

## DAFTAR ISI

TANDA PERSETUJUAN	<b>Error! Bookmark not defined.</b>
KATA PENGANTAR	ii
<i>ABSTRAK</i>	v
<i>ABSTRACT</i>	vi
PERNYATAAN KEASLIAN SKRIPSI	vii
DAFTAR ISI	viii
DAFTAR GAMBAR	xi
DAFTAR TABEL	xvii
BAB 1 PENDAHULUAN	1
1.1. Latar Belakang	1
1.2. Rumusan Masalah	6
1.3. Tujuan	6
1.4. Ruang Lingkup & Batasan Masalah	6
1.5. Metodologi Penulisan	7
1.6. Programasi	7
BAB 2 DASAR TEORI PELAT LENTUR	8
2.1 Pendahuluan	8
2.2 Teori Elastisitas	11
2.2.1 Tegangan	12
2.2.2 Regangan dan Perpindahan	17
2.2.3 Poison's Ratio	18
2.2.4 Hukum Hooke	19

2.3	Teori Pelat	20
2.3.1	Teori Pelat Kirchoff-Love	21
2.3.1.1	Asumsi Dasar Teori Pelat Kirchoff-Love	21
2.3.1.2	Keseimbangan Elemen Pelat Kirchoff Love	23
2.3.1.3	Hubungan Antara Tegangan, Regangan, dan Perpindahan Pelat Kirchoff-Love	25
2.3.1.4	Persamaan Diferensial Pelat	28
2.3.2	Teori Pelat Reissner-Mindlin	29
2.4	Penyelesaian Eksak	31
BAB 3	METODE ELEMEN HINGGA	35
3.1	Pendahuluan	35
3.2	Konsep Dasar Metode Elemen Hingga	36
3.3	Langkah Perhitungan dalam Metode Elemen Hingga	37
3.3.5	Fungsi Perpindahan	44
3.3.6	Fungsi Bentuk	45
3.3.7	Hubungan Tegangan-Regangan dan Regangan-Perpindahan	45
3.3.8	Matriks Kekakuan	46
BAB 4	STUDI KASUS	47
4.1	Pemodelan Studi Kasus	47
4.1.1	Pemodelan Kasus yang Dianalisis	47
4.1.2	Pemodelan Luas dan Dimensi Bukaannya	49
4.1.3	Spesifikasi Pelat	50
4.1.4	Pembebanan	50
4.2	Analisis Pelat Tanpa Bukaannya	57

4.2.1	Diskritisasi	57
4.2.2	Perhitungan Lendutan Secara Eksak	59
4.2.3	Validasi	60
4.3	Analisis Pelat Dengan Bukaan	60
4.3.1	Hasil Analisis Pelat Dengan Kondisi Batas Tumpuan Sederhana (Kategori A)	62
4.3.2	Hasil Analisis Pelat Dengan Kondisi Batas Jepit di 4 Sisi (Kategori B)	68
4.3.3	Hasil Analisis Pelat Dengan Kondisi Batas Jepit di 3 Sisi (Kategori C)	74
4.3.4	Hasil Analisis Pelat Dengan Kondisi Batas Jepit di 2 Sisi Berseberangan (Kategori D)	80
4.3.5	Hasil Analisis Pelat Dengan Kondisi Batas Jepit di 2 Sisi Bersebelahan (Kategori E)	86
BAB 5 KESIMPULAN DAN SARAN		92
5.1	Kesimpulan	92
5.2	Saran	92
DAFTAR PUSTAKA		94
LAMPIRAN 1 PENULANGAN PELAT		96

## DAFTAR GAMBAR

Gambar 1. 1 Perbedaan sistem pelat satu arah dengan sistem pelat dua arah dalam aspek rasio bentang dan transfer beban	1
Gambar 1. 2 (a) Perbedaan support dan lenturan pada sistem pelat satu arah dan (b) sistem pelat dua arah	2
Gambar 1. 3 (a) bukaan pada pelat untuk pipa saluran air	3
Gambar 2. 1 Tumpuan pelat	8
Gambar 2. 2 Perletakan sederhana, jepit elastis, dan jepit penuh	9
Gambar 2. 3 Perletakan pelat	10
Gambar 2. 4 Gaya-gaya dalam pada berbagai jenis pelat	11
Gambar 2. 5 Diagram Tegangan-Regangan	12
Gambar 2. 6 Benda pejal dalam keadaan seimbang pada koordinat Cartesian yang diberikan beban	13
Gambar 2. 7 Potongan elemen kubus kecil dari Gambar 2.6	14
Gambar 2. 8 Tegangan permukaan pada suatu elemen di atas sumbu $x$	15
Gambar 2. 9 Rotasi elemen dua dimensi	16
Gambar 2. 10 Elemen 3D berdimensi $dx, dy, dz$	17
Gambar 2. 11 Regangan geser titik O pada bidang XY	18
Gambar 2. 12 Tegangan geser	20
Gambar 2. 13 Pelat segi empat yang memikul beban lateral dan komponen tegangan pada elemen pelat	23
Gambar 2. 14 Gaya dalam dan gaya luar pada elemen bidang pusat	24
Gambar 2. 15 Penampang sebelum dan sesudah berubah bentuk	27
Gambar 2. 16 Regangan geser	28
Gambar 2. 17 Tegangan pada suatu elemen pelat	29
Gambar 2. 18 Perpindahan pelat dengan deformasi geser ( $\gamma_{xz}$ ) pada bidang XZ	
Gambar 2. 19 Perpindahan titik p dan q	31

Gambar 2. 20 Pelat segiempat yang terjepit di keempat sisinya dibebani beban uniform	32
Gambar 3. 1 Diskritisasi sebuah kontinum (a) kontinum (b) diskritisasi menjadi elemen	36
Gambar 3. 2 Pendekatan menghitung suatu luas bidang	37
Gambar 3. 3 Struktur rangka batang bidang	37
Gambar 3. 4 Nodal-nodal dan perbatasannya	39
Gambar 3. 5 Perbatasan antarelemen yang berlubang	39
Gambar 3. 6 Eror diskritisasi geometri	39
Gambar 3. 7 Perbatasan antara 2 elemen	40
Gambar 3. 8 Elemen sederhana dengan 2 nodal yang biasa digunakan untuk merepresentasikan sebuah elemen batang atau balok	41
Gambar 3. 9 Elemen dua-dimensi	41
Gambar 3. 10 Elemen tiga dimensi	41
Gambar 3. 11 Elemen aksimetris triangular dan kuadrilateral	42
Gambar 4. 1 Studi kasus yang akan dianalisis .....	48
Gambar 4. 2 Pembebanan pelat .....	50
Gambar 4. 3 Memilih Analysis Type dalam Analysis Control .....	51
Gambar 4. 4 a) Input dimensi pelat b) Bentuk geometri pelat sesuai yang diinputkan .....	51
Gambar 4. 5 Hasil pemodelan garis 2D untuk penulangan baja .....	52
Gambar 4. 6 a) Membuat <i>face</i> b) <i>extrude</i> c) <i>boolean fuse</i> .....	52
Gambar 4. 7 a) Hasil pembuatan bukaan pada pelat beton b) hasil pemotongan baja tulangan pada area bukaan .....	53
Gambar 4. 8 Input material beton .....	53
Gambar 4. 9 Pilihan elemen yang akan didefinisikan.....	54
Gambar 4. 10 <i>Property</i> untuk pelat beton.....	54
Gambar 4. 11 <i>Property</i> untuk baja tulangan .....	54

Gambar 4. 12 <i>Dialog box map meshing</i> .....	55
Gambar 4. 13 a) Mendefinisikan arah berat sendiri b) input beban-beban.....	55
Gambar 4. 14 Membuat kombinasi pembebanan terfaktor.....	56
Gambar 4. 15 Mendefinisikan kondisi batas.....	56
Gambar 4. 16 Pemodelan kondisi batas tumpuan sederhana.....	57
Gambar 4. 17 Pemodelan kondisi batas jepit.....	57
Gambar 4. 18 Pembuatan <i>analysis case</i> .....	57
Gambar 4. 19 Denah penamaan titik-titik di sekitar bukaan untuk bukaan berbentuk a) bujur sangkar b) persegi panjang dan c) lingkaran.....	61
Gambar 4. 20 Hasil pemodelan pelat dengan kondisi batas tumpuan sederhana dan bukaan berbentuk a) bujur sangkar, b) persegi panjang dan c) lingkaran.....	62
Gambar 4. 21 Lendutan pada pelat dengan kondisi batas berupa tumpuan sederhana dan bukaan berbentuk a) bujur sangkar, b) persegi panjang dan c) lingkaran.....	63
Gambar 4. 22 a) Tegangan tekan $\sigma_{xx}$ dan b) tegangan tarik $\sigma_{xx}$ pada pelat dengan kondisi batas tumpuan sederhana dan bukaan berbentuk bujur sangkar.....	66
Gambar 4. 23 a) Tegangan tekan $\sigma_{xx}$ dan b) Tegangan tarik $\sigma_{xx}$ pada pelat dengan kondisi batas tumpuan sederhana dan bukaan berbentuk persegi panjang.....	66
Gambar 4. 24 a) Tegangan tekan $\sigma_{xx}$ dan b) Tegangan tarik $\sigma_{xx}$ pada pelat dengan kondisi batas tumpuan sederhana dan bukaan berbentuk lingkaran.....	66
Gambar 4. 25 a) Tegangan tekan $\sigma_{yy}$ dan b) tegangan tarik $\sigma_{yy}$ pada pelat dengan kondisi batas tumpuan sederhana dan bukaan berbentuk bujur sangkar.....	67
Gambar 4. 26 a) Tegangan tekan $\sigma_{yy}$ dan b) tegangan tarik $\sigma_{yy}$ pada pelat dengan kondisi batas tumpuan sederhana dan bukaan berbentuk persegi panjang.....	67
Gambar 4. 27 a) Tegangan tekan $\sigma_{yy}$ dan b) tegangan tarik $\sigma_{yy}$ pada pelat dengan kondisi batas tumpuan sederhana dan bukaan berbentuk lingkaran.....	67
Gambar 4. 28 Hasil pemodelan pelat dengan kondisi batas berupa jepit di 4 sisi dan bukaan berbentuk a) bujur sangkar, b) persegi panjang dan c) lingkaran.....	68
Gambar 4. 29 Lendutan pada pelat dengan kondisi batas berupa jepit di 4 sisi dan bukaan berbentuk a) bujur sangkar b) persegi panjang dan c) lingkaran.....	69

Gambar 4. 30 a) Tegangan tekan $\sigma_{xx}$ dan b) tegangan tarik $\sigma_{xx}$ pada pelat dengan kondisi batas jepit di 4 sisi dan bukaan berbentuk bujur sangkar .....	72
Gambar 4. 31 a) Tegangan tekan $\sigma_{xx}$ dan b) tegangan tarik $\sigma_{xx}$ pada pelat dengan kondisi batas jepit di 4 sisi dan bukaan berbentuk persegi panjang .....	72
Gambar 4. 32 a) Tegangan tekan $\sigma_{xx}$ dan b) tegangan tarik $\sigma_{xx}$ pada pelat dengan kondisi batas jepit di 4 sisi dan bukaan berbentuk lingkaran.....	72
Gambar 4. 33 a) Tegangan tekan $\sigma_{yy}$ dan b) tegangan tarik $\sigma_{yy}$ pada pelat dengan kondisi batas jepit di 4 sisi dan bukaan berbentuk bujur sangkar .....	73
Gambar 4. 34 a) Tegangan tekan $\sigma_{yy}$ dan b) tegangan tarik $\sigma_{yy}$ pada pelat dengan kondisi batas jepit di 4 sisi dan bukaan berbentuk persegi panjang .....	73
Gambar 4. 35 a) Tegangan tekan $\sigma_{yy}$ dan b) tegangan tarik $\sigma_{yy}$ pada pelat dengan kondisi batas jepit di 4 sisi dan bukaan berbentuk lingkaran.....	73
Gambar 4. 36 Hasil pemodelan pelat dengan kondisi batas jepit di 3 sisi dan bukaan berbentuk a) bujur sangkar, b) persegi panjang dan c) lingkaran.....	74
Gambar 4. 37 Lendutan pada pelat dengan kondisi batas berupa jepit di 3 sisi dan bukaan berbentuk a) bujur sangkar b) persegi panjang dan c) lingkaran .....	75
Gambar 4. 38 a) Tegangan tekan $\sigma_{xx}$ dan b) tegangan tarik $\sigma_{xx}$ pada pelat dengan kondisi batas jepit di 3 sisi dan bukaan berbentuk bujur sangkar .....	78
Gambar 4. 39 a) Tegangan tekan $\sigma_{xx}$ dan b) tegangan tarik $\sigma_{xx}$ pada pelat dengan kondisi batas jepit di 3 sisi dan bukaan berbentuk persegi panjang .....	78
Gambar 4. 40 a) Tegangan tekan $\sigma_{xx}$ dan b) tegangan tarik $\sigma_{xx}$ pada pelat dengan kondisi batas jepit di 3 sisi dan bukaan berbentuk lingkaran.....	78
Gambar 4. 41 a) Tegangan tekan $\sigma_{yy}$ dan b) tegangan tarik $\sigma_{yy}$ pada pelat dengan kondisi batas jepit di 3 sisi dan bukaan berbentuk bujur sangkar .....	79
Gambar 4. 42 a) Tegangan tekan $\sigma_{yy}$ dan b) tegangan tarik $\sigma_{yy}$ pada pelat dengan kondisi batas jepit di 3 sisi dan bukaan berbentuk persegi panjang .....	79
Gambar 4. 43 a) Tegangan tekan $\sigma_{yy}$ dan b) tegangan tarik $\sigma_{yy}$ pada pelat dengan kondisi batas jepit di 3 sisi dan bukaan berbentuk lingkaran.....	79

Gambar 4. 44 Hasil pemodelan pelat dengan kondisi batas jepit di 2 sisi berseberangan dan bukaan berbentuk a) bujur sangkar, b) persegi panjang dan c) lingkaran.....	80
Gambar 4. 45 Lendutan pada pelat dengan kondisi batas berupa jepit di 2 sisi berseberangan dan bukaan berbentuk a) bujur sangkar b) persegi panjang dan c) lingkaran.....	81
Gambar 4. 46 a) Tegangan tarik $\sigma_{xx}$ dan b) tegangan tekan $\sigma_{xx}$ pada pelat dengan kondisi batas jepit di 2 sisi berseberangan dan bukaan berbentuk bujur sangkar ..	84
Gambar 4. 47 a) Tegangan tarik $\sigma_{xx}$ dan b) tegangan tekan $\sigma_{xx}$ pada pelat dengan kondisi batas jepit di 2 sisi berseberangan dan bukaan berbentuk persegi panjang	84
Gambar 4. 48 a) Tegangan tarik $\sigma_{xx}$ dan b) tegangan tekan $\sigma_{xx}$ pada pelat dengan kondisi batas jepit di 2 sisi berseberangan dan bukaan berbentuk lingkaran.....	84
Gambar 4. 49 a) Tegangan tarik $\sigma_{yy}$ dan b) tegangan tekan $\sigma_{yy}$ pada pelat dengan kondisi batas jepit di 2 sisi berseberangan dan bukaan berbentuk bujur sangkar ..	85
Gambar 4. 50 a) Tegangan tarik $\sigma_{yy}$ dan b) tegangan tekan $\sigma_{yy}$ pada pelat dengan kondisi batas jepit di 2 sisi berseberangan dan bukaan berbentuk persegi panjang	85
Gambar 4. 51 a) Tegangan tarik $\sigma_{yy}$ dan b) tegangan tekan $\sigma_{yy}$ pada pelat dengan kondisi batas jepit di 2 sisi berseberangan dan bukaan berbentuk lingkaran.....	85
Gambar 4. 52 Hasil pemodelan pelat dengan kondisi batas jepit di 2 sisi bersebelahan dan bukaan berbentuk a) bujur sangkar, b) persegi panjang dan c) lingkaran.....	86
Gambar 4. 53 Lendutan pada pelat dengan kondisi batas berupa jepit di 2 sisi bersebelahan dan bukaan berbentuk a) bujur sangkar, b) persegi panjang dan c) lingkaran.....	87
Gambar 4. 54 a) Tegangan tarik $\sigma_{xx}$ dan b) tegangan tekan $\sigma_{xx}$ pada pelat dengan kondisi batas jepit di 2 sisi bersebelahan dan bukaan berbentuk bujur sangkar ....	90
Gambar 4. 55 a) Tegangan tarik $\sigma_{xx}$ dan b) tegangan tekan $\sigma_{xx}$ pada pelat dengan kondisi batas jepit di 2 sisi bersebelahan dan bukaan berbentuk persegi panjang .	90
Gambar 4. 56 a) Tegangan tarik $\sigma_{xx}$ dan b) tegangan tekan $\sigma_{xx}$ pada pelat dengan kondisi batas jepit di 2 sisi bersebelahan dan bukaan berbentuk lingkaran.....	90



Gambar 4. 57 a) Tegangan tarik  $\sigma_{yy}$  dan b) tegangan tekan  $\sigma_{yy}$  pada pelat dengan kondisi batas jepit di 2 sisi bersebelahan dan bukaan berbentuk bujur sangkar ....91

Gambar 4. 58 a) Tegangan tarik  $\sigma_{yy}$  dan b) tegangan tekan  $\sigma_{yy}$  pada pelat dengan kondisi batas jepit di 2 sisi bersebelahan dan bukaan berbentuk persegi panjang .91

Gambar 4. 59 a) Tegangan tarik  $\sigma_{yy}$  dan b) tegangan tekan  $\sigma_{yy}$  pada pelat dengan kondisi batas jepit di 2 sisi bersebelahan dan bukaan berbentuk lingkaran.....91

## DAFTAR TABEL

Tabel 4. 1 Pemodelan dimensi bukaan dan nomor kasus.....	49
Tabel 4. 2 Ukuran dan jumlah elemen hasil meshing, hasil analisis lendutan dan waktu meshing yang dibutuhkan .....	58
Tabel 4. 3 Lendutan hasil perhitungan eksak dan MIDAS FEA .....	59
Tabel 4. 4 Lendutan pelat utuh tanpa dan dengan tulangan .....	60
Tabel 4. 5 Lendutan pada titik-titik di sekitar bukaan pelat dengan kondisi batas tumpuan sederhana .....	63
Tabel 4. 6 Tegangan tarik pada titik-titik di sekitar bukaan dengan kondisi batas tumpuan sederhana .....	64
Tabel 4. 7 Tegangan tekan pada titik-titik di sekitar bukaan dengan kondisi batas tumpuan sederhana .....	65
Tabel 4. 8 Lendutan pada titik-titik di sekitar bukaan pelat dengan kondisi batas berupa jepit di 4 sisi.....	69
Tabel 4. 9 Tegangan tarik pada titik-titik di sekitar bukaan dengan kondisi batas jepit di 4 sisi .....	70
Tabel 4. 10 Tegangan tekan pada titik-titik di sekitar bukaan dengan kondisi batas jepit di 4 sisi .....	71
Tabel 4. 11 Lendutan pada titik-titik di sekitar bukaan pelat dengan kondisi batas berupa jepit di 3 sisi.....	76
Tabel 4. 12 Tegangan tarik pada titik-titik di sekitar bukaan dengan kondisi batas jepit di 3 sisi .....	76
Tabel 4. 13 Tegangan tekan pada titik-titik di sekitar bukaan dengan kondisi batas jepit di 3 sisi .....	77
Tabel 4. 14 Lendutan pada titik-titik di sekitar bukaan pelat dengan kondisi batas jepit 2 sisi berseberangan.....	81
Tabel 4. 15 Tegangan tarik pada titik-titik di sekitar bukaan dengan kondisi batas jepit di 2 sisi berseberangan .....	82
Tabel 4. 16 Tegangan tekan pada titik-titik di sekitar bukaan dengan kondisi batas jepit di 2 sisi berseberangan .....	83

Tabel 4. 17 Lendutan pada titik-titik di sekitar bukaan pelat dengan kondisi batas	87
Tabel 4. 18 Tegangan tekan pada titik-titik di sekitar bukaan dengan kondisi batas jepit di 2 sisi bersebelahan .....	88
Tabel 4. 19 Tegangan tekan pada titik-titik di sekitar bukaan dengan kondisi batas jepit di 2 sisi bersebelahan .....	89