

## DAFTAR ISI

Lembar Pengesahan .....	i
Kata Pengantar .....	ii
Abstrak .....	iv
<i>Absract</i> .....	v
Lembar Pernyataan Keaslian .....	vi
Daftar Isi .....	vii
Daftar Gambar .....	x
Daftar Tabel .....	xvii
Daftar Notasi .....	xviii

### **BAB 1 PENDAHULUAN**

1.1 Latar Belakang .....	1
1.2 Identifikasi Masalah .....	4
1.3 Batasan Masalah .....	5
1.4 Rumusan Masalah .....	6
1.5 Tujuan Penelitian .....	6
1.6 Sistematika Penulisan .....	6

### **BAB 2 DASAR TEORI WAFFLE SLAB**

2.1 Pendahuluan .....	8
2.2 <i>Waffle Slab</i> .....	8
2.3 Keuntungan dan Kerugian Waffle Slab .....	9
2.4 Desain Pelat .....	10
2.4.1 Lendutan Maksimum .....	10

2.4.2	Tebal Minimum Pelat .....	11
2.4.3	Bukaan pada sistem <i>slab</i> .....	11
2.5	Metode Desain .....	12
2.5.1	Metoda Desain Langsung .....	12
2.5.1.1	Batasan Desain Langsung .....	12
2.5.1.2	Momen Statis Terfaktor .....	13
2.5.1.3	Momen Terfaktor Negatif dan Positif .....	14
2.5.1.4	Momen Terfaktor pada Lajur Tengah .....	14
2.5.1.5	Momen Terfaktor pada Lajur Kolom .....	15
2.5.2	Metoda Rangka Ekuivalen .....	16
2.5.2.1	Batasan Metoda Rangka Ekuivalen .....	16
2.5.2.2	Momen-Momen Terfaktor .....	17
2.5.2.3	Batasan <i>slab</i> -Balok.....	17
2.5.2.4	Batasan Kolom .....	18
2.6	Pembebanan .....	18

### **BAB 3 METODE ELEMEN HINGGA**

3.1	Pendahuluan .....	19
3.2	Keuntungan .....	21
3.3	Perhitungan Metode Elemen Hingga .....	21
3.4	Program Berbasis Metode Elemen Hingga.....	25
3.5	Model <i>Software</i> Metode Elemen Hingga.....	26
3.5.1	<i>Create New Model</i> .....	26
3.5.2	<i>Material</i> .....	28

3.5.3	<i>Properties Slab, Column, dan Stiffening Ribs</i> .....	29
3.5.4	<i>Draw Areas Slab, Column, Opening, and Stiffening Ribs</i> .....	31
3.5.5	<i>Assign Load Combination</i> .....	34
3.5.6	<i>Assign Design Strips</i> .....	36

## **BAB 4 STUDI KASUS**

4.1	Pendahuluan .....	38
4.2	Hasil Metode Elemen Hingga .....	51
4.2.1	Pengaruh Bukaannya Terhadap Lendutan .....	51
4.2.1.1	Hasil Metode Elemen Hingga Pengaruh Bukaannya Terhadap Lendutan.....	51
4.2.1.2	Analisis Pengaruh Bukaannya Terhadap Lendutan .....	62
4.2.2	Pengaruh Bukaannya Terhadap Rasio Tegangan Geser Pons/ Tegangan Tahanan Geser.....	66
4.2.3	Pengaruh Bukaannya Terhadap Distribusi Tegangan lentur pada Pelat.....	69
4.2.4	Pengaruh Bukaannya Terhadap Momen Lentur pada Pelat .....	84

## **BAB 5 KESIMPULAN DAN SARAN**

5.1	Kesimpulan .....	91
5.2	Saran .....	92

## **DAFTAR PUSATAKA**

## DAFTAR GAMBAR

Gambar 1.1 <i>Waffle slab</i> pada bangunan .....	2
Gambar 1.2. Lokasi peletakan opening.....	4
Gambar 1.3. Penggunaan stiffening ribs disekitar opening .....	5
Gambar 2.1 Lendutan maksimum.....	11
Gambar 3.1 Elemen Satu Dimensi .....	22
Gambar 3.2 Elemen Dua Dimensi .....	22
Gambar 3.3 Elemen Tiga Dimensi .....	23
Gambar 3.4 New model Initialization.....	26
Gambar 3.5 Coordinate System .....	27
Gambar 3.6 Grid yang terbentuk.....	27
Gambar 3.7 Material Property Data untuk f'c 35 .....	28
Gambar 3.8 Material Property Data untuk f'c 40 .....	29
Gambar 3.9 Slab Property Data untuk waffle slab.....	30
Gambar 3.10 Column Property Data.....	30
Gambar 3.11 Property Stiffening ribs .....	31
Gambar 3.12 Draw areas untuk bukaan.....	32
Gambar 3.13 Waffle slab tanpa bukaan .....	32
Gambar 3.14 Waffle slab dengan bukaan tanpa stiffening ribs .....	33
Gambar 3.15 Waffle slab dengan bukaan dan stiffening ribs.....	33
Gambar 3.16 Load combination yang digunakan (service load) .....	34
Gambar 3.17 Load combination yang digunakan (ultimate load) .....	35
Gambar 3.18 Design load combination selection .....	35
Gambar 3.19 design strip untuk grid arah X.....	36

Gambar 3.20 <i>design strip</i> untuk <i>grid</i> arah .....	37
Gambar 4.1.1 Kasus 1 .....	39
Gambar 4.1.2 Kasus 2 .....	40
Gambar 4.1.3 Kasus 3 .....	40
Gambar 4.1.4 Kasus 4 .....	41
Gambar 4.1.5 Kasus 5 .....	41
Gambar 4.1.6 Kasus 6 .....	42
Gambar 4.1.7 Kasus 7 .....	42
Gambar 4.1.8 Kasus 8 .....	43
Gambar 4.1.9 Kasus 9 .....	43
Gambar 4.1.10 Kasus 10 .....	44
Gambar 4.1.11 Kasus 11 .....	44
Gambar 4.1.12 Kasus 12 .....	45
Gambar 4.1.13 Kasus 13 .....	45
Gambar 4.1.14 Kasus 14 .....	46
Gambar 4.1.15 Kasus 15 .....	46
Gambar 4.1.16 Kasus 16 .....	47
Gambar 4.1.17 Kasus 17 .....	47
Gambar 4.1.18 Kasus 18 .....	48

Gambar 4.1.19 Kasus 19 .....	48
Gambar 4.1.20 Kasus 20 .....	49
Gambar 4.1.21 Kasus 21 .....	49
Gambar 4.1.22 Penamaan design strips dari kasus yang digunakan.....	50
Gambar 4.2.1.1.1 lendutan yang terjadi pada kasus 1.....	51
Gambar 4.2.1.1.2 lendutan yang terjadi pada kasus 2.....	52
Gambar 4.2.1.1.3 lendutan yang terjadi pada kasus 3.....	52
Gambar 4.2.1.1.4 lendutan yang terjadi pada kasus 4.....	53
Gambar 4.2.1.1.5 lendutan yang terjadi pada kasus 5.....	53
Gambar 4.2.1.1.6 lendutan yang terjadi pada kasus 6.....	54
Gambar 4.2.1.1.7 lendutan yang terjadi pada kasus 7.....	54
Gambar 4.2.1.1.8 lendutan yang terjadi pada kasus 8.....	55
Gambar 4.2.1.1.9 lendutan yang terjadi pada kasus 9.....	55
Gambar 4.2.1.1.10 lendutan yang terjadi pada kasus 10.....	56
Gambar 4.2.1.1.11 lendutan yang terjadi pada kasus 11.....	56
Gambar 4.2.1.1.12 lendutan yang terjadi pada kasus 12.....	57
Gambar 4.2.1.1.13 lendutan yang terjadi pada kasus 13.....	57
Gambar 4.2.1.1.14 lendutan yang terjadi pada kasus 14.....	58

Gambar 4.2.1.1.15 lendutan yang terjadi pada kasus 15.....	58
Gambar 4.2.1.1.16 lendutan yang terjadi pada kasus 16.....	59
Gambar 4.2.1.1.17 lendutan yang terjadi pada kasus 17.....	59
Gambar 4.2.1.1.18 lendutan yang terjadi pada kasus 18.....	60
Gambar 4.2.1.1.19 lendutan yang terjadi pada kasus 19.....	60
Gambar 4.2.1.1.20 lendutan yang terjadi pada kasus 20.....	61
Gambar 4.2.1.1.21 lendutan yang terjadi pada kasus 21.....	61
Gambar 4.2.1.2.1 Grafik perbandingan lendutan ketika bukaan berada di tengah pelat. ....	63
Gambar 4.2.1.2.2 Grafik perbandingan lendutan ketika bukaan berada diantara tepi dan tengah pelat.....	63
Gambar 4.2.1.2.3 Grafik perbandingan lendutan ketika bukaan berada di tepi pelat.....	64
Gambar 4.2.1.2.4 Grafik perbandingan lendutan ketika bukaan berada diantara sudut dan tengah pelat.....	64
Gambar 4.2.1.2.5 Grafik perbandingan lendutan ketika bukaan berada di sudut pelat. ....	65
Gambar 4.2.2.1 Grafik Rasio Tegangan Geser Pons/ Tegangan Tahanan Geser ketika bukaan berada di tengah pelat.....	67
Gambar 4.2.2.2 Grafik Rasio Tegangan Geser Pons/ Tegangan Tahanan Geser ketika bukaan berada di antara tepi dan tengah pelat. ....	67

Gambar 4.2.2.3 Grafik Rasio Tegangan Geser Pons/ Tegangan Tahanan Geser ketika bukaan berada di tepi pelat. ....	68
Gambar 4.2.2.4 Grafik Rasio Tegangan Geser Pons/ Tegangan Tahanan Geser ketika bukaan berada di antara sudut dan tengah pelat.....	68
Gambar 4.2.2.5 Grafik Rasio Tegangan Geser Pons/ Tegangan Tahanan Geser ketika bukaan berada di sudut pelat.....	69
Gambar 4.2.3.1 Distribusi tegangan lentur max pada kasus 1.....	69
Gambar 4.2.3.2 Distribusi tegangan lentur max pada kasus 2.....	70
Gambar 4.2.3.3 Distribusi tegangan lentur max pada kasus 3.....	70
Gambar 4.2.3.4 Distribusi tegangan lentur max pada kasus 4.....	71
Gambar 4.2.3.5 Distribusi tegangan lentur max pada kasus 5.....	71
Gambar 4.2.3.6 Distribusi tegangan lentur max pada kasus 6.....	72
Gambar 4.2.3.7 Distribusi tegangan lentur max pada kasus 7.....	72
Gambar 4.2.3.8 Distribusi tegangan lentur max pada kasus 8.....	73
Gambar 4.2.3.9 Distribusi tegangan lentur max pada kasus 9.....	73
Gambar 4.2.3.10 Distribusi tegangan lentur max pada kasus 10.....	74
Gambar 4.2.3.11 Distribusi tegangan lentur max pada kasus 11.....	74
Gambar 4.2.3.12 Distribusi tegangan lentur max pada kasus 12.....	75
Gambar 4.2.3.13 Distribusi tegangan lentur max pada kasus 13.....	75
Gambar 4.2.3.14 Distribusi tegangan lentur max pada kasus 14.....	76



Gambar 4.2.3.15 Distribusi tegangan lentur max pada kasus 15.....	76
Gambar 4.2.3.16 Distribusi tegangan lentur max pada kasus 16.....	77
Gambar 4.2.3.17 Distribusi tegangan lentur max pada kasus 17.....	77
Gambar 4.2.3.18 Distribusi tegangan lentur max pada kasus 18.....	78
Gambar 4.2.3.19 Distribusi tegangan lentur max pada kasus 19.....	78
Gambar 4.2.3.20 Distribusi tegangan lentur max pada kasus 20.....	79
Gambar 4.2.3.21 Distribusi tegangan lentur max pada kasus 21.....	79
Gambar 4.2.3.22 Grafik Perbandingan tegangan lentur ketika bukaan terletak di tengah pelat.....	81
Gambar 4.2.3.23 Grafik Perbandingan tegangan lentur ketika bukaan di antara tepi dan tengah pelat.....	82
Gambar 4.2.3.24 Grafik Perbandingan tegangan lentur ketika bukaan terletak di tepi pelat.....	82
Gambar 4.2.3.25 Grafik Perbandingan tegangan lentur ketika bukaan di antara tepi dan tengah pelat.....	83
Gambar 4.2.3.26 Grafik Perbandingan tegangan lentur ketika bukaan terletak di sudut pelat.....	83
Gambar 4.2.4.1 Grafik pengaruh moment lentur sisi atas akibat bukaan yang terletak di tengah pelat.....	86
Gambar 4.2.4.2 Grafik pengaruh moment lentur sisi bawah akibat bukaan yang terletak di tengah pelat.....	86

Gambar 4.2.4.3 Grafik pengaruh moment lentur sisi atas akibat bukaan yang terletak diantara tepi dan tengah pelat.....	87
Gambar 4.2.4.4 Grafik pengaruh moment lentur sisi bawah akibat bukaan yang terletak diantara tepi dan tengah pelat.....	87
Gambar 4.2.4.5 Grafik pengaruh moment lentur sisi atas akibat bukaan yang terletak di tepi pelat.....	88
Gambar 4.2.4.6 Grafik pengaruh moment lentur sisi bawah akibat bukaan yang terletak di tepi pelat.....	88
Gambar 4.2.4.7 Grafik pengaruh moment lentur sisi atas akibat bukaan yang terletak diantara sudut dan tengah pelat.....	89
Gambar 4.2.4.8 Grafik pengaruh moment lentur sisi bawah akibat bukaan yang terletak diantara sudut dan tengah pelat.....	89
Gambar 4.2.4.9 Grafik pengaruh moment lentur sisi atas akibat bukaan yang terletak di sudut pelat.....	90
Gambar 4.2.4.10 Grafik pengaruh moment lentur sisi bawah akibat bukaan yang terletak di sudut pelat.....	90

## DAFTAR TABEL

Tabel 2.1 Distribusi Momen Statis Total .....	14
Tabel 2.2 Distribusi Momen Terfaktor Negatif Interior Lajur Kolom .....	15
Tabel 2.3 Distribusi Momen Terfaktor Negatif Eksterior Lajur Kolom .....	15
Tabel 2.4 Distribusi Momen Terfaktor Terfaktor Positif Lajur Kolom .....	15
Tabel 4.1 Besar lendutan maksimum dari tiap kasus.....	62
Tabel 4.2 Besar Rasio Tegangan Geser Pons/ Tegangan Tahanan Geser .....	66
Tabel 4.3. Besarnya tegangan lentur yang terjadi dari tiap kasus .....	80
Tabel 4.4 Besarnya momen lentur sisi atas dari setiap kasus. ....	84
Tabel 5. Besarnya momen lentur sisi bawah dari setiap kasus. ....	85

## DAFTAR NOTASI

DL	beban mati (kN/m <sup>2</sup> )
SDL	tambahan beban mati (kN/m <sup>2</sup> )
LL	beban hidup (kN/m <sup>2</sup> )
qu	beban ultimate (1,2DL + 1,6LL) (kN/m <sup>2</sup> )
Vu	gaya geser pons (kN)
Vn	gaya tahanan geser beton (kN)
Ø	factor reduksi (untuk geser diambil 0,75)
$\sigma_U$	tegangan geser pons (MPa)
vu	gaya total yang bekerja pada <i>tributary area</i> (kN)
$\sigma_c$	tegangan tahanan geser beton (MPa)
f'c	kuat tekan karakteristik beton (MPa)
v	<i>poisson's ratio</i>
$\lambda$	factor untuk beton (1= untuk beton biasa)
$\beta$	rasio sisi terpanjang dan terpendek kolom, beban terpusat, atau daerah reaksi
Mo	Momen Statis terfaktor total
h	tebal pelat <i>waffle slab</i>