <i>Data Logger</i>	49
Gambar 5.13. <i>Hydraulic Jack</i>	49
Gambar 5.14. <i>Load Cell</i>	49
Gambar 5.15. <i>LVDT</i>	50
Gambar 5.16. <i>Load Dial</i>	50
Gambar 5.17 <i>Levelling/Waterpass</i>	50
Gambar 5.18. <i>Loading Frame</i>	51
Gambar 5.19. Posisi Balok pada <i>Loading Frame</i>	51
Gambar 5.20. <i>Set Up</i> Instrumen.....	52
Gambar 5.21. Balok Split Sebelum Diuji	59
Gambar 5.22. Gagal Geser pada Balok Split.....	59
Gambar 5.23. Retak Rambut pada Daerah Lentur.....	59
Gambar 5.24. Balok <i>Slag</i> Sebelum Diuji.....	60
Gambar 5.25. Gagal Geser pada Balok <i>Slag</i>	60
Gambar 5.26. Retak Rambut pada Daerah Lentur.....	60
Gambar 6.1. Beban Terpusat pada Balok <i>Slag</i> (Unit kg)	64
Gambar 6.2. Diagram Bidang Momen Balok <i>Slag</i> (Unit kg-mm).....	65
Gambar 6.3. Diagram Gaya Lintang Balok <i>Slag</i> (Unit kg)	65
Gambar 6.4. Beban Terpusat pada Balok Split (Unit kg).....	69
Gambar 6.5. Diagram Bidang Momen Balok Split (Unit kg-mm)	70
Gambar 6.6. Diagram Gaya Lintang Balok Split (Unit kg).....	70

DAFTAR GRAFIK

	Halaman
Grafik 2.1. Pengaruh Jenis Agregat	13
Grafik 2.2. Hubungan Kuat Tekan Beton dengan Faktor Air Semen.....	22
Grafik 2.3. Hubungan antara Berat Jenis Isi campuran Beton, Jumlah Air Pengaduk, dan Berat Jenis SSD Agregat Gabungan	24
Grafik 5.1. Hubungan Penurunan-Regangan Baja Tulangan	55
Grafik 5.2. Hubungan Beban-Regangan Baja Tulangan	55
Grafik 5.5. Hubungan Beban-Penurunan	56

DAFTAR TABEL

	Halaman
Tabel 2.1. Komposisi Kimia dari Limbah Baja (<i>Slag</i>)	10
Tabel 5.1. Hasil Pengujian <i>Trial</i> Kubus Beton Agregat Split.....	42
Tabel 5.2. Hasil Pengujian <i>Trial</i> Kubus Beton Agregat <i>Slag</i>	42
Tabel 5.3. Hasil Uji Tarik Baja	47
Tabel 5.4. Hasil Uji Tekan Silinder Beton Split	53
Tabel 5.5. Hasil Uji Tekan Silinder Beton <i>Slag</i>	53
Tabel 5.6. Hasil Rekaman <i>Data Logger</i> Balok Split	54
Tabel 5.7. Hasil Rekaman <i>Data Logger</i> Balok <i>Slag</i>	54
Tabel 6.1. Komparasi antara Balok Beton Agregat Split dengan <i>Slag</i>	71