

**RESPONS DINAMIK PELAT LANTAI DI ATAS PONDASI
PASTERNAK AKIBAT BEBAN LEDAKAN SETEMPAT
BERBENTUK TRAPESIUM**

TUGAS AKHIR



INDAH EVA YUASHARI WIDYA ASTUTI

1122004004

**PROGRAM STUDI TEKNIK SIPIL
FAKULTAS TEKNIK DAN ILMU KOMPUTER
UNIVERSITAS BAKRIE
JAKARTA**

2016

**RESPONS DINAMIK PELAT LANTAI DI ATAS PONDASI
PASTERNAK AKIBAT BEBAN LEDAKAN SETEMPAT
BERBENTUK TRAPESIUM**

TUGAS AKHIR

**Diajukan sebagai salah satu syarat untuk memperoleh gelar Sarjana Teknik
Program Studi Teknik Sipil Fakultas Teknik dan Ilmu Komputer
Universitas Bakrie**



INDAH EVA YUASHARI WIDYA ASTUTI

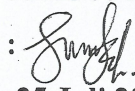
1122004004

**PROGRAM STUDI TEKNIK SIPIL
FAKULTAS TEKNIK DAN ILMU KOMPUTER
UNIVERSITAS BAKRIE
JAKARTA**

2016

HALAMAN PERNYATAAN ORISINALITAS

Tugas Akhir ini adalah hasil karya saya sendiri, dan semua sumber baik yang dikutip maupun dirujuk telah saya nyatakan dengan benar.

Nama	: Indah Eva Yuashari Widya Astuti
NIM	: 1122004004
Tanda Tangan	: 
Tanggal	: 25 Juli 2016

HALAMAN PENGESAHAN

Tugas Akhir ini diajukan oleh:

Nama : Indah Eva Yuashari Widya Astuti
NIM : 1122004004
Program Studi : Teknik Sipil
Fakultas : Teknik dan Ilmu Komputer
Judul Skripsi : Respons Dinamik Pelat Lantai di Atas Pondasi Pasternak
Akibat Beban Ledakan Setempat Berbentuk Trapesium

Telah berhasil dipertahankan di hadapan Dewan Penguji dan diterima sebagai bagian persyaratan yang diperlukan untuk memperoleh gelar Sarjana Teknik pada Program Studi Teknik Sipil Fakultas Teknik dan Ilmu Komputer Universitas Bakrie.

DEWAN PENGUJI

Pembimbing : Prof. Ir. Sofia W. Alisjahbana, M.Sc., Ph.D. (.....)

Penguji 1 : Jouvan Chandra P, S.T., M.Eng. (.....)

Penguji 2 : Yustian Heri Suprpto, M.Sc. (.....)

Ditetapkan di : Jakarta

Tanggal : 25 Juli 2016

UNGKAPAN TERIMA KASIH

Alhamdulillah. Puji dan syukur penulis ucapkan kehadirat Allah SWT atas segala limpahan rahmat dan kasih sayang-Nya, sehingga penulis dapat menyelesaikan tugas akhir ini tepat pada waktunya. Shalawat serta salam juga senantiasa penulis ucapkan kepada junjungan nabi besar Muhammad SAW.

Tugas akhir berjudul “Respons Dinamik Pelat Lantai Di Atas Pondasi Pasternak Akibat Beban Ledakan Setempat Berbentuk Trapesium” ini disusun untuk memenuhi persyaratan untuk menyelesaikan Program Sarjana Teknik Sipil, Universitas Bakrie.

Selama pengerjaan tugas akhir ini, penulis menemukan banyak kendala. Namun, tugas akhir ini dapat diselesaikan dengan adanya bantuan, bimbingan, dorongan, motivasi, maupun kritik dan saran dari berbagai pihak. Oleh karena itu, pada kesempatan ini penulis ingin mengucapkan terima kasih kepada:

1. Ibu Prof. Ir. Sofia W. Alisjahbana, M.Sc., Ph.D., selaku dosen pembimbing yang telah meluangkan waktunya untuk memberikan bimbingan, dorongan, dan motivasi dalam penyusunan tugas akhir ini.
2. Bapak Dr. Ade Asmi, S.T., M.Sc., selaku Ketua Program Studi Teknik Sipil Universitas Bakrie sekaligus pembimbing akademik penulis yang telah memberikan pengetahuan, motivasi, bimbingan dan arahan bagi penulis selama masa perkuliahan.
3. Ibu Safrilah, S.T., M.Sc., selaku Dosen Program Studi Teknik Sipil Universitas Bakrie yang senantiasa memberikan banyak pengetahuan, dukungan, motivasi dan dorongan kepada penulis sejak awal masa perkuliahan hingga akhir serta senantiasa berbagi dan menghabiskan waktu bersama penulis dan teman-teman angkatan 12.
4. Bapak Dr. Ir. Kusumo Bintoro, MBA., Bapak Jouvan Chandra P, S.T.,M.Eng., serta dosen-dosen lainnya di Program Studi teknik Sipil Universitas Bakrie yang senantiasa memberikan banyak pengetahuan kepada penulis sehingga penulis memiliki banyak wawasan khususnya di bidang ilmu teknik sipil serta memberika bantuan, dorongan, motivasi dan saran kepada penulis.

5. Bapak Ir. Suwito, Ph.D., Ibu Dr. Susy F. Rostiyanti, S.T., M.Sc., dan Bapak Sugiarto, S.T., M.T., selaku dosen yang telah memberikan ilmu dan pengetahuan dalam bidang teknik sipil kepada penulis.
6. Ibu Nia Nurliani, S.E., selaku Sekretaris Program Studi Teknik Sipil yang senantiasa membantu penulis dalam mengurus kebutuhan administrasi penulis selama masa perkuliahan.
7. Ibunda, ayahanda, dan adik-adik tersayang serta keluarga besar tercinta yang senantiasa mendoakan penulis agar selalu sehat, selamat, dan sukses dan juga senantiasa menasehati dan memberikan motivasi kepada penulis.
8. Nindya Ratih, Fadhiil Muammar, Rahmad Efendi, Resa Nugraha, dan Adiastian Saputra yang senantiasa berbagi dan menghabiskan waktu bersama penulis serta saling mendukung dan memberikan motivasi satu sama lain.
9. Teman-teman mahasiswa Program Studi Teknik Sipil, khususnya angkatan 2013, yang senantiasa berbagi dan menghabiskan waktu bersama penulis serta memberikan dukungan kepada penulis.
10. Seluruh keluarga besar Universitas Bakrie serta pihak yayasan Universitas Bakrie yang telah mendukung dan memberikan kesempatan kepada penulis untuk menempuh jalur pendidikan Sarjana S1 di Universitas Bakrie.
11. Semua pihak yang telah memberikan dukungan, motivasi, dorongan, dan bantuan kepada penulis selama pembuatan tugas akhir ini, yang tidak dapat penulis sebutkan satu per satu.

Penulis menyadari bahwa tugas akhir ini masih memiliki banyak kekurangan, sehingga penulis mengharapkan adanya saran dan kritik yang bersifat membangun untuk kesempurnaan penulisan ini. Penulis berharap apa yang telah dituliskan dalam tugas akhir ini dapat bermanfaat bagi pembaca dan bagi penelitian selanjutnya.

Jakarta, 25 Juli 2016

Penulis

HALAMAN PERNYATAAN PERSETUJUAN PUBLIKASI

Sebagai sivitas akademik Universitas Bakrie, saya yang bertanda tangan di bawah ini:

Nama : Indah Eva Yuashari Widya Astuti
NIM : 1122004004
Program Studi : Teknik Sipil
Fakultas : Teknik dan Ilmu Komputer
Jenis Tugas Akhir : Skripsi

Demi pengembangan ilmu pengetahuan, menyetujui untuk memberikan kepada Universitas Bakrie **Hak Bebas Royalti Noneksklusif (*Non-exclusive Royalti-Free Right*)** atas karya ilmiah saya yang berjudul:

RESPONS DINAMIK PELAT LANTAI DI ATAS PONDASI PASTERNAK AKIBAT BEBAN LEDAKAN SETEMPAT BERBENTUK TRAPESIUM

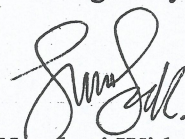
beserta perangkat yang ada (jika diperlukan). Dengan Hak Bebas Royalti Noneksklusif ini Universitas Bakrie berhak menyimpan, mengalihmedia/formatkan, mengelola dalam bentuk pangkalan data (*database*), merawat, dan mempublikasikan tugas akhir saya selama tetap mencantumkan nama saya sebagai penulis/pencipta dan sebagai pemilik Hak Cipta untuk kepentingan akademis.

Demikian pernyataan ini saya buat dengan sebenarnya.

Dibuat di : Jakarta

Pada tanggal : 25 Juli 2016

Yang menyatakan



(Indah Eva Yuashari Widya Astuti)

RESPONS DINAMIK PELAT LANTAI DI ATAS PONDASI PASTERNAK AKIBAT BEBAN LEDAKAN SETEMPAT BERBENTUK TRAPESIUM

Indah Eva Yuashari Widya Astuti¹

ABSTRAK

Respons dinamik pelat akibat beban ledakan telah menjadi subjek penelitian oleh beberapa ahli seiring dengan banyaknya kasus pengeboman oleh teroris yang terjadi dalam beberapa tahun terakhir. Saat ini, bangunan tinggi yang diperuntukkan untuk umum, seperti hotel, apartemen, rumah sakit dan sekolah seringkali menjadi sasaran dari aksi pengeboman, sehingga dalam desain struktur, pengaruh dari beban ledakan terhadap respons dinamik struktur perlu dipertimbangkan. Dalam penelitian ini, dianalisis respons dinamik pelat lantai di atas pondasi Pasternak akibat beban ledakan setempat berbentuk trapesium. Tujuan dari penelitian ini yaitu untuk mengetahui pengaruh dari posisi beban ledakan, tebal pelat dan rasio redaman terhadap respons dinamik pelat. Pelat dimodelkan sebagai pelat ortotropik dengan perletakkan jepit di keempat sisinya. Persamaan gerak pelat diturunkan dengan menggunakan hukum Newton II. Frekuensi alami sistem pelat diperoleh dengan menggunakan *Modified Bolotin Method*. Penyelesaian masalah auxiliary pertama dan auxiliary kedua tipe Levy secara numerik diselesaikan dengan bantuan program Mathematica. Pelat yang digunakan dalam penelitian ini, yaitu pelat tebal 12 cm dan 14 cm dengan variasi rasio redaman 0%, 5%, dan 10%. Posisi ledakan setempat yaitu pada $1/8$, $2/8$, $3/8$, dan $4/8$ bentang. Hasil analisis menunjukkan bahwa tebal pelat, posisi ledakan dan rasio redaman mempengaruhi respons dinamik dari pelat dan juga gaya-gaya dalam.

Kata kunci: Beban ledakan setempat, pelat ortotropik, fungsi trapesium, respons dinamik, gaya-gaya dalam.

¹ Mahasiswa Sarjana Program Studi Teknik Sipil Universitas Bakrie

DYNAMICS RESPONSE OF PLATES ON PASTERNAK FOUNDATION SUBJECTED TO A LOCALIZED TRAPEZOIDAL BLAST LOADING

Indah Eva Yuashari Widya Astuti²

ABSTRACT

The dynamic response of plates subjected to blast loading has been the subject of research by several experts due to the increasing of many bombing cases done by terrorist in recent years. Today, the public building such as hotels, apartments, hospitals, and schools are often being the target of bombings, hence in the design of building structure, the effect of blast loading to the dynamic response of the structure need to be considered. In this study, the dynamic response of plates on Pasternak foundation subjected to a localized trapezoidal blast loading is analyzed. The purposes of this study are to determine the effects of load's position, the plate thickness, and the damping ratio to the dynamic respons of plates. The plate is modeled as an orthotropic plate with fixed support at all sides. The plate equation of motion is derived by using Newton's second law. The natural frequencies of the system are obtained by using Modified Bolotin Method. A Mathematica program is used to solve the first and the second auxiliary Levy-type problem numerically. The plate thickness used in this study 12 cm and 14 cm with the variation of damping ratio of 0%, 5%, and 10%. The localized blast load's position are at 1/8, 2/8, 3/8, and 4/8 of span. The results of analysis showed that the load's position, the plate thickness, and the damping ratio affect the dynamic response of the plate as well as the internal forces.

Keywords: Localized blast loading, orthotropic plate, trapezoidal function, dynamic response, internal forces.

² Undergraduate Student at Civil Engineering Department Bakrie University

DAFTAR ISI

HALAMAN SAMPUL	0
HALAMAN JUDUL.....	i
HALAMAN PERNYATAAN ORISINALITAS.....	ii
HALAMAN PENGESAHAN.....	iii
UNGKAPAN TERIMA KASIH.....	iv
HALAMAN PERNYATAAN PERSETUJUAN PUBLIKASI.....	vi
ABSTRAK	vii
<i>ABSTRACT</i>	viii
DAFTAR ISI.....	ix
DAFTAR TABEL.....	xi
DAFTAR GAMBAR	xii
DAFTAR NOTASI	xiv
DAFTAR LAMPIRAN	xvi
BAB I PENDAHULUAN.....	1
1.1 Latar Belakang	1
1.2 Rumusan Masalah	3
1.3 Batasan Masalah.....	4
1.4 Tujuan Penelitian	5
1.5 Manfaat Penelitian	5
1.6 Metode Penelitian.....	6
1.7 Sistematika Penulisan	8
BAB II PERSAMAAN GERAK PELAT LANTAI BANGUNAN	10
2.1. Landasan Teori.....	10
2.1.1 Teori Elastisitas.....	11
2.1.2 Hukum Hooke	11
2.2. Penurunan Persamaan Diferensial Pelat Lantai Bangunan	13
2.2.1 Sistem Koordinat.....	13
2.2.2 Keseimbangan Elemen Pelat.....	16
2.3. Persamaan Gerak Pelat Lantai Bangunan	16

BAB III ANALISIS GETARAN BEBAS PADA PELAT BANGUNAN YANG MEMILIKI PERLETAKKAN RIGID PADA KEEMPAT SISINYA	19
3.1. Pendahuluan	19
3.2. Analisis Umum	19
3.3. Masalah Auxiliary Pertama.....	21
3.4. Masalah Auxiliary Kedua	24
BAB IV RESPONS DINAMIK PELAT LANTAI BANGUNAN.....	26
4.1 Solusi Homogen	26
4.2 Solusi Partikuler	30
4.3 Solusi Total	34
4.4 Fungsi Beban Dinamik.....	35
4.5 Respons Dinamik Sistem	37
4.6 Gaya-Gaya Dalam.....	40
BAB V ANALISIS NUMERIK PELAT LANTAI BANGUNAN	41
5.1 Pendahuluan	41
5.2 Parameter Pelat Lantai Bangunan	42
5.3 Beban Ledakan.....	42
5.4 Frekuensi Alami	43
5.5 Defleksi Absolut Maksimum	46
5.6 Riwayat Waktu (<i>Time History</i>)	48
5.7 Pengaruh Posisi Beban Ledakan	51
5.8 Pengaruh Tebal Pelat (Kekakuan Pelat).....	52
5.9 Pengaruh Rasio Redaman	54
5.10 Pengecekan Lendutan Kecil.....	55
5.11 Distribusi Momen	56
5.12 Distribusi Gaya Geser	61
BAB VI KESIMPULAN DAN SARAN	64
6.1 Kesimpulan	64
6.2 Saran.....	64
DAFTAR PUSTAKA	66

DAFTAR TABEL

Tabel 5.1	Data Pelat Lantai Bangunan	42
Tabel 5.2	Harga Konstanta Pondasi Pasternak dan Konstanta Berbagai Jenis Tanah	42
Tabel 5.3	Parameter Beban Ledakan	43
Tabel 5.4	Frekuensi Alami Pelat Lantai Bangunan untuk 7 Ragam Getar	43
Tabel 5.5	Defleksi Dinamik Maksimum Untuk Variasi Tebal Pelat dan Rasio Redaman	46
Tabel 5.6	Pengecekan Lendutan Ijin Terhadap Lendutan (Defleksi) Dinamik Maksimum.....	55
Tabel 5.7	Momen Absolut Maksimum Sebagai Fungsi Waktu, Saat $t \geq t_{d2}$, Posisi Beban $4a/8$ dan $b/2$	60
Tabel 5.8	Gaya Geser Arah x Untuk Posisi Beban $4a/8$ dan $b/2$, Saat $t = 0.0025$ s.....	62
Tabel 5.9	Gaya Geser Arah y Untuk Posisi Beban $4a/8$ dan $b/2$, Saat $t = 0.0025$ s	63

DAFTAR GAMBAR

Gambar 1.1	Suatu Pelat Persegi Ortotropik yang Ditunjang Oleh Suatu Pondasi Pasternak yang Mengalami Beban Dinamik Berupa Beban Ledakan Setempat	4
Gambar 1.2	Bagan Alir Metode Penelitian	7
Gambar 2.1	Pelat Segiempat yang Memikul Beban Lateral	15
Gambar 2.2	Gaya-Gaya Luar dan Dalam Pada Elemen Permukaan Tengah.....	16
Gambar 5.1	Beban Ledakan	41
Gambar 5.2	Frekuensi Alami Sistem Pelat Tebal 12 cm Sebagai Fungsi Dari Mode Di Arah x (n).....	45
Gambar 5.3	Frekuensi Alami Sistem Pelat Tebal 14 cm Sebagai Fungsi Dari Mode Di Arah x (n).....	45
Gambar 5.4	Respons Spektrum Defleksi Dinamik Maksimum Sebagai Fungsi Beban Ledakan dan Rasio Redaman Untuk Tebal Pelat 12 cm.....	47
Gambar 5.5	Respons Spektrum Defleksi Dinamik Maksimum Sebagai Fungsi Beban Ledakan dan Rasio Redaman Untuk Tebal Pelat 14 cm.....	47
Gambar 5.6	Riwayat Waktu Defleksi Dinamik Total Untuk Berbagai Jenis Parameter yang Ditinjau.....	48
Gambar 5.7	Defleksi Dinamik Pelat Untuk $t = 0.003s$, Saat Posisi Beban di $a/8$ dan $4a/8$	51
Gambar 5.8	Pengaruh Tebal Pelat Terhadap Defleksi Absolut Maksimum	52
Gambar 5.9	Defleksi Dinamik Pelat Terhadap Variasi Tebal Pelat Untuk $t = 0.003s$, Saat Posisi Beban di $4a/8$ dan $b/2$	53
Gambar 5.10	Defleksi Dinamik Pelat di $4a/8$, $h = 12$ cm, Damp Ratio 0%, 5%, dan 10%	54
Gambar 5.11	Defleksi Dinamik Pelat di $4a/8$, $h = 14$ cm, Damp Ratio 0%, 5%, dan 10%	55
Gambar 5.12	Distribusi M_x Sebagai Fungsi Waktu Untuk $t \geq t_d$, Posisi Beban di $4a/8$ dan $b/2$	57
Gambar 5.13	Distribusi M_y Sebagai Fungsi Waktu, Untuk $t \geq t_d$, Posisi Beban di $4a/8$ dan $b/2$	57

DAFTAR NOTASI

a	Panjang pelat persegi panjang di arah sumbu x
A_{mn}	Koefisien amplitudo beban dinamik
b	Panjang pelat persegi panjang di arah sumbu y
D_x	Kekakuan lentur pelat di arah x
D_y	Kekakuan lentur pelat di arah y
e	Bilangan eksponensial = 2.718281828
E	Modulus elastisitas pelat
F_D	Gaya redaman viskos
F_{Gs}	Gaya yang diakibatkan oleh modulus geser pondasi Pasternak
F_i	Gaya inersia lateral
F_k	Gaya yang ditimbulkan akibat modulus kekakuan pondasi Pasternak
F_p	Gaya dalam elastis pelat
G_s	Modulus geser atau gelincir (<i>rigidity modulus</i>) pondasi Pasternak
h	Tebal pelat
B	Kekakuan puntir efektif pelat
$H(.)$	<i>Heaviside unit step generalized function</i>
i	Bilangan imajiner ($\sqrt{-1}$)
k_1	Kekakuan torsi pada arah sumbu x
k_f	Konstanta pegas untuk pondasi Pasternak dari berbagai jenis tanah
m	Pola ragam getar yang terjadi (<i>mode</i>) di arah x
M_x	Momen lentur pelat di arah sumbu x
M_y	Momen lentur pelat di arah sumbu y
n	Pola ragam getar yang terjadi (<i>mode</i>) di arah y
p	Bilangan riil
$P(x,y,t)$	Fungsi beban dinamik
$P(t)$	Fungsi beban yang tergantung pada waktu
P_0	Beban ledakan
q	Bilangan riil
q_x	Gaya geser transversal di arah sumbu x

q_y	Gaya geser transversal di arah sumbu y
Q_{mn}	Faktor normalisasi
t	Waktu
t_d	Lamanya beban ledakan bekerja
$T(t)$	Fungsi waktu atau <i>temporal function</i>
$\hat{T}_{mn}(t)$	Solusi homogen dari fungsi waktu
$T'_{mn}(t)$	Solusi partikuler dari fungsi waktu
$w(x,y,t)$	Fungsi posisi atau <i>spatial function</i>
x	Variabel koordinat kartesian arah x
x_0	Posisi beban ledakan awal di arah x
$X(x)$	Fungsi posisi pada arah x
y	Variabel koordinat kartesian di arah y
y_0	Posisi beban ledakan awal di arah y
$Y(y)$	Fungsi posisi pada arah y
z	Variabel koordinat kartesian di arah z
β	Konstanta pemisah
$\delta[.]$	<i>Dirac's delta function</i>
ξ	Rasio redaman
γ	Redaman viskos ekivalen pelat (konstanta redaman per satuan isi)
θ	Sudut rotasi
π	$\Phi = 3.141592654$
ρ	Massa jenis
σ	Tegangan normal
ν_x	Angka <i>Poisson ratio</i> di arah sumbu x
ν_y	Angka <i>Poisson ratio</i> di arah sumbu y
τ	Variabel integrasi terhadap waktu
τ_{xy}	Tegangan geser bidang
ω	Frekuensi beban transversal
ω_{mn}	Frekuensi alami sistem

Gambar 5.14	Distribusi M_x Terhadap Sumbu x , Untuk $t = 0.0025$ s, Posisi Beban di $4a/8$ dan $b/2$	58
Gambar 5.15	Distribusi M_y Terhadap Sumbu y , Untuk $t = 0.0025$ s, Posisi Beban di $4a/8$ dan $b/2$	59
Gambar 5.16	Distribusi Q_x Terhadap Sumbu x , Untuk $t = 0.0025$, Posisi Beban di $4a/8$ dan $b/2$	61
Gambar 5.17	Distribusi Q_y Terhadap Sumbu y , Untuk $t = 0.0025$, Posisi Beban di $4a/8$ dan $b/2$	62

DAFTAR LAMPIRAN

Lampiran 1	Program Mathematica untuk Mencari Nilai p dan q	68
Lampiran 2	Program Mathematica untuk Mencari Defleksi Dinamik dan Plot 3D Pelat	69
Lampiran 3	Program Mathematica untuk Mencari Momen Lentur dan Gaya Geser	70