

**PERILAKU DINAMIK PELAT PERKERASAN KAKU AKIBAT  
BEBAN DINAMIK KENDARAAN DENGAN KECEPATAN TIDAK  
KONSTAN DI ATAS LAPISAN TANAH PENDUKUNG DENGAN 3  
PARAMETER**

**TUGAS AKHIR**



**MUHAMMAD VEARELL RAMADHAN**

**1202004034**

**PROGRAM STUDI TEKNIK SIPIL  
FAKULTAS TEKNIK DAN ILMU KOMPUTER  
UNIVERSITAS BAKRIE  
JAKARTA  
2024**

**PERILAKU DINAMIK PELAT PERKERASAN KAKU AKIBAT  
BEBAN DINAMIK KENDARAAN DENGAN KECEPATAN TIDAK  
KONSTAN DI ATAS LAPISAN TANAH PENDUKUNG DENGAN 3  
PARAMETER**

**TUGAS AKHIR**

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



**MUHAMMAD VEARELL RAMADHAN**

**1202004034**

**PROGRAM STUDI TEKNIK SIPIL  
FAKULTAS TEKNIK DAN ILMU KOMPUTER  
UNIVERSITAS BAKRIE  
JAKARTA  
2024**

## HALAMAN PERNYATAAN ORISINALITAS

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

**Nama : Muhammad Vearell Ramadhan**

**NIM : 1202004034**

**Tanda Tangan**



**Tanggal : 30 Agustus 2024**




## HALAMAN PENGESAHAN

Tugas Akhir ini diajukan oleh:

Nama : Muhammad Vearell Ramadhan  
NIM : 1202004034  
Program Studi : Teknik Sipil  
Fakultas : Teknik dan Ilmu Komputer  
Judul Skripsi : Perilaku Dinamik Pelat Perkerasan Kaku Akibat Beban Dinamik Kendaraan Dengan Kecepatan Tidak Konstan Di Atas Lapisan Tanah Pendukung Dengan 3 Parameter

**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., IPU. (  )  
Penguji 1 : Dr. Mohammad Ihsan, S.T., M.T., M.Sc. (  )  
Penguji 2 : Leonardus Setia Budi Wibowo, S.T., M.T., Ph.D. (  )

Ditetapkan di Jakarta

Tanggal : 30 Agustus 2024

## UCAPAN TERIMA KASIH

Alhamdulillah. Puji dan syukur penulis ucapkan kehadiran Allah Subhanahu wa Ta'ala atas rahmat dan hidayah-Nya sehingga penulis dapat menyelesaikan tugas akhir ini dengan baik dan tepat pada waktunya. Shalawat serta salam juga senantiasa penyusun ucapkan kepada junjungan nabi besar Muhammad SAW.

Tugas akhir ini berjudul “Perilaku Dinamik Pelat Perkerasan Kaku Akibat Beban Dinamik Kendaraan Dengan Kecepatan Tidak Konstan Di Atas Lapisan Tanah Pendukung Dengan 3 Parameter”. Tugas akhir ini merupakan salah satu syarat untuk mencapai gelar Sarjana Teknik di Program Studi Teknik Sipil, Fakultas Teknik dan Ilmu Komputer, Universitas Bakrie.

Selama penyusunan tugas akhir ini tidak lepas dari berbagai tantangan dan kendala yang menimpa penulis. Akan tetapi, penulis dapat menyelesaikan penyusunan tugas akhir secara tepat waktu karena adanya bantuan dalam bentuk bimbingan, saran, serta dorongan dari berbagai pihak. Oleh karena itu, dalam kesempatan kali ini penulis ingin mengucapkan terima kasih kepada:

1. Orang tua dan keluarga yang senantiasa mendoakan, mendukung, menasehati, dan juga memberikan motivasi kepada penulis selama melalui pendidikan dan penyusunan tugas akhir ini.
2. Ibu Prof. Ir. Sofia W. Alisjhabana, M.Sc. Ph.D., IPU selaku Rektor Universitas Bakrie, dan juga selaku Dosen Pembimbing Tugas Akhir yang telah memberikan bimbingan, masukan, dukungan, dan motivasi bagi penulis selama penelitian dan penyusunan tugas akhir ini.
3. Ibu Fatin Adriati S.T., M.T. selaku Ketua Program Studi Teknik Sipil Universitas Bakrie, serta selaku Dosen Pembimbing Akademik yang selalu mendengarkan, membimbing, memberikan motivasi dan juga arahan kepada penulis selama masa perkuliahan dari awal semester hingga akhir semester ini.
4. Bapak dan Ibu Dosen Program Studi Teknik Sipil Universitas Bakrie yang telah memberikan ilmu dan bimbingannya selama masa perkuliahan.

5. Andini, Aufa, Kenneth, dan Lukman selaku sahabat dari penulis yang turut memberikan dukungan dan motivasi kepada penulis selama perkuliahan dan penyusunan tugas akhir ini.
6. Teman-teman Mahasiswa Program Studi Teknik Sipil angkatan 2020 yang selalu saling mendukung satu sama lain.
7. Himpunan Mahasiswa Teknik Sipil Universitas Bakrie dan Keluarga Mahasiswa Teknik Sipil Universitas Bakrie yang senantiasa mendukung dan memberikan motivasi dan juga arahan bagi penulis selama masa perkuliahan.

Penulis mengucapkan terima kasih kepada pihak-pihak yang telah disebutkan di atas maupun yang tidak, karena atas bantuan, arahan, dukungan, dan doa mereka sehingga penulis dapat menyelesaikan tugas akhir ini dengan baik dan tepat pada waktunya.

Penulis sangat menyadari bahwa tugas akhir ini tidak luput dari kesalahan dan kekurangan, Oleh karena itu, penulis dengan senang hati menerima kritik dan saran dari semua pihak. Demikian penulisan tugas akhir ini, penulis berharap tugas akhir ini dapat bermanfaat bagi semua pihak.

Jakarta, Agustus 2024

Penulis

## LEMBAR PERSETUJUAN PUBLIKASI SKRIPSI

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

Nama : Muhammad Vearell Ramadhan  
NIM : 1202004034  
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 KENDARAAN DENGAN KECEPATAN TIDAK KONSTAN DI ATAS LAPISAN TANAH PENDUKUNG DENGAN 3 PARAMETER**

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 : 30 Agustus 2024

Yang Menyatakan,



Muhammad Vearell Ramadhan

**PERILAKU DINAMIK PELAT PERKERASAN KAKU AKIBAT  
BEBAN DINAMIK KENDARAAN DENGAN KECEPATAN TIDAK  
KONSTAN DI ATAS LAPISAN TANAH PENDUKUNG DENGAN 3  
PARAMETER**

Muhammad Vearell Ramadhan<sup>1</sup>

---

**ABSTRAK**

Pada penelitian ini, dilakukan analisis terhadap perilaku dinamik pelat perkerasan kaku di atas lapisan tanah pendukung dengan 3 parameter ( $k_f$ ,  $G_s$ , dan  $m_0$ ) akibat beban dinamik kendaraan yang dimodelkan dalam beberapa variasi ketebalan pelat dan juga kecepatan kendaraan yang melintasi pelat perkerasan kaku, dimana pelat dimodelkan sebuah pelat orthotropik persegi panjang dengan perletakan *dowel* di arah  $x$  dan *tie bar* di arah  $y$ . Beban dinamik kendaraan dimodelkan bergerak di tengah pelat dengan memiliki percepatan tetap dengan kecepatan awal yang bervariasi. Tujuan dari penelitian ini ialah untuk mengetahui pengaruh ketebalan pelat lantai dan kecepatan kendaraan yang melintasi pelat perkerasan kaku terhadap respons dinamik pelat, dan juga gaya-gaya dalam (momen lentur dan gaya geser). Analisis ini diselesaikan secara numerik dengan metode yang digunakan pada penelitian ini ialah *Modified Bolotin Method* dengan bantuan *software Wolfram Mathematica*. Dari hasil penelitian didapatkan bahwa ketebalan pelat berbanding lurus dengan respons dinamik pelat, dan didapatkan juga nilai kecepatan awal kritis dari kendaraan yang melintas yaitu pada 40 km/jam.

Kata Kunci : Pelat Perkerasan Kaku, Beban Dinamik Kendaraan, Ketebalan Pelat, Kecepatan Kendaraan, 3 Parameter, Respons Dinamik, *Modified Bolotin Method*, *Wolfram Mathematica*.

---

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



***DYNAMIC BEHAVIOR OF RIGID PAVEMENT PLATES DUE TO  
DYNAMIC LOADS OF VEHICLES WITH INCONSTANT SPEED OVER  
THE SUPPORTING SOIL LAYER WITH 3 PARAMETERS***

Muhammad Vearell Ramadhan<sup>1</sup>

---

***ABSTRACT***

*In this study, an analysis was carried out on the dynamic behavior of the rigid pavement plate on the supporting soil layer with 3 parameters ( $k_f$ ,  $G_s$ , and  $m_0$ ) due to the dynamic load of the vehicle which was modeled in several variations in plate thickness and also the speed of the vehicle crossing the rigid pavement plate, where the plate was modeled as a rectangular orthotropic plate with dowel placement in the  $x$  direction and tie bar in the direction of  $y$ . The dynamic load of the vehicle is modeled to move in the middle of the plate by having a fixed acceleration with varying starting speeds. The purpose of this study is to determine the influence of floor plate thickness and vehicle speed across rigid pavement plates on the dynamic response of the plate, as well as internal forces (bending moment and shear force). This analysis was completed numerically with the method used in this study, namely the Modified Bolotin Method with the help of Wolfram Mathematica software. From the results of the study, it was found that the thickness of the plate was directly proportional to the dynamic response of the plate, and the critical initial speed value of the passing vehicle was also obtained, which was at 40 km/h.*

*Keywords : Rigid Pavement Plate, Vehicle Dynamic Load, Plate Thickness, Vehicle Speed, 3 Parameters, Dynamic Response, Modified Bolotin Method, Wolfram Mathematica.*

---

<sup>1</sup> Undergraduate Student of Civil Engineering, Bakrie University

## DAFTAR ISI

HALAMAN PERNYATAAN ORISINALITAS .....	i
HALAMAN PENGESAHAN .....	ii
UCAPAN TERIMA KASIH.....	iii
LEMBAR PERSETUJUAN PUBLIKASI SKRIPSI .....	v
ABSTRAK.....	vi
<i>ABSTRACT</i> .....	vii
DAFTAR ISI.....	viii
DAFTAR TABEL .....	xi
DAFTAR GAMBAR .....	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 Engineer</i> dan Peneliti.....	4
1.6 Metode Penelitian .....	5
1.7 Sistematika Penulisan .....	6
BAB II TINJAUAN PUSTAKA.....	7
2.1 Perkerasan Jalan.....	7
2.1.1 Perkerasan Kaku ( <i>Rigid Pavement</i> ).....	7
2.1.2 Jenis Perkerasan Kaku.....	8
2.2 Hukum Hooke dan Elastisitas.....	11

2.3 Teori Lapisan Pondasi.....	14
2.4 Teori Pelat .....	17
2.4.1 Jenis Pelat.....	17
2.4.2 Persamaan Gerak Pelat.....	19
<b>BAB III METODOLOGI PENELITIAN .....</b>	<b>23</b>
3.1 Kerangka Pemikiran Penelitian.....	23
3.2 Teori Modified Bolotin Method.....	24
3.3 Analisis Getaran Bebas .....	24
3.4 Masalah Auxiliary Pertama.....	26
3.5 Masalah Auxiliary Kedua.....	30
3.6 Frekuensi Alami dan Ragam Getar Alami .....	32
3.7 Solusi Homogen.....	33
3.8 Solusi Partikuler.....	36
3.9 Solusi Total.....	38
3.10 Fungsi Beban Dinamik.....	38
3.11 Gaya Gaya Dalam .....	40
3.12 Parameter Pelat Perkerasan Kaku .....	41
3.13 Pemodelan Tanah Pondasi.....	42
<b>BAB IV ANALISIS NUMERIK PELAT PERKERASAN KAKU .....</b>	<b>43</b>
4.1 Frekuensi Alami Pelat.....	43
4.2 Defleksi Absolut Maksimum .....	45
4.3 Riwayat Waktu.....	46
4.4 Momen Lentur.....	48
4.5 Gaya Geser.....	52
<b>BAB V PENUTUP .....</b>	<b>56</b>
5.1 Kesimpulan.....	56
5.2 Saran .....	56

DAFTAR PUSTAKA .....	57
LAMPIRAN .....	58
Lampiran 1 .....	58

**DAFTAR TABEL**

Tabel 1.1.1 Survey Lalu Lintas Harian Jalan Semarang.....	1
Tabel 3.10.1 Parameter Beban Dinamik.....	39
Tabel 3.12.1 Parameter Data Pelat.....	41
Tabel 3.12.2 Parameter Data Pelat (Lanjutan).....	42
Tabel 3.12.3 Parameter Koefisien Ketahanan.....	42
Tabel 3.13.1 Parameter Data Tanah.....	42
Tabel 4.1.1 Frekuensi Alami Pelat Tebal 0.24 m.....	43
Tabel 4.1.2 Frekuensi Alami Pelat Tebal 0.26 m.....	44
Tabel 4.2.1 Defleksi Absolut Maksimum .....	46
Tabel 4.4.1 Distribusi Momen Lentur Arah X.....	48
Tabel 4.4.2 Distribusi Momen Lentur Arah Y .....	50
Tabel 4.4.3 Rekapitulasi Distribusi Momen Lentur Pelat.....	51
Tabel 4.5.1 Distribusi Gaya Geser Arah X.....	52
Tabel 4.5.2 Distribusi Gaya Geser Arah Y .....	54
Tabel 4.5.3 Rekapitulasi Distribusi Gaya Geser Pelat.....	55

## DAFTAR GAMBAR

Gambar 2.1.1 Skema Perkerasan Kaku Bersambung Tanpa Tulangan.....	8
Gambar 2.1.2 Skema Perkerasan Kaku Bersambung dengan Tulangan.....	9
Gambar 2.1.3 Skema Perkerasan Kaku Menerus dengan Tulangan.....	9
Gambar 2.1.4 Skema Perkerasan Kaku Prategang .....	10
Gambar 2.1.5 Skema Perkerasan Kaku Pracetak Prategang .....	11
Gambar 2.2.1 Hukum Hooke.....	12
Gambar 2.3.1 Pemodelan Pondasi Winkler .....	15
Gambar 2.3.2 Pemodelan Pondasi Pasternak .....	15
Gambar 2.3.3 Pemodelan Pondasi Kerr.....	16
Gambar 2.4.1 Keseimbangan Gaya pada Pelat.....	19
Gambar 3.1.1 Bagan Alir Penelitian.....	23
Gambar 3.10.1 Pemodelan Beban pada Pelat.....	40
Gambar 4.1.1 Grafik Frekuensi Alami Pelat Tebal 0.24 m .....	44
Gambar 4.1.2 Grafik Frekuensi Alami Pelat Tebal 0.26 m .....	45
Gambar 4.3.1 Riwayat Waktu Defleksi Dinamik dengan $V = 30 \text{ km/j}$ .....	47
Gambar 4.3.2 Riwayat Waktu Defleksi Dinamik dengan $V = 40 \text{ km/j}$ .....	47
Gambar 4.3.3 Riwayat Waktu Defleksi Dinamik dengan $V = 50 \text{ km/j}$ .....	47

## DAFTAR NOTASI

$a$	= Dimensi pelat dalam arah x
$b$	= Dimensi pelat dalam arah y
$h$	= Tebal pelat
$c$	= Konstanta redaman
$\gamma$	= Koefisien redaman viscous
$\xi$	= Koefisien redaman kritis
$D_x$	= Kekakuan lentur pelat arah x
$D_y$	= Kekakuan lentur pelat arah y
$B$	= Kekakuan puntir efektif pelat
$\rho$	= Massa jenis
$\omega$	= Frekuensi alami pelat lantai
$E_x, E_y$	= Modulus elastisitas pelat arah x dan arah y
$\nu_x, \nu_y$	= Poisson's ratio arah x dan arah y
$k_f$	= Koefisien kekakuan tanah lapisan tanah pendukung
$G_s$	= Koefisien geser lapisan tanah pendukung
$m_0$	= Inersia tanah lapisan tanah pendukung
$k_{sx}$	= Koefisien tahanan translasi vertikal pelay
$k_{ry}$	= Koefisien rotasi pelat
$m$	= Ragam getar di arah x
$n$	= Ragam getar di arah y
$T(t)$	= Fungsi <i>temporal</i>
$W(x,y)$	= Fungsi <i>spatial</i>
$t_0$	= Durasi kendaraan mencapai tengah bentang pelat

$w(x,y,t)$  = Fungsi lendutan yang tergantung pada fungsi posisi, fungsi waktu

$p(x,y,t)$  = Fungsi beban yang tergantung pada fungsi posisi, fungsi waktu.

$x_0, y_0$  = 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