

**PERILAKU DINAMIK PELAT PERKERASAN KAKU
AKIBAT BEBAN DINAMIK LALU LINTAS KENDARAAN
DENGAN KECEPATAN TIDAK KONSTAN
PADA BERBAGAI KONDISI TANAH**

TUGAS AKHIR



Andrian

1152004011

**PROGRAM STUDI TEKNIK SIPIL
FAKULTAS TEKNIK DAN ILMU KOMPUTER
JAKARTA
2019**

**PERILAKU DINAMIK PELAT PERKERASAN KAKU
AKIBAT BEBAN DINAMIK LALU LINTAS KENDARAAN
DENGAN KECEPATAN TIDAK KONSTAN
PADA BERBAGAI KONDISI TANAH**

TUGAS AKHIR

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




Andrian

1152004011

**PROGRAM STUDI TEKNIK SIPIL
FAKULTAS TEKNIK DAN ILMU KOMPUTER
JAKARTA
2019**

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 : **Andrian**
NIM : **1152004011**
Tanda Tangan : 
Tanggal : **Februari 2019**

HALAMAN PENGESAHAN

Tugas Akhir ini diajukan oleh :
Nama : Andrian
NIM : 1152004011
Program Studi : Teknik Sipil
Fakultas : Teknik dan Ilmu Komputer
Judul Skripsi : Perilaku Dinamik Pelat Perkerasan Kaku
Akibat Beban Dinamik Lalu Lintas
Kendaraan Dengan Kecepatan Tidak
Konstan Pada Berbagai Kondisi Tanah

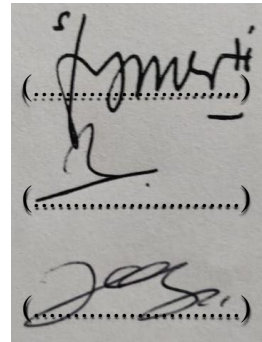
Telah berhasil dipertahankan di hadapan Dewan Penguji dan diterima sebagai bagian persyaratan yang diperlukan untuk memperoleh gelar Sarjana Teknik pada Program Studi Teknik Sipil, Fakultas Teknik dan Ilmu Komputer, Universitas Bakrie

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, ST., M.Eng.



Ditetapkan di : Jakarta

Tanggal : Februari 2019

UNGKAPAN TERIMA KASIH

Segala puji dan syukur penulis panjatkan kepada Tuhan Yang Maha Esa, karena atas kasih karunia, berkat, dan kebaikan-Nya, tugas akhir ini dapat diselesaikan. 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 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. sebagai dosen pembimbing Tugas Akhir yang memerikan masukan, bimbingan, dan semangat dalam perkuliahan dan penelitian ini.
3. Dr. Ir. Ade Asmi, ST, M.Sc., IPM., selaku Ketua Program Studi Teknik Sipil Universitas Bakrie dan dosen pembimbing. Yang telah membimbing dan membantu penulis selama perkuliahan.
4. Kepada para dosen Teknik Sipil Universitas Bakrie yang sudah memberikan banyak ilmu dan perhatian selama perkuliahan.
5. Kepada para senior 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 laporan ini.

Jakarta, Februari 2019

Penulis

HALAMAN PERNYATAAN PERSETUJUAN PUBLIKASI

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

Nama : Andrian
NIM : 1152004011
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:

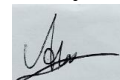
**PERILAKU DINAMIK PELAT PERKERASAN KAKU
AKIBAT BEBAN DINAMIK LALU LINTAS KENDARAAN
DENGAN KECEPATAN TIDAK KONSTAN
PADA BERBAGAI KONDISI TANAH**

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 2019

Yang Menyatakan


(Andrian)

**PERILAKU DINAMIK PELAT PERKERASAN KAKU
AKIBAT BEBAN DINAMIK LALU LINTAS KENDARAAN
DENGAN KECEPATAN TIDAK KONSTAN
PADA BERBAGAI KONDISI TANAH**

Andrian¹

ABSTRAK

Penelitian ini bertujuan untuk mengetahui perilaku dinamik pelat perkerasan kaku terhadap beban kendaraan dengan kecepatan yang tidak konstan pada berbagai kondisi lapisan tanah. 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* diatas lapisan pondasi Pasternak. Data yang dipergunakan berdasarkan dari penelitian-penelitian yang telah dilakukan oleh Prof. Ir. Sofia W. Alisjahbana, M.Sc., Ph.D.

Penyelesaian analisis numerik dilakukan dengan mencari *eigen vector* dan *eigen value* pelat pada berbagai kondisi tanah dengan menggunakan persamaan gerakan pelat. Lalu menyelesaikan persamaan gerakan pelat secara homogen dan partikuler. Setelah itu mencari solusi total dengan menjumlahkan solusi homogen dan solusi partikuler. Dari solusi total dapat diperoleh defleksi pelat, gaya geser pelat dan momen pelat. Adapun hasil penelitian menunjukkan bahwa semakin keras lapisan pondasi maka frekuensi alami pelat mengalami kenaikan. Frekuensi kritis terjadi saat frekuensi beban mendekati atau sama dengan frekuensi alami pelat sehingga terjadi resonansi. Tiap pelat memiliki kecepatan kritis yang berbeda-beda. Semakin kaku lapisan tanah pondasi pelat maka gaya - gaya dalam pada pelat semakin kecil.

Kata Kunci: kecepatan tidak konstan, perletakan *semi rigid*, *Modified Bolotin Method*, *Wolfram Mathematica*, frekuensi kritis, kecepatan kritis

¹Mahasiswa Sarjana Program Studi Teknik Sipil Universitas Bakrie

**PERILAKU DINAMIK PELAT PERKERASAN KAKU
AKIBAT BEBAN DINAMIK LALU LINTAS KENDARAAN
DENGAN KECEPATAN TIDAK KONSTAN
PADA BERBAGAI KONDISI TANAH**

Andrian¹

ABSTRACK

The purpose of this research is to determine the dynamic behavior of rigid pavement plates due to vehicle loads with accelerating speed in various soil conditions. This research was conducted by using numerical analysis, Modified Bolotin Method (MBM), and with the help of the Wolfram Mathematica application. In this research the plates are assumed as orthotropic plates with semi-rigid support above the Pasternak foundation. The data used in this research is based on previous research conducted by Prof. Ir. Sofia W. Alisjahbana, M.Sc., Ph.D.

Solution of the numerical analysis is done by looking for eigen vector and eigen value plates in various soil conditions using plates equation of motion. Then solve the homogeneous and particular equation. After that look for the total solution by summing homogeneous solutions and particular solutions. From the total solution it is possible to look for plate deflection, plate shear force and plate moment. The results of the research show that the harder the foundation layer, the natural frequency of the plate increases. Critical frequency occurs when the load frequency approach or equal to the natural frequency of the plate resulting in resonance. Each plate has a different critical speed. The stiffer the plate foundation soil layer, the inner forces on the plate get smaller.

Key Words: unconstant velocity, semi rigid support, Modified Bolotin Method, Wolfram Mathematica, critical frequency, critical speed

¹ Undergraduate Student of Civil Engineering Universitas Bakrie

DAFTAR ISI

HALAMAN PERNYATAAN ORISINALITAS	iii
HALAMAN PENGESAHAN	iv
UNGKAPAN TERIMA KASIH.....	v
HALAMAN PERNYATAAN PERSETUJUAN PUBLIKASI.....	vi
ABSTRAK.....	vii
ABSTRACK	viii
DAFTAR ISI.....	ix
DAFTAR GAMBAR	xi
DAFTAR TABEL.....	xii
DAFTAR LAMPIRAN.....	xiii
DAFTAR NOTASI.....	xiv
BAB I PENDAHULUAN	1
1.1. Latar Belakang	1
1.2. Rumusan Masalah	2
1.3. Tujuan Penelitian	3
1.4. Manfaat Penelitian	3
1.4.1. Manfaat Untuk Mahasiswa	3
1.4.2. Manfaat Untuk Peneliti.....	4
1.5. Batasan Masalah.....	4
1.6. Metode Penelitian.....	5
1.7. Kerangka Penelitian	6
BAB II TINJAUAN PUSTAKA	7
2.1. Perkerasan Jalan	7
2.1.1. Perkerasan Kaku	8
2.1.2. Jenis dan Fungsi Perkerasan Kaku.....	8
2.2. Hukum Hooke dan Elastisitas	9
2.3. Teori Lapisan Pondasi.....	11
2.4. Teori Pelat	13
2.4.1. Jenis Pelat	13
2.4.2. Persamaan gerak Pelat	14
BAB III METODE PENELITIAN	17
3.1. Teori Modified Bolotin Method.....	17
3.2. Analisis Umum	17

3.3.	Masalah <i>Auxiliary</i> Pertama	19
3.4.	Masalah <i>Auxiliary</i> Kedua	21
BAB IV RESPONS DINAMIK		24
4.1.	Solusi Homogen	24
4.2.	Solusi Partikuler	26
4.3.	Solusi Total	28
4.4.	Fungsi Beban Dinamik	28
4.5.	Gaya-Gaya Dalam	29
BAB V ANALISIS NUMERIK		30
5.1.	Data Pelat Perkerasan Kaku	30
5.2.	Data Beban	31
5.3.	Analisis Numerik	32
5.3.1.	Frekuensi Alami Pelat	32
5.3.2.	Defleksi Dinamik Absolut	36
5.3.3.	<i>Time History</i> Defleksi Pelat	38
5.3.4.	<i>Time History</i> Momen Lentur Pelat Pada Tengah Bentang	39
5.3.5.	Momen Lentur Tengah Bentang Pelat Terhadap Sumbu Pelat	40
5.3.6.	<i>Time History</i> Gaya Geser Tengah Bentang Pelat	44
5.3.7.	Gaya Geser Tengah Bentang Pelat Terhadap Sumbu Pelat	45
BAB 6 KESIMPULAN DAN SARAN		48
6.1.	Kesimpulan	48
6.2.	Saran	48
DAFTAR PUSTAKA		49

DAFTAR GAMBAR

Gambar 1.1 Alur Pemikiran	6
Gambar 2.1 Lapisan Perkerasan Kaku	8
Gambar 2.3 Model Pondasi Winkler	12
Gambar 2.4 Skema Pondasi Pasternak.....	12
Gambar 2.5 Skema Pondasi Kerr.....	13
Gambar 2.6 Keseimbangan Gaya Pada Pelat.....	15
Gambar 5.1 Permodeban Beban pada Pelat	32
Gambar 5.2 Grafik Frekuensi Alami Pelat Tanah Lunak	33
Gambar 5.3 Grafik Frekuensi Alami Pelat Tanah Medium	35
Gambar 5.4 Grafik Frekuensi Alami Pelat Tanah Keras	36
Gambar 5.5 Grafik Defleksi Absolut Terhadap Kecepatan	37
Gambar 5.6 Grafik Defleksi Absolut Terhadap Kecepatan	37
Gambar 5.7 Grafik Time History Defleksi Dinamik	39
Gambar 5.8 Grafik <i>Time History</i> Momen Lentur Arah X	40
Gambar 5.9 Grafik <i>Time History</i> Momen Lentur Arah Y	40
Gambar 5.10 Momen Lentur Terhadap Sumbu, Tanah Lunak.....	41
Gambar 5.11 Model 3D Momen Lentur Terhadap Sumbu, Tanah Lunak....	41
Gambar 5.12 Momen Lentur Terhadap Sumbu, Tanah Medium.....	42
Gambar 5.13 Model 3D Momen Lentur Terhadap Sumbu, Tanah Medium .	42
Gambar 5.14 Momen Lentur Terhadap Sumbu, Tanah Keras	43
Gambar 5.15 Model 3D Momen Lentur Terhadap Sumbu, Tanah Keras.....	43
Gambar 5.16 Grafik <i>Time History</i> Gaya Geser Arah X.....	44
Gambar 5.17 Grafik <i>Time History</i> Gaya Geser Arah Y.....	44
Gambar 5.18 Gaya Geser Terhadap Sumbu, Tanah Lunak	45
Gambar 5.19 Model 3D Gaya Geser Terhadap Sumbu, Tanah Lunak.....	45
Gambar 5.20 Gaya Geser Terhadap Sumbu, Tanah Medium	46
Gambar 5.21 Model 3d Gaya Geser Terhadap Sumbu, Tanah Medium.....	46
Gambar 5.22 Gaya Geser Terhadap Sumbu, Tanah Keras	47
Gambar 5.23 Model 3D Gaya Geser Terhadap Sumbu, Tanah Keras.....	47

DAFTAR TABEL

Tabel 5.1 Parameter Pelat	30
Tabel 5.2 Parameter Beban Dinamik	31
Tabel 5.3 Frekuensi Alami Pelat Tanah Lunak.....	32
Tabel 5.4 Frekuensi Alami Pelat Tanah Medium	34
Tabel 5.5 Frekuensi Alami Pelat Tanah Keras	35
Tabel 5.6 Kecepatan Kritis	38
Tabel 5.7 Frekuensi Kritis.....	38

DAFTAR LAMPIRAN

Lampiran 1. Program Mencari Nilai P dan Q.....	50
Lampiran 2. Program Mencari Lendutan, Momen dan Gaya Geser Pada Pelat Serta Pemodelan 3D.....	52

DAFTAR NOTASI

a	= dimensi pelat dalam arah x
b	= dimensi pelat dalam arah y
c	= konstanta redaman
D_x	= kekakuan lentur pelat pada arah x
D_y	= kekakuan lentur pelat pada arah y
B	= kekakuan puntir efektif pelat
ρ	= massa jenis
h	= tebal pelat
γ	= 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
K_f	= koefisien kekakuan pondasi Pasternak
G_s	= koefisien modulus geser pondasi Pasternak
ρ	= 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
M_x	= momen dalam arah sumbu x
M_y	= momen dalam arah sumbu y
Q_x	= gaya geser dalam arah sumbu x
Q_y	= gaya geser dalam arah sumbu