

**PERILAKU DINAMIK PELAT LANTAI ATAP BANGUNAN
AKIBAT 5 FASE BEBAN LEDAKAN**

TUGAS AKHIR



Anggi Pranata

1162004012

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

**PERILAKU DINAMIK PELAT LANTAI ATAP BANGUNAN
AKIBAT 5 FASE BEBAN LEDAKAN**

TUGAS AKHIR

**Diajukan sebagai salah satu syarat untuk memperoleh gelar
Sarjana Teknik**



Anggi Pranata

1162004012

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

HALAMAN PERNYATAAN ORISINALITAS

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

Nama : **Anggi Pranata**

Nim : **1162004012**

Tanda tangan : 




Tanggal : **Februari 2020**

HALAMAN PENGESAHAN

Tugas Akhir ini diajukan oleh :
Nama : Anggi Pranata
Nim : 1162004012
Program Studi : Teknik Sipil
Fakultas : Teknik dan Ilmu Komputer
Judul Skripsi : Perilaku Dinamik Pelat Lantai Atap Bangunan
Akibat 5 Fase Beban Ledakan

Telah berhasil dipertahankan dihadapan 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

UCAPAN TERIMA KASIH

Puji dan syukur penulis ucapkan kepada Tuhan Yang Maha Esa atas segala berkat dan rahmat serta bimbingan-Nya yang telah memberikan kesehatan dan kelancaran dalam menuntun penulis sehingga dapat menyelesaikan tugas akhir ini dengan baik.

Tugas akhir yang berjudul “Perilaku Dinamik Pelat Lantai Atap Bangunan Akibat 5 Fase Beban Ledakan” ini disusun untuk memenuhi persyaratan dalam menyelesaikan Program Sarjana Teknik Sipil, Universitas Bakrie.

Selesainya tugas akhir ini tidak terlepas dari dorongan, bantuan, maupun kritik dan saran yang diberikan oleh berbagai pihak, oleh sebab itu pada kesempatan ini penulis mengucapkan terima kasih kepada :

1. Orang tua, adik dan kakak yang selalu memberikan doa, dukungan, dan semangat kepada penulis dalam menyelesaikan tugas akhir ini.
2. Ibu Prof. Ir. Sofia W. Alisjahbana, M.Sc., Ph.D., selaku dosen pembimbing tugas akhir yang telah membantu dan meluangkan waktu untuk memberikan bimbingan dalam perancangan tugas akhir ini.
3. Bapak Dr. Ade Asmi, S.T., M.Sc., selaku Kepala Program Studi Teknik Sipil Universitas Bakrie.
4. Bapak Dr. Mohammad Ihsan, S.T., M.T., M.Sc., selaku pembimbing akademik penulis selama menempuh masa perkuliahan Teknik Sipil Universitas Bakrie.
5. Seluruh dosen Program Sarjana Teknik Sipil Universitas Bakrie yang telah memberikan saran dan dukungan kepada penulis.
6. Evita Adha Rimper sebagai orang yang selalu mendukung penulis dalam perancangan tugas akhir ini.

7. Tim Pemburu Fajar yang selalu memberikan dukungan, motivasi serta diskusi berkualitas yang sangat membantu penulis dalam menyelesaikan perkuliahan Teknik Sipil Universitas Bakrie.
8. Teman seperjuangan bimbingan tugas akhir Mutia Mauliddini yang saling memotivasi saat penyusunan tugas akhir ini, serta Priambodo dan Abiyoga Aditya yang menjadi teknisi *software* sehingga penulisan tugas akhir ini dapat berjalan lancar.
9. Seluruh teman seperjuangan Teknik Sipil 2016 yang selalu memberikan semangat, motivasi serta dukungan selama proses perkuliahan hingga penulisan tugas akhir ini.
10. Seluruh Keluarga Mahasiswa Teknik Sipil Universitas Bakrie atas dukungan yang diberikan kepada penulis.
11. Semua pihak yang tidak dapat disebutkan satu persatu, terima kasih atas segalanya.

Penulis menyadari bahwa tugas akhir ini terdapat banyak kekurangan. Oleh sebab itu, penulis dengan senang hati menerima kritik serta saran untuk menambah wawasan penulis dan menyempurnakan penulisan ini.

Jakarta, Januari 2020

Penulis

HALAMAN PERNYATAAN PERSETUJUAN PUBLIKASI

Sebagai civitas akademika Universitas Bakrie, saya yang bertanda tangan di bawah ini :

Nama : Anggi Pranata
Nim : 1162004012
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 Noneklusif** (*Non-exclusive Royalti-Free right*) atas karya ilmiah saya yang berjudul :

PERILAKU DINAMIK PELAT LANTAI ATAP BANGUNAN AKIBAT 5 FASE BEBAN LEDAKAN

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 akademik.

Demikian pernyataan ini saya buat dengan sebenar-benarnya.

Dibuat di : Jakarta

Pada Tanggal : Januari 2020

Yang Menyatakan,



Anggi Pranata

PERILAKU DINAMIK PELAT LANTAI ATAP BANGUNAN AKIBAT 5 FASE BEBAN LEDAKAN

Anggi Pranata¹

ABSTRAK

Penelitian ini bertujuan untuk mengetahui perilaku dinamik pelat lantai atap bangunan terhadap 5 fase beban ledakan, dasar dari penelitian ini karena banyaknya kasus teror yang dilakukan oleh pelaku teror yang menggunakan bahan peledak seperti bom untuk melancarkan aksinya, dan oleh sebab itu diperlukan suatu penelitian agar terciptanya suatu bangunan, khususnya pelat yang mampu menahan beban dari efek ledakan tersebut. Pada penelitian ini dilakukan analisis terhadap beberapa variasi dimensi dan permodelan pelat yang selanjutnya diberikan 5 fase beban ledakan agar dapat mengetahui distribusi tegangan, lendutan maksimum serta riwayat waktu yang dihasilkan akibat beban tersebut.

Penelitian ini dilakukan dengan cara analisis numerik dengan *Modified Bolotin Method* (MBM) dan bantuan aplikasi *Wolfram Mathematica*. Dalam penelitian ini pelat dimisalkan sebagai pelat orthotropik dengan perletakan *semi rigid* pada ke empat sisinya, dan dibatasi dengan teori lendutan kecil atau lendutan maksimum tidak lebih dari 10% atau $\frac{1}{10}$ dari tebal pelat tersebut.

Kata Kunci: pelat, beban ledakan, distribusi tegangan, lendutan maksimum, riwayat waktu, *Modified Bolotin Method*, *Wolfram Mathematica*, perletakan *semi rigid*, teori lendutan kecil.

¹Mahasiswa Sarjana Program Studi Teknik Sipil Universitas Bakrie

**PERILAKU DINAMIK PELAT LANTAI ATAP BANGUNAN AKIBAT 5
FASE BEBAN LEDAKAN**

Anggi Pranata¹

ABSTRACT

The purpose of this research is to determine the dynamic behavior of the floor slab roof of the building to the 5-phase load explosion, the basis of this study because the number of cases of terror committed by terrorists who use explosives such as bombs to launch the action, and therefore we need a study for the creation of a building, in particular plates which can support the weight of the blast effect. In this study conducted an analysis of several variations of dimensions and modeling plate that is then given 5 phases blast load in order to determine the stress distribution, the maximum deflection and the history of the time generated due to the load.

This research was conducted by means of numerical analysis with Bolotin Modified Method (MBM) and Wolfram Mathematica application assistance. In this study exemplified as plate orthotropic plate with semi-rigid placement on all four sides, and is restricted to a small deflection theory or a maximum deflection of not more than 10% or $\frac{1}{10}$ of the plate thickness.

Key Word: slab, blast load, stress distrution, maximum deflection, time history, Modified Bolotin Method, Wolfram Mathematica, semi rigid placement, small deflection theory

¹Undergraduate Student of Civil Engineering Universitas Bakrie

DAFTAR ISI

HALAMAN PERNYATAAN ORISINALITAS	i
HALAMAN PENGESAHAN	ii
UCAPAN TERIMA KASIH	iii
HALAMAN PERNYATAAN PERSETUJUAN PUBLIKASI	v
ABSTRAK.....	vi
ABSTRACT.....	vii
DAFTAR ISI.....	viii
DAFTAR GAMBAR.....	x
DAFTAR NOTASI.....	xii
BAB I PENDAHULUAN.....	1
1.1 Latar Belakang	1
1.2 Rumusan Masalah.....	3
1.3 Batasan Masalah	3
1.4 Tujuan Penelitian	4
1.5 Manfaat Penelitian	4
1.6 Metodologi Penelitian.....	5
1.7 Kerangka Pemikiran Penelitian.....	7
1.8 Sistematika Penulisan	8
BAB II TINJAUAN PUSTAKA	9
2.1 Landasan Teori.....	9
2.2 Hukum Hooke dan Elastisitas.....	13
2.3 Persamaan Gerak Pelat.....	16
2.4.1 Gelombang Ledakan.....	21
2.4.2 Jarak Antara (<i>Stand – off Distance</i>).....	22
2.4.3 Kerusakan Struktur Akibat Beban Ledakan	22
2.5 Parameter Beban Ledakan	23
BAB III METODE PENELITIAN	25

3.1	Metode Modified Bolotin Method	25
3.2	Analisis Umum	25
3.3	Masalah <i>Auxiliary</i> Pertama	27
3.4	Masalah <i>Auxiliary</i> Kedua.....	31
3.5	Solusi Homogen.....	34
3.6	Solusi Partikuler.....	37
3.7	Solusi Total.....	40
BAB IV ANALISIS NUMERIK PELAT LANTAI BANGUNAN		41
4.1	Pendahuluan.....	41
4.2	Ukuran dan Sifat Bahan Pelat.....	42
4.3	Beban Ledakan.....	43
4.4	Frekuensi Alami.....	45
4.5	Defleksi Absolut Maksimum	48
4.6	Distribusi Tegangan	52
4.7	Riwayat Waktu (<i>Time History</i>).....	53
BAB V PENUTUP		54
5.1	Kesimpulan	54
5.2	Saran	55
DAFTAR PUSTAKA		56
LAMPIRAN.....		57

DAFTAR GAMBAR

Gambar 1.1 <i>Flowchart</i> metode penelitian.....	7
Gambar 2.1 Pelat Persegi Panjang yang Dibebeani Dengan Beban Lateral.....	11
Gambar 2.2 Pelat dengan sistem satu arah.....	12
Gambar 2.3 Pelat dengan sistem dua arah.....	13
Gambar 2.4 Respons suatu benda elastis terhadap gaya luar.....	14
Gambar 2.5 Hukum Hooke.....	14
Gambar 2.6 Keseimbangan Gaya Pada Pelat	17
Gambar 2.7 <i>Free Air Burst Explosion</i>	20
Gambar 2.8 <i>Air Burst with Ground Reflection</i>	20
Gambar 2.9 <i>Surface Burst</i>	21
Gambar 2.10 Perambatan Gelombang Ledakan	21
Gambar 2.11 <i>Stand – off Distance</i>	22
Gambar 2.12 Proses Ledakan dan Kerusakan Akibat Ledakan	22
Gambar 2.13 Parameter Fase Positif Beban Ledakan Jenis <i>Surface Burst</i>	24
Gambar 2.14 Parameter Fase Negatif Beban Ledakan Jenis <i>Surface Burst</i>	24
Gambar 3.1 Geometri pelat lantai.....	25
Gambar 4.1 Grafik Gaya terhadap waktu beban ledakan fungsi linear.....	41
Gambar 4.2 Denah Pelat Lantai Atap Bangunan.....	42
Gambar 4.3 Grafik Gaya terhadap waktu beban ledakan fungsi linear.....	44
Gambar 4.4 Nilai Frekuensi Alami.....	48
Gambar 4.5 Grafik dan Perilaku 3D Defleksi Maksimum Pelat ketebalan 20 cm.....	49
Gambar 4.6 Grafik dan Perilaku 3D Defleksi Maksimum Pelat ketebalan 25 cm.....	49
Gambar 4.7 Grafik dan Perilaku 3D Defleksi Maksimum Pelat ketebalan 26 cm.....	51
Gambar 4.8 Grafik dan Perilaku 3D Defleksi Maksimum Pelat ketebalan 27 cm.....	50
Gambar 4.9 Grafik dan Perilaku 3D Defleksi Maksimum Pelat ketebalan 20 cm + 3 pengaku (b=0.5m, h=0.5m).....	50
Gambar 4.10 Grafik dan Perilaku 3D Defleksi Maksimum Pelat ketebalan 25 cm + 3 pengaku (b=0.4m, h=0.35m).....	51
Gambar 4.11 Grafik dan Perilaku 3D Defleksi Maksimum Pelat ketebalan 26 cm + 2 pengaku (b=0.4m, h=0.35m).....	51
Gambar 4.12 Grafik dan Perilaku 3D Defleksi Maksimum Pelat ketebalan 27 cm + 1 pengaku (b=0.4m, h=0.35m).....	51
Gambar 4.12 Riwayat Waktu Defleksi Dinamik Pelat Lantai Atap.....	53

DAFTAR TABEL

Tabel 4.1 Data Pelat Lantai Atap Bangunan.....	42
Tabel 4.2 Parameter Beban Ledakan.....	43
Tabel 4.3 Nilai ragam getar frekuensi alami pelat lantai bangunan.....	46
Tabel 4.4 Defleksi Absolut Maksimum pelat tanpa pengaku.....	49
Tabel 4.5 Defleksi Absolut Maksimum pelat dengan pengaku (b=0.4m, h=0.35m)....	49
Tabel 4.6 Defleksi Absolut Maksimum pelat dengan pengaku (b=0.5m, h=0.5m).....	49
Tabel 4.7 Tegangan maksimum pada pelat lantai atap bangunan.....	52
Tabel 4.8 Waktu Terjadi Defleksi Maksimum.....	53

DAFTAR NOTASI

σ	= Tegangan
E	= Modulus elastisitas (<i>Young's modulus</i>)
ε	= Regangan
γ_{xy}	= Regangan geser bidang xy
τ_{xy}	= Tegangan geser bidang xy
G_{xy}	= Modulus elastisitas geser bidang xy
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>)
ρ	= Massa jenis
h	= Tebal pelat
ξ	= 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
ν_x	= <i>Poisson's ratio</i> pelat di arah x
ν_y	= <i>Poisson's ratio</i> pelat di arah y
E	= modulus elastisitas perkerasan
w	= berat pelat beton
l	= panjang pelat
I	= inersia
ω	= frekuensi alami sistem (<i>natural frequency system</i>)
A_{mn}	= koefisien amplitude, yang ditentukan dari kondisi awal
m	= indeks integer, pola getar yang terjadi (mode) di arah x
n	= indeks integer, pola getar yang terjadi (mode) di arah y
a	= panjang pelat di arah sumbu x
b	= panjang pelat di arah sumbu y
p	= bilangan riil positif arah x
q	= bilangan riil positif arah y
$w(x,y)$	= Fungsi posisi (<i>spatial function</i>)
$X(x)$	= Fungsi posisi di arah x
$Y(y)$	= Fungsi posisi di arah y
$T(t)$	= Fungsi waktu (<i>temporal function</i>)
ω_D	= Frekuensi sudut gerak getaran teredam (<i>damped frequency</i>)
a_0 dan b_0	= Frekuensi awal dari sistem bergetar