

**PERILAKU DINAMIK PELAT PERKERASAN KAKU DENGAN
BERBAGAI KONDISI TANAH PENDUKUNG AKIBAT BEBAN
KENDARAAN**

TUGAS AKHIR



ANNISA PERMATA SARI

1172004013

**PROGRAM STUDI TEKNIK SIPIL
FAKULTAS TEKNIK DAN ILMU KOMPUTER
UNIVERSITAS BAKRIE
JAKARTA
2021**

**PERILAKU DINAMIK PELAT PERKERASAN KAKU DENGAN
BERBAGAI KONDISI TANAH PENDUKUNG AKIBAT BEBAN
KENDARAAN**

TUGAS AKHIR

Diajukan sebagai salah satu syarat untuk memperoleh gelar Sarjana Teknik



ANNISA PERMATA SARI

1172004013

**PROGRAM STUDI TEKNIK SIPIL
FAKULTAS TEKNIK DAN ILMU KOMPUTER
UNIVERSITAS BAKRIE
JAKARTA
2021**

HALAMAN PERNYATAAN ORISINALITAS

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

Nama : Annisa Permata Sari

NIM : 1172004013

Tanda Tangan : 

Tanggal : 15 Februari 2021

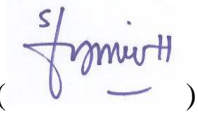


HALAMAN PENGESAHAN

Tugas akhir ini diajukan oleh:

Nama : Annisa Permata Sari
NIM : 1172004013
Program Studi : Teknik Sipil
Fakultas : Teknik dan Ilmu Komputer
Judul Skripsi : Perilaku Dinamik Pelat Perkerasan Kaku dengan Berbagai Kondisi Tanah Pendukung akibat Beban Kendaraan

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

KATA PENGANTAR

Puji dan syukur penulis ucapkan kepada Tuhan Yang Maha Esa yang telah memberikan nikmat berupa kesehatan dan kesempatan sehingga penulis mampu menyelesaikan tugas akhir ini. Penulisan tugas akhir ini merupakan salah satu syarat untuk mencapai gelar Sarjana Teknik Program Studi Teknik Sipil Fakultas Teknik dan Ilmu Komputer, Universitas Bakrie.

Dengan selesainya tugas akhir ini, saya selaku penulis dan penyusun ingin mengucapkan terima kasih kepada pihak-pihak yang turut membantu dan mendukung dalam penyusunan tugas akhir ini:

1. Kedua orang tua, Bapak Irwan Mustafa dan Ibu Ella Jamilah serta kakak dan adik yang selalu mendoakan dan mendukung penulis
2. Ibu Prof. Ir. Sofia W. Alisjahbana, M.Sc., Ph.D. selaku Rektor Universitas Bakrie serta pembimbing Tugas Akhir yang selalu memberikan bimbingan dan dukungan selama penulis menjalankan penelitian
3. Bapak Dr. Mohammad Ihsan, ST., MT., M.Sc. selaku Ketua Program Studi Teknik Sipil Universitas Bakrie yang selalu mendukung mahasiswa untuk menjalankan tugas akhirnya.
4. Bapak Jouvan Chandra P. P, ST., M. Eng selaku dosen Pembimbing Akademik yang telah memberikan motivasi, bimbingan dan arahan selama masa perkuliahan.
5. Seluruh dosen Teknik Sipil Universitas Bakrie yang telah memberikan ilmu dan bimbingan selama masa perkuliahan.
6. Alfi Rachma, Alya Shinta, Febriyani Galuh, Kirana Sandra dan Panatagama Syahid selaku rekan seperjuangan yang memberikan dukungan satu sama lainnya dalam melaksanakan tugas akhir ini.
7. Amalia Ismi, Destya Dzulkifli, dan Martina Anastasia selaku sahabat yang telah membantu, mendukung dan memberikan hiburan selama masa perkuliahan.
8. Teman-teman Teknik Sipil Universitas Bakrie Angkatan 2017 yang selalu mendukung dan menemani selama masa perkuliahan.

Penulis mengucapkan terimakasih kepada pihak-pihak yang telah disebutkan sehingga penulis dapat menyelesaikan Tugas Akhir ini dengan baik. Demikian Tugas Akhir ini penulis buat, semoga dapat bermanfaat bagi semua pihak.

Jakarta, Februari 2021

Penulis

LEMBAR PERSETUJUAN PUBLIKASI SKRIPSI

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

Nama : Annisa Permata Sari
NIM : 1172004013
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 DENGAN BERBAGAI KONDISI TANAH PENDUKUNG AKIBAT BEBAN KENDARAAN

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 sebenarnya.

Dibuat di : Jakarta
Pada Tanggal : 15 Februari 2021
Yang Menyatakan



Annisa Permata Sari

PERILAKU DINAMIK PELAT PERKERASAN KAKU DENGAN BERBAGAI KONDISI TANAH PENDUKUNG AKIBAT BEBAN KENDARAAN

Annisa Permata Sari¹

ABSTRAK

Moda transportasi darat merupakan moda transportasi terpenting di Indonesia. Namun meningkatnya kendaraan bermotor dapat menyebabkan kerusakan pada struktur jalan. Struktur beton perkerasan kaku adalah salah satu komponen utama dalam pembangunan prasarana jalan yang berperan penting dalam peningkatan infrastruktur. Perkerasan kaku jalan raya dipengaruhi oleh kekuatan pada tanah pendukung sebagai lapisan tanah yang difungsikan untuk perletakkan struktur perkerasan. Untuk mengurangi kerusakan jalan bukan hanya sekedar mendesain perkerasan jalan raya namun juga harus di tinjau perkerasan dengan cara dinamik

Pada penelitian ini pelat yang dianalisis adalah pelat orthotropik dengan adanya sambungan *tie bar* atau *dowel*. Model beban lalu lintas diatas pelat sebesar 80000 N, melintas dengan kecepatan awal yang memiliki kecepatan konstan dan percepatan. Pelat tebal 20, 22 dan 24 cm berada diatas media tanah dengan model pondasi Pasternak dengan 3 variasi kondisi tanah pendukung. Metode yang dipilih pada penelitian ini adalah *Modified Bolotin Method* (MBM) menggunakan program *Wolfram Mathematica*.

Kata Kunci : pelat dengan sambungan *tie bar* atau *dowel*, *Modified Bolotin Method* (MBM), pondasi pasternak, kecepatan konstan

¹ Mahasiswa Sarjana Program Studi Teknik Sipil Universitas Bakrie

**PERILAKU DINAMIK PELAT PERKERASAN KAKU DENGAN BERBAGAI
KONDISI TANAH PENDUKUNG AKIBAT BEBAN KENDARAAN**

Annisa Permata Sari¹

ABSTRACT

The land transportation mode is the most important mode of transportation in Indonesia. However, the increase vehicles can cause damage to road structures. Rigid pavement concrete structure is one of the main components in the construction of road infrastructure which an important role in improving infrastructure. The rigid pavement of the highway is influenced by the strength in the supporting soil as a layer of soil that is used for laying the pavement structure. To reduce road damage, not only designing road pavement but also having to review the pavement in a dynamic way.

In this study, the analyzed plates are orthotropik plates with joints tie bar or dowel. The traffic load model on the plate is 80000 N, passing with an initial speed which has constant speed and acceleration. Thick of plate is 20, 22 and 24 cm above the soil with the Pasternak foundation model with 3 variations soil conditions. The method chosen in this study is the Modified Bolotin Method (MBM) using the Wolfram Mathematica program.

Keywords : plate with joins tie bar or dowel, Modified Bolotin Method (MBM), Pasternak foundation, constant speed

¹ Undergraduate Student of Civil Engineering Universitas Bakrie

DAFTAR ISI

HALAMAN PERNYATAAN ORISINALITAS	ii
HALAMAN PENGESAHAN	iii
KATA PENGANTAR	iv
LEMBAR PERSETUJUAN PUBLIKASI SKRIPSI	vi
ABSTRAK	vii
<i>ABSTRACT</i>	viii
DAFTAR ISI	ix
DAFTAR GAMBAR	xii
DAFTAR GRAFIK.....	xiii
DAFTAR TABEL	xv
DAFTAR NOTASI.....	xvii
BAB I.....	1
PENDAHULUAN	1
1.1. Latar Belakang.....	1
1.2. Rumusan Masalah.....	3
1.3. Tujuan Penelitian	4
1.4. Batasan Masalah	4
1.5. Manfaat Penelitian	5
1.5.1. Manfaat Untuk Mahasiswa	5
1.5.2. Manfaat Untuk Peneliti	5
1.6. Metodologi Penelitian	5
1.7. Sistematika Penulisan	6
1.8. Kerangka Pemikiran Penelitian	8
BAB II.....	9
TINJAUAN PUSTAKA.....	9
2.1. Perkerasan Jalan	9
2.2. Perkerasan Kaku (<i>Rigid Pavement</i>)	10
2.2.1. Jenis Perkerasan Kaku	10

2.2.2.	Jenis Sambungan Pada Perkerasan Kaku.....	13
2.2.3.	Komponen Konstruksi Perkerasan Kaku	15
2.2.4.	Kerusakan Struktur Perkerasan Kaku	15
2.3.	Hukum <i>Hooke</i> dan Elastisitas.....	16
2.4.	Pemodelan Lapisan Pondasi.....	18
2.5.	Teori Pelat	19
2.5.1.	Jenis Pelat.....	20
2.5.2.	Persamaan Gerak Pelat	21
BAB III.....		25
METODE PENELITIAN.....		25
3.1.	Teori Modified Bolotin Method (MBM)	25
3.2.	Analisis Umum.....	25
3.3.	Masalah <i>Auxiliary</i> Pertama	27
3.4.	Masalah <i>Auxiliary</i> Kedua.....	30
3.5.	Frekuensi Alami dan Ragam Getar Alami	32
3.6.	Solusi Homogen	33
3.7.	Solusi Partikuler	35
3.8.	Solusi Total	38
3.9.	Fungsi Beban Dinamik	38
3.10.	Gaya-Gaya Dalam.....	39
BAB IV		40
ANALISIS NUMERIK PELAT PERKERASAN KAKU		40
4.1.	Data Pelat Perkerasan Kaku	40
4.2.	Data Beban Dinamik Kendaraan	41
4.3.	Hasil Analisis Numerik Pelat	42
4.3.1.	Frekuensi Alami	42
4.3.2.	Respons Spektra Pelat.....	53
4.3.3.	<i>Time History</i> Defleksi Pelat	54
4.3.4.	<i>Time History</i> Momen Lentur pada Pelat.....	56
4.3.5.	<i>Time History</i> Gaya Geser pada Pelat	58

4.3.6.	Perilaku 3D Defleksi pada Sambungan Pelat.....	60
4.3.7.	Momen Lentur dan Perilaku 3D pada Sambungan Sumbu Pelat	61
4.3.8.	Gaya Geser dan Perilaku 3D pada Sambungan Pelat	67
BAB V	74
KESIMPULAN DAN SARAN	74
5.1.	Kesimpulan.....	74
5.2.	Saran	75
DAFTAR PUSTAKA	76
LAMPIRAN I	78

DAFTAR GAMBAR

Gambar 1.1. Diagram Alur Metodologi Penelitian	8
Gambar 2.1. <i>Skema Perkerasan Kaku Bersambung Tanpa Tulangan</i>	10
Gambar 2.2. <i>Skema Perkerasan Kaku Bersambung Dengan Tulangan</i>	11
Gambar 2.3. <i>Skema Perkerasan Kaku Menerus Dengan Tulangan</i>	11
Gambar 2.4. <i>Skema Perkerasan Kaku Prategang</i>	12
Gambar 2.5. Skema Perkerasan Kaku Pracetak Prategang.....	13
Gambar 2.6. Susunan Lapisan Perkerasan Kaku	15
Gambar 2.7. Skema Pondasi Winkler	18
Gambar 2.8. Skema Pondasi Pasternak	19
Gambar 2.9. Skema Pondasi Kerr	19
Gambar 2.10. Keseimbangan Gaya pada Pelat	21
Gambar 2.11. Model Perkerasan Kaku Disokong oleh Pondasi Pasternak dan Dibe oleh Beban Dinamik	23
Gambar 4.1. Ukuran Geometri Pelat	40
Gambar 4.2. Pemodelan Beban Dinamik Kendaraan.....	41

DAFTAR GRAFIK

Grafik 4.1. Hubungan Frekuensi Alami dan Ragam Getar Pelat Tebal 0.2 m pada Kondisi Tanah I dengan $k_f = 2.725 \times 10^7 \text{ N/m}^2$ dan $G_s = 9.52 \times 10^6 \text{ N/m}^2$	45
Grafik 4.2. Hubungan Frekuensi Alami dan Ragam Getar Pelat Tebal 0.2 m pada Kondisi Tanah II dengan $k_f = 2.725 \times 10^8 \text{ N/m}^2$ dan $G_s = 9.52 \times 10^6 \text{ N/m}^2$	45
Grafik 4.3. Hubungan Frekuensi Alami dan Ragam Getar Pelat Tebal 0.2 m pada Kondisi Tanah III dengan $k_f = 2.725 \times 10^9 \text{ N/m}^2$ dan $G_s = 9.52 \times 10^6 \text{ N/m}^2$	45
Grafik 4.4. Hubungan Frekuensi Alami dan Ragam Getar Pelat Tebal 0.22 m pada Kondisi Tanah I dengan $k_f = 2.725 \times 10^7 \text{ N/m}^2$ dan $G_s = 9.52 \times 10^6 \text{ N/m}^2$	48
Grafik 4.5. Hubungan Frekuensi Alami dan Ragam Getar Pelat Tebal 0.22 m pada Kondisi Tanah II dengan $k_f = 2.725 \times 10^8 \text{ N/m}^2$ dan $G_s = 9.52 \times 10^6 \text{ N/m}^2$	49
Grafik 4.6. Hubungan Frekuensi Alami dan Ragam Getar Pelat Tebal 0.22 m pada Kondisi Tanah III dengan $k_f = 2.725 \times 10^9 \text{ N/m}^2$ dan $G_s = 9.52 \times 10^6 \text{ N/m}^2$	49
Grafik 4.7. Hubungan Frekuensi Alami dan Ragam Getar Pelat Tebal 0.24 m pada Kondisi Tanah I dengan $k_f = 2.725 \times 10^7 \text{ N/m}^2$ dan $G_s = 9.52 \times 10^6 \text{ N/m}^2$	52
Grafik 4.8. Hubungan Frekuensi Alami dan Ragam Getar Pelat Tebal 0.24 m pada Kondisi Tanah II dengan $k_f = 2.725 \times 10^8 \text{ N/m}^2$ dan $G_s = 9.52 \times 10^6 \text{ N/m}^2$	52
Grafik 4.9. Hubungan Frekuensi Alami dan Ragam Getar Pelat Tebal 0.24 m pada Kondisi Tanah III dengan $k_f = 2.725 \times 10^9 \text{ N/m}^2$ dan $G_s = 9.52 \times 10^6 \text{ N/m}^2$	53
Grafik 4.10. Respons Spektra akibat pengaruh kecepatan pada tebal pelat 0.2 m	53
Grafik 4.11. Respons Spektra akibat pengaruh kecepatan pada tebal pelat 0.22 m ..	54
Grafik 4.12. Respons Spektra akibat pengaruh kecepatan pada tebal pelat 0.24 m ..	54
Grafik 4.13. <i>Time History</i> Defleksi Pelat Tebal 0.2 m	55
Grafik 4.14. <i>Time History</i> Defleksi Pelat Tebal 0.22 m	55
Grafik 4.15. <i>Time History</i> Defleksi Pelat Tebal 0.24 m	56
Grafik 4.16. <i>Time History</i> Momen X dan Y pada Sambungan Pelat dengan Tebal 0.2 m	57
Grafik 4.17. <i>Time History</i> Momen X dan Y pada Sambungan Pelat dengan Tebal 0.22 m	57

Grafik 4.18. *Time History* Momen X dan Y pada Sambungan Pelat dengan Tebal 0.24 m 58

Grafik 4.19. *Time History* gaya geser terhadap sumbu x dan y pada tebal pelat 0.2 m dengan beban dinamik melintas kecepatan 60 km/jam..... 59

Grafik 4.20. *Time History* gaya geser terhadap sumbu x dan y pada tebal pelat 0.22 m dengan beban dinamik melintas kecepatan 60 km/jam..... 59

Grafik 4.21. *Time History* gaya geser terhadap sumbu x dan y pada tebal pelat 0.24 m dengan beban dinamik melintas kecepatan 60 km/jam..... 60

DAFTAR TABEL

Tabel 1.1. Jumlah Kendaraan di Provinsi DKI Jakarta Tahun 2017-2019.....	1
Tabel 4.1. Parameter Pelat Perkerasan Kaku	40
Tabel 4.2. Parameter Beban Dinamik	42
Tabel 4.3. Frekuensi Alami Pelat Tebal 0.2 m pada Kondisi Tanah I dengan	42
Tabel 4.4. Frekuensi Alami Pelat Tebal 0.2 m pada Kondisi Tanah II dengan	43
Tabel 4.5. Frekuensi Alami Pelat Tebal 0.2 m pada Kondisi Tanah III dengan	44
Tabel 4.6. Frekuensi Alami Pelat Tebal 0.22 m pada Kondisi Tanah I dengan	46
Tabel 4.7. Frekuensi Alami Pelat Tebal 0.22 m pada Kondisi Tanah II dengan	46
Tabel 4.8. Frekuensi Alami Pelat Tebal 0.22 m pada Kondisi Tanah III dengan.....	47
Tabel 4.9. Frekuensi Alami Pelat Tebal 0.24 m pada Kondisi Tanah I dengan	49
Tabel 4.10. Frekuensi Alami Pelat Tebal 0.24 m pada Kondisi Tanah II dengan	50
Tabel 4.11. Frekuensi Alami Pelat Tebal 0.24 m pada Kondisi Tanah III dengan....	51
Tabel 4.12. Bentuk 3D Defleksi Pelat dengan Variasi Tebal Pelat dan Kondisi Tanah	60
Tabel 4.13. Distribusi Momen lentur arah x terhadap jarak pelat tebal 0.2 m dengan variasi kondisi tanah pendukung	62
Tabel 4.14. Distribusi Momen lentur arah x terhadap dimensi pelat tebal 0.22 m dengan variasi kondisi tanah pendukung	63
Tabel 4.15. Distribusi Momen lentur arah x terhadap jarak pelat tebal 0.24 m dengan variasi kondisi tanah pendukung	64
Tabel 4.16. Distribusi Momen lentur arah y terhadap jarak pelat tebal 0.2 m dengan variasi kondisi tanah pendukung	65
Tabel 4.17. Distribusi Momen lentur arah y terhadap jarak pelat tebal 0.22 m dengan variasi kondisi tanah pendukung	66
Tabel 4.18. Distribusi Momen lentur arah y terhadap jarak pelat tebal 0.24 m dengan variasi kondisi tanah pendukung	67

Tabel 4.19. Distribusi gaya geser arah x terhadap jarak pelat tebal 0.2 m dengan variasi kondisi tanah pendukung.....	68
Tabel 4.20. Distribusi gaya geser arah x terhadap jarak pelat tebal 0.22 m dengan variasi kondisi tanah pendukung	69
Tabel 4.21. Distribusi gaya geser arah x terhadap jarak pelat tebal 0.24 m dengan variasi kondisi tanah pendukung	70
Tabel 4.22. Distribusi gaya geser arah y terhadap jarak pelat tebal 0.2 m dengan variasi kondisi tanah pendukung.....	71
Tabel 4.23. Distribusi gaya geser arah y terhadap jarak pelat tebal 0.22 m dengan variasi kondisi tanah pendukung	72
Tabel 4.24. Distribusi gaya geser arah y terhadap jarak pelat tebal 0.24 m dengan variasi kondisi tanah pendukung	73

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
G_s	= modulus geser pondasi pasternak
K_f	= modulus kekakuan pondasi pasternak
ξ	= koefisien redaman
$w(x,y,t)$	= fungsi lendutan yang tergantung pada fungsi posisi dan waktu
$p(x,y,t)$	= fungsi beban yang tergantung pada 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 arah x
ν_y	= poisson's ratio arah y
u, v, w	= lendutan bidang xz , yz dan xy dalam arah sumbu x , y dan z
kr_x	= kekakuan rotasi pelat dalam arah x
kr_y	= kekakuan rotasi pelat dalam arah y
ks_x	= kekakuan translasi pelat dalam arah x
ks_y	= kekakuan translasi 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
V_x	= gaya geser dalam arah sumbu x
V_y	= gaya geser dalam arah sumbu y