

## DAFTAR ISI

LEMBAR PENGESAHAN.....	i
KATA PENGANTAR.....	ii
<i>Abstrak</i> .....	iv
<i>Abstract</i> .....	v
PERNYATAAN KEASLIAN SKRIPSI .....	vi
DAFTAR ISI .....	vii
DAFTAR GAMBAR.....	x
DAFTAR TABEL .....	xii
DAFTAR NOTASI.....	xiv
BAB 1 PENDAHULUAN.....	1
1.1 Latar Belakang Masalah .....	1
1.2 Identifikasi Masalah .....	4
1.3 Batasan Masalah.....	5
1.4 Rumusan Masalah .....	6
1.5 Tujuan Penelitian.....	6
BAB 2 DASAR TEORI BALOK TINGGI .....	7
2.1 Beton .....	7
2.2 Tulangan Baja.....	8
2.2.1 Hubungan Tegangan-Regangan pada Baja.....	8
2.3 Balok Beton Bertulang .....	10
2.4 Tegangan Normal pada balok.....	10
2.5 Daerah Diskontinuitas pada Struktur.....	13

2.5.1	Sifat dari Daerah-D .....	14
2.6	Metode <i>Strut and Tie</i> .....	15
2.6.1	<i>Strut</i> .....	15
2.6.2	<i>Tie</i> .....	16
2.6.3	Nodal dan zona nodal .....	17
2.7	Balok Tinggi Beton Bertulang .....	18
2.7.1	Desain Balok Tinggi .....	19
2.7.2	Kriteria Desain Terhadap Geser pada Balok Tinggi (SNI 2847,2013) .....	29
2.7.3	Kriteria Desain Terhadap Lentur pada Balok Tinggi (SNI 2847, 2013).....	30
2.8	Analisis dan Sifar dari Balok Tinggi.....	30
<b>BAB 3 METODE ELEMEN HINGGA .....</b>		<b>33</b>
3.1	Pendahuluan .....	33
3.2	Sejarah Metode Elemen Hingga.....	34
3.3	Tahapan yang Dilakukan dalam Metode Elemen Hingga.....	37
3.4	Program Komputer Berbasis Metode Elemen Hingga .....	45
3.5	Tahap Pemodelan Balok Tinggi pada Midas FEA .....	46
3.6	Diagram Alir.....	53
<b>BAB 4 STUDI KASUS .....</b>		<b>54</b>
4.1	Pendahuluan .....	54
4.2	Prosedur Penelitian.....	55
4.3	Hasil Penelitian.....	60

4.3.1 Kasus-1 (bukaan persegi).....	60
4.3.2 Kasus-2 (bukaan persegi panjang sisi terpanjang searah sumbu y) .....	67
4.3.3 Kasus-3 (bukaan persegi panjang sisi terpanjang searah sumbu x) .....	75
4.3.4 Kasus-4 (bukaan lingkaran).....	82
4.3.5 Analisis .....	91
<b>BAB 5 KESIMPULAN DAN SARAN .....</b>	<b>97</b>
5.1 Kesimpulan.....	97
5.2 Saran .....	97
<b>DAFTAR ACUAN .....</b>	<b>99</b>

## DAFTAR GAMBAR

Gambar 1.1 Aplikasi Balok Tinggi pada Bangunan Bertingkat .....	2
Gambar 1.2 Bentang bersih, $l_n$ , dan tinggi komponen struktur, $h$ .....	3
Gambar 1.3 Spesifikasi Balok Tinggi.....	5
Gambar 2.1 Grafik hubungan beban dengan <i>displacement</i> pada beton.....	8
Gambar 2.2 Hubungan Tegangan-Regangan.....	9
Gambar 2.3 geometri dari lendutan balok .....	11
Gambar 2.4 Momen dan kesetimbangan gaya pada balok .....	12
Gambar 2.5 Pembagian Daerah St. Venant dan Bernoulli .....	13
Gambar 2.6 Daerah-D dan daerah-B pada struktur .....	14
Gambar 2.7 Bentuk dasar medan tekan .....	15
Gambar 2.8 Jenis-jenis pertemuan nodal.....	17
Gambar 2.9 Bentang bersih, $l_n$ dan tinggi komponen struktur, $h$ .....	19
Gambar 2.10 <i>CIRIA Guide 2</i> - notasi $c_1, c_2, h, l$ , dan $l_o$ .....	20
Gambar 2.11 Bentang geser bersih.....	22
Gambar 2.12 Model rangka batang <i>Canadian Code</i> untuk balok tinggi.....	28
Gambar 2.13 Balok tinggi bentang tunggal dengan beban terpusat di tengah bentang.....	31
Gambar 3.1 Pendekatan dalam proses diskritisasi.....	34
Gambar 3.2 variasi tipe elemen satu, dua, dan tiga dimensi.....	39
Gambar 3.3 Tampilan awal midas FEA .....	46
Gambar 3.4 Pemodelan Balok pada Midas FEA.....	47
Gambar 3.5 Input data material .....	48
Gambar 3.6 Properti balok.....	48
Gambar 3.7 Properti tulangan.....	49
Gambar 3.8 Diskritisasi pada balok dan tulangan .....	50
Gambar 3.9 Balok tinggi sesudah didiskritisasi .....	50
Gambar 3.10 Perletakan sendi pada balok tinggi .....	51

Gambar 3.11 Balok dibebani oleh beban terpusat .....	52
Gambar 3.12 <i>Analysis Case</i> .....	52
Gambar 4.1 Spesifikasi Balok Tinggi.....	54
Gambar 4.2 Bentuk bukaan pada kasus 1, 2, 3, dan 4 .....	55
Gambar 4.3 d1 dan d2 pada balok tinggi.....	56
Gambar 4.4 Posisi exterior dan interior pada bukaan.....	59
Gambar 4.5 Pemodelan pada kasus-1 .....	60
Gambar 4.6 Diagram Tegangan tengah bentang balok kasus-1 .....	62
Gambar 4.7 Tegangan pada bukaan (Interior) model A-1-2 .....	62
Gambar 4.8 Tegangan pada bukaan (Eksterior) model A-1-1.....	65
Gambar 4.9 Pemodelan pada kasus-2.....	67
Gambar 4.10 Diagram tegangan tengah bentang balok kasus-2.....	69
Gambar 4.11 Tegangan pada bukaan (Interior) model B-1-1.....	69
Gambar 4.12 Tegangan pada bukaan (Eksterior) model B-1-1 .....	72
Gambar 4.13 Pemodelan pada kasus-3.....	75
Gambar 4.14 Diagram tegangan pada tengah bentang balok kasus-3 .....	77
Gambar 4.15 Tegangan pada bukaan (Interior) model C-1-3.....	77
Gambar 4.16 Tegangan pada bukaan (Eksterior) model C-1-3 .....	80
Gambar 4.17 Pemodelan pada kasus-4.....	82
Gambar 4.18 Diagram tegangan tengah bentang balok kasus-4.....	84
Gambar 4.19 posisi nilai tegangan yang di plot .....	85
Gambar 4.20 Tegangan pada bukaan (Interior) model D-1-1 .....	85
Gambar 4.21 Tegangan pada bukaan (Eksterior) model D-1-1.....	88
Gambar 4.22 Lokasi tegangan kritis pada bukaan segi-empat .....	91
Gambar 4.23 Lokasi tegangan kritis pada bukaan lingkaran.....	92
Gambar 4.24 Tegangan tarik sejajar dengan load path.....	92

## DAFTAR TABEL

Tabel 2.1 Tabel nilai $\beta n$ .....	18
Tabel 4.1 Spesifikasi Balok Tinggi .....	54
Tabel 4.2 Daftar kode untuk pemodelan.....	56
Tabel 4.3 Kode pada kasus-1 .....	57
Tabel 4.4 Kode pada kasus-2.....	57
Tabel 4.5 Kode pada kasus-3.....	58
Tabel 4.6 Kode pada kasus-4.....	58
Tabel 4.7 Tegangan pada tengah bentang balok kasus-1 .....	60
Tabel 4.8 Tegangan pada bukaan (Interior) kasus-1 .....	62
Tabel 4.9 Presentase kenaikan/penurunan tegangan (Interior) kasus-1.....	64
Tabel 4.10 Tegangan pada bukaan (Eksterior) kasus-1 .....	65
Tabel 4.11 Presentase kenaikan/penurunan tegangan (Eksterior) kasus-1 .....	66
Tabel 4.12 Tegangan pada tengah bentang balok kasus-2 .....	68
Tabel 4.13 Tegangan pada bukaan (Interior) kasus-2 .....	70
Tabel 4.14 Presentase kenaikan/penurunan tegangan (Interior) kasus-2.....	71
Tabel 4.15 Tegangan pada bukaan (Eksterior) kasus-2.....	72
Tabel 4.16 Presentase kenaikan/penurunan tegangan (Eksterior) kasus-2.....	74
Tabel 4.17 Tegangan pada tengah bentang balok kasus-3 .....	75
Tabel 4.18 Tegangan pada bukaan (Interior) kasus-3 .....	77
Tabel 4.19 Presentase kenaikan/penurunan tegangan (Interior) kasus-3.....	79
Tabel 4.20 Tegangan pada bukaan (Eksterior) kasus-3.....	80
Tabel 4.21 Presentase kenaikan/penurunan tegangan (Eksterior) kasus-3.....	81
Tabel 4.22 Tegangan pada tengah bentang balok kasus-4 .....	83
Tabel 4.23 Tegangan pada bukaan (Interior) kasus-4 .....	85
Tabel 4.24 Presentase kenaikan/penurunan tegangan (Interior) kasus-4.....	87
Tabel 4.25 Tegangan pada bukaan (Eksterior) kasus-4.....	88
Tabel 4.26 Presentase kenaikan/penurunan tegangan (Eksterior) kasus-4.....	89

Tabel 4.27 Tegangan maksimum pada bukaan pada kasus-1 sampai kasus-4 ..	93
Tabel 4.28 Presentase kenaikan tegangan terbesar.....	95

## DAFTAR NOTASI

$A$	luas penampang balok
$A_c$	luas efektif landasan strut
$A_h$	luas tulangan badan horizontal
$A_{ps}$	luas baja tendon prategang
$A_s$	luas penampang tulangan longitudinal
$A_s'$	luas tulangan tekan dalam batang tekan
$A_{smin}$	luas tulangan tarik minimum
$A_{st}$	luas baja tulangan biasa
$A_v$	luas tulangan badan vertikal (tulangan geser)
$A_{vh}$	luas tulangan geser yang paralel terhadap sumbu longitudinal balok
$b$	lebar komponen struktur balok
$bw$	lebar badan komponen struktur
$c_1$	dimensi kolom yang diukur dalam arah bentang dimana momen ditentukan
$c_2$	dimensi kolom yang diukur dalam arah tegak lurus terhadap $c_1$
$d$	jarak serat tekan terjauh ke pusat tulangan tarik
$d_1$	jarak bukaan horizontal dari perletakan
$d_2$	jarak bukaan vertikal dari sisi bawah balok
$f_2$	tegangan maksimum pada strut beton
$f_{2max}$	kuat tekan diagonal beton
$f'_c$	kuat tekan beton
$f_{cu}$	tegangan tekan efektif balok
$F_{ns}$	gaya tekan batas terfaktor
$F_{nt}$	gaya tarik batas terfaktor
$f'_s$	tegangan tulangan tekan



$f_{se}$	tegangan efektif yang hilang di dalam baja tendon prategang
$f_y$	tegangan leleh baja tulangan
$h$	tinggi komponen struktur balok
$h_a$	tinggi komponen struktur efektif
$I_x$	momen inersia arah x
$K_e$	kelengkungan
$l$	bentang efektif balok
$l_n$	bentang bersih balok
$l_o$	bentang bersih balok
$M_n$	kapasitas momen nominal penampang
$M_u$	momen terfaktor pada penampang (akibat beban luar)
$M_x$	Momen arah x
$s$	jarak tulangan geser
$s_2$	jarak tulangan $A_{vh}$
$s_h$	jarak tulangan badan horizontal
$s_v$	jarak tulangan badan vertikal
$V_c$	kuat geser beton
$V_n$	kapasitas geser nominal penampang
$V_s$	kuat geser tulangan
$V_u$	gaya geser terfaktor pada penampang (akibat beban luar)
$x_e$	bentang geser bersih
$\gamma_m$	faktor keamanan dari material
$\Delta f_p$	penambahan gaya prategang disamping level load
$\epsilon_l$	regangan tarik utama yang bersilangan dengan strut
$\epsilon_x$	regangan arah x
$\rho$	rasio tulangan tarik
$\rho_{min}$	rasio tulangan tarik minimum

$\rho_r$	radius kelengkungan
$\sigma$	tegangan
$\Sigma F_x$	kesetimbangan gaya aksial arah x
$\Sigma H$	kesetimbangan gaya-gaya horizontal
$\Sigma M$	kesetimbangan momen
$\Sigma M_o$	Kesetimbangan momen pada titik o
$\Sigma V$	kesetimbangan gaya-gaya vertikal
$\tau_u$	tegangan geser maksimum
[k]	matriks kekakuan elemen struktur lokal
[K]	matriks kekakuan elemen struktur global
{d}	matriks vektor <i>displacement lokal</i>
{D}	matriks vektor <i>displacement global</i>
{f}	matriks vektor gaya pada nodal elemen lokal
{F}	matriks vektor gaya pada nodal elemen global
$\emptyset$	faktor reduksi