

**PERILAKU DINAMIK PELAT ATAP
BANGUNAN AKIBAT BEBAN LEDAKAN 6 FASE**

TUGAS AKHIR



Alfi Rachma Andini

1172004001

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

UNIVERSITAS BAKRIE

JAKARTA

2020

**PERILAKU DINAMIK PELAT ATAP
BANGUNAN AKIBAT BEBAN LEDAKAN 6 FASE**

TUGAS AKHIR

Diajukan sebagai salah satu syarat untuk memperoleh gelar

Sarjana Teknik



Alfi Rachma Andini

1172004001

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

JAKARTA

2020

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 : Alfi Rachma Andini

NIM : 1172004001

Tanda Tangan :



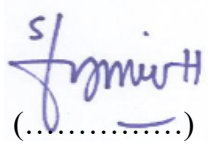


Tanggal : 15 Februari 2021

HALAMAN PENGESAHAN

Tugas Akhir ini diajukan oleh :
Nama : Alfi Rachma Andini
NIM : 1172004001
Program Studi : Teknik Sipil
Fakultas : Teknik dan Ilmu Komputer
Judul Skripsi : Perilaku Dinamik Pelat Atap Bangunan Akibat
Beban Ledakan 6 Fase

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 Pratama Putra., S.T., M. Eng.	 (.....)

Ditetapkan di : Jakarta

Tanggal : 15 Februari 2021

UNGKAPAN TERIMA KASIH

Dengan mengucapkan puji dan syukur berkat rahmat dan berkah Allah SWT, penulis dapat menyelesaikan Tugas Akhir ini. Penulisan Tugas Akhir ini dilakukan dalam rangka memenuhi salah satu syarat untuk mencapai gelar Sarjana Teknik Program Studi Teknik Sipil pada Fakultas Teknik dan Ilmu Komputer di Universitas Bakrie. Skripsi ini dapat terselesaikan dengan baik dan lancar semata-mata tidak hanya usaha penulis sendiri, melainkan bantuan tulus dari berbagai pihak. Oleh karena itu, pada kesempatan ini penulis ingin mengucapkan terima kasih kepada:

1. Bapak saya yang senantiasa memberikan motivasi, doa, serta *support* dalam segala hal dalam menyelesaikan tugas akhir ini dan selama saya hidup.
2. Mama saya yang senantiasa berkata bahwa kerjaan saya hanya tidur dan bermain di depan laptop tetapi senantiasa memberikan makan ketika saya lupa makan, serta doa yang tulus disetiap ibadahnya.
3. Prof. Ir. Sofia. W. Alisjahbana, M. Sc., Ph. D., selaku dosen pembimbing Tugas Akhir yang memberikan masukan, bimbingan, serta semangat dalam perkuliahan dan penelitian ini.
4. Dr. Mohammad Ihsan., S. T., M. T., M.Sc., also known as Kucing Ican selaku Ketua Program Studi dan Dosen Teknik Sipil Universitas Bakrie yang senantiasa mengajar-menghibur di perkuliahan.
5. Dr. Ir. Budianto Ontowirjo, M. Sc., selaku dosen Teknik Sipil Universitas Bakrie yang senantiasa memberi motivasi dan *support* kepada penulis selama perkuliahan.
6. Seluruh dosen Program Studi Teknik Sipil Universitas Bakrie yang telah memberikan ilmu dan pengalaman belajar kepada penulis.
7. Jouvan Chandra P.P dan Sigit Wijayanto selaku *Innovative Leader and Vice-Leader* genk perjulidan di kampus yang menularkan sifat julid dan *genius*-nya kepada penulis.
8. Mba Imelda selaku staff akademik yang selalu sigap dan cepat dalam membantu penulis selama masa pengurusan KRS demi pengambilan SKS Tugas Akhir.

9. Mas Ali Alisyahbana selaku pustakawan yang baik hati bin ramah dari awal memulai perkuliahan hingga membantu penulis mencari referensi dalam penulisan Tugas Akhir.
10. Kiki Sundari selaku anggota genk perjulidan yang cengeng senantiasa menempel kemana-mana sehingga melatih kesabaran penulis selama di kampus.
11. Ali Syahab, Alya, Febi, Ica, Gama, dan Kirana Sandra selaku teman-teman pejuang skripsi yang saling membuat panik satu sama lain di grup sehingga memotivasi penulis untuk segera menyelesaikan Tugas Akhir ini.
12. Teman-teman satu angkatan sipil 2017 yang telah memberi warna-warni kehidupan perkuliahan dan semangat penyelesaian Tugas Akhir.
13. Ali Syariati Hasyim, Akhdan Uzami, Haris Wahyudi dan Roy Adeas selaku *brotherhood* yang menemani dan mendukung dalam segala aspek.
14. Indry Sagita Bodhimatoro dan Irfan Fadhila Efendi selaku ~~dua seje~~ kakak tingkat tersayang yang memberi *support*, kenangan lucu dan bantuan kepada penulis.
15. *My devilish angel* a.k.a Annisa Dwi Kartika Putri *danke dass du mein bester freund und mein unbezahlter therapeut bist.*
16. Anak Setan a.k.a Karuna Wicaksono *for every 5-8 hours call for doing nothing in front of camera just to cheer me up when I was doing this thesis.*
17. Ike Wahyu dan F. Resy Anwar selaku teman-teman *beauty-food enthusiast* yang selalu memberi semangat kepada penulis.
18. 01010010 01100001 01101101 01100001 *who encouraged writer when the writer used to not want to continue her study to higher education and made her know how important it is to keep learning and gaining higher education as long as it's still possible.*
19. Diri saya sendiri yang telah berjuang melewati 3,5 tahun perkuliahan yang sangat menguji mental, batin, nurani dan fisik ini dengan haha hihi tiba-tiba kelar sidang skripsi.

Jakarta, Februari 2021

Penulis

HALAMAN PERNYATAAN PERSETUJUAN PUBLIKASI

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

Nama : Alfi Rachma Andini
NIM : 1172004001
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 ATAP BANGUNAN AKIBAT BEBAN LEDAKAN 6 FASE

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 : Februari 2021

Yang menyatakan,


(Alfi Rachma Andini)

PERILAKU DINAMIK PADA PELAT LANTAI ATAP BANGUNAN AKIBAT BEBAN LEDAKAN 6 FASE

Alfi Rachma Andini

ABSTRAK

Selama beberapa dekade terakhir, sebagai akibat dari berbagai serangan teroris, minat untuk membangun keamanan dalam menghadapi peristiwa yang sangat dinamis seperti ledakan telah berkembang pesat. Minat ini telah meluas dari hanya fokus pada pertahanan sipil dan tujuan militer ke berbagai bangunan sipil dengan fungsi berbeda. Dikarenakan peningkatan pesat di area yang diminati untuk menjadi kawasan lindung, teknisi memerlukan banyak informasi dan alat untuk merencanakan serta mengukur struktur yang terkait dengan peristiwa dinamis yang memiliki magnitudo sesaat untuk mencapai ketinggian beban puncak dengan sangat cepat. Tujuan dari penelitian ini adalah untuk mempelajari perilaku dinamik bangunan pada 6 fase pembebanan ledakan eksternal. Dengan menggunakan dua persamaan bantu pada arah x dan y , pengaruh posisi beban ledakan lokal serta pengaruh ketebalan terhadap defleksi vertikal pelat diselesaikan secara numerik. Tujuan utamanya adalah untuk menentukan ketebalan pelat yang dapat menahan kerusakan akibat ledakan pada struktur

Kata kunci: beban ledakan, *Modified Bolotin Method*, persamaan *auxiliary*, pelat, respon dinamik

DYNAMIC RESPONSE OF THE ROOF PLATE SUBJECTED TO 6 PHASES LOCALIZED BLAST LOAD

Alfi Rachma Andini

ABSTRACT

The intrigued for building safety with respects to profoundly dynamic events such as near by blast has quickened after the later decades of terrorist attacks. The intrigued has extended from civil defence shelters and unadulterated military targets moreover include civil buildings used for different civil functions. Due to the or maybe quick shift of zone of intrigued, the general engineering community need much of the information and devices with which to plan and gauge structures with respect to dynamic events with exceptionally quick temporal and tall greatness of crest loads. The objective of this research is to study the dynamic behaviour of the structure under 6 phases external blast loading. The effects of the location of the localized blast load as well as the influence of the thickness to vertical deflection of the plate are solved numerically by using the two auxiliary equations in the x and y directions. The main purpose is to determine the plate thickness which could hold the blast loading damage to the structure.

Keywords: localized blast load, Modified Bolotin Method, auxiliary equations, plate, dynamic response

DAFTAR ISI

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 GAMBAR.....	xi
DAFTAR TABEL	xii
DAFTAR NOTASI	xiii
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
1.5.1 Bagi Mahasiswa	4
1.5.2 Bagi <i>Structure Engineers</i> dan Peneliti	5
1.6 Metode Penelitian	5
1.7 Kerangka Penelitian	7
BAB II TINJAUAN PUSTAKA	8
2.1 Teori Pelat.....	8
2.2 Hukum Hooke dan Elastisitas	9
2.3 Persamaan Gerak Pelat	12
2.4 Teori Ledakan dan Gelombang Ledakan (M).....	15
2.5 Parameter Beban Ledakan	19
BAB III METODOLOGI PENELITIAN	22
3.1 Teori <i>Modified Bolotin Method</i>	22
3.2 Analisis Umum	22
3.3 Masalah <i>Auxiliary</i> Pertama	24
3.4 Masalah <i>Auxiliary</i> Kedua.....	27
3.5 Solusi Homogen.....	29

3.6	Solusi Partikuler.....	33
3.7	Solusi Total.....	35
BAB IV ANALISIS NUMERIK PELAT LANTAI BANGUNAN.....		36
4.1	Ukuran dan Sifat Bahan Pelat.....	36
4.2	Beban Ledakan	37
4.3	Frequensi Alami.....	39
4.4	Defleksi Absolut Maksimum.....	46
4.5	Distribusi Tegangan.....	49
4.6	Distribusi Gaya Geser dan Perilaku 3D.....	51
4.7	Riwayat Waktu (<i>Time History</i>).....	54
4.8	Momen Lentur (<i>Bending Moment</i>).....	55
BAB V PENUTUP.....		61
5.1	Kesimpulan.....	61
5.2	Saran.....	62
DAFTAR PUSTAKA.....		63

DAFTAR GAMBAR

Gambar 1.1 <i>Flowchart</i> metode penelitian	7
Gambar 2.1 Pelat dengan sistem satu arah	8
Gambar 2.2 Pelat dengan sistem dua arah	9
Gambar 2.3 Hukum Hooke.....	10
Gambar 2.4 Keseimbangan gaya pada pelat.....	12
Gambar 2.5 <i>Free air burst explosion</i>	16
Gambar 2.6 <i>Air burst explosion</i>	16
Gambar 2.7 <i>Surface burst explosion</i>	17
Gambar 2.8 Beban ledakan.....	18
Gambar 2.9 Pengaruh jarak pada fase tekanan positif ledakan	18
Gambar 2.10 Proses ledakan dan kerusakan akibat ledakan	19
Gambar 2.11 Parameter fase positif beban ledakan jenis <i>surface burst</i>	20
Gambar 2.12 Parameter fase negatif beban ledakan jenis <i>surface burst</i>	21
Gambar 4.1 Denah pelat atap bangunan	36
Gambar 4.2 Grafik gaya terhadap waktu beban ledakan fungsi linear.....	38
Gambar 4.3 Grafik ragam getar frekuensi alami pelat tebal 23 cm.....	41
Gambar 4.4 Grafik ragam getar frekuensi alami pelat tebal 23,2 cm.....	42
Gambar 4.5 Grafik ragam getar frekuensi alami pelat tebal 23,4 cm.....	43
Gambar 4.6 Grafik ragam getar frekuensi alami pelat tebal 23,6 cm.....	44
Gambar 4.7 Perbandingan Persentase Defleksi Maksimum Pelat.....	47
Gambar 4.8 Grafik dan Perilaku 3D Defleksi Maksimum Pelat Ketebalan 23 cm.....	47
Gambar 4.9 Grafik dan Perilaku 3D Defleksi Maksimum Pelat Ketebalan 23,2 cm	48
Gambar 4.10 Grafik dan Perilaku 3D Defleksi Maksimum Pelat Ketebalan 23,4 cm	48
Gambar 4.11 Grafik dan Perilaku 3D Defleksi Maksimum Pelat Ketebalan 23,6 cm	48
Gambar 4.12 Riwayat Waktu Defleksi Dinamik Pelat Lantai Atap.....	54
Gambar 4.13 Riwayat Waktu Gaya Geser Pelat Lantai Atap.....	55

DAFTAR TABEL

Tabel 4.1 Data pelat atap bangunan.....	36
Tabel 4.2 Parameter beban ledakan.....	37
Tabel 4.3 Nilai ragam getar frekuensi alami pelat tebal 23 cm.....	40
Tabel 4.4 Nilai ragam getar frekuensi alami pelat tebal 23,2 cm.....	41
Tabel 4.5 Nilai ragam getar frekuensi alami pelat tebal 23,4 cm.....	42
Tabel 4.6 Nilai ragam getar frekuensi alami pelat tebal 23,6 cm.....	43
Tabel 4.7 Defleksi Absolut Maksimum Pelat.....	45
Tabel 4.8 Peta Kontur Tegangan.....	47
Tabel 4.9 Distribusi Gaya Geser Arah X.....	49
Tabel 4.10 Distribusi Gaya Geser Arah Y.....	50
Tabel 4.11 3D Plot Gaya Geser Pada Bentang.....	52
Tabel 4.12 Waktu Terjadi Defleksi Maksimum.....	55
Tabel 4.13 Waktu Terjadi Geser Maksimum.....	55
Tabel 4.14 Nilai Momen Lentur.....	58
Tabel 4.15 Plot 3D Momen Lentur.....	58

DAFTAR NOTASI

σ	= Tegangan
E	= Modulus elastisitas (Young's modulus)
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	= Poisson's ratio pelat di arah x
ν_y	= Poisson's ratio pelat di arah y
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