

**PERILAKU DINAMIK PELAT PERKERASAN KAKU
DENGAN BERBAGAI KETEBALAN AKIBAT BEBAN
DINAMIK LALU LINTAS**

TUGAS AKHIR



MEIKEL RUBEN

1152004006

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

**PERILAKU DINAMIK PELAT PERKERASAN KAKU
DENGAN BERBAGAI KETEBALAN AKIBAT BEBAN
DINAMIK LALU LINTAS**

TUGAS AKHIR

Diajukan sebagai salah satu syarat untuk memperoleh gelar sarjana teknik



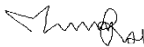
MEIKEL RUBEN

1152004006

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

HALAMAN PERNYATAAN ORISINALITAS

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

Nama : **Meikel Ruben**
NIM : **1152004006**
Tanda tangan : 
Tanggal : **Februari 2019**




HALAMAN PENGESAHAN

Tugas Akhir ini diajukan oleh:

Nama : Meikel Ruben
NIM : 1152004006
Program Studi : Teknik Sipil
Fakultas : Teknik dan Ilmu Komputer
Judul Skripsi : Perilaku Dinamik Pelat Perkerasan Kaku dengan
berbagai Ketebalan Akibat Beban Dinamik Lalu
Lintas

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 : Ir. Sofia W. Alisjahbana, M.Sc., Ph.D. 
Penguji : Dr. Mohammad Ihsan, S.T., M.T., M.Sc. 
Penguji : Jouvan Chandra Putra Pratama, S.T., M.Sc. 

Ditetapkan di : Jakarta

Tanggal : Februari 2019

UCAPAN TERIMA KASIH

Puji dan syukur kepada Tuhan pencipta alam semesta yang maha pengasih, atas berkat dan rahmad-Nya penulis dapat menyelesaikan tugas akhir ini. Tugas Akhir dilakukan dalam rangka memenuhi salah satu syarat mencapai gelar Sarjana Teknik program Studi Teknik Sipil pada Fakultas Teknik dan Ilmu Komputer Universitas Bakrie. Saya sangat menyadari bahwa, penulisan Tugas Akhir ini sangatlah tidak mudah diselesaikan. Oleh karena itu, saya mengucapkan terimakasih kepada:

- 1) Ir. Sofia W. Alisjahbana, M.Sc., Ph.D. selaku Pembimbing Skripsi yang telah memberikan motivasi, pemikiran, tenaga dan pemikiran dalam menyusun skripsi ini;
- 2) Ade Asmi, Ph.D. selaku Ketua Program Studi Teknik Sipil yang telah memberikan motivasi, bimbingan dan arahan bagi penulis selama masa kuliah.
- 3) Safrilah, S.T., M.Sc. sebagai dosen Program Studi Teknik Sipil sekaligus sebagai dosen pembimbing akademik yang telah memberikan motivasi, bimbingan dan arahan bagi penulis selama masa kuliah.
- 4) Bapak dan Ibu Dosen Program Studi Teknik Sipil Universitas Bakrie yang juga telah memberikan pengetahuan-pengetahuan dalam bidang ilmu teknik sipil sehingga membantu penulis saat melakukan kerja praktik.
- 5) Orang tua dan semua saudara-saudara kandung saya yang memberikan dukungan berupa material dan moral
- 6) Teman-teman Mahasiswa Program Studi Teknik Sipil yang telah memberikan motivasi, masukan, dan dukungan kepada penulis.

Penulis menyadari bahwa Tugas Akhir ini masih banyak kekurangan-kekurangan, sehingga penulis mengharapkan adanya kritik dan saran untuk menyempurnakan laporan ini. Penulis berharap apa yang telah dituliskan dapat bermanfaat bagi pihak-pihak terkait.

Jakarta, Februari 2019

Penulis

LEMBAR PERSETUJUAN PUBLIKASI SKRIPSI

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

Nama : Meikel Ruben
NIM : 1152004006
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:

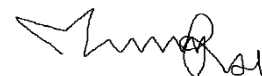
**ANALISA PERILAKU DINAMIK PELAT PERKERASAN KAKU
AKIBAT BEBAN DINAMIK LALU LINTAS KENDARAAN**

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 : Februari 2019

Yang menyatakan



(Meikel Ruben)

**PERILAKU DINAMIK PELAT PERKERASAN KAKU DENGAN
BERBAGAI KETEBALAN AKIBAT BEBAN DINAMIK LALU LINTAS**

Meikel Ruben¹

ABSTRAK

Perkembangan Transjakarta sangatlah pesat, khususnya pada penambahan bus-bus baru untuk memenuhi kebutuhan penumpangnya. Penambahan bus-bus tersebut yang akan berjalan di atas perkerasan kaku harus dianalisis, khususnya pada beban bus yang paling berat. Beban kendaraan yang digunakan adalah beban bus *Scania Artic City Bus 6x2/2 K-Series*, dengan berat kapasitas penuh sebesar 293000 N. Penelitian ini menganalisis perkerasan kaku yang diasumsikan sebagai pelat orthotropik dengan perletakan *semi rigid* pada semua sisinya yang berada di atas permodelan tanah Pasternak. Dimensi perkerasan kaku diperoleh dari perkerasan kaku Transjakarta yang berada di lapangan dengan beberapa variasi tebal dan juga variasi tanah pendukung. Variasi ketebalan yang digunakan adalah 23 cm, 25, cm dan 27 cm, di mana tebal 25 cm merupakan ketebalan di lapangan. Variasi tanah pendukung adalah tanah lunak, tanah sedang dan tanah keras. Penelitian ini bertujuan untuk mendapatkan Respons Spektra akibat pengaruh kecepatan dan juga frekuensi beban kendaraan serta untuk mendapatkan gaya-gaya dalam. Respons Spektra yang diperoleh untuk mendapatkan frekuensi beban dan kecepatan kritis.

Kata Kunci: Transjakarta, perkerasan kaku, pelat orthotropik, perletakan *semi rigid*, variasi ketebalan, respons spektra, frekuensi beban, kecepatan

¹ Mahasiswa Sarjana Program Studi Teknik Sipil Universitas Bakrie

**PERILAKU DINAMIK PELAT PERKERASAN KAKU DENGAN
BERBAGAI KETEBALAN AKIBAT BEBAN DINAMIK LALU LINTAS**

Meikel Ruben¹

ABSTRACT

The development of Transjakarta is very rapid, especially in the addition of new buses to meet the needs of its passengers. The addition of these buses which will run on rigid pavements must be analyzed, especially on the heaviest bus load. The vehicle load used in the Scania Artic City Bus 6x2/2 K-Series bus load, with a full weight capacity of 293000 N. The Study analyzes the rigid pavement assumed as orthotropic plates with semi-rigid placement on all sides above the modeling of Pasternak soil. The dimensions of rigid pavement are obtained from Transjakarta rigid pavement which are in the field with several thickness variations and supporting soil variations. The thickness variations used are 23 cm, 25 cm, and 27 cm, where 25 cm thick is the thickness in the field. The supporting soil variations are soft soil, medium soil, and hard soil. This study aims to obtain Spectra Response due to the effect of velocity and the frequency of vehicle loads and to obtain internal forces. The Spectra Response as obtained to get the load frequency and the critical velocity.

Keywords: *Transjakarta, rigid pavement, orthotropic plates, semi-rigid placement, thickness variations, Spectra Response, load frequency, velocity*

¹ Mahasiswa Sarjana Program Studi Teknik Sipil Universitas Bakrie

DAFTAR ISI

HALAMAN PERNYATAAN ORISINALITAS.....	i
HALAMAN PENGESAHAN.....	ii
UCAPAN TERIMA KASIH.....	iii
LEMBAR PERSETUJUAN PUBLIKASI SKRIPSI.....	iv
ABSTRAK.....	v
ABSTRACT.....	vi
DAFTAR ISI.....	vii
DAFTAR GAMBAR.....	ix
DAFTAR TABEL.....	x
DAFTAR TABEL.....	xi
DAFTAR NOTASI.....	xiv
BAB I PENDAHULUAN.....	1
1.1. Latar Belakang.....	1
1.2. Rumusan Masalah.....	2
1.3. Tujuan Penelitian.....	3
1.4. Batasan Masalah.....	3
1.5. Manfaat.....	4
1.5.1. Bagi Mahasiswa.....	4
1.5.2. Bagi Perusahaan.....	4
1.6. Metode.....	4
1.7. Sistematika Penulisan.....	5
1.8. Kerangka Pemikiran.....	7
BAB II TINJAUAN PUSTAKA.....	8
2.1. Landasan Teori.....	8
2.1.1. Perkerasan kaku.....	9
2.1.2. Pelat.....	11
2.1.3. Tipe Pemodelan Tanah.....	12
2.2. Kerusakan Struktur Perkerasan Kaku.....	14
2.3. Hukum Hooke dan dan Elastisitas.....	14
2.4. Persamaan Gerak Pelat.....	16
BAB III METODE PENELITIAN.....	20
3.1. Teori Modified Bolotin Method.....	20

3.2.	Analisis Umum.....	20
3.3.	Masalah Auxiliary Pertama	22
3.4.	Masalah Auxiliary Kedua.....	25
BAB IV RESPONS DINAMIK		28
4.1.	Solusi Homogen	28
4.2.	Solusi Partikuler	31
4.3.	Solusi Total.....	33
4.4.	Fungsi Beban Dinamik	33
4.5.	Gaya-Gaya Dalam	34
BAB V ANALISIS NUMERIK PELAT PERKERASAN KAKU		35
5.1.	Data Pelat Perkerasan Kaku Jalan	35
5.2.	Data Beban Dinamik	36
5.3.	Frekuensi Alami Sistem	36
5.4.	Defleksi Dinamik Absolut.....	40
5.5.	<i>Time History</i> Defleksi Dinamik	44
5.6.	<i>Time History</i> Momen Lentur di Tengah Bentang	45
5.6.1.	Momen Lentur pada Kedua Sumbu Pelat	48
5.6.2.	Perilaku 3D Momen Lentur Pelat	50
5.7.	<i>Time History</i> Gaya Geser di Tengah Bentang.....	52
5.7.1.	Gaya Geser pada Kedua Sumbu Pelat.....	55
5.7.2.	Perilaku 3D Gaya Geser Pelat.....	57
BAB VI KESIMPULAN DAN SARAN		60
6.1.	Kesimpulan.....	60
6.2.	Saran	60
DAFTAR PUSTAKA		61
LAMPIRAN 1 MENCARI NILAI P DAN Q.....		63
LAMPIRAN 2 MENCARI DEFLEKSI DAN GAYA-GAYA DALAM.....		64

DAFTAR GAMBAR

Gambar 1. 1. Diagram Alur Metodologi Penelitian	7
Gambar 2. 1. Struktur Perkerasan Kaku (Sumber: Pedoman Perencanaan Perkerasan Kaku 2012)	8
Gambar 2. 2. Penyebaran Beban pada Perkerasan Kaku (Sumber: Hardiyatmo, 2015)	9
Gambar 2. 3. Perkerasan Beton Bertulang Bersambung (Sumber: Fwa, 2016)....	10
Gambar 2. 4. Perkerasan Beton Bertulang Kontinyu (Sumber: Fwa, 2006).....	11
Gambar 2. 5. Skema pondasi winkler (Sumber: Pranowo, 2016).....	13
Gambar 2. 6. Skema pondasi Pasternak (Sumber: Pranowo, 2016).....	13
Gambar 2. 7. Skema pondasi Kerr (Sumber: Pranowo, 2016).....	14
Gambar 2. 8. Keseimbangan Gaya pada Pelat (sumber: Szilard, 1989)	16
Gambar 5. 1. Ukuran Geometri Pelat Beton	36

DAFTAR TABEL

Tabel 1. 1. Jumlah Kendaraan Bermotor yang Terdaftar Menurut Jenis Kendaraan, DKI Jakarta 2012-2016	1
Tabel 5. 1. Parameter Pelat Beton	35
Tabel 5. 2. Parameter beban dinamik	36

DAFTAR TABEL

Grafik 5. 1. Hubungan frekuensi alami sistem dan ragam getar untuk tanah lunak dan tebal 23 cm	37
Grafik 5. 2. Hubungan frekuensi alami sistem dan ragam getar untuk tanah lunak dan tebal 25 cm	37
Grafik 5. 3. Hubungan frekuensi alami sistem dan ragam getar untuk tanah lunak dan tebal 27 cm	37
Grafik 5. 4. Hubungan frekuensi alami sistem dan ragam getar untuk tanah sedang dan tebal 23 cm	38
Grafik 5. 5. Hubungan frekuensi alami sistem dan ragam getar untuk tanah sedang dan tebal 25 cm	38
Grafik 5. 6. Hubungan frekuensi alami sistem dan ragam getar untuk tanah sedang dan tebal 27 cm	38
Grafik 5. 7. Hubungan frekuensi alami sistem dan ragam getar untuk tanah keras dan tebal 23 cm	39
Grafik 5. 8. Hubungan frekuensi alami sistem dan ragam getar untuk tanah keras dan tebal 25 cm	39
Grafik 5. 9. Hubungan frekuensi alami sistem dan ragam getar untuk tanah keras dan tebal 27 cm	39
Grafik 5. 10. Respons Spektra akibat pengaruh kecepatan pada tanah lunak dengan berbagai ketebalan.....	40
Grafik 5. 11. Respons Spektra akibat pengaruh kecepatan pada tanah sedang dengan berbagai ketebalan.....	41
Grafik 5. 12. Respons Spektra akibat pengaruh kecepatan pada tanah keras dengan berbagai ketebalan.....	41
Grafik 5. 13. Respons Spektra akibat pengaruh frekuensi beban pada tanah lunak dengan berbagai ketebalan	42
Grafik 5. 14. Respons Spektra akibat pengaruh frekuensi beban pada tanah sedang dengan berbagai ketebalan	42
Grafik 5. 15. Respons Spektra akibat pengaruh frekuensi beban pada tanah keras dengan berbagai ketebalan	43
Grafik 5. 16. Time History defleksi dinamik dengan tebal 23 cm, frekuensi beban kritis dan kecepatan 60 km/jam	44
Grafik 5. 17. Time History defleksi dinamik dengan tebal 25 cm, frekuensi beban kritis dan kecepatan 60 km/jam	44
Grafik 5. 18. Time History defleksi dinamik dengan tebal 27 cm, frekuensi beban kritis dan kecepatan 60 km/jam	45
Grafik 5. 19. Time History momen lentur terhadap sumbu x untuk tebal 23 cm, frekuensi beban kritis, dan kecepatan 60 km/jam	46
Grafik 5. 20. Time History momen lentur terhadap sumbu y untuk tebal 23 cm, frekuensi beban kritis, dan kecepatan 60 km/jam	46
Grafik 5. 21. Time History momen lentur terhadap sumbu x untuk tebal 25 cm, frekuensi beban kritis, dan kecepatan 60 km/jam	46
Grafik 5. 22. Time History momen lentur terhadap sumbu y untuk tebal 25 cm, frekuensi beban kritis, dan kecepatan 60 km/jam	47

Grafik 5. 23. Time History momen lentur terhadap sumbu x untuk tebal 27 cm, frekuensi beban kritis, dan kecepatan 60 km/jam	47
Grafik 5. 24. Time History momen lentur terhadap sumbu y untuk tebal 27 cm, frekuensi beban kritis, dan kecepatan 60 km/jam	47
Grafik 5. 25. Nilai momen lentur terhadap sumbu x untuk tebal 23 cm saat waktu pada defleksi maksimum, frekuensi beban kritis, dan kecepatan 60 km/jam	48
Grafik 5. 26. Nilai momen lentur terhadap sumbu y untuk tebal 23 cm saat waktu pada defleksi maksimum, frekuensi beban kritis, dan kecepatan 60 km/jam	48
Grafik 5. 27. Nilai momen lentur terhadap sumbu x untuk tebal 25 cm saat waktu pada defleksi maksimum, frekuensi beban kritis, dan kecepatan 60 km/jam	49
Grafik 5. 28. Nilai momen lentur terhadap sumbu y untuk tebal 25 cm saat waktu pada defleksi maksimum, frekuensi beban kritis, dan kecepatan 60 km/jam	49
Grafik 5. 29. Nilai momen lentur terhadap sumbu x untuk tebal 27 cm saat waktu pada defleksi maksimum, frekuensi beban kritis, dan kecepatan 60 km/jam	49
Grafik 5. 30. Nilai momen lentur terhadap sumbu y untuk tebal 27 cm saat waktu pada defleksi maksimum, frekuensi beban kritis, dan kecepatan 60 km/jam	50
Grafik 5. 31. Perilaku 3D momen untuk tebal 23 cm saat waktu pada defleksi maksimum, tanah lunak, frekuensi beban kritis, dan kecepatan 60 km/jam.....	50
Grafik 5. 32. Perilaku 3D momen untuk tebal 25 cm saat waktu pada defleksi maksimum, tanah lunak, frekuensi beban kritis, dan kecepatan 60 km/jam.....	51
Grafik 5. 33. Perilaku 3D momen untuk tebal 27 cm saat waktu pada defleksi maksimum, tanah lunak, frekuensi beban kritis, dan kecepatan 60 km/jam.....	51
Grafik 5. 34. Perilaku 3D momen untuk tebal 23 cm saat waktu pada defleksi maksimum, tanah keras, frekuensi beban kritis, dan kecepatan 60 km/jam	51
Grafik 5. 35. Perilaku 3D momen untuk tebal 25 cm saat waktu pada defleksi maksimum, tanah keras, frekuensi beban kritis, dan kecepatan 60 km/jam	52
Grafik 5. 36. Perilaku 3D momen untuk tebal 27 cm saat waktu pada defleksi maksimum, tanah keras, frekuensi beban kritis, dan kecepatan 60 km/jam	52
Grafik 5. 37. Time History gaya geser terhadap sumbu x untuk tebal 23 cm, frekuensi beban kritis, dan kecepatan 60 km/jam	53
Grafik 5. 38. Time History gaya geser terhadap sumbu y untuk tebal 23 cm, frekuensi beban kritis, dan kecepatan 60 km/jam	53
Grafik 5. 39. Time History gaya geser terhadap sumbu x untuk tebal 25 cm, frekuensi beban kritis, dan kecepatan 60 km/jam	53
Grafik 5. 40. Time History gaya geser terhadap sumbu y untuk tebal 25 cm, frekuensi beban kritis, dan kecepatan 60 km/jam	54
Grafik 5. 41. Time History gaya geser terhadap sumbu x untuk tebal 27 cm, frekuensi beban kritis, dan kecepatan 60 km/jam	54
Grafik 5. 42. Time History gaya geser terhadap sumbu y untuk tebal 27 cm, frekuensi beban kritis, dan kecepatan 60 km/jam	54
Grafik 5. 43. Nilai gaya geser terhadap sumbu x untuk tebal 23 cm saat waktu pada defleksi maksimum, frekuensi beban kritis, dan kecepatan 60 km/jam	55
Grafik 5. 44. Nilai gaya geser terhadap sumbu y untuk tebal 23 cm saat waktu pada defleksi maksimum, frekuensi beban kritis, dan kecepatan 60 km/jam	55
Grafik 5. 45. Nilai gaya geser terhadap sumbu x untuk tebal 25 cm saat waktu pada defleksi maksimum, frekuensi beban kritis, dan kecepatan 60 km/jam	56
Grafik 5. 46. Nilai gaya geser terhadap sumbu y untuk tebal 25 cm saat waktu pada defleksi maksimum, frekuensi beban kritis, dan kecepatan 60 km/jam	56

Grafik 5. 47. Nilai gaya geser terhadap sumbu x untuk tebal 27 cm saat waktu pada defleksi maksimum, frekuensi beban kritis, dan kecepatan 60 km/jam 56

Grafik 5. 48. Nilai gaya geser terhadap sumbu y untuk tebal 27 cm saat waktu pada defleksi maksimum, frekuensi beban kritis, dan kecepatan 60 km/jam 57

Grafik 5. 49. Perilaku 3D gaya geser untuk tebal 23 cm saat waktu pada defleksi maksimum, tanah lunak, frekuensi beban kritis, dan kecepatan 60 km/jam..... 57

Grafik 5. 50. Perilaku 3D gaya geser untuk tebal 25 cm saat waktu pada defleksi maksimum, tanah lunak, frekuensi beban kritis, dan kecepatan 60 km/jam..... 58

Grafik 5. 51. Perilaku 3D gaya geser untuk tebal 27 cm saat waktu pada defleksi maksimum, tanah lunak, frekuensi beban kritis, dan kecepatan 60 km/jam..... 58

Grafik 5. 52. Perilaku 3D gaya geser untuk tebal 23 cm saat waktu pada defleksi maksimum, tanah keras, frekuensi beban kritis, dan kecepatan 60 km/jam 58

Grafik 5. 53. Perilaku 3D gaya geser untuk tebal 25 cm saat waktu pada defleksi maksimum, tanah keras, frekuensi beban kritis, dan kecepatan 60 km/jam 59

Grafik 5. 54. Perilaku 3D gaya geser untuk tebal 27 cm saat waktu pada defleksi maksimum, tanah keras, frekuensi beban kritis, dan kecepatan 60 km/jam 59

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