

STUDI ANALISIS PEMODELAN BENDA UJI BALOK BETON UNTUK MENENTUKAN KUAT LENTUR DENGAN MENGGUNAKAN SOFTWARE KOMPUTER

**KOMARA SETIAWAN
NRP. 0421042**

Pembimbing : Anang Kristanto, ST., MT.

**UNIVERSITAS KRISTEN MARANATHA
FAKULTAS TEKNIK JURUSAN SIPIL
BANDUNG
2007**

ABSTRAK

Balok merupakan salah satu dari elemen struktur yang digunakan untuk memikul beban yang bekerja secara transversal dari panjangnya dan mentransfer beban tersebut ke kolom vertikal yang menumpunya. Elemen struktur horisontal ini diletakkan di atas dua elemen struktur vertikal yang merupakan konstruksi dasar yang sering digunakan.

Seiring dengan berkembangnya ilmu pengetahuan dan program-program komputer, metode analisis dan desain struktur. Untuk mengetahui karakteristik dari balok digunakanlah software SAP 2000 sebagai alat bantu untuk menganalisis kekuatan model balok dan perilaku yang terjadi pada elemen struktur balok dan membandingkannya dengan hasil uji kuat lentur beton yang dilakukan dilaboratorium.

Dengan bantuan software tersebut dilakukan pemodelan balok uji lentur 60 cm x 15 cm x 15 cm dan dianalisis kuat lentur model tersebut. Pemodelan balok uji lentur balok menggunakan *plane element* yang merupakan elemen *solid 2* dimensi. Balok uji dimodelkan dan didikretisasi menggunakan elemen segi empat dan elemen segi tiga. Dilakukan juga berbagai pemodelan dari elemen segi empat dan segi tiga itu dengan cara memperhalus elemen di sekitar titik tangkap gaya didaerah perletakan, daerah pembebanan dan di daerah retakan benda uji. Pemodelan ini dilakukan hingga mendapatkan besar kuat lentur pada software kemudian hasilnya dibandingkan dengan kuat lentur balok uji dari hasil pengujian di laboratorium dan memberikan solusi model yang paling mendekati dengan hasil pengujian di laborarorium.

Hasil studi penelitian ini menunjukkan dari berbagai jenis pemodelan balok uji, didapat model balok menggunakan elemen segi empat dengan ukuran mesh 37.5 mm dan diberi penghalusan didaerah titik tangkap gaya diperletakan dan didaerah pembebanan dengan elemen segi empat dengan ukuran mesh 1.17 mm didaerah titik tangkap gaya Hasil kuat lentur model tersebut yang paling mendekati dengan keadaan sesungguhnya.

DAFTAR ISI

SURAT KETERANGAN TUGAS AKHIR.....	i
SURAT KETERANGAN SELESAI TUGAS AKHIR.....	ii
ABSTRAK.....	iii
PRAKATA.....	iv
DAFTAR ISI.....	vi
DAFTAR NOTASI.....	ix
DAFTAR TABEL.....	x
DAFTAR GAMBAR.....	xi
DAFTAR GRAFIK.....	xvii
BAB 1 PENDAHULUAN	
1.1 Latar belakang Permasalahan.....	1
1.2 Tujuan Penulisan.....	3
1.3 Ruang Lingkup Pembahasan.....	3
1.4 Metodologi Penelitian.....	3
1.5 Sistematika Penulisan.....	4
BAB 2 TINJAUAN PUSTAKA	
2.1 Balok	
2.1.1 Konsep Dasar Teori Lentur Balok.....	6
2.1.2 Balok Lentur.....	11
2.1.3 Metode Analisis dan Perencanaan.....	12
2.1.4 Asumsi dalam Perencanaan.....	15
2.1.5 Pengujian Kuat Lentur Beton.....	16
2.2 Metode Elemen Hingga	

2.2.1 Konsep dasar Metoda Elemen Hingga.....	18
2.2.2 Langkah-langkah dalam Metoda Elemen Hingga.....	19
2.3 Program pada Metode Elemen Hingga	
2.3.1 Diskretisasi suatu Struktur.....	25
2.3.2 Penomoran Titik Nodal.....	26
2.3.3 Konvergensi oleh Pembagian yang lebih halus.....	27
2.3.4 Elemen dengan orde yang lebih tinggi.....	29
2.3.5 Perhitungan struktur yang sangat besar.....	29
2.3.6 Hubungan titik nodal	30
2.4 Solusi Umum Berbasis Komputer.....	30
2.5 Software SAP 2000.....	32
2.6 <i>Plane element</i>	34

BAB 3 PEMODELAN DAN ANALISIS BENDA UJI

3.1 Karakteristik benda uji Balok $f_c' 30$ MPa.....	36
3.2 Pembebanan.....	38
3.3 Langkah-langkah memodelkan benda uji.....	38
3.4 Pemodelan benda uji	
3.4.1 Pemodelan dengan elemen segi empat.....	46
3.4.2 Pemodelan dengan elemen segi tiga.....	49
3.4.3 Pemodelan elemen segi tiga diperletakan dan dipembebanan.....	50
3.4.4 Pemodelan elemen segi tiga diperletakan dan dipembebanan.....	64
3.4.5 Pemodelan elemen segi empat didaerah retakan.....	68

3.4.6	Pemodelan elemen segi tiga didaerah retakan.....	91
3.5	Analisis hasil pemodelan	
3.5.1	Model benda uji segi empat.....	100
3.5.2	Model benda uji segi tiga.....	101
3.5.3	Model benda uji segi empat diperhalus di titik beban dan perletakan.....	101
3.5.4	Model benda uji segi tiga diperhalus di titik beban dan perletakan.....	105
3.5.5	Model benda uji segi empat diperhalus diretakan....	106
3.5.6	Model benda uji segi tiga diperhalus diretakan.....	110
BAB 3 KESIMPULAN DAN SARAN		
4.1	Kesimpulan.....	111
4.2	Saran.....	112
DAFTAR PUSTAKA.....		113
LAMPIRAN		114

DAFTAR NOTASI

A	= solusi pendekatan
A*	= solusi eksak
E	= modulus elastisitas, N/mm^2
I	= momen inersia penampang balok terhadap garis netral, mm^4
[k]	= matriks penggabungan
L	= panjang balok, mm
M	= momen yang bekerja pada balok, kgm
P	= pembebanan, kg
R	= kuat lentur
{R}	= vektor penggabungan dari beban luar
{r}	= vektor gabungan dari besaran yang dicari
S	= tegangan, N/mm^2
a	= jarak rata-rata antara titik terbelahnya balok, mm
b	= lebar balok, mm
c	= jarak serat terluar terhadap garis netral, mm
d	= tinggi balok, mm
t	= kesalahan
ε	= regangan, mm
σ	= tegangan, N/mm^2
σ_y	= tegangan dalam arah vertikal, N/mm^2

DAFTAR TABEL

Tabel 2.1 Syarat batas untuk berbagai tipe perletakan balok.....	11
Tabel 3.1 Tegangan lentur balok.....	37
Tabel 3.2 Hasil Analisis balok uji dengan elemen segi empat.....	48
Tabel 3.3 Hasil Analisis balok uji dengan elemen segi tiga.....	50
Tabel 3.4 Hasil Analisis balok uji dengan elemen segi empat diperletakan dan dipembebanan.....	63
Tabel 3.5 Hasil Analisis balok uji dengan elemen segi tiga diperletakan dan dipembebanan.....	68
Tabel 3.6 Hasil Analisis balok uji dengan elemen segi empat didaerah lapangan.....	89
Tabel 3.7 Hasil Analisis balok uji dengan elemen segi tiga didaerah lapangan.....	99

DAFTAR GAMBAR

Gambar 2.1 Balok terlentur.....	7
Gambar 2.2 Geometri dari balok.....	9
Gambar 2.3 Tipe-tipe perletakan balok.....	11
Gambar 2.4 Tegangan benda uji beton.....	14
Gambar 2.5 Berbagai kuat tekan benda uji beton.....	14
Gambar 2.6 Pengujian kuat lentur dengan metode third-point loading.....	16
Gambar 2.7 Sketsa bidang momen dan gaya lintang.....	17
Gambar 2.8 Poligon dalam lingkaran.....	20
Gambar 2.9 Poligon diluar lingkaran.....	21
Gambar 2.10 Konvergen untuk pendekatan luas lingkaran.....	21
Gambar 2.11 Hasil pendekatan.....	22
Gambar 2.12 Deskretisasi suatu struktur.....	26
Gambar 2.13 Sistem penomoran titik nodal.....	26
Gambar 2.14 Pembagian eleven.....	27
Gambar 2.15 Jenis pembagian eleven.....	28
Gambar 2.16 Perbandingan solusi eksak.....	28
Gambar 2.17 Pendekatan mencari luas dibawah kurva.....	31
Gambar 2.18 Tegangan umum dalam pemodelan struktur.....	32
Gambar 2.19 Sistem sumbu dengan kaidah tangan kanan.....	33
Gambar 2.20 Sistem koordinat persegi (Cartesian) dalam SAP 2000.....	33
Gambar 2.21 Eleven dua dimensi.....	35
Gambar 3.1 Pengujian kuat lentur.....	37
Gambar 3.2 Tampilan SAP 2000.....	39
Gambar 3.3 New Model.....	39
Gambar 3.4 Penentuan grid dan spacing.....	40
Gambar 3.5 Penentuan bahan.....	40
Gambar 3.6 Material property data.....	41
Gambar 3.7 Area section.....	41
Gambar 3.8 Pengisian area section.....	42
Gambar 3.9 Define load.....	42

Gambar 3.10 Define load combination.....	42
Gambar 3.11 Penentuan jenis perletakan.....	43
Gambar 3.12 Penentuan beban titik nodal.....	43
Gambar 3.13 Penentuan DOF.....	44
Gambar 3.14 Pemilihan jenis analisis.....	44
Gambar 3.15 Analysis complete.....	44
Gambar 3.16 Balok uji model B41.....	46
Gambar 3.17 Balok uji model B42.....	47
Gambar 3.18 Balok uji model B43.....	47
Gambar 3.19 Balok uji model B44.....	47
Gambar 3.20 Balok uji model B45.....	48
Gambar 3.21 Balok uji model B46.....	48
Gambar 3.22 Balok uji model B31.....	49
Gambar 3.23 Balok uji model B32.....	49
Gambar 3.24 Balok uji model B33.....	49
Gambar 3.25 Balok uji model B34.....	50
Gambar 3.26 Balok uji model B4111.....	50
Gambar 3.27 Balok uji model B4112.....	51
Gambar 3.28 Balok uji model B4113.....	51
Gambar 3.29 Balok uji model B4114.....	51
Gambar 3.30 Balok uji model B4115.....	52
Gambar 3.31 Balok uji model B4211.....	52
Gambar 3.32 Balok uji model B4212.....	52
Gambar 3.33 Balok uji model B4213.....	53
Gambar 3.34 Balok uji model B4214.....	53
Gambar 3.35 Balok uji model B4215.....	53
Gambar 3.36 Balok uji model B4221.....	54
Gambar 3.37 Balok uji model B4222.....	54
Gambar 3.38 Balok uji model B4223.....	54
Gambar 3.39 Balok uji model B4224.....	55
Gambar 3.40 Balok uji model B4225.....	55
Gambar 3.41 Balok uji model B4231.....	55

Gambar 3.42 Balok uji model B4232.....	56
Gambar 3.43 Balok uji model B4233.....	56
Gambar 3.44 Balok uji model B4234.....	56
Gambar 3.45 Balok uji model B4235.....	57
Gambar 3.46 Balok uji model B4311.....	57
Gambar 3.47 Balok uji model B4312.....	57
Gambar 3.48 Balok uji model B4313.....	58
Gambar 3.49 Balok uji model B4321.....	58
Gambar 3.50 Balok uji model B4322.....	58
Gambar 3.51 Balok uji model B4323.....	59
Gambar 3.52 Balok uji model B4331.....	59
Gambar 3.53 Balok uji model B4332.....	59
Gambar 3.54 Balok uji model B4333.....	60
Gambar 3.55 Balok uji model B4411.....	60
Gambar 3.56 Balok uji model B4412.....	60
Gambar 3.57 Balok uji model B4413.....	61
Gambar 3.58 Balok uji model B4421.....	61
Gambar 3.59 Balok uji model B4422.....	61
Gambar 3.60 Balok uji model B4423.....	62
Gambar 3.61 Balok uji model B4511.....	62
Gambar 3.62 Balok uji model B4512.....	62
Gambar 3.63 Balok uji model B4513.....	63
Gambar 3.64 Balok uji model B3111.....	64
Gambar 3.65 Balok uji model B3112.....	64
Gambar 3.66 Balok uji model B3113.....	65
Gambar 3.67 Balok uji model B3211.....	65
Gambar 3.68 Balok uji model B3212.....	65
Gambar 3.69 Balok uji model B3213.....	66
Gambar 3.70 Balok uji model B3221.....	66
Gambar 3.71 Balok uji model B3222.....	66
Gambar 3.72 Balok uji model B3223.....	67
Gambar 3.73 Balok uji model B3311.....	67

Gambar 3.74 Balok uji model B3312.....	67
Gambar 3.75 Balok uji model B3313.....	68
Gambar 3.76 Balok uji model B4_111.....	69
Gambar 3.77 Balok uji model B4_112.....	69
Gambar 3.78 Balok uji model B4_113.....	69
Gambar 3.79 Balok uji model B4_114.....	70
Gambar 3.80 Balok uji model B4_115.....	70
Gambar 3.81 Balok uji model B4_121.....	70
Gambar 3.82 Balok uji model B4_122.....	71
Gambar 3.83 Balok uji model B4_123.....	71
Gambar 3.84 Balok uji model B4_124.....	71
Gambar 3.85 Balok uji model B4_125.....	72
Gambar 3.86 Balok uji model B4_211.....	72
Gambar 3.87 Balok uji model B4_212.....	72
Gambar 3.88 Balok uji model B4_213.....	73
Gambar 3.89 Balok uji model B4_214.....	73
Gambar 3.90 Balok uji model B4_221.....	73
Gambar 3.91 Balok uji model B4_222.....	74
Gambar 3.92 Balok uji model B4_223.....	74
Gambar 3.93 Balok uji model B4_224.....	74
Gambar 3.94 Balok uji model B4_231.....	75
Gambar 3.95 Balok uji model B4_232.....	75
Gambar 3.96 Balok uji model B4_233.....	75
Gambar 3.97 Balok uji model B4_234.....	76
Gambar 3.98 Balok uji model B4_241.....	76
Gambar 3.99 Balok uji model B4_242.....	76
Gambar 3.100 Balok uji model B4_243.....	77
Gambar 3.101 Balok uji model B4_244.....	77
Gambar 3.102 Balok uji model B4_311.....	77
Gambar 3.103 Balok uji model B4_312.....	78
Gambar 3.104 Balok uji model B4_313.....	78
Gambar 3.105. Balok uji model B4_321.....	78

Gambar 3.106 Balok uji model B4_322.....	79
Gambar 3.107 Balok uji model B4_323.....	79
Gambar 3.108 Balok uji model B4_331.....	79
Gambar 3.109 Balok uji model B4_332.....	80
Gambar 3.110 Balok uji model B4_333.....	80
Gambar 3.111 Balok uji model B4_341.....	80
Gambar 3.112 Balok uji model B4_342.....	81
Gambar 3.113 Balok uji model B4_343.....	81
Gambar 3.114 Balok uji model B4_351.....	81
Gambar 3.115 Balok uji model B4_352.....	82
Gambar 3.116 Balok uji model B4_353.....	82
Gambar 3.117 Balok uji model B4_411.....	82
Gambar 3.118 Balok uji model B4_412.....	83
Gambar 3.119 Balok uji model B4_413.....	83
Gambar 3.120 Balok uji model B4_421.....	83
Gambar 3.121 Balok uji model B4_422.....	84
Gambar 3.122 Balok uji model B4_423.....	84
Gambar 3.123 Balok uji model B4_431.....	84
Gambar 3.124 Balok uji model B4_432.....	85
Gambar 3.125 Balok uji model B4_433.....	85
Gambar 3.126 Balok uji model B4_441.....	85
Gambar 3.127 Balok uji model B4_442.....	86
Gambar 3.128 Balok uji model B4_443.....	86
Gambar 3.129 Balok uji model B4_451.....	86
Gambar 3.130 Balok uji model B4_452.....	87
Gambar 3.131 Balok uji model B4_453.....	87
Gambar 3.132 Balok uji model B4_511.....	87
Gambar 3.133 Balok uji model B4_512.....	88
Gambar 3.134 Balok uji model B4_513.....	88
Gambar 3.135 Balok uji model B4_514.....	88
Gambar 3.136 Balok uji model B4_515.....	89
Gambar 3.137 Balok uji model B3_111.....	91

Gambar 3.138 Balok uji model B3_112.....	91
Gambar 3.139 Balok uji model B3_113.....	91
Gambar 3.140 Balok uji model B3_121.....	92
Gambar 3.141 Balok uji model B3_122.....	92
Gambar 3.142 Balok uji model B3_123.....	92
Gambar 3.143 Balok uji model B3_131.....	93
Gambar 3.144 Balok uji model B3_132.....	93
Gambar 3.145 Balok uji model B3_133.....	93
Gambar 3.146 Balok uji model B3_211.....	94
Gambar 3.147 Balok uji model B3_212.....	94
Gambar 3.148 Balok uji model B3_213.....	94
Gambar 3.149 Balok uji model B3_214.....	95
Gambar 3.150 Balok uji model B3_215.....	95
Gambar 3.151 Balok uji model B3_221.....	95
Gambar 3.152 Balok uji model B3_222.....	96
Gambar 3.153 Balok uji model B3_223.....	96
Gambar 3.154 Balok uji model B3_224.....	96
Gambar 3.155 Balok uji model B3_225.....	97
Gambar 3.156 Balok uji model B3_311.....	97
Gambar 3.157 Balok uji model B3_312.....	97
Gambar 3.158 Balok uji model B3_313.....	98
Gambar 3.159 Balok uji model B3_314.....	98
Gambar 3.160 Balok uji model B3_315.....	98
Gambar 3.161 Balok uji model B3_316.....	99

DAFTAR GRAFIK

Grafik 3.1 Benda Uji Segi Empat dimesh secara Konvergen.....	101
Grafik 3.2. Benda Uji Segi Tiga dimesh secara Konvergen.....	101
Grafik 3.3 Benda uji model B41 diperhalus dititik beban dan diperletakkan.....	102
Grafik 3.4 Benda uji model B42 diperhalus dititik beban dan diperletakkan.....	103
Grafik 3.5 Benda uji model B43 diperhalus dititik beban dan diperletakkan.....	103
Grafik 3.6 Benda uji model B44 diperhalus dititik beban dan diperletakkan.....	104
Grafik 3.7 Benda uji model B45 diperhalus dititik beban dan diperletakkan.....	105
Grafik 3.8 Benda uji model B31 diperhalus dititik beban dan diperletakkan.....	105
Grafik 3.9 Benda uji model B32 diperhalus dititik beban dan diperletakkan.....	106
Grafik 3.10 Benda uji model B33 diperhalus dititik beban dan diperletakkan.....	107
Grafik 3.11 Benda uji model B41 diperhalus dititik lapangan.....	107
Grafik 3.12 Benda uji model B42 diperhalus dititik lapangan.....	108
Grafik 3.13 Benda uji model B43 diperhalus dititik lapangan.....	109
Grafik 3.14. Benda uji model B44 diperhalus dititik lapangan.....	109
Grafik 3.15 Benda uji model B45 diperhalus dititik lapangan.....	110
Grafik 3.16 Benda uji model B31 diperhalus dititik lapangan.....	111
Grafik 3.17 Benda uji model B32 diperhalus dititik lapangan.....	111
Grafik 3.18 Benda uji model B33 diperhalus dititik lapangan.....	112