

DAFTAR ISI

	Halaman
LEMBAR PENGESAHAN.....	i
LEMBAR PERNYATAAN	ii
KATA PENGANTAR	iii
DAFTAR ISI.....	v
DAFTAR TABEL	vi
DAFTAR GAMBAR	iix
DAFTAR LAMPIRAN.....	x
DAFTAR NOTASI.....	xi
ABSTRACT	iix
INTI SARI.....	ix
 BAB I PENDAHULUAN.....	 1
1.1. Latar Belakang.....	1
1.2. Tujuan Penelitian	2
1.3. Manfaat Penelitian.....	2
1.4. Keaslian Penelitian	2
1.5. Batasan Masalah	2
 BAB II KAJIAN PUSTAKA.....	 4
 BAB III LANDASAN TEORI	 8
3.1. Konsep Dasar Metode Elemen Hingga.....	8
3.2. Formulasi Elemen Hingga	9
3.2.1. Tegangan bidang	9
3.2.2. Hubungan regangan – perpindahan.....	10
3.2.3. Prinsip kerja virtual	11
3.2.4. Elemen isoparametrik.....	12
3.2.5. Integrasi numerik.....	13
3.2.6. Hubungan regangan – tegangan	17
3.3. Formulasi Elemen Hingga <i>Non-linear</i> Material	18
3.3.1. Model konstitutif.....	19
3.3.2. Persamaan konstitutif beton	20
3.3.3. Persamaan konstitutif beton bertulang.....	20
3.3.4. Persamaan konstitutif tulangan	20
3.3.5. Pemodelan retak pada beton untuk metode elemen hingga non-linear.....	22
3.3.6. Pemodelan tulangan pada metode elemen hingga non linear untuk beton bertulang.....	25
3.3.7. Penggabungan matrik kekakuan material komposit.....	25
3.4. Metode Elemen Hingga untuk Kondisi Panas	26
3.4.1. Elemen segitiga	26

3.4.2. Formulasi metode elemen hingga untuk distribusi panas ...	28
3.4.3. Formulasi elemen hingga akibat thermal	37
3.4.4. Dua dimensi konduksi (tanpa konveksi)	37
3.5. Persamaan Konstitutif pada Beton Terbakar	38
3.5.1. Konstitutif material tulangan akibat panas	38
3.5.2. Konstitutif material beton untuk panas	39
3.5.3. Modulus elastisitas sedang terbakar	41
BAB IV PEMODELAN ELEMEN HINGGA NON LINIER MATERIAL DAN PEMOGAMAN	42
4.1 Pemodelan Elemen Hingga	42
4.1.1. Matrik kekakuan	42
4.1.2. Penyelesaian persamaan linier	43
4.2 Algoritma Metode Elemen Hingga Non-Linear	43
4.2.1. Metode displacement increment	43
4.2.2. Metode variasional untuk perpindahan panas	45
4.3. Diagram Alir Pemograman	47
4.4. Subroutine Program dan Keterangan Variabel	64
4.4.1. Struktur program	64
4.4.2. Input program	69
BAB V HASIL PENELITIAN DAN PEMBAHASAN	80
5.1. Program Komputer SARC-UF2D.exe	80
5.2. Konvergensi Elemen	81
5.3. <i>Time Program</i>	82
5.4. Validasi Program	83
BAB VI KESIMPULAN DAN SARAN	97
6.1. Kesimpulan	97
6.2. Saran	98
DAFTAR PUSTAKA	102
LAMPIRAN	102

DAFTAR TABEL

Tabel 2.1. Distribusi suhu pada ketebalan selimut beton	6
Tabel 3.1. Nilai-nilai koefisien <i>Gauss quadrature</i>	17
Tabel 3.2. Konstanta untuk persamaan konstitutif beton	20
Tabel 4.1. Data nama setiap proses file setiap peningkatan beban (file 000)	74
Tabel 4.2. Cara memasukkan data input untuk program dengan beban normal	75
Tabel 4.3. Cara memasukkan data input program mencari distribusi panas saja	76
Tabel 4.4. Cara memasukkan data input program untuk struktur kena beban setelah terbakar dan sedang terbakar	77
Tabel 5.1 Pengaruh jumlah elemen terhadap waktu proses	82

DAFTAR GAMBAR

Gambar 3.1. Distorsi dan perpindahan yang terjadi sepanjang dx dan dy	10
Gambar 3.2. Elemen <i>kuadratik quadrilateral</i>	13
Gambar.3.3. <i>Gauss quadrature</i> dengan 2 titik sampel	17
Gambar 3.4. Kurva tegangan-regangan utama beton dalam arah tekan.	20
Gambar 3.5. Kurva tegangan regangan utama beton dalam arah tarik	21
Gambar 3.6. Kurva tegangan-regangan baja	22
Gambar 3.7. Sistem referensi koordinat beton retak	23
Gambar 3.8. <i>Linear triangular element</i>	26
Gambar 3.9. <i>Shape function untuk CST</i>	27
Gambar 3.10. Kontrol volume untuk dua dimensi heat konduksi	38
Gambar 3.11. Unit vektor normal pada permukaan S_2	38
Gambar 3.12. Elastisitas tulangan terbakar dalam $^{\circ}\text{C}$	39
Gambar 3.13. Typical tegangan-regangan pada beton bertulang Lie. 1990 dan Wade ,1997, Zha,2002 35 MPa	40
Gambar 3.14. Relatif modulus elastisitas terhadap fungsi temperatur	41
Gambar 4.1. Algoritma prosedur pertambahan perpindahan	44
Gambar 4.3. Langkah finite element pada pada perpingahan panas	46
Gambar 4.4. Diagram alir program utama	47
Gambar 4.5. Diagram alir akibat beban tanpa suhu metode <i>displacement increment</i>	50
Gambar 4.6. Diagram alir sub program A (<i>finite element</i>)	52
Gambar 4.7. Diagram alir struktur dibebani setelah terbakar	54
Gambar 4.8. Diagram alir sub program B (<i>fnite Element</i>)	56
Gambar 4.9. Diagram alir struktur dibebani saat terbakar	58
Gambar 4.10. Diagram sub program C (<i>finite element</i>)	60
Gambar 4.11. Diagram alir hitungan distribusi suhu	61
Gambar 4.12. Penjelasan diagram alir perhitungan distribusi suhu	63
Gambar 4.13. Contoh pembacaan lajur	69
Gambar 5.1. Balok beton bertulang 20x20x80 untuk konvergensi elemen	81
Gambar 5.2. Grafik P-Lendutan untuk konvergensi elemen	81
Gambar 5.3. Grafik hubungan jumlah elemen dengan lama running SARCUF2D	82
Gambar 5.4. <i>Properties Consider Panel Cervenka</i>	84
Gambar 5.5 Grafik P-Lendutan <i>Consider Panel Cervenka</i> dengan metode <i>Displacement Increment</i>	84
Gambar 5.6. Arah dan sebaran <i>crack Consider Panel</i>	84
Gambar 5.7. Crack pertama <i>Consider Panel</i> dengan SARC-UF2D	85
Gambar 5.8. Sebaran <i>crack Consider Panel</i> dengan SARC-UF2D	85
Gambar 5.9. Properties balok tinggi Leonhardt dan Walther 1966	86
Gambar 5.10. P dan Lendutan balok tinggi Leonhardt dan Walther 1966. dengan program SARC-UF2D	86
Gambar 5.11 Simple Beam 150 mm x 250 mm x 1800 mm	87



Gambar 5.12 Grafik beban dan lendutan simple beam 150 x 250 x 1800 mm	86
Gambar 5.13. Penomoran elemen simple beam 150 x 250 x 1800 mm	86
Gambar 5.13a Lokasi retak dan leleh tulangan balok eksperimen <i>simple beam</i> (Kadreani)	89
Gambar 5.14. Distribusi suhu pada kolom THC4 hasil test dan model Kodur	90
Gambar 5.15. Distribusi suhu pada kolom THC4 dengan program	91
Gambar 5.16. Distribusi suhu pada dinding oleh Sanjayan	91
Gambar 5.17. Distribusi suhu pada dinding dengan Program SARC-UF2D.	92
Gambar 5.18. Data kolom C12e60	93
Gambar 5.19. Pasca bakar kolom C12e60 experiment dan program SARC- UF2D	93
Gambar 5.20. P Lendutan pelat 600 x 1200 x 60 plat HSCS1	94
Gambar 5.21 Distribusi suhu pelat 600 x 1200 x 60	95
Gambar 5.22 P-Lendutan pelat 600 x 1200 x 60 berbagai waktu dan suhu	95
Gambar 5.23. Hubungan Suhu terhadap lendutan pelat HSCS1	96
Gambar 5.24. Hubungan P-Lendutan terhadap lendutan tetap pelat HSCS1	96



UNIVERSITAS
GADJAH MADA

Metode elemen hingga untuk analisis non-linear struktur plane stress beton bertulang yang terbakar
RIDWAN, Muhammad, Prof.Ir. Bambang Suhendro, MSc.,Ph.D
Universitas Gadjah Mada, 2004 | Diunduh dari <http://etd.repository.ugm.ac.id/>

DAFTAR LAMPIRAN

LAMPIRAN 1. CONTOH <i>INPUT PROGRAM</i>	132
LAMPIRAN 2. CONTOH <i>OUTPUT PROGRAM</i>	136
LAMPIRAN 3. DAFTAR DATA-DATA KOEFISIEN MATERIAL	155

DAFTAR NOTASI

δU_e	: energi regangan virtual akibat tegangan internal
δW_e	: kerja virtual dari gaya-gaya yang bekerja
$\delta \underline{d}$: vektor perpindahan nodal virtual
$\delta \underline{\Psi}$: vektor fungsi perpindahan virtual δu , δv dan δw
$\delta \underline{P}$: matrik beban pada titik nodal.
\underline{T}	: matrik gaya permukaan persatuan luas
\underline{X}	: matrik gaya badan persatuan volume
K_c	: peregang melintang pada beton
K_f	: representasikan kuat tekan beton
T	: suhu
k	: konduktivitas
ρ	: massa jenis
C	: panas Jenis
t	: waktu
h	: koefisien perpindahan panas konveksi
τ_∞	: Suhu lingkungan
B_h	: permukaan terjadinya konveksi
B_q	: permukaan yang dikenai fluksi panas
E_c	: modulus elastisitas beton
f_c'	: tegangan karakteristik beton pada umur 28 hari
f_{cr}	: tegangan retak beton
f_{c1} f_{c2}	: tegangan-tegangan utama beton
f_i	: fungsi bentuk dari fungsi perpindahan elemen hingga
f_p	: faktor penurunan atau peningkatan tegangan puncak beton pada kondisi tegangan biaksial atau triaksial
G_c	: modulus geser beton
l, m, n	: koefisien arah normal sumbu utama terhadap sumbu global
P_0	: gaya luar struktur
P^*, d^*	: titik-titik bantu untuk mendapatkan P dan d yang sebenarnya pada metode pertambahan perpindahan.
SF	: <i>step factor</i> pada metode pertambahan perpindahan
u, v	: perpindahan translasi pada arah x, y
W_i	: faktor bobot pada integrasi Gauss Quadratur
x, y	: sistem koordinat global elemen
δ	: lendutan suatu titik pada pelat
δU_e	: energi regangan virtual akibat tegangan internal
δW_e	: kerja virtual eksternal akibat gaya-gaya luar
ξ, η, ζ	: sistem koordinat alami (natural)
ξ_i, η_i, ζ_i	: variabel-variabel dalam sistem koordinat alami
ξ_0, η_0, ζ_0	: $f(\xi, \xi_i)$, $f(\eta, \eta_i)$, $f(\zeta, \zeta_i)$
$\epsilon_x, \epsilon_y, \epsilon_z$: regangan normal arah x y z



$\epsilon_1, \epsilon_2, \epsilon_3$: regangan-regangan utama
ϵ_{cr}	: regangan retak beton
$\epsilon_{c1} \epsilon_{c2} \epsilon_{c3}$: regangan-regangan utama beton
ϵ_0	: regangan beton pada saat tegangan mencapai f_c^I
ϵ_p	: regangan yang bekerja pada bidang miring (<i>oblique</i>) elemen : regangan beton pada saat tegangan utama mencapai f_p
$\gamma_{xy} \gamma_{yz} \gamma_{zx}$: regangan geser pada bidang xy , yz dan zx
$\sigma_x \sigma_y \sigma_z$: tegangan normal arah x y z
$\tau_{xy} \tau_{yz} \tau_{zx}$: tegangan geser pada bidang xy , yz dan zx
ν	: angka poisson
$\{d\}$: vektor perpindahan translasi
$[B]$: matriks regangan-perpindahan
$[D]$: matriks kekakuan material dalam sistem sumbu global
$[D]^*$: matriks kekakuan material orthotropis dalam sistem sumbu utama
$[J]$: matriks Jacobian
$[k]$: matriks kekakuan elemen
$[K]$: matriks kekakuan struktur
$[T]$: matriks transformasi regangan