

**PERILAKU DINAMIK PELAT LANTAI ATAP BANGUNAN  
AKIBAT 4 FASE BEBAN LEDAKAN DIMODELKAN  
SEBAGAI FUNGSI LINEAR DAN NEGATIF KUBIK**

**TUGAS AKHIR**



**Mutia Mauliddini**

**1162004011**

**PROGRAM STUDI TEKNIK SIPIL  
FAKULTAS TEKNIK DAN ILMU KOMPUTER  
UNIVERSITAS BAKRIE  
JAKARTA  
2020**

**PERILAKU DINAMIK PELAT LANTAI ATAP BANGUNAN  
AKIBAT 4 FASE BEBAN LEDAKAN DIMODELKAN  
SEBAGAI FUNGSI LINEAR DAN NEGATIF KUBIK**

**TUGAS AKHIR**

**Diajukan sebagai salah satu syarat untuk melaksanakan Tugas Akhir**



**Mutia Mauliddini**

**1162004011**

**PROGRAM STUDI TEKNIK SIPIL  
FAKULTAS TEKNIK DAN ILMU KOMPUTER  
UNIVERSITAS BAKRIE  
JAKARTA  
2020**

## HALAMAN PERNYATAAN ORISINALITAS

**Tugas Akhir adalah hasil karya saya sendiri, semua sumber baik yang dikutip maupun dirujuk telah saya nyatakan dengan benar dan telah saya sertakan dalam daftar pustaka.**

**Nama : Mutia Mauliddini**

**NIM : 1162004011**

**Tanda Tangan :** 

**Tanggal : Februari 2020**

## HALAMAN PENGESAHAN

Tugas Akhir ini diajukan oleh :  
Nama : Mutia Mauliddini  
NIM : 1162004011  
Program Studi : Teknik Sipil  
Fakultas : Teknik dan Ilmu Komputer  
Judul Skripsi : Perilaku Dinamik Pelat Lantai Atap  
Bangunan Akibat 4 Fase Beban Ledakan  
Dimodelkan Sebagai Fungsi Linear dan  
Negatif Kubik

**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 : Dr. Mohammad Ihsan, S.T., M.T., M.Sc.

  
(.....)

Penguji 2 : Jouvan Chandra P, S.T., M.Eng.

  
(.....)

Ditetapkan di : Jakarta

Tanggal : Februari 2020

## UNGKAPAN TERIMA KASIH

Dengan mengucapkan puji dan syukur kepada Allah SWT, atas segala limpahan rahmat dan karunia-Nya, sehingga penulis dapat menyelesaikan tugas akhir ini. Tugas akhir ini dibuat sebagai salah satu syarat untuk mendapatkan gelar Sarjana Teknik Program Studi Teknik Sipil, Fakultas Teknik dan Ilmu Komputer di Universitas Bakrie. Dalam penulisan ini banyak pihak yang telah membantu penulis dalam menyelesaikan tugas akhir ini. Oleh sebab itu penulis ingin berterimakasih kepada:

1. Orang tua dan adik yang sudah memberikan motivasi, doa serta bantuan secara materil dalam menyelesaikan tugas akhir ini dan selama perkuliahan.
2. Prof. Ir. Sofia W. Alisjahbana, M.Sc., Ph.D., selaku dosen pembimbing Tugas Akhir dan pembimbing akademik yang memberikan masukan, bimbingan, dan semangat dalam perkuliahan dan penelitian ini.
3. Dr. Ade Asmi, ST, M.Sc., IPM., selaku Ketua Program Studi Teknik Sipil Universitas Bakrie.
4. Bapak dan Ibu dosen Teknik Sipil Universitas Bakrie yang sudah memberikan banyak ilmu dan perhatian selama perkuliahan.
5. Seluruh Keluarga Mahasiswa Teknik Sipil Universitas Bakrie yang telah membantu memberikan motivasi, ilmu, pengalaman dan hiburan untuk menyelesaikan tugas akhir dan perkuliahan.
6. Teman-teman seperjuangan pada Program Studi Teknik Sipil Universitas Bakrie yang berperan andil dalam pengerjaan tugas akhir ini.
7. Teman seperjuangan bimbingan tugas akhir Anggi Pranata yang saling memotivasi saat penyusunan tugas akhir ini, serta Harindah Avia yang sudah menjadi *partner* terbaik selama perkuliahan.
8. Dhendy Saputra yang sudah membantu dan menemani penulis dalam pengerjaan tugas akhir ini dan perkuliahan.

Jakarta, Februari 2020

Penulis

## HALAMAN PERNYATAAN PERSETUJUAN PUBLIKASI

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

Nama : Mutia Mauliddini  
NIM : 1162004011  
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:

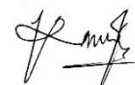
### **PERILAKU DINAMIK PELAT LANTAI ATAP BANGUNAN AKIBAT 4 FASE BEBAN LEDAKAN DIMODELKAN SEBAGAI FUNGSI LINEAR DAN NEGATIF KUBIK**

Beserta perangkat yang ada (jika diperlukan). Dengan Hak Bebas Royalti, Noneklusif 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 : Februari 2020

Yang Menyatakan



(Mutia Mauliddini)

# PERILAKU DINAMIK PELAT LANTAI ATAP BANGUNAN AKIBAT 4 FASE BEBAN LEDAKAN DIMODELKAN SEBAGAI FUNGSI LINEAR DAN NEGATIF KUBIK

Mutia Mauliddini<sup>1</sup>

---

## ABSTRAK

Meningkatnya serangan teroris dengan ancaman ledakan bom berdampak serius kepada elemen struktur bangunan. Dampak dari ledakan tersebut maka diperlukannya penelitian terhadap struktur bangunan, khususnya pelat yang mampu menahan efek dari beban ledakan. Penelitian ini bertujuan untuk mengetahui perilaku dinamik pelat orthotropik dengan perletakan semi rigid pada keempat sisinya terhadap pengaruh 4 fase beban ledakan, yang dimodelkan sebagai fungsi linear dan negatif kubik. Analisis numerik menggunakan *Modified Bolotin Method* dan pemodelan menggunakan program *Wolfram Mathematica*. Pada penelitian ini dilakukan analisis terhadap beberapa variasi tebal pelat serta dapat mengetahui distribusi tegangan, lendutan maksimum dan riwayat waktu pada pelat tersebut. Variasi ketebalan pelat yaitu 18 cm, 19 cm, 22 cm, 25 cm dan 27 cm. Ketebalan pelat dibatasi oleh teori lendutan kecil atau lendutan maksimum tidak lebih dari  $\frac{1}{10}$  dari tebal pelat tersebut.

Kata Kunci: beban ledakan, pelat orthotropik, *Modified Bolotin Method*, variasi ketebalan, respons dinamik

---

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

# PERILAKU DINAMIK PELAT LANTAI ATAP BANGUNAN AKIBAT 4 FASE BEBAN LEDAKAN DIMODELKAN SEBAGAI FUNGSI LINEAR DAN NEGATIF KUBIK

Mutia Mauliddini<sup>1</sup>

---

## ABSTRACT

*The increasing threat of terrorist attack with a blast load seriously impact the structural elements of the building. The impact of the explosion of the need for research on the structure of the building, especially plates that can withstand the effects of the explosion load. This study aims to determine the dynamic behavior of orthotropic plate with semi-rigid placement on all four sides of the 4 phases influence the explosion load, which is modeled as a linear function and the cubic negative. Bolotin numerical analysis using the Modified Bolotin Method and modeling using Wolfram Mathematica program. In this study conducted an analysis of several variations of the slab thickness and can determine the stress distribution, the maximum deflection and time history on the plate. Plate thickness variations are 18 cm, 19 cm, 22 cm, 25 cm and 27 cm. The thickness of the plate is limited by the small deflection theory or a maximum deflection of not more than  $\frac{1}{10}$  of the plate thickness.*

*Keywords: blast load, orthotropic plate, Bolotin Modified Method, thickness variation, dynamic response*

---

<sup>1</sup> Undergraduate Student of Civil Engineering Universitas Bakrie



## DAFTAR ISI

HALAMAN PERNYATAAN ORISINALITAS.....	i
HALAMAN PENGESAHAN.....	ii
UNGKAPAN TERIMA KASIH .....	iii
HALAMAN PERNYATAAN PERSETUJUAN PUBLIKASI.....	iv
ABSTRAK .....	v
ABSTRACK.....	vi
DAFTAR ISI.....	vii
DAFTAR GAMBAR.....	ix
DAFTAR TABEL.....	x
DAFTAR NOTASI.....	xi
<b>BAB I</b>	
<b>PENDAHULUAN.....</b>	<b>1</b>
1.1. Latar Belakang .....	1
1.2. Rumusan Masalah.....	2
1.3. Batasan Masalah.....	3
1.4. Tujuan Penelitian .....	3
1.5. Manfaat Penelitian .....	4
1.6. Metode Penelitian .....	4
<b>BAB II .....</b>	<b>7</b>
<b>TINJAUAN PUSTAKA .....</b>	<b>7</b>
2.1. Ledakan dan Gelombang Ledakan.....	7
2.2. Parameter Beban Ledakan.....	10
2.3. Hukum Hooke dan Elastisitas.....	12
2.4. Teori Pelat .....	14
2.5. Persamaan Gerak Pelat .....	18
<b>BAB III.....</b>	<b>21</b>
<b>METODOLOGI PENELITIAN .....</b>	<b>21</b>
3.1. Teori <i>Modified Bolotin Method</i> .....	21
3.2. Analisis Umum.....	21
3.3. Masalah <i>Auxiliary</i> Pertama .....	23
3.4. Masalah <i>Auxiliary</i> Kedua.....	26

<b>BAB IV .....</b>	<b>34</b>
<b>ANALISIS NUMERIK PELAT LANTAI BANGUNAN .....</b>	<b>34</b>
<b>4.1.    Pendahuluan .....</b>	<b>34</b>
<b>4.2.    Dimensi dan Sifat Bahan Pelat .....</b>	<b>35</b>
<b>4.4.    Frekuensi Alami.....</b>	<b>38</b>
<b>4.5.    Defleksi Dinamik Absolut .....</b>	<b>44</b>
<b>4.6.    Time History Defleksi pada Pelat.....</b>	<b>47</b>
<b>4.7.    Distribusi Tegangan Lentur Maksimum.....</b>	<b>48</b>
<b>BAB V .....</b>	<b>50</b>
<b>KESIMPULAN DAN SARAN .....</b>	<b>50</b>
<b>5.1.    Kesimpulan .....</b>	<b>50</b>
<b>5.2.    Saran.....</b>	<b>51</b>
<b>DAFTAR PUSTAKA .....</b>	<b>52</b>

## DAFTAR GAMBAR

<b>Gambar 1. 1</b>	Flowchart Metode Penelitian .....	6
<b>Gambar 2. 1</b>	Free Air Burst Explosion.....	7
<b>Gambar 2. 2</b>	Air Burst with Ground Reflection .....	8
<b>Gambar 2. 3</b>	Surface Burst.....	8
<b>Gambar 2. 4</b>	Beban Ledakan .....	9
<b>Gambar 2. 5</b>	Perambatan Gelombang Ledakan.....	9
<b>Gambar 2. 6</b>	Proses Ledakan dan Kerusakan Akibat Ledakan.....	10
<b>Gambar 2. 7</b>	Parameter Fase Positif Beban Ledakan Jenis Surface Burst .....	11
<b>Gambar 2. 8</b>	Parameter Fase Negatif Beban Ledakan Jenis Surface Burst .....	12
<b>Gambar 2. 9</b>	Hukum Hooke.....	13
<b>Gambar 2. 10</b>	Pelat dengan sistem satu arah (SNI, 2002).....	15
<b>Gambar 2. 11</b>	Pelat dengan sistem 2 arah (SNI, 2002) .....	16
<b>Gambar 2. 12</b>	Pelat Persegi dengan Beban Lateral .....	17
<b>Gambar 2. 13</b>	Keseimbangan Gaya pada Pelat .....	18
<b>Gambar 4. 1</b>	Grafik Gaya Terhadap Waktu Beban Ledakan Fungsi Linear.....	34
<b>Gambar 4. 2</b>	Denah Pelat Atap Bangunan.....	35
<b>Gambar 4. 3</b>	Grafik Gaya Terhadap Waktu Beban Ledakan Fungsi Linear.....	37
<b>Gambar 4. 4</b>	Grafik Frekuensi Alami Pelat tebal 18 cm .....	39
<b>Gambar 4. 5</b>	Grafik Frekuensi Alami Pelat tebal 19 cm .....	40
<b>Gambar 4. 6</b>	Grafik Frekuensi Alami Pelat tebal 22 cm .....	41
<b>Gambar 4. 7</b>	Grafik Frekuensi Alami Pelat tebal 25 cm .....	42
<b>Gambar 4. 8</b>	Grafik Frekuensi Alami Pelat tebal 27 cm .....	43
<b>Gambar 4. 9</b>	Perbandingan Defleksi Maksimum untuk Berbagai Variasi Tebal .....	45
<b>Gambar 4. 10</b>	Grafik dan Perilaku 3D Defleksi Maksimum Pelat ketebalan 18 cm.....	45
<b>Gambar 4. 11</b>	Grafik dan Perilaku 3D Defleksi Maksimum Pelat ketebalan 19 cm.....	45
<b>Gambar 4. 12</b>	Grafik dan Perilaku 3D Defleksi Maksimum Pelat ketebalan 22 cm.....	46
<b>Gambar 4. 13</b>	Grafik dan Perilaku 3D Defleksi Maksimum Pelat ketebalan 25 cm.....	46
<b>Gambar 4. 14</b>	Grafik dan Perilaku 3D Defleksi Maksimum Pelat ketebalan 27 cm.....	46
<b>Gambar 4. 15</b>	Grafik Time History dengan Variasi Ketebalan .....	47
<b>Gambar 4. 16</b>	Distribusi Tegangan Maksimum dengan Variasi Ketebalan.....	48
<b>Gambar 4. 17</b>	Distribusi tegangan pada (a) tebal 19 cm dan (b) tebal 22 cm.....	49

## DAFTAR TABEL

<b>Tabel 4. 1</b> Data Pelat Atap Bangunan.....	35
<b>Tabel 4. 2</b> Parameter Beban Ledakan .....	36
<b>Tabel 4. 3</b> Nilai ragam getar frekuensi alami pelat tebal 18 cm.....	38
<b>Tabel 4. 4</b> Nilai ragam getar frekuensi alami pelat tebal 19 cm.....	39
<b>Tabel 4. 5</b> Nilai ragam getar frekuensi alami pelat tebal 22 cm.....	40
<b>Tabel 4. 6</b> Nilai ragam getar frekuensi alami pelat tebal 25 cm.....	41
<b>Tabel 4. 7</b> Nilai ragam getar frekuensi alami pelat tebal 27 cm.....	42
<b>Tabel 4. 8</b> Defleksi Absolut Maksimum Pelat .....	44

## DAFTAR NOTASI

$a$	= dimensi pelat dalam arah x
$b$	= dimensi pelat dalam arah y
$c$	= konstanta redaman
$\xi$	= rasio redaman
$\sigma$	= tegangan
$D_x$	= kekakuan lentur pelat pada arah x
$D_y$	= kekakuan lentur pelat pada arah y
$B$	= kekakuan puntir efektif pelat ( <i>Torsional Rigidity</i> )
$h$	= tebal pelat
$\gamma$	= rasio redaman
$w(x, y, t)$	= fungsi lendutan berdasarkan fungsi (posisi dan waktu)
$P(x, y, t)$	= fungsi beban berdasarkan fungsi (posisi dan waktu)
$E_x$	= modulus elastisitas pelat di arah x
$E_y$	= modulus elastisitas pelat di arah y
$\nu_x$	= poisson's ratio pelat di arah x
$\nu_y$	= poisson's ratio pelat di arah y
$\rho$	= massa jenis
$u, v, w$	= lendutan bidang xz, yz, dan xy dalam arah sumbu x, y, dan z
$K_1$	= kekakuan rotasi pelat dalam arah x
$K_2$	= kekakuan rotasi pelat dalam arah y
$x_0, y_0$	= posisi konstan dalam sistem koordinat kartesian
$\omega$	= frekuensi alami sistem ( <i>natural frequency system</i> )
$a_0$ dan $b_0$	= Frekuensi awal dari sistem bergetar
$p$	= bilangan riil positif arah x
$q$	= bilangan riil positif arah y