

**RESPONS DINAMIK PELAT ORTHOTROPIK AKIBAT  
BEBAN LEDAKAN SETEMPAT FRIEDLANDER DI ATAS  
PEMODELAN TANAH PONDASI KERR**

**TUGAS AKHIR**



**MUHAMMAD NUZULUL FURQAN**

**1192004025**

**PROGRAM STUDI TEKNIK SIPIL  
FAKULTAS TEKNIK DAN ILMU KOMPUTER**

**UNIVERSITAS BAKRIE**

**2023**

**RESPONS DINAMIK PELAT ORTHOTROPIK AKIBAT  
BEBAN LEDAKAN SETEMPAT FRIEDLANDER DI ATAS  
PEMODELAN TANAH PONDASI KERR**

**TUGAS AKHIR**

**Diajukan sebagai salah satu syarat untuk memperoleh gelar sarjana teknik**



**MUHAMMAD NUZULUL FURQAN**

**1192004025**

**PROGRAM STUDI TEKNIK SIPIL  
FAKULTAS TEKNIK DAN ILMU KOMPUTER**

**UNIVERSITAS BAKRIE**

**2023**

## HALAMAN PERNYATAAN ORISINALITAS

Skripsi ini adalah hasil karya sendiri, dan seluruh sumber baik yang dikutip maupun dirujuk telah saya nyatakan dengan benar

Nama : Muhammad Nuzulul Furqan

NIM : 1192004025

Tanda tangan :



Tanggal : 20 Februari 2023

## HALAMAN PENGESAHAN

Tugas Akhir ini diajukan oleh:

Nama : Muhammad Nuzulul Furqan

NIM : 1192004025

Program Studi : Teknik Sipil

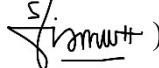
Fakultas : Teknik dan Ilmu Komputer


Judul Skripsi : Respons Dinamik Pelat Orthotropik Akibat Beban Ledakan


Setempat Friedlander Di Atas Pemodelan Tanah Pondasi Kerr

**Telah berhasil dipertahankan di hadapan 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. IPU (  )

Penguji 1 : Ir. Budianto Ontowirjo, M.Sc., Ph.D (  )

Penguji 2 : Dr. Mohammad Ihsan, S.T., M.T., M.Sc. (  )

Ditetapkan di : Jakarta

Tanggal : Februari 2023

## UCAPAN TERIMA KASIH

Dengan Rahmat Allah Yang Maha Kuasa dan limpahan Karunia-Nya serta kepada junjungan kita Rasulullah ﷺ sehingga penulis dapat menyelesaikan Tugas Akhir yang berjudul Respons Dinamik Pelat Orthotropik Akibat Beban Ledakan Setempat Friedlander Di Atas Pemodelan Tanah Pondasi Kerr. Tujuan dari penulisan tugas akhir ini untuk memenuhi aspek penilaian mata kuliah “Tugas Akhir” dan memenuhi salah satu syarat untuk mendapatkan gelar Sarjana Teknik Program Studi Teknik Sipil Fakultas Teknik dan Ilmu Komputer Universitas Bakrie.

Dalam pengerjaan tugas akhir ini, penulis selalu mendapatkan dukungan bantuan, saran, dan motivasi dari banyak pihak. Saya selaku penulis dan penyusun tugas akhir ini ingin mengucapkan terima kasih kepada pihak-pihak yang turut membantu dan mendukung saya dalam menyusun tugas akhir ini:

1. Orangtua dan saudara saya yang senantiasa mendoakan yang terbaik dalam proses saya menempuh pendidikan ini.
2. Prof. Ir. Sofia W. Alisjahbana, M.Sc., Ph.D. selaku Rektor Universitas Bakrie dan selaku dosen pembimbing yang senantiasa memberikan bimbingan yang luar biasa untuk kelancaran tugas akhir ini.
3. Dr. Mohammad Ihsan, ST., MT., M.Sc. selaku Ketua Program Studi Teknik Sipil Universitas Bakrie yang selalu membantu mahasiswa dan melancarkan proses penyusunan tugas akhir ini.
4. Bapak dan Ibu Dosen Program Studi Teknik Sipil Universitas Bakrie yang telah memberikan ilmu dalam bidang teknik sipil sehingga penulis dapat melakukan dan menyusun tugas akhir ini.
5. Teman-teman seperjuangan Teknik Sipil Universitas Bakrie Angkatan 2019 yang sudah memberikan dukungan dan senantiasa memberikan semangat satu sama lainnya.

Penulis mengucapkan terima kasih kepada semua pihak yang telah disebutkan atas segala bantuan, motivasi, dan inspirasi yang telah diberikan sehingga penulis dapat menyelesaikan tugas akhir ini dengan baik. Demikian ini Tugas Akhir yang telah penulis buat sebaik-baiknya. Penulis memohon kritik dan

sarannya apabila terdapat kekurangan dalam penyusunan Tugas Akhir ini. Semoga tulisan Tugas Akhir ini dapat bermanfaat bagi semua pihak dan juga bermanfaat bagi penulis sendiri.

Jakarta, Februari 2023

Penulis

## LEMBAR PERSETUJUAN PUBLIKASI TUGAS AKHIR

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

Nama : Muhammad Nuzulul Furqan  
NIM : 1192004025  
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 Royalty-Free Right*) atas karya ilmiah saya yang berjudul:

**Respons Dinamik Pelat Orthotropik Akibat Beban Ledakan Setempat Friedlander Di Atas Pemodelan Tanah Pondasi Kerr**

Beserta perangkat yang ada (jika diperlukan). Dengan Hak Bebas Royalti, Noneksklusif ini Universitas Bakrie berhak menyimpan, mengalih media/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 sebenar-benarnya.

Dibuat di : Jakarta

Pada tanggal : 20 Februari 2022

Yang menyatakan



(Muhammad Nuzulul Furqan)

**RESPONS DINAMIK PELAT ORTHOTROPIK AKIBAT BEBAN  
LEDAKAN SETEMPAT FRIEDLANDER DI ATAS PEMODELAN  
TANAH PONDASI KERR**

---

Muhammad Nuzulul Furqan<sup>1</sup>

**ABSTRAK**

Perkembangan perancangan infrastruktur semakin maju, semakin banyak hal-hal yang perlu dipertimbangkan dalam merancang sebuah infrastruktur dan bangunan, pengaruh beban ledakan perlu dipertimbangkan. beban ledakan itu sendiri merupakan salah satu beban dinamik yang dapat membebani suatu struktur di luar kondisi pembebanan normalnya. Oleh karena itu, perlu adanya perencanaan khusus pada suatu infrastruktur dan bangunan agar jika terjadi suatu ledakan dapat meminimalisir kerusakan berat pada struktur infrastruktur dan bangunan tersebut. Pada penelitian kali ini fokus pada pelat orthotropik dengan perletakan *semi rigid* di atas pemodelan tanah pondasi Kerr akibat beban ledakan setempat Friedlander. Variasi tebal pelat serta jenis tanah dilakukan untuk mengetahui respons dinamik pada pelat yang akan timbul akibat beban ledakan setempat Friedlander. Menggunakan metode analisis *Modified Bolotin Method* (MBM) untuk penyelesaiannya dengan menggunakan program *Wolfram Mathematica*.

Kata Kunci : pelat *orthotropic*, *semi rigid*, *Modified Bolotin Method* (MBM), lapisan pendukung Kerr, beban ledakan setempat Friedlander, respons dinamik

---

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

**DYNAMIC RESPONSE OF ORTHOTROPIC PLATE DUE TO LOCAL  
FRIEDLANDER BLAST LOADS ON KERR FOUNDATION SOIL  
MODELING**

Muhammad Nuzulul Furqan<sup>1</sup>

---

**ABSTRACT**

*The development of infrastructure design is getting more advanced, there are more and more things that need to be considered in designing an infrastructure and a building, the effect of blast loads needs to be considered. Explosion load itself is one of the dynamic loads that can burden a structure beyond its normal loading conditions. Therefore, it is necessary to have special planning for an infrastructure and building so that if an explosion occurs it can minimize serious damage to the structure of the infrastructure and building. In this study the focus is on orthotropic plates with semi-rigid bearings on the Kerr foundation soil model due to local Friedlander blast loads. Variations in plate thickness and soil type were carried out to determine the dynamic response on the plate that would arise due to the local Friedlander blast load. Using the Modified Bolotin Method (MBM) analysis method for solving it using the Wolfram Mathematica program.*

*Keywords : orthotropic plate, semi rigid, Modified Bolotin Method (MBM), Kerr support layer, Friedlander local blast load, dynamic response*

---

<sup>1</sup>Bakrie University Civil Engineering Study Program Undergraduate Student

## DAFTAR ISI

HALAMAN PERNYATAAN ORISINALITAS.....	iii
HALAMAN PENGESAHAN .....	iv
UCAPAN TERIMA KASIH .....	v
LEMBAR PERSETUJUAN PUBLIKASI TUGAS AKHIR .....	vii
ABSTRAK .....	viii
DAFTAR ISI.....	x
DAFTAR GAMBAR .....	xiii
DAFTAR TABEL .....	xv
BAB I PENDAHULUAN .....	1
1.1 Latar Belakang .....	1
1.2 Rumusan Masalah .....	2
1.3 Tujuan Penelitian .....	2
1.4 Manfaat Penelitian .....	3
1.4.1 Manfaat Untuk Mahasiswa .....	3
1.4.2 Manfaat Untuk Peneliti .....	3
1.5 Batasan Masalah.....	3
1.6 Metode Penelitian.....	4
1.7 Kerangka Penelitian .....	6
1.8 Jadwal Penelitian.....	7
1.9 Sistematika Penulisan .....	7
BAB II TINJAUAN PUSTAKA.....	13
2.1 Teori pelat .....	13
2.2 Hukum Hooke dan Elastisitas .....	14

2.3	Pemodelan Lantai Orthotropic .....	17
2.4	Teori Lapisan Pendukung .....	19
2.5	Teori Ledakan .....	21
2.5.1	Beban Ledakan.....	23
2.5.2	Beban Ledakan Pada Permukaan Struktur.....	24
BAB III METODE PENELITIAN.....		26
3.1	Teori Modified Bolotin Method.....	26
3.2	Analisis Getaran Bebas .....	26
3.3	Masalah <i>Auxiliary Levy</i> Pertama.....	28
3.4	Masalah <i>Auxiliary Levy</i> Kedua.....	31
3.5	Solusi Homogen.....	34
3.6	Solusi Partikuler .....	36
3.7	Solusi Total.....	38
3.8	Fungsi Beban Friedlander .....	39
BAB IV ANALISIS NUMERIK PELAT PERKERASAN KAKU .....		40
4.1	Ukuran dan Sifat bahan Pelat.....	40
4.2	Pemodelan Tanah Pondasi .....	41
4.3	Frekuensi Alami ( <i>Natural Frequency</i> ) .....	42
4.3.1	Frekuensi Alami Untuk Variasi Tebal Pelat .....	42
4.3.2	Frekuensi Alami Untuk Variasi Jenis Tanah .....	44
4.4	Defleksi Absolut Maksimum .....	47
4.5	Riwayat Waktu ( <i>Time History</i> ) .....	47
4.6	Momen Lentur dan Perilaku 3D Pelat Lantai .....	53
4.7	Distribusi Tegangan Lentur .....	62
BAB V KESIMPULAN DAN SARAN.....		69
5.1	Kesimpulan .....	69

5.2 Saran.....	70
DAFTAR PUSTAKA .....	71

## DAFTAR GAMBAR

### BAB I

<b>Gambar 1. 1</b> Flowchart metode penelitian .....	6
<b>Gambar 1. 2</b> Jadwal Penelitian .....	7

### BAB II

<b>Gambar 2. 1</b> Hukum Hooke.....	15
<b>Gambar 2. 2</b> Pemodelan lapisan lapisan pendukung Winkler .....	19
<b>Gambar 2. 3</b> Pemodelan lapisan lapisan pendukung Pasternak.....	20
<b>Gambar 2. 4</b> Pemodelan lapisan lapisan pendukung Kerr.....	20
<b>Gambar 2. 5</b> Riwayat waktu tekanan ledakan yang ideal.....	21
<b>Gambar 2. 6</b> Ledakan udara bebas.....	22
<b>Gambar 2. 7</b> Ledakan Udara.....	22
<b>Gambar 2. 8</b> Ledakan permukaan.....	22
<b>Gambar 2. 9</b> Pembebanan transversal pada sebuah elemen pelat orthotropik.....	23
<b>Gambar 2. 10</b> Parameter Fase Positif Beban Ledakan Jenis Surface Burst .....	24
<b>Gambar 2. 11</b> Parameter Fase Negatif Beban Ledakan Jenis Surface Burst .....	25
<b>Gambar 2. 12</b> Riwayat waktu beban ledakan ideal .....	25

### BAB IV

<b>Gambar 4. 1</b> Denah pelat lantai yang di tinjau .....	40
<b>Gambar 4. 2</b> Grafik Ragam getar frekuensi alami pelat $h=50$ cm.....	43
<b>Gambar 4. 3</b> Grafik Ragam getar frekuensi alami pelat $h=48$ cm.....	43
<b>Gambar 4. 4</b> Grafik Ragam getar frekuensi alami pelat $h=45$ cm.....	44
<b>Gambar 4. 5</b> Grafik Ragam getar frekuensi alami pelat tanah lunak .....	45
<b>Gambar 4. 6</b> Grafik Ragam getar frekuensi alami pelat tanah sedang .....	46
<b>Gambar 4. 7</b> Grafik Ragam getar frekuensi alami pelat tanah keras .....	46
<b>Gambar 4. 8</b> Time History Defleksi Pelat Seluruh Variasi Tebal Pelat Dengan Kondisi Tanah Sedang .....	48
<b>Gambar 4. 9</b> Time History Defleksi Pelat Seluruh Variasi Tebal Pelat Dengan Kondisi Tanah Sedang Fase 1 .....	48
<b>Gambar 4. 10</b> Time History Defleksi Pelat Seluruh Variasi Tebal Pelat Dengan Kondisi Tanah Sedang Fase 2 .....	49

<b>Gambar 4. 11</b> Time History Defleksi Pelat Seluruh Variasi Tebal Pelat Dengan Kondisi Tanah Sedang Fase 3 .....	49
<b>Gambar 4. 12</b> Time History Defleksi Pelat Seluruh Variasi Jenis Tanah Dengan Ketebalan 50 cm.....	50
<b>Gambar 4. 13</b> Time History Defleksi Pelat Seluruh Variasi Jenis Tanah Dengan Ketebalan 50 cm Fase 1 .....	50
<b>Gambar 4. 14</b> Time History Defleksi Pelat Seluruh Variasi Jenis Tanah Dengan Ketebalan 50 cm Fase 2 .....	51
<b>Gambar 4. 15</b> Time History Defleksi Pelat Seluruh Variasi Jenis Tanah Dengan Ketebalan 50 cm Fase 3 .....	51
<b>Gambar 4. 16</b> Distribusi Momen Lentur Variasi Tebal Pelat Arah X Fase 1.....	53
<b>Gambar 4. 17</b> Distribusi Momen Lentur Variasi Jenis Tanah h=50 cm Arah X Fase 1.....	53
<b>Gambar 4. 18</b> Distribusi Momen Lentur Variasi Tebal Pelat Arah X Fase 2.....	54
<b>Gambar 4. 19</b> Distribusi Momen Lentur Variasi Jenis Tanah h=50 cm Arah X Fase 2.....	54
<b>Gambar 4. 20</b> Distribusi Momen Lentur Variasi Tebal Pelat Arah X Fase 3.....	55
<b>Gambar 4. 21</b> Distribusi Momen Lentur Variasi Jenis Tanah h=50 cm Arah X Fase 3.....	55
<b>Gambar 4. 22</b> Distribusi Momen Lentur Variasi Tebal Pelat Arah Y Fase 1.....	56
<b>Gambar 4. 23</b> Distribusi Momen Lentur Variasi Jenis Tanah h=50 cm Arah Y Fase 1.....	56
<b>Gambar 4. 24</b> Distribusi Momen Lentur Variasi Tebal Pelat Arah Y Fase 2.....	57
<b>Gambar 4. 25</b> Distribusi Momen Lentur Variasi Jenis Tanah h=50 cm Arah Y Fase 2.....	57
<b>Gambar 4. 26</b> Distribusi Momen Lentur Variasi Tebal Pelat Arah Y Fase 3.....	58
<b>Gambar 4. 27</b> Distribusi Momen Lentur Variasi Jenis Tanah h=50 cm Arah Y Fase 3.....	58

**DAFTAR TABEL**

**BAB III**

**Tabel 3. 1** Parameter Beban Friedlander .....39

**BAB IV**

**Tabel 4. 1** Parameter Pelat.....40

**Tabel 4. 2** Parameter Beban Ledakan.....41

**Tabel 4. 3** Parameter Data Tanah .....41

**Tabel 4. 4** Nilai frekuensi alami untuk variasi tebal pelat.....42

**Tabel 4. 5** Nilai frekuensi alami untuk variasi jenis tanah .....44

**Tabel 4. 6** Tabel Defleksi Absolut Maksimum pada tiap variasi ketebalan pelat dan jenis tanah.....47

**Tabel 4. 7** Tabel perilaku 3D Defleksi Absolut Maksimum pelat lantai.....52

**Tabel 4. 8** Tabel Perilaku 3D Momen Lentur Arah X dan Y h=50 cm Jenis Tanah Sedang.....59

**Tabel 4. 9** Tabel Perilaku 3D Momen Lentur Arah X dan Y h=48 cm Jenis Tanah Sedang.....59

**Tabel 4. 10** Tabel Perilaku 3D Momen Lentur Arah X dan Y h=45 cm Jenis Tanah Sedang.....60

**Tabel 4. 11** Tabel Perilaku 3D Momen Lentur Arah X dan Y h=50 cm Jenis Tanah Lunak.....61

**Tabel 4. 12** Tabel Perilaku 3D Momen Lentur Arah X dan Y h=50 cm Jenis Tanah Keras .....61

**Tabel 4. 13** Tegangan Lentur Maksimum .....62

**Tabel 4. 14** Distribusi Tegangan Lentur Tanah Sedang h=50 cm.....63

**Tabel 4. 15** Distribusi Tegangan Lentur Tanah Sedang h=48 cm.....64

**Tabel 4. 16** Distribusi Tegangan Lentur Tanah Sedang h=45 cm.....65

**Tabel 4. 17** Distribusi Tegangan Lentur Tanah Lentur h=50 cm.....66

**Tabel 4. 18** Distribusi Tegangan Lentur Tanah Keras h=50 cm .....67