

**RESPONS DINAMIK PELAT PERKERASAN KAKU  
AKIBAT BEBAN LEDAKAN SETEMPAT FRIEDLANDER**

**TUGAS AKHIR**

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



**DEBY AMALIA**


**1142004020**

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

**2017**

**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 : Deby Amalia  
NIM : 1142004020  
Tanda Tangan :   
Tanggal : Januari 2018


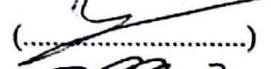
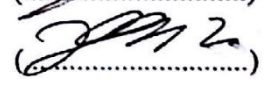
## HALAMAN PENGESAHAN

Tugas akhir ini diajukan oleh :

Nama : Deby Amalia  
NIM : 1142004020  
Program Studi : Teknik Sipil  
Judul Skripsi : Respons Dinamik Pelat Perkerasan Kaku Akibat Beban  
Ledakan Setempat Friedlander

**Telah berhasil dipertahankan dihadapan Dewan Penguji dan diterima sebagai bahan 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 : Dr. Mohammad Ihsan, S.T., M.T., M.Sc (.....)   
Penguji 2 : Jouvan Chandra P, S.T., M.Eng. (.....) 

Ditetapkan di : Jakarta

Tanggal : Januari 2018

## 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 Perkerasan Kaku Akibat Beban Ledakan Setempat Friedlander” 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 akademik dan tugas akhir 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 yang telah memberikan pengetahuan, motivasi, bimbingan dan arahan bagi penulis selama masa perkuliahan.
3. Ibu Safrilah, S.T., M.Sc., Bapak Jouvan Chandra Putra P, S.T., M.Eng., Bapak Dr. Ir. Kusumo Bintoro, MBA., Bapak Dr. Mohammad Ihsan, S.T., M.T., M.Sc., dan Ibu Fatin Adriati, S.T., M.T., selaku Dosen Program Studi Teknik Sipil Universitas Bakrie yang senantiasa memberikan banyak pengetahuan, dukungan motivasi dan dorongan kepada penulis selama masa perkuliahan. Ibu Nia Nurliani, S.E., selaku Sekertaris Program Studi Teknik Sipil yang senantiasa membantu penulis dalam mengurus kebutuhan administrasi penulis selama masa perkuliahan.
4. Papa, Mama, Aa Fadriansyah, Kak Liza Azizah dan Adik Riska Alawiyah tersayang yang senantiasa mendoakan penulis agar selalu sehat, selamat, dan

sukses serta senantiasa menasehati juga memberikan motivasi kepada penulis.

5. Teman-Teman mahasiswa Program Studi Teknik Sipil, khususnya angkatan 2014 yang senantiasa berbagi dan menghabiskan waktu bersama penulis serta saling mendukung dan memberikan motivasi satu sama lain.
6. 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.
7. Semua pihak yang telah memberikan dukungan, motivasi, dorongan dan bantuan kepada penulis selama pembuatan tugas akhir ini, yang tidak dapat penulis sebutkan satu persatu.

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, Januari 2018

Penulis

## HALAMAN PERNYATAAN PERSETUJUAN PUBLIKASI

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

Nama : Deby Amalia  
NIM : 1142004020  
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 PERKERASAN KAKU AKIBAT BEBAN LEDAKAN SETEMPAT FRIEDLANDER**

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 : Januari 2018

Yang Menyatakan



(Deby Amalia)

**RESPONS DINAMIK PELAT PERKERASAN KAKU DI ATAS  
PONDASI PASTERNAK AKIBAT BEBAN LEDAKAN  
FRIEDLANDER**

Deby Amalia<sup>1</sup>

---

---

**ABSTRAK**

Respons dinamik yang terjadi pada sebuah pelat perkerasan kaku dapat dijadikan penelitian akibat banyaknya kasus pengeboman oleh teroris yang terjadi di Indonesia dalam beberapa waktu terakhir. Lokasi pengeboman tidak hanya terjadi pada bangunan tinggi tetapi juga pada sarana umum lain seperti tempat parkir sehingga dalam mendesain secara struktural terdapat pengaruh dari beban ledakan terhadap respons dinamik harus diperhitungkan. Dalam penelitian ini, dilakukan analisis respons dinamik pelat perkerasan kaku di atas pondasi Pasternak dengan permodelan fungsi beban ledakan Friedlander yang memiliki fase positif dan fase negatif. Pelat yang akan dianalisis merupakan pelat orthotropik dengan perletakan jepit pada keempat sisinya. Tujuan dilakukannya penelitian ini yaitu untuk mengetahui pengaruh dari posisi beban ledakan, ketebalan pelat dan rasio redaman terhadap respons dinamik pelat yang meliputi gaya-gaya dalam seperti momen lentur dan gaya geser. *Modified Bolotin Method* adalah metode yang digunakan dalam menganalisis pelat perkerasan kaku pada penelitian ini dengan bantuan program *Mathematica*. Variasi posisi beban ledakan yang digunakan adalah  $1a/8$ ,  $2a/8$ ,  $3a/8$ , dan  $4a/8$  dengan variasi rasio redaman yaitu 0%, 5% dan 10% pada ketebalan pelat 18 cm dan 20 cm.

Kata kunci : Pelat orthotropik, fungsi Friedlander, respons dinamik, momen lentur, gaya geser, posisi beban ledakan, rasio redaman, ketebalan pelat.

---

<sup>1</sup> Mahasiswa Sarjana Program Studi Teknik Sipil Universitas Bakrie

# DYNAMICS RESPONSE OF RIGID PAVEMENT PLATE ON PASTERNAK FOUNDATION SUBJECTED TO FRIEDLANDER BLAST LOAD

Deby Amalia<sup>2</sup>

---

---

## ABSTRACT

*The dynamic response that occurs on a rigid pavement plate can be used as research due to the many bombings cases by terrorist that have happened at Indonesia in recent times. The location of the bombings it;s doesn't only occur in high-rise buildings but also in othr public facilities such as parking area so in structural design there's an effect of the blast load on dynamic response that need to be considered.. In this reasearch, analysisi of dynamic response of rigid pavement plate on Pasternak foundation with Friedlander function as blast load that has positive phase and negative phase, the plates to be analyzed are orthotropic plates with fix support at all sides. The purpose of this research is to know the effect of explosive load position, plate thickness, and damping ratio to dynamic response of plate include internal forces such as bending moment and shear force. Modified Bolotin Methode is a method used in analyzing rigid pavement plates in this case with Mathematica as a solve program. The variation of blast load positions are 1a/8, 2a/8, 3a/8, and 4a/8 with damping ratio 0%, 5% and 10% at the thickness of plate 18 cm and 20 cm.*

*Keywords : Orthotropic plate, Friedlander function, dynamic response, bending moment, shear force, blast load position, damping ratio, thickness of plate.*

---

<sup>2</sup> Undergraduate Student of Civil Engineering Departement, Universitas Bakrie



## DAFTAR ISI

HALAMAN SAMBUTAN.....	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.....	xii
DAFTAR GAMBAR.....	xiii
DAFTAR NOTASI.....	xv
DAFTAR LAMPIRAN.....	xvii
BAB I.....	1
PENDAHULUAN.....	1
1.1    Latar Belakang.....	1
1.2    Perumusan Masalah.....	4
1.3    Pembatasan Masalah.....	4
1.4    Tujuan Penelitian.....	5
1.5    Manfaat Penelitian.....	6
1.5.1    Bagi Mahasiswa.....	6
1.5.2    Bagi Structure Engineers dan Peneliti.....	6
1.6    Metodologi Penelitian.....	6
1.7    Sistematika Penulisan.....	9
BAB II.....	11
TINJAUAN PUSTAKA.....	11
2.1    Landasan Teori.....	11

2.2	Hukum Hooke dan Elastisitas.....	15
2.3	Persamaan Gerak Pelat.....	18
BAB III.....		20
METODE ANALISIS.....		20
3.1	Teori Modified Bolotin Method.....	20
3.2	Analisis Umum.....	21
3.3	Masalah Auxiliary Pertama.....	22
3.4	Masalah Auxiliary Kedua.....	27
BAB IV.....		30
RESPONS DINAMIK PELAT PERKERASAN KAKU.....		30
4.1	Solusi Homogen.....	30
4.2	Solusi Partikuler.....	36
4.3	Solusi Total.....	41
4.4	Fungsi Beban Dinamik.....	41
4.5	Respons Dinamik Sistem.....	44
4.6	Gaya-gaya Dalam.....	48
BAB V.....		49
ANALISIS NUMERIK PELAT PERKERASAN KAKU.....		49
5.1	Pendahuluan.....	49
5.2	Parameter Pelat Perkerasan Kaku.....	50
5.3	Beban Ledakan.....	51
5.4	Frekuensi Alami.....	52
5.5	Defleksi Absolut Maksimum.....	54
5.6	Riwayat Waktu (Time History).....	59
5.7	Posisi Beban Ledakan.....	61
5.8	Tebal Pelat (Kekakuan Pelat).....	62
5.9	Rasio Redaman.....	65
5.10	Pengecekan Lendutan Kecil.....	68
5.11	Distribusi Momen Lentur.....	69

5.12	Distribusi Gaya Geser.....	71
5.13	Partisipasi Ragam Getar Terhadap Defleksi Dinamik.....	74
BAB VI.....		76
KESIMPULAN DAN SARAN.....		76
6.1	Kesimpulan.....	76
6.2	Saran.....	77
DAFTAR PUSTAKA.....		78

**DAFTAR TABEL**

Tabel 5.1	Data Pelat Perkerasan Kaku.....	48
Tabel 5.2	Harga Konstanta Pondasi Pasternak dan Konstanta Jenis Tanah.....	49
Tabel 5.3	Parameter Beban Ledakan.....	49
Tabel 5.4	Frekuensi Alami Pelat Perkerasan Kaku untuk 5 Ragam Getar....	50
Tabel 5.5	Defleksi Absolut Maksimum.....	53
Tabel 5.6	Pengecekan Lendutan Ijin Terhadap Lendutan Maksimum.....	67
Tabel 5.7	Partisipasi Ragam Getar untuk Ketebalan Pelat 18 cm dengan Nilai Rasio Redaman 5% pada Posisi Beban 4a/8.....	74

## DAFTAR GAMBAR

Gambar 1.1	Suatu Pelat Persegi Orthotropik yang Ditunjang oleh Suatu Pondasi Pasternak yang Mengalami Beban Dinamik Berupa Beban Ledakan Setempat.....	5
Gambar 1.2	Bagan Alir Metode Penelitian.....	8
Gambar 2.1	Profil <i>Joined Plain Concrete Pavements</i> (JPCP).....	12
Gambar 2.2	Profil <i>Joined Reinforced Concrete Pavements</i> (JRCP).....	12
Gambar 2.3	Profil <i>Continuously Reinforced Concrete Pavements</i> (CRCP).....	13
Gambar 5.1	Beban Ledakan Friedlander.....	47
Gambar 5.2	Frekuensi Alami Sistem Pelat Tebal 18 cm sebagai Fungsi dari Mode di Arah x (n).....	51
Gambar 5.3	Frekuensi Alami Sistem Pelat Tebal 20 cm sebagai Fungsi dari Mode di Arah x (n).....	52
Gambar 5.4	Pengaruh Posisi Beban terhadap Defleksi Dinamik Maksimum untuk berbagai Nilai Rasio Redaman pada Tebal Pelat 18 cm.....	54
Gambar 5.5	Pengaruh Posisi Beban terhadap Defleksi Dinamik Maksimum untuk berbagai Nilai Rasio Redaman pada Tebal Pelat 20 cm.....	56
Gambar 5.6.1	Riwayat Waktu Defleksi Dinamik Total untuk Berbagai Nilai Rasio Redaman dengan Tebal Pelat 18 cm pada Posisi Beban $4a/8$ .....	58
Gambar 5.6.2	Riwayat Waktu Defleksi Dinamik Total untuk Berbagai Nilai Rasio Redaman dengan Tebal Pelat 20 cm pada Posisi Beban $4a/8$ .....	58
Gambar 5.7	Pengaruh Posisi Beban terhadap Defleksi Dinamik Maksimum untuk Berbagai Nilai Rasio Redaman dan Ketebalan Pelat.....	59
Gambar 5.8	Bentuk 3D dari Defleksi Dinamik Pelat dengan Tebal 18 cm dan Rasio Redaman 0% untuk berbagai Posisi Beban.....	60

Gambar 5.9	Pengaruh Ketebalan terhadap Defleksi Dinamik Maksimum Absolut untuk Kondisi <i>Undamped</i> .....	62
Gambar 5.10	Bentuk 3D dari Defleksi Dinamik Pelat untuk Berbagai Ketebalan Pelat pada Berbagai Posisi Beban.....	64
Gambar 5.11	Pengaruh Rasio Redaman terhadap Defleksi Dinamik Maksimum Absolut untuk Tebal Pelat 18 cm.....	65
Gambar 5.12	Pengaruh Rasio Redaman terhadap Defleksi Dinamik Maksimum Absolut untuk Tebal Pelat 20 cm.....	66
Gambar 5.13	Distribusi Momen Lentur di Sumbu x ( $M_x$ ) saat Phase 3 dengan Berbagai Nilai Rasio Redaman pada Posisi Beban $4a/8$ .....	69
Gambar 5.14	Distribusi Momen Lentur di Sumbu y ( $M_y$ ) saat Phase 3 dengan Berbagai Nilai Rasio Redaman pada Posisi Beban $4a/8$ .....	69
Gambar 5.15	Bentuk 3D dari Momen Lentur Pelat untuk Kondisi <i>Undamped</i> Sumbu X dan Y di Berbagai Phase pada Posisi Beban $4a/8$ .....	70
Gambar 5.16	Distribusi Gaya Geser di Sumbu X ( $Q_x$ ) saat Phase 3 dengan Berbagai Nilai Rasio Redaman pada Posisi Beban $4a/8$ .....	71
Gambar 5.17	Distribusi Gaya Geser di Sumbu Y ( $Q_y$ ) saat Phase 3 dengan Berbagai Nilai Rasio Redaman pada Posisi Beban $4a/8$ .....	72
Gambar 5.18	Bentuk 3D dari Gaya Geser Pelat untuk Kondisi <i>Undamped</i> Sumbu X dan Y di Berbagai Phase pada Posisi Beban $4a/8$ .....	73

## DAFTAR NOTASI

$a$	Panjang pelat persegi panjang di arah sumbu x
$b$	Panjang pelat persegi panjang di arah sumbu y
$A_{mn}$	Koefisien amplitudo beban dinamik
$D_x$	Kekakuan lentur pelat pada arah x
$D_y$	Kekakuan lentur pelat pada arah y
$e$	Bilangan eksponensial = 2.718281828
$E$	Modulus elastisitas pelat
$F_p$	Gaya dalam lateral elastis pelat akibat gaya vertikal
$F_i$	Gaya inersia lateral akibat percepatan pada gerak lendutan pelat
$F_D$	Gaya redaman
$F_k$	Gaya elastis pondasi yang mendukung pelat
$G_s$	Modulus geser pondasi Pasternak
$h$	Tebal pelat
$B$	Kekakuan puntir efektif pelat
$\rho$	Massa jenis
$\gamma$	Rasio redaman
$k_f$	Koefisien kekakuan pondasi Pasternak
$\nu$	<i>Poisson's ratio</i>
$t$	Waktu
$w(x, y, t)$	Fungsi lendutan
$p(x, y, t)$	Fungsi beban
$T(t)$	Fungsi waktu

$p$	Bilangan riil
$q$	Bilangan riil
$q_x$	Gaya geser transversal di arah sumbu x
$q_y$	Gaya geser transversal di arah sumbu y
$m$	Pola ragam getar yang terjadi di arah x
$n$	Pola ragam getar yang terjadi di arah y
$x$	Variabel koordinat kartesian di arah x
$y$	Variabel koordinat kartesian di arah y
$x_0$	Posisi beban ledakan awal di arah x
$y_0$	Posisi beban ledakan awal di arah y
$X(x)$	Fungsi posisi pada arah x
$Y(y)$	Fungsi posisi pada arah y
$\beta$	Konstanta Pemisah
$\theta$	Sudut Rotasi
$\pi$	$\text{Phi} = 3.141592654$
$\omega$	Frekuensi beban transversal
$\omega_{mn}$	Frekuensi alami sistem
$Q_{mn}$	Faktor normalisasi
$td_3$	Waktu saat fungsi di fase positif
$td_4$	Waktu saat fungsi di fase negatif
$T(t)$	Fungsi waktu atau <i>temporal function</i>
$\hat{T}_{mn}(t)$	Solusi homogen dari fungsi waktu
$T'_{mn}(t)$	Solusi partikuler dari fungsi waktu



## DAFTAR LAMPIRAN

Lampiran 1	Program Mathematica untuk Mencari Nilai p dan q.....	80
Lampiran 2	Program Mathematica untuk Mencari Defleksi Dinamik dan Plot 3D Pelat.....	81
Lampiran 3	Program Mathematica untuk Mencari Momen Lentur, Gaya Geser dan Plot 3D Pelat.....	82