

**ANALISA NUMERIK
PERILAKU STRUKTUR BALOK BETON
BERTULANG BERBAHAN DASAR GEOPOLIMER**

SKRIPSI

Oleh

HENDRA WIDHATRA
04 04 01 029 5



**DEPARTEMEN TEKNIK SIPIL
FAKULTAS TEKNIK UNIVERSITAS INDONESIA
GENAP 2007/2008**

812/FT. 01/SKRIP/0 1/2008

**ANALISA NUMERIK
PERILAKU STRUKTUR BALOK BETON
BERTULANG BERBAHAN DASAR GEOPOLIMER**

SKRIPSI

Oleh

HENDRA WIDHATRA
04 04 01 029 5



**SKRIPSI INI DIAJUKAN UNTUK MELENGGAPI SEBAGIAN
PERSYARATAN MENJADI SARJANA TEKNIK**

**DEPARTEMEN TEKNIK SIPIL
FAKULTAS TEKNIK UNIVERSITAS INDONESIA
GENAP 2007/2008**

PERNYATAAN KEASLIAN SKRIPSI

Saya menyatakan dengan sesungguhnya bahwa skripsi dengan judul :

ANALISA NUMERIK PERILAKU STRUKTUR BALOK BETON BERTULANG BERBAHAN DASAR GEOPOLIMER

yang dibuat untuk melengkapi sebagian persyaratan menjadi Sarjana Teknik pada Program Studi Teknik Sipil Departemen Teknik Sipil Fakultas Teknik Universitas Indonesia, sejauh yang saya ketahui bukan merupakan tiruan atau duplikasi dari skripsi yang sudah dipublikasikan dan atau pernah dipakai untuk mendapatkan gelar kesarjanaan di lingkungan Universitas Indonesia maupun di Perguruan Tinggi atau Instansi manapun, kecuali bagian yang sumber informasinya dicantumkan sebagaimana mestinya.

Juli 2008

Hendra Widhatra
NPM 04 04 01 029 5

FINAL ASSIGNMENT ORIGINALITY CLARIFICATION

I hereby state that final assignment titled :

NUMERICAL ANALYSIS OF GEOPOLYMER CONCRETE REINFORCED BEAM BEHAVIOR

which is submitted to fulfill one of requirement needed to achieve Bachelor Degree in Civil Engineering Department Faculty of Engineering University of Indonesia, is my own work. This final assignment is the original copy and not duplication of other final assignment that have been published or used to gain Bachelor Degree in University of Indonesia as well as other university or any other institute, unless the references included as they should be.

July 2008

Hendra Widhatra
NPM 04 04 01 029 5

PENGESAHAN

Skripsi dengan judul :

**ANALISA NUMERIK
PERILAKU STRUKTUR BALOK BETON BERTULANG
BERBAHAN DASAR GEOPOLIMER**

dibuat untuk melengkapi sebagian persyaratan menjadi Sarjana Teknik pada Program Studi Teknik Sipil Departemen Teknik Sipil Fakultas Teknik Universitas Indonesia. Skripsi ini telah diujikan pada sidang ujian skripsi pada tanggal 3 Juli 2008 dan dinyatakan memenuhi syarat/sah sebagai skripsi pada Departemen Teknik Sipil Fakultas Teknik Universitas Indonesia.

Juli 2008

Pembimbing I

Pembimbing II

Dr-Ing. Ir. Henki Wibowo Ashadi
NIP. 131 845 375

Dr. Ir. Sotya Astutiningsih, M.Eng
NIP. 132 005 688

APPROVAL

Final Assignment titled :

NUMERICAL ANALYSIS OF GEOPOLYMER CONCRETE REINFORCED BEAM BEHAVIOR

is submitted to fulfill one of requirement needed to achieve Bachelor Degree in Civil Engineering Department Faculty of Engineering University of Indonesia, is my own work. This final assignment has been examined at July 3rd 2008 and approved as final assignment on Civil Engineering Department Faculty of Engineering University of Indonesia.

July 2008

Counselor I

Counselor II

Dr-Ing. Ir. Henki Wibowo Ashadi
NIP. 131 845 375

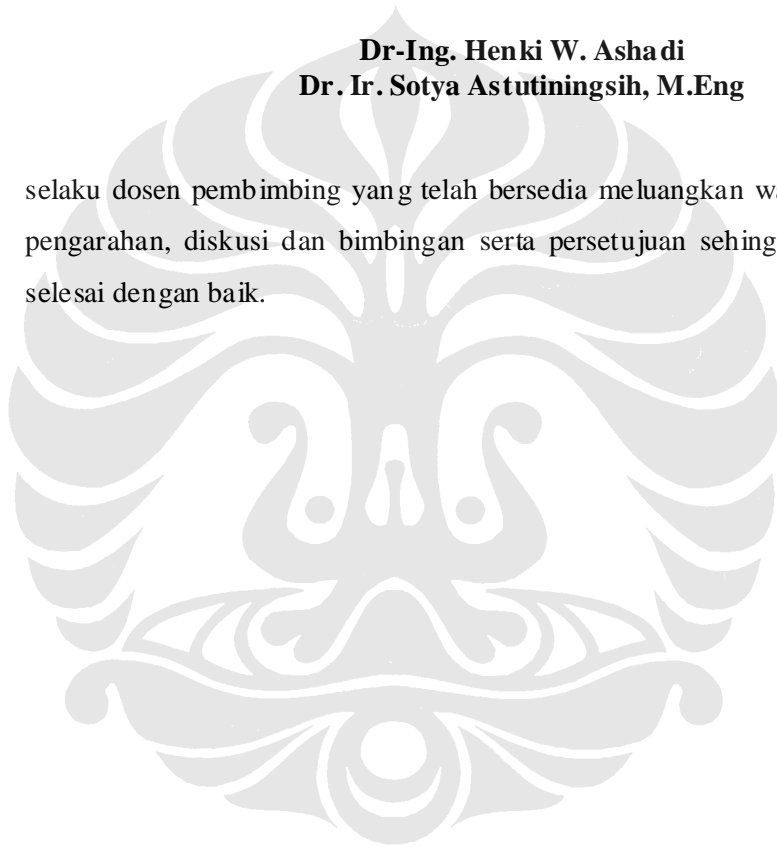
Dr. Ir. Sotya Astutiningsih, M.Eng
NIP. 132 005 688

UCAPAN TERIMA KASIH

Penulis mengucapkan terima kasih kepada :

Dr-Ing. Henki W. Ashadi
Dr. Ir. Sotya Astutiningsih, M.Eng

selaku dosen pembimbing yang telah bersedia meluangkan waktu untuk memberi pengarahan, diskusi dan bimbingan serta persetujuan sehingga skripsi ini dapat selesai dengan baik.



DAFTAR ISI

	Halaman
PERNYATAAN KEASLIAN SKRIPSI	ii
FINAL ASSIGNMENT ORIGINALITY CLARIFICATION	iii
PENGESAHAN	iv
APPROVAL	v
UCAPAN TERIMA KASIH	vi
ABSTRAK	vii
ABSTRACT	viii
DAFTAR ISI	ix
DAFTAR GAMBAR	xiii
DAFTAR TABEL	xv
DAFTAR LAMPIRAN	xvi
BAB I PENDAHULUAN	1
1.1 LATAR BELAKANG	1
1.2 TUJUAN PENELITIAN	3
1.3 RUANG LINGKUP PERMASALAHAN	4
1.4 HIPOTESA AWAL	5
1.5 METODOLOGI PENELITIAN	5
1.6 SISTEMATIKA PENULISAN	5
BAB II LANDASAN TEORI	7
2.1 BETON	7
2.1.1 Material Penyusun Beton	7
2.1.1.1 Agregat	7
2.1.1.2 Material Pengikat (Semen)	9
2.1.1.3 Air	10
2.1.2 Karakteristik Beton	10
2.1.2.1 Kuat Tekan	10

2.1.2.2	<i>Kuat Tarik</i>	11
2.1.2.3	<i>Regangan</i>	11
2.1.2.4	<i>Rangkak (Creep)</i>	12
2.1.2.5	<i>Susut (Shrinkage)</i>	12
2.1.3	Hubungan Tegangan-Regangan Beton	13
2.2	BETON GEOPOLIMER	19
2.2.1	Sejarah Beton Geopolimer	20
2.2.2	Material Penyusun Beton Geopolimer	22
2.2.2.1	<i>Prekursor</i>	23
2.2.2.2	<i>Aktuator</i>	24
2.2.3	Proses Polimerisasi	25
2.2.4	Karakteristik Beton Geopolimer	26
2.2.4.1	<i>Ikatan Matriks-Inklusi</i>	27
2.2.4.2	<i>Kekuatan Mekanis</i>	30
2.2.4.3	<i>Ketahanan Kimia</i>	31
2.3	BAJA	32
2.4	ASUMSI DASAR ANALISA PENAMPANG BALOK BETON BERTULANG	34
2.5	HUBUNGAN TEGANGAN-REGANGAN BETON DAN BAJA	35
2.6	ANALISA PENAMPANG BALOK BETON BERTULANG GEOPOLIMER DENGAN METODE <i>FIBER MODEL</i>	36
2.7	KERUNTUHANLENTUR	37
BAB III METODOLOGI PENELITIAN		38
3.1	PERSIAPAN DAN PENGUJIAN MATERIAL	38
3.1.1	Agregat	38
3.1.2	Geopolimer	38
3.2	PERHITUNGAN CAMPURAN BETON	39
3.2.1	Perhitungan Komposisi Pasta Geopolimer	39
3.2.2	Perhitungan <i>Mix Design</i> Beton	40
3.3	PERHITUNGAN KEBUTUHANBENDA UJI	40
3.3.1	Tes Kuat Tekan	41

3.3.2 Tes Ku at Tarik	41
3.3.3 Uji Lendutan	42
3.4 PRODUKSI BENDA UJI	42
3.4.1 Persiapan	42
3.4.2 Pembuatan Campuran Beton (<i>Mixing</i>) dan Uji Slump Beton	43
3.4.3 Pencetakan (<i>Moulding</i>)	44
3.4.4 Proses Pengerasan (<i>Hardening</i>)	44
3.4.5 Perawatan (<i>Curing</i>)	45
3.5 PENGUJIAN BENDA UJI	45
3.5.1 Pengujian Sample Tekan	45
3.5.2 Pengujian Sample Tarik	45
3.6 HUBUNGAN MOMEN LENTUR DAN KURVATUR	45
3.6.1 Deformasi Elastis yang Disebabkan oleh Momen Lentur	46
3.6.2 Kurvatur Pada Balok	49
3.6.3 Perhitungan Deformasi Balok dari Kurvatur	51
3.7 METODE INTEGRAL	52
3.7.1 Aturan Trapesium Tunggal	52
3.7.2 Aturan Trapesium Majemuk	53
3.8 METODE BAGI DUA (<i>BISECTION METHOD</i>)	53
BAB IV ANALISA NUMERIK	56
4.1 ANALISA <i>FIBER MODEL</i>	56
4.1.1 Permodelan Sifat Material Beton	57
4.1.2 Permodelan Sifat Material Baja	57
4.1.3 Tahap-tahap Perhitungan Analisa Numerik	59
4.1.3.1 Kurva Momen-Kurvatur	59
4.2 STUDI KASUS PADA BALOK BETON BERTULANG GEOPOLIMER	68
4.2.1 Balok Beton Geopolimer	68
4.2.2 Spesifikasi Balok	68
4.2.3 Sistem Pembebanan	69
4.2.4 Kurva Tegangan-Regangan	69

BAB V ANALISA HASIL PERCOBAAN	71
5.1 ANALISA HASIL PENGUJIAN LABORATORIUM	71
5.1.1 Pengujian <i>Fly ash</i>	71
5.1.2 Pengujian Larutan <i>Waterglass</i> Na_2SiO_3	72
5.1.3 Karakteristik Dasar Beton Geopolimer	72
5.1.4 Kuat Tekan Pasta Geopolimer	72
5.1.5 Kuat Tarik Pasta Geopolimer	75
5.1.6 Kuat Tekan Beton Geopolimer	75
5.1.7 Kuat Lentur Balok Geopolimer	77
5.2 ANALISA HASIL PERHITUNGAN NUMERIK	77
5.2.1 Balok Pengujian	78
5.2.1.1 Karakteristik Kurva Gaya Dalam-Kurvatur	78
5.2.1.2 Karakteristik Kurva Momen-Kurvatur	79
5.2.1.3 Karakteristik Kurva Lendutan	80
5.2.2 Balok Pembanding 1	81
5.2.2.1 Karakteristik Kurva Gaya Dalam-Kurvatur	82
5.2.2.2 Karakteristik Kurva Momen-Kurvatur	82
5.2.2.3 Karakteristik Kurva Lendutan	83
5.2.3 Balok Pembanding 2	84
5.2.3.1 Karakteristik Kurva Gaya Dalam-Kurvatur	84
5.2.3.2 Karakteristik Kurva Momen-Kurvatur	85
5.2.3.3 Karakteristik Kurva Lendutan	86
BAB VI PENUTUP	88
6.1 KESIMPULAN	88
6.2 SARAN	89
DAFTAR ACUAN	91
DAFTAR PUSTAKA	92

DAFTAR GAMBAR

	Halaman
Gambar 2.1 Shape of Agregate	9
Gambar 2.2 Kadar Air pada Agregat	9
Gambar 2.3. <i>Stress – Strain Curve</i>	11
Gambar 2.4. <i>Elastic and Creep Strain</i>	12
Gambar 2.5 Kurva tegangan-regangan rencana jangka pendek beton	14
Gambar 2.6 Kurva tegangan-regangan silinder beton dengan pembebanan berupa penekanan uniaxial	15
Gambar 2.7 Idealisasi kurva tegangan-regangan beton dengan pembebanan berupa penekanan uniaxial	16
Gambar 2.8 Kurva tegangan-regangan Chan dan Blume	16
Gambar 2.9 Kurva tegangan-regangan Baker	17
Gambar 2.10 Kurva tegangan-regangan Roy dan Sozen	17
Gambar 2.11 Kurva tegangan-regangan Soliman dan Yu	18
Gambar 2.12 Kurva tegangan-regangan Sargin	18
Gambar 2.13 Kurva tegangan-regangan Kent dan Park	18
Gambar 2.14 Kurva Desayi dan Krishnan	19
Gambar 2.15 Proses Pembuatan Pasta Geopolimer	26
Gambar 2.16 Pengaruh suhu ikat terhadap kuat tekan	30
Gambar 2.17 Pengaruh kadar air terhadap kuat tekan	31
Gambar 2.18 Kurva tegangan-regangan rencana jangka pendek untuk tulangan	32
Gambar 2.19 Idealisasi kurva tegangan-regangan baja akibat pembebanan tarik dan tekan. (a) Kurva bilinear, (b) Kurva trilinear, (c) Kurva lengkap	34
Gambar 3.1 Sample ku bus beton	41

Gambar 3.2	Elemen balok berdeformasi menjadi bentuk circular akibat momen lentur	46
Gambar 3.3	Gaya tarik-tekan yang berkerja pada balok	47
Gambar 3.4	Rotasi balok akibat pembebanan	48
Gambar 3.5	Deformasi balok akibat lentur	50
Gambar 3.6	Lendutan yang disebabkan deformasi lentur elemen	51
Gambar 3.7	Pendekatan grafis dalam menentukan akar persamaan	54
Gambar 3.8	Penggambaran grafis meto de bagi-dua	55
Gambar 4.1	Kurva te gan gan-regangan baja	58
Gambar 4.2	Permodelan analisa <i>fiber model</i>	59
Gambar 4.3.	Diagram alur analisa <i>fiber model</i>	60
Gambar 4.4	Kurva Tegangan-Regangan Beton	70
Gambar 5.1	Kurva hubungan gaya dalam-kurvatur balok pengujian	79
Gambar 5.2	Kurva hubungan momen-kurvatur balok pengujian	79
Gambar 5.3	Kurva kurvatur sepanjang balok pengujian	80
Gambar 5.4	Kurva rotasi sepanjang balok pengujian	81
Gambar 5.5	Kurva lendutan sepanjang balok	81
Gambar 5.6	Kurva hubungan gaya dalam-kurvatur balok pembandingan 1	82
Gambar 5.7	Kurva hubungan momen-kurvatur balok pembandingan 1	82
Gambar 5.8	Kurva kurvatur sepanjang balok pembandingan 1	83
Gambar 5.9	Kurva rotasi sepanjang balok pembandingan 1	83
Gambar 5.10	Kurva lendutan sepanjang balok pembandingan 1	84
Gambar 5.11	Kurva hubungan gaya dalam-kurvatur balok pembandingan 2	84
Gambar 5.12	Kurva hubungan momen-kurvatur balok pembandingan 2	85
Gambar 5.13	Kurva kurvatur sepanjang balok pembandingan 2	86
Gambar 5.14	Kurva rotasi sepanjang balok pembandingan 2	86
Gambar 5.15	Kurva lendutan sepanjang balok pembandingan 2	86

DAFTAR TABEL

	Halaman
Tabel 2.1 Tegangan dan regangan baja	33
Tabel 4.1 Spesifikasi Balok	69
Tabel 5.1 Hasil Tes XRFFly Ash	71
Tabel 5.2 Hasil Uji Kadar Kimia <i>Waterglass</i>	72
Tabel 5.3 Hasil pengujian kuat ikat pasta geopolimer pertama	73
Tabel 5.4 Hasil pengujian kuat ikat pasta geopolimer kedua	74
Tabel 5.5 Hasil pengujian kuat tarik pasta geopolimer	75
Tabel 5.6 Hasil pengujian tes tekan beton konvensional dengan limbah	76
Tabel 5.7 Hasil pengujian tes tekan kubus bervariasi	76
Tabel 5.8 Hasil pengujian kuat lentur balok	77

DAFTAR LAMPIRAN

Lampiran 1	Pengujian <i>Fly Ash</i>	96
Lampiran 2	Sodium Silikat Na_2SiO_3	98
Lampiran 3	<i>Mix Design</i>	99
Lampiran 4	Hasil Analisa Numerik Balok Pengujian	101
Lampiran 5	Hasil Analisa Numerik Balok Pemanding 1	107
Lampiran 6	Hasil Analisa Numerik Balok Pemanding 2	115
Lampiran 7	Bahasa Numerik	122

