

**ANALISIS PERILAKU DINAMIK PELAT PERKERASAN
KAKU AKIBAT BEBAN DINAMIK LALU LINTAS
KENDARAAN**

TUGAS AKHIR



MUHAMAD FARIS ADITYA

1142004021

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

JAKARTA 2018

**ANALISIS PERILAKU DINAMIK PELAT PERKERASAN
KAKU AKIBAT BEBAN DINAMIK LALU LINTAS
KENDARAAN**

TUGAS AKHIR

Diajukan sebagai salah satu syarat memperoleh gelar sarjana teknik



MUHAMAD FARIS ADITYA

1142004021

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

UNIVERSITAS BAKRIE

JAKARTA 2018

HALAMAN PERNYATAAN ORISINALITAS

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

Nama : Muhamad Faris Aditya

NIM : 1142004021

Tanda Tangan : 

Tanggal : Agustus 2018

HALAMAN PENGESAHAN


Tugas akhir ini diajukan oleh:

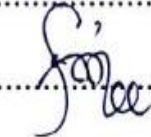
Nama : Muhamad Faris Aditya
NIM : 1142004021
Program Studi : Teknik Sipil
Fakultas : Teknik dan Ilmu Komputer
Judul Skripsi : Analisis Perilaku Dinamik Pelat Perkerasan Kaku
Akibat Beban Dinamik Lalu Lintas Kendaraan

Telah berhasil dipertahankan di hadapan Dewan Penguji dan diterima sebagai bahan 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 : Fatin Adriati, S.T., M.T. (.....)

Ditetapkan di : Jakarta

Tanggal : Agustus 2018

KATA PENGANTAR

Puji syukur penulis panjatkan kepada Tuhan Yang Maha Esa, karena atas berkat dan rahmat-Nya, 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, Fakultas Teknik dan Ilmu Komputer, Universitas Bakrie.

Diselesaikannya tugas akhir ini tidak terlepas dari bantuan berbagai pihak, sehingga pada kesempatan ini penulis dengan segala kerendahan hati dan penuh rasa hormat mengucapkan terima kasih yang sebesar-besarnya kepada:

- 1) Kedua orang tua, Ibu Siti S. dan Alm. Bapak Rudy A.H. serta kakak penulis, Paramitha Adriyati dan Rosmaya Adriyati yang selalu mendoakan dan mendukung penulis;
- 2) Prof. Ir. Sofia W. Alisjahbana, M.Sc., Ph.D. sebagai dosen pembimbing Tugas Akhir yang selalu memberikan bimbingan dan dukungan selama penulis menjalankan perkuliahan dan penelitian.
- 3) Ketua Program Studi dan seluruh dosen Teknik Sipil UB yang telah memberikan ilmu dan bimbingan bagi penulis selama masa perkuliahan.
- 4) Bangun Pamungkas selaku sahabat sekaligus rekan seperjuangan yang selalu memberikan dukungan dan menemani penulis selama penelitian berlangsung.
- 5) Hendian Fanditya selaku sahabat sekaligus rekan seperjuangan dalam penelitian ini.
- 6) Haris, Laras, Pinky, Nadia, Dhany, Radit, Alfa, Raden, ali, ciko, ina, imam sebagai sahabat seangkatan 2014 yang saling membantu, mendukung, serta menemani penulis dalam menimba ilmu selama empat tahun.
- 7) Ahmad Irsyad N. selaku teman seangkat yang membantu dengan memberi izin pemakaian rumahnya untuk teman seangkatan agar dapat menjadi tempat belajar bersama selama 4 tahun.
- 8) Adik-adik angkatan 2015, 2016 dan 2017 yang selalu memberikan support kepada penulis.

- 9) Inocentia Talita Dewanti teman dekat yang selalu membantu menemani dan memberikan support kepada penulis.
- 10) Emeraldalda, Rahmadona, Natasha Gloria, Puti, Grace, Emil dan teman lintas prodi yang seangkatan maupun adik angkatan yang selalu memberikan semangat.
- 11) Semua pihak yang telah memberikan bantuan moril maupun materil secara langsung maupun tidak langsung kepada penulis dalam menyelesaikan penyusunan proposal penelitian.

Penulis menyadari bahwa penulisan tugas akhir ini tak mungkin luput dari kekurangan dan kesalahan. Untuk itu, penulis sangat berterima kasih atas kritik juga saran yang diberikan oleh berbagai pihak. Akhir kata semoga tugas akhir ini dapat memberikan manfaat bagi kita semua.

Jakarta, Agustus 2018

Penulis

LEMBAR PERSETUJUAN PUBLIKASI SKRIPSI

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

Nama : Muhamad Faris Aditya
NIM : 1142004021
Program : 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 Royalty-Free right*) atas karya ilmiah saya yang berjudul:

ANALISIS PERILAKU DINAMIK PELAT PERKERASAN KAKU AKIBAT BEBAN DINAMIK LALU LINTAS KENDARAAN

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 : Agustus 2018

Yang Menyatakan



(Muhamad Faris Aditya)

**ANALISIS PERILAKU DINAMIK PELAT PERKERASAN KAKU
AKIBAT BEBAN DINAMIK LALU LINTAS KENDARAAN**

Muhamad Faris Aditya¹

ABSTRAK

Perkerasan kaku jalan raya atau dikenal *Rigid Pavement* menjadi sesuatu hal yang diperhatikan dalam beberapa tahun belakang karena adanya peningkatan ekonomi yang mempengaruhi peningkatan jumlah lalu lintas kendaraan setiap hari. Penelitian tentang analisis perkerasan kaku jalan dikembangkan agar pelat mampu untuk menahan beban yang lebih besar. Pada penelitian ini, analisis perilaku dinamik pelat perkerasan kaku jalan dengan pemodelan fungsi beban dinamik kendaraan. Pelat yang dianalisis adalah pelat orthotropik dengan perletakan *semi rigid* pada keempat sisinya diatas pemodelan tanah Pasternak. Tujuan penelitian ini yaitu mengetahui pengaruh beban kendaraan, frekuensi kendaraan dan pengaruh redaman terhadap RESPONS dinamik yang meliputi gaya-gaya dalam. Metode *Modified Bolotin Method* dipilih dalam penelitian ini dengan bantuan program *Wolfram Mathematica*. Variasi beban yang digunakan yaitu mobil bak *Mitsubishi Colt Engkel* (CDE) 50031 N dan Truk tronton *wingbox* 245250 N, variasi rasio redaman 5% dan 10% serta variasi kecepatan mulai dari 10-200 km/jam pada ketebalan pelat 20 cm.

Kata Kunci : Perkerasan Kaku jalan, fungsi beban dinamik kendaraan, *Modified Bolotin Method*, perletakan semi rigid, momen lentur, gaya geser, kecepatan, rasio redaman.

¹ Mahasiswa Sarjana Program Studi Teknik Sipil Universitas Bakrie

**ANALISIS PERILAKU DINAMIK PELAT PERKERASAN KAKU
AKIBAT BEBAN DINAMIK LALU LINTAS KENDARAAN**

Muhamad Faris Aditya¹

ABSTRACT

Rigid highway pavement or known as a Rigid Pavement has become a matter of concern in the past few years due to an economic increase that affects the increase in the number of vehicle every day. The research on rigid road pavement was developed recently in order to withstand greater loads. In this study, analysis of the dynamic behavior of rigid roadway pavement are studied by modeling it as an orthotropic plate sitting on the elastics foundation Pasternak subjected to the dynamic vehicle load. The orthotropic plate with semi rigid boundary conditions on all four sides is studied in detail. The purpose of this study is to determine the effect of the weight of the vehicle, as well as the type of the vehicle and influence of the attenuation on the dynamic responses of the rigid roadway pavement. The Modified Bolotin Method are used in this study to solve the transcendental equations by using the Wolfram Mathematica program. Variations of the loads used in this study are Mitsubishi Colt Engkel (CDE) 50031 N and 245250 N tronton wingbox trucks. The variation of the damping ratio are 5% and 10% and the speed variations are 10 -200 km/hr are used to analized the dynamic responses of the rigid roadway pavement 20 cm plate thickness.

Keywords: Road rigid pavement, vehicle dynamic load function, Modified Bolotin Method, semi rigid placement, bending moment, shear force, speed, damping ratio.

¹ Mahasiswa Sarjana Program Studi Teknik Sipil Universitas Bakrie

DAFTAR ISI

HALAMAN PERNYATAAN ORISINALITAS.....	iii
HALAMAN PENGESAHAN.....	iv
KATA PENGANTAR	v
LEMBAR PERSETUJUAN PUBLIKASI SKRIPSI.....	vii
ABSTRAK	viii
ABSTRACT.....	ix
DAFTAR ISI.....	x
DAFTAR GAMBAR	xiii
DAFTAR GRAFIK.....	xv
DAFTAR TABEL.....	xvi
DAFTAR NOTASI.....	xvii
BAB I PENDAHULUAN	1
1.1 Latar Belakang	1
1.2 Rumusan Masalah	4
1.3 Tujuan Penelitian.....	4
1.4 Batasan Masalah.....	5
1.5 Manfaat Penelitian.....	6
1.5.1. Bagi Mahasiswa	6
1.5.2. Bagi <i>structure engineers</i> dan peneliti	7
1.6 Metode Penelitian.....	7
1.7 Sistematika Penulisan.....	8
1.8 Kerangka pemikiran	10
BAB II TINJAUAN PUSTAKA.....	11
2.1 Landasan Teori	11
2.1.1 Perkerasan Kaku.....	12
2.1.2 Tipe pelat.....	13
2.1.3 Tipe Pemodelan Tanah.....	15
2.2 Tipe-tipe Kerusakan Perkerasan Kaku	16
2.2.1 Deformasi.....	17
2.2.1.1 Pemompaan (<i>Pumping</i>).....	17
2.2.1.2 <i>Blow-up/Buckling</i>	18

2.2.1.3	Penurunan atau Patahan (<i>Settlement or Faulting</i>)	19
2.2.1.4	<i>Punch-out</i>	20
2.2.1.5	<i>Rocking</i>	20
2.2.2	Retak (<i>Cracks</i>)	21
2.2.2.1	Retak Memanjang (<i>Longitudinal Cracks</i>)	22
2.2.2.2	Retak Melintang (<i>Transversal Cracks</i>).....	23
2.2.2.3	Retak Diagonal (<i>Diagonal Cracks</i>)	24
2.2.2.4	Retak Berkelok-kelok (<i>Meandering Cracks</i>).....	24
2.2.2.5	Retak Sudut (<i>Corner Cracks</i>)	25
2.2.2.6	Retak Tekuk (<i>Warping Cracks</i>).....	26
2.2.2.7	Retak Susut (<i>Shrinkage Cracks</i>).....	27
2.2.2.8	Retak Bersilang Pelat Pecah (<i>Shattered Slab Intersecting Cracks</i>) ..	27
2.2.2.9	Pelat Terbagi (<i>Divided Slab</i>).....	28
2.2.2.10	Retak Daya Tahan (<i>Durability “D” Cracking</i>)	28
2.2.3	Pinggir Turun (<i>Lane/Shoulder Drop-off</i>).....	29
2.2.4	Disintegrasi	29
2.2.4.1	<i>Scaling/Map Cracking/Crazing</i>	29
2.2.4.2	Gompal (<i>Spalling</i>).....	31
2.2.4.3	Agregat Licin (<i>Polished Aggregate</i>).....	31
2.2.4.4	<i>Popouts</i>	32
2.2.5	Tambalan dan Galian Utilitas (<i>Patching and Utility Cuts</i>).....	32
2.2.6	Lubang (<i>Pothole</i>)	33
2.2.7	Kerusakan Penutup Sambungan (<i>Joint Seal Damage</i>).....	34
2.2.8	Batang <i>Dowel</i> Macet (<i>Frozen Dowel Bars</i>).....	35
2.2.9	Persilangan Jalan Rel (<i>Railroad Crossing</i>).....	36
2.2.10	Retak Pada Perkerasan Beton Bertulang Tanpa Sambungan	37
2.2.11	Konsolidasi atau Gerakan Tanah Pondasi.....	37
2.3	Hukum <i>Hooke</i> dan Elastisitas.....	38
2.4	Persamaan Gerak Pelat	40
BAB III METODE ANALISIS.....		44
3.1	Teori Modified Bolotin Method	44
3.2	Analisis Umum.....	44
3.3	Masalah <i>Auxiliary</i> Pertama.....	46
3.4	Masalah <i>Auxiliary</i> Kedua	50

BAB IV RESPONS DINAMIK PELAT	53
4.1 Solusi Homogen	53
4.2 Solusi Partikuler	56
4.3 Solusi Total.....	60
4.4 Fungsi Beban Dinamik	60
4.5 Gaya-Gaya Dalam	62
BAB V ANALISIS NUMERIK PELAT PERKERASAN KAKU	64
5.1 Data Pelat Perkerasan Kaku Jalan	64
5.2 Input Data Beban	66
5.3 Analisis Numerik.....	68
5.3.1 Frekuensi Alami Sistem	68
5.3.2 Defleksi Dinamik Absolute.....	70
5.3.3 Kecepatan Kritis.....	71
5.3.4 <i>Time History</i> Defleksi Dinamik	72
5.3.5 Momen Lentur.....	73
5.3.6 Gaya Geser Pelat	77
5.4 Kerusakan Pada Perkerasan Kaku	81
BAB VI KESIMPULAN DAN SARAN	82
6.1 KESIMPULAN	82
6.2 SARAN	82
DAFTAR PUSTAKA	83
LAMPIRAN.....	85

DAFTAR GAMBAR

Gambar 1. 2 Tabel Jumlah Rata-rata Kendaraan 2015-2017	1
Gambar 1. 3 Diagram Alur Metodologi Penelitian	10
Gambar 2. 1 Lapisan Perkerasan Jalan	11
Gambar 2. 2 Skema Pondasi Winkler	15
Gambar 2. 3 Skema Pondasi Pasternak	16
Gambar 2. 4 Skema Pondasi Kerr	16
Gambar 2. 5 Skema Blow-up Pada Perkerasan Beton	19
Gambar 2. 6 Tipe-tipe Retak Pada Perkerasan Kaku	22
Gambar 2. 7 Kerusakan Lubang di pojok Pelat Beton	33
Gambar 2. 8 Kerusakan Penutup Sambungan	34
Gambar 2. 9 Kerusakan Pada Persilangan Jalan Rel	36
Gambar 2. 10 Keseimbangan Gaya pada pelat	40
Gambar 5. 1 Permodelan Pembebanan Pada Pelat	64
Gambar 5. 2 Ukuran Geometris Pelat Beton	65
Gambar 5. 3 Frekuensi Alami Pelat	69
Gambar 5. 4 Riwayat waktu Momen Lentur terhadap sumbu x M_x untuk variasi beban pada kecepatan 90 km/jam dengan redaman 5 %	73
Gambar 5. 5 Riwayat waktu Momen Lentur terhadap sumbu y M_y untuk variasi beban pada kecepatan 90 km/jam dengan redaman 5 %	73
Gambar 5. 6 Perilaku 3D Momen Lentur arah x M_x untuk variasi beban kendaraan pada kecepatan 90 km/jam dengan redaman 5%	74
Gambar 5. 7 Perilaku 3D Momen Lentur arah y M_y untuk variasi beban kendaraan pada kecepatan 90 km/jam dengan redaman 5%	74
Gambar 5. 8 Riwayat waktu Momen Lentur terhadap sumbu x M_x untuk variasi beban pada kecepatan 90 km/jam dengan redaman 10 %	75
Gambar 5. 9 Riwayat waktu Momen Lentur terhadap sumbu y M_y untuk variasi beban pada kecepatan 90 km/jam dengan redaman 10 %	75
Gambar 5. 10 Perilaku 3D Momen Lentur arah x M_x untuk variasi beban kendaraan pada kecepatan 90 km/jam dengan redaman 10%	76
Gambar 5. 11 Perilaku 3D Momen Lentur arah y M_y untuk variasi beban kendaraan pada kecepatan 90 km/jam dengan redaman 10%	76
Gambar 5. 12 Riwayat waktu Gaya Geser arah x Q_x untuk variasi beban pada kecepatan 90 km/jam dengan redaman 5 %	77
Gambar 5. 13 Riwayat waktu Gaya Geser arah y Q_y untuk variasi beban pada kecepatan 90 km/jam dengan redaman 5 %	77
Gambar 5. 14 Perilaku 3D Gaya Geser arah x Q_x untuk variasi beban kendaraan pada kecepatan 90 km/jam dengan redaman 5%	78

Gambar 5. 15 Perilaku 3D Gaya Geser arah y Q_y untuk variasi beban kendaraan pada kecepatan 90 km/jam dengan redaman 5%	78
Gambar 5. 16 Riwayat waktu Gaya Geser arah x Q_x untuk variasi beban pada kecepatan 90 km/jam dengan redaman 10 %	79
Gambar 5. 17 Riwayat waktu Gaya Geser arah y Q_y untuk variasi beban pada kecepatan 90 km/jam dengan redaman 10 %	79
Gambar 5. 18 Perilaku 3D Gaya Geser arah x Q_x untuk variasi beban kendaraan pada kecepatan 90 km/jam dengan redaman 10%	80
Gambar 5. 19 Perilaku 3D Gaya Geser arah x Q_x untuk variasi beban kendaraan pada kecepatan 90 km/jam dengan redaman 10%	80

DAFTAR GRAFIK

Grafik 5. 1 Defleksi Dinamik Absolute Beban 245250 N	70
Grafik 5. 2 Defleksi Dinamik Absolute Beban 50031 N	70
Grafik 5. 3 Riwayat Waktu Defleksi Dinamik dengan Variasi Kecepatan 90 km/jam dan redaman 5 %	72
Grafik 5. 4 Riwayat Waktu Defleksi Dinamik dengan Variasi Kecepatan 90 km/jam dan redaman 10 %	72

\

DAFTAR TABEL

Tabel 2. 1 Tingkat Kerusakan Perkerasan Beton, Identifikasi dan Pilihan Perbaikan Penutup Sambungan Rusak.....	35
Tabel 5. 1 Parameter Pelat Beton	65
Tabel 5. 2 Parameter Mitsubishi Colt Engkel (CDE).....	67
Tabel 5. 3 Parameter Truk Tronton Wingbox	67
Tabel 5. 4 Frekuensi Alami Pelat	68
Tabel 5. 5 Perbandingan lendutan dinamik maksimum pada saat $P_0=50031$ N dan $V = 90$ km/jam dengan variasi <i>ω</i> beban	71

DAFTAR NOTASI

a	= dimensi pelat dalam arah x
b	= dimensi pelat dalam arah y
c	= konstanta redaman
D_x	= kekakuan pelat arah x
D_y	= kekakuan pelat arah y
G_s	= Modulus geser pondasi Pasternak
K_f	= Modulus kekakuan pondasi Pasternak
B	= kekakuan punter efektif pelat
ρ	= massa jenis
h	= tebal pelat
γ	= koefisien redaman
$w(x,y,t)$	= fungsi lendutan yang tergantung pada fungsi posisi dan fungsi waktu
$p(x,y,t)$	= fungsi beban yang tergantung pada fungsi posisi dan fungsi waktu
E_x	= modulus elastisitas pelat arah x
E_y	= modulus elastisitas pelat 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
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 y