

DAFTAR ISI

HALAMAN JUDUL	i
LEMBAR PERNYATAAN KEASLIAN	ii
LEMBAR PENGESAHAN	iii
ABSTRAK	iv
ABSTRACT	v
KATA PENGANTAR	vi
DAFTAR ISI	viii
DAFTAR TABEL	xi
DAFTAR GAMBAR	xii
DAFTAR LAMPIRAN	xv
DAFTAR NOTASI	xvi
BAB 1 PENDAHULUAN	1
1.1 Latar Belakang	1
1.2 Perumusan Masalah.....	3
1.3 Tujuan Penelitian.....	3
1.4 Manfaat Penelitian	3
1.5 Pembatasan Masalah	3
1.6 Metodologi Penelitian	4
1.7 Sistematika Penulisan	5
1.8 Kerangka Pemikiran	6
BAB 2 LANDASAN TEORI	7
2.1 Teori Pelat	7
2.2 Pelat Orthotropik	8

2.3	Teori Elastisitas	9
2.4	Teori Klasik Pelat Lentur Tipis dengan Lendutan Kecil	11
2.5	Hubungan Tegangan, Regangan dan Perpindahan	12
2.6	Teori Pondasi Pelat	14
2.7	Penurunan Persamaan Differensial Elemen Pelat	16
2.8	Persamaan Differensial Pelat di Atas Pondasi Pasternak	17
2.9	Persamaan Gerak Elemen Pelat	20
2.10	Faktor <i>Inertial Soil</i>	22
 BAB 3 METODOLOGI PENELITIAN		24
3.1	Prosedur Penelitian	24
3.2	<i>Modified Bolotin Method (MBM)</i>	24
3.3	Analisis Getaran Bebas	25
3.4	Penyelesaian Persamaan <i>Auxiliary</i> Pertama	26
3.5	Penyelesaian Persamaan <i>Auxiliary</i> Kedua	31
3.6	Solusi Homogen	35
3.7	Solusi Partikuler	38
3.8	Fungsi Beban Dinamik	42
3.9	Respons Dinamik Pelat	44
 BAB 4 HASIL DAN PEMBAHASAN		46
4.1	Parameter Penelitian	46
4.2	Beban Dinamik Kendaraan	47
4.3	Hasil Numerik dan Analisis Pelat	48
4.3.1	Nilai Ragam Getar dan Frekuensi Alami	48
4.3.2	Kecepatan Kritis	51

4.3.3	Respons Spektra Pelat	53
4.3.4	Lendutan	56
4.3.5	Riwayat Waktu dan Gaya-Gaya Dalam Pelat	57
4.3.6	Pemetaan <i>Mode Shape</i> dan Lendutan Dinamik Pelat	62
BAB 5 KESIMPULAN DAN SARAN		46
5.1	Kesimpulan	46
5.2	Saran	47
DAFTAR PUSTAKA		72
LAMPIRAN		

DAFTAR TABEL

Tabel 4.1	Parameter dari Pelat Beton dan Harga Koefisien Pondasi Pasternak	46
Tabel 4.2	Harga Konstanta m_0 , Pegas k dan Geser G_s dari Pondasi Pasternak untuk Jenis Tanah Lunak dan Berbagai Kedalaman Efektif Tanah dengan Mengikutsertakan Faktor <i>Inertial Soil</i>	47
Tabel 4.3	Nilai Ragam Getar dan Frekuensi Alami Sistem untuk $m_0 = 0$ dan $H_s = 0.5$ m	48
Tabel 4.4	Nilai Ragam Getar dan Frekuensi Alami Sistem untuk $H_s = 2.5$ m dan $H_s = 5$ m	49
Tabel 4.5	Lendutan Absolut Kecepatan Kritis	52
Tabel 4.6	Respons Spektra Lendutan Absolut Maksimum	54
Tabel 4.7	Lendutan Absolut Maksimum	56
Tabel 4.8	Gaya-gaya Dalam di Pusat Pelat pada Waktu $0 \leq t \leq t_0$	57
Tabel 4.9	Gaya-Gaya Dalam Akibat Beban Bergerak pada Saat $t = 0.1000$ detik.....	57

DAFTAR GAMBAR

Gambar 1.1	Diagram Alir Metodologi Penelitian	6
Gambar 2.1	Lendutan Titik pada Bidang xz.....	12
Gambar 2.2	Skema Pondasi Winkler	14
Gambar 2.3	Skema Pondasi Pasternak	15
Gambar 2.4	Skema Pondasi Kerr	15
Gambar 2.5	Keseimbangan Gaya-Gaya Dalam pada Suatu Elemen Pelat	16
Gambar 2.6	Reaksi Pegas Linier Pondasi Jenis Winkler	17
Gambar 2.7	Reaksi Pegas Linier Pondasi Jenis Pasternak	18
Gambar 2.8	Keseimbangan Gaya-Gaya Dalam Vertikal Elemen Lapisan Geser	19
Gambar 2.9	Deformasi Vertikal Elemen Lapisan Geser	19
Gambar 2.10	Gaya-Gaya Keseimbangan Dinamis pada Pusat Massa Elemen Differensial Pelat Berukuran dx, dy dengan Ketebalan h	20
Gambar 3.1	Pelat Dengan Kondisi Tumpuan Jepit Elastis (<i>Elastic Support And Restraint, ES-R</i>) di Sisi $x = 0$ Dan Sisi $x = a$	27
Gambar 3.2	Pelat Dengan Kondisi Tumpuan Jepit Elastis (<i>Elastic Support And Restraint, ES-R</i>) di Sisi $y = 0$ Dan Sisi $y = b$	31
Gambar 4.1	Pengaruh <i>Inertial Soil</i> Terhadap Frekuensi Alami <i>Mode 1</i>	50
Gambar 4.2	Pengaruh <i>Inertial Soil</i> Terhadap Frekuensi Alami <i>Mode 2</i>	50
Gambar 4.3	Pengaruh <i>Inertial Soil</i> Terhadap Frekuensi Alami <i>Mode 3</i>	50
Gambar 4.4	Pengaruh <i>Inertial Soil</i> Terhadap Frekuensi Alami <i>Mode 4</i>	51
Gambar 4.5	Pengaruh <i>Inertial Soil</i> Terhadap Frekuensi Alami <i>Mode 5</i>	51
Gambar 4.6	Lendutan Absolut Kecepatan Kritis	53
Gambar 4.7	Respons Spektra Lendutan Absolut Maksimum.....	56
Gambar 4.8	Riwayat Waktu Momen dan Gaya Geser Studi Kasus di Pusat Pelat pada Interval Waktu $0 \leq t \leq t_0$ untuk $m_0 = 0$ dan $H_s = 0.5$ m	58

Gambar 4.9	Riwayat Waktu Momen dan Gaya Geser Studi Kasus di Pusat Pelat pada Interval Waktu $0 \leq t \leq t_0$ untuk $H_s = 2.5$ m dan $H_s = 5$ m	59
Gambar 4.10	Momen dan Gaya Geser Akibat Beban Bergerak pada Saat $t = 0.1000$ detik untuk $m_0 = 0$ dan $H_s = 0.5$ m	60
Gambar 4.11	Momen dan Gaya Geser Akibat Beban Bergerak pada Saat $t = 0.1000$ detik untuk $H_s = 2.5$ m dan $H_s = 5$ m	61
Gambar 4.12	Ragam Getar <i>Mode</i> (1,1) sampai (3,3) Akibat Beban Dinamik $P_0 = 80$ kN, $V = 90$ km/jam, <i>dowel</i> 22 mm, $\omega_{\text{beban}} = 100$ rad/det, $m_0 = 0$, $\text{Acc} = 0$ m/det ² , $\zeta = 5$ %, posisi $x = a/2$ dan $y = b/2$ pada Saat $t = 0.1000$ detik	62
Gambar 4.13	Ragam Getar <i>Mode</i> (1,1) sampai (3,3) Akibat Beban Dinamik $P_0 = 80$ kN, $V = 90$ km/jam, <i>dowel</i> 22 mm, $\omega_{\text{beban}} = 100$ rad/det, $m_0 = 252.326$, $\text{Acc} = 0$ m/det ² , $\zeta = 5$ %, posisi $x = a/2$ dan $y = b/2$ pada Saat $t = 0.1000$ detik	63
Gambar 4.14	Ragam Getar <i>Mode</i> (1,1) sampai (3,3) Akibat Beban Dinamik $P_0 = 80$ kN, $V = 90$ km/jam, <i>dowel</i> 22 mm, $\omega_{\text{beban}} = 100$ rad/det, $m_0 = 1261.63$, $\text{Acc} = 0$ m/det ² , $\zeta = 5$ %, posisi $x = a/2$ dan $y = b/2$ pada Saat $t = 0.1000$ detik	64
Gambar 4.15	Ragam Getar <i>Mode</i> (1,1) sampai (3,3) Akibat Beban Dinamik $P_0 = 80$ kN, $V = 90$ km/jam, <i>dowel</i> 22 mm, $\omega_{\text{beban}} = 100$ rad/det, $m_0 = 2523.26$, $\text{Acc} = 0$ m/det ² , $\zeta = 5$ %, posisi $x = a/2$ dan $y = b/2$ pada Saat $t = 0.1000$ detik	65
Gambar 4.16	Urutan Bentuk Defleksi Dinamik Total Pelat Beton Persegi Panjang Orthotropik akibat Beban $P_0 (1 + 0.5\cos \omega t)$, $P_0 = 80$ kN, $V = 90$ km/jam, <i>dowel</i> 22 mm, $\omega_{\text{beban}} = 100$ rad/det, $m_0 = 0$, $\text{Acc} = 0$ m/det ² , $\zeta = 5\%$ pada Interval Waktu $0 < t < t_0$	66
Gambar 4.17	Urutan Bentuk Defleksi Dinamik Total Pelat Beton Persegi Panjang Orthotropik akibat Beban $P_0 (1 + 0.5\cos \omega t)$, $P_0 = 80$ kN, $V = 90$ km/jam, <i>dowel</i> 22 mm, $\omega_{\text{beban}} = 100$ rad/det, $m_0 = 252.326$, $\text{Acc} = 0$ m/det ² , $\zeta = 5\%$ pada Interval Waktu $0 < t < t_0$	67

Gambar 4.18 Urutan Bentuk Defleksi Dinamik Total Pelat Beton
Persegi Panjang Orthotropik akibat Beban $P_0 (1 + 0.5\cos \omega t)$,
 $P_0 = 80$ kN, $V = 90$ km/jam, *dowel* 22 mm, $\omega_{\text{beban}} = 100$ rad/det,
 $m_0 = 1261.63$, $\text{Acc} = 0$ m/det², $\zeta = 5\%$ pada Interval Waktu $0 < t < t_0$ 68

Gambar 4.19 Urutan Bentuk Defleksi Dinamik Total Pelat Beton
Persegi Panjang Orthotropik akibat Beban $P_0 (1 + 0.5\cos \omega t)$,
 $P_0 = 80$ kN, $V = 90$ km/jam, *dowel* 22 mm, $\omega_{\text{beban}} = 100$ rad/det,
 $m_0 = 2523.26$, $\text{Acc} = 0$ m/det², $\zeta = 5\%$ pada Interval Waktu $0 < t < t_0$ 69

DAFTAR LAMPIRAN

Lampiran 1	Program Mencari p dan q
Lampiran 2	Program Defleksi Pelat dan Bentuk Defleksi Pelat
Lampiran 3	Program Animasi Ragam Getar
Lampiran 4	Program Gaya-Gaya Dalam

DAFTAR NOTASI

a	= Dimensi pelat di arah sumbu x
b	= Dimensi pelat di arah sumbu y
a_0, b_0	= Konstanta koefisien yang berhubungan dengan kondisi awal pelat
a_{ij}, b_{ij}	= Konstanta elemen-elemen matriks $\{A\}$ dan $\{B\}$
$\{A_i\}$	= Matriks syarat batas fungsi posisi $X(x)$
$\{B_i\}$	= Matriks syarat batas fungsi posisi $Y(y)$
A_d	= Luas penampang <i>dowel</i>
c	= Konstanta redaman
c_R	= Konstanta redaman kritis
$k_{sx1}, k_{sx2}, k_{sy1}, k_{sy2}$	= Konstanta kekakuan translasi vertikal elastis tepi pelat
d_d	= Diameter <i>dowel</i>
D, D_x, D_y, D_{xy}, D_t	= Ketegaran lentur dan puntir pelat orthotropik
E, E_x, E_y	= Modulus elastisitas pelat di sumbu utama
E_x', E_y', E''	= Modulus elastisitas ekuivalen pelat orthotropik
$k_{rx1}, k_{rx2}, k_{ry1}, k_{ry2}$	= Konstanta kekakuan rotasi elastis tepi pelat
f_i	= Fungsi frekuensi
f_y	= Tegangan leleh baja tulangan
f_c'	= Kekuatan tekan beton (silinder)
g	= Lebar celah (<i>gap</i>) pada sambungan antara dua pelat pekerasan kaku
G	= Modulus geser bahan pelat beton
G_d	= Modulus geser bahan <i>dowel</i>
G_s	= Konstanta lapisan geser pondasi Pasternak

G_{xy}	= Konstanta kekakuan puntir pelat
$G(t)$	= Fungsi Green
h	= Tebal pelat beton
I, I_d	= Momen inersia penampang, indeks d untuk <i>dowel</i>
k	= Konstante pegas vertikal elastis pondasi Winkler dan Pasternak
$\lambda_1, \lambda_2, \lambda_3, \lambda_4$	= Akar-akar persamaan karakteristik fungsi posisi $X(x)$ dan $Y(y)$
K	= Konstanta pegas Winkler di sekitar <i>dowel</i>
L	= Panjang <i>dowel</i>
L_d	= Panjang <i>dowel</i> yang tertanam dalam pelat
L_s	= Panjang sisi pelat yang menggunakan <i>dowel</i>
M_x, M_y, M_{xy}	= Gaya dalam momen sesuai indeks
V_x, V_y, V_{xy}	= Gaya dalam geser sesuai indeks
(m,p)	= Indeks integer (<i>frequency number</i>), mode di arah x dengan $m > 1$
(p,q)	= Indeks integer (<i>frequency number</i>), mode di arah y dengan $n > 1$
$P(x,y)$	= Beban transversal di atas permukaan pelat
$P(x,y,t)$	= Fungsi beban transversal di atas permukaan pelat
p	= Tegangan yang bekerja pada bidang kontak
(p,q)	= Pasangan bilangan riil pengganti bilangan bulat (m,n) , Penunjuk setengah gelombang sinus dalam <i>Modified Bolotin Method (MBM)</i>
$P_z(x,y,t)$	= Beban dinamik transversal di atas permukaan pelat
P_0	= Beban tengah ekuivalen rata-rata dari beban kendaraan
P_t	= Beban terpusat pada tengah sambungan <i>dowel</i>

Q_{mn}, Q_{pq}	=	Konstanta normalisasi
S_d	=	Jarak antara <i>dowel</i>
$T(t)$	=	Fungsi <i>temporal</i> lendutan
$\dot{T}(t)$	=	Fungsi <i>temporal</i> kecepatan
u, v, w	=	Lendutan bidang pelat di arah sumbu x, y dan z
V	=	Kecepatan gerak beban di arah x
V_0	=	Kecepatan awal beban di arah x
Acc	=	Akselerasi (percepatan) beban di arah x
$w_{pq}(x,y,t), w_d$	=	Fungsi lendutan pelat, lendutan <i>dowel</i> di arah sumbu z
$W, W(x,y), X(x), Y(y)$	=	Fungsi <i>spatial</i> , fungsi <i>spatial</i> lendutan, fungsi posisi di arah x dan di arah y
$X_{pq}(x), Y_{pq}(y)$	=	Fungsi posisi di arah x dan di arah y
x, y, z	=	Harga-harga variabel posisi dalam sistem koordinat kartesian
x_0, y_0	=	Posisi konstan dalam sistem koordinat kartesian
α_{ij}	=	Koefisien penyelesaian fungsi $X(x)$
β_{ij}	=	Koefisien penyelesaian fungsi $Y(y)$
β, θ	=	Konstanta pemisah sistem
β_d	=	Kekakuan relatif <i>dowel</i>
$\epsilon_x = \frac{\partial u}{\partial x}$	=	Regangan aksial (<i>normal strain</i>) di arah sumbu x
$\epsilon_y = \frac{\partial v}{\partial y}$	=	Regangan aksial (<i>normal strain</i>) di arah sumbu y
$\epsilon_z = \frac{\partial w}{\partial z}$	=	Regangan aksial (<i>normal strain</i>) di arah sumbu z
$\gamma_{xy} = \frac{\partial v}{\partial x} + \frac{\partial u}{\partial y}$	=	Regangan geser (<i>shear strain</i>)

ζ	= Rasio redaman (c/c_R)
$\delta(\cdot)$	= Fungsi Dirac Delta
$\sigma_x, \sigma_y, \sigma_z$	= Tegangan normal di arah sumbu x, y dan z
τ_{xy}	= Tegangan geser
ν, ν_x, ν_y	= Poisson's <i>ratio</i> (sesuai arah sumbu yang ditunjuk indeks)
$\nabla^2 = \left[\frac{\partial^2}{\partial x^2} + \frac{\partial^2}{\partial y^2} \right]$	= Operator Laplace
$\nabla^4 = \nabla^2 \nabla^2 = \left[\frac{\partial^2}{\partial x^2} + \frac{\partial^2}{\partial y^2} \right]^2$	= Operator biharmonik
γ	= Redaman <i>viscous</i> ekuivalen pelat
γ_m	= Berat jenis pelat beton
$\pi = 3.14159\dots$	= Konstanta PI
t, τ	= Variabel waktu
$\omega, \omega_{\text{beban}}$	= Frekuensi beban dinamik
ω_{ij}	= Frekuensi alami pelat <i>mode</i> (i,j)
ω_D	= Frekuensi sistem dengan redaman
ρ_m	= Massa jenis pelat beton
m_o	= Konstanta pondasi Pasternak pada kedalaman efektif tertentu
$\phi(z)$	= Fungsi vertikal tanah