

**DISTRIBUSI TEGANGAN PADA PELAT ORTHOTROPIK
DIATAS *INERTIAL SOIL* AKIBAT BEBAN DINAMIK**

TUGAS AKHIR



AISYAH INTANSARI HARSONO

1152004023

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

UNIVERSITAS BAKRIE

JAKARTA

2019

**DISTRIBUSI TEGANGAN PADA PELAT ORTHOTROPIK
DIATAS *INERTIAL SOIL* AKIBAT BEBAN DINAMIK**

TUGAS AKHIR

Diajukan sebagai salah satu syarat untuk memperoleh gelar sarjana teknik.



AISYAH INTANSARI HARSONO

1152004023


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

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 : Aisyah Intansari Harsono
NIM : 1152004023
Tanda tangan : 
Tanggal : Juli 2019

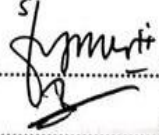
HALAMAN PENGESAHAN

Tugas Akhir ini diajukan oleh:


Nama : Aisyah Intansari Harsono
NIM : 1152004023
Program Studi : Teknik Sipil
Fakultas : Teknik dan Ilmu Komputer
Judul Skripsi : Distribusi Tegangan pada Pelat Orthotropik diatas
Inertial Soil Akibat Beban Dinamik

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 : Dr. Mohammad Ihsan, S.T., M.T., M.Sc. (.....)

Penguji : Jouvan Chandra Putra Pratama, S.T., M.Sc. (.....)

Ditetapkan di : Jakarta

Tanggal : Agustus 2019

UCAPAN TERIMA KASIH

Dengan mengucapkan puji dan syukur kepada Allah SWT, atas segala limpahan rahmat dan karunia-Nya, sehingga penulis dapat menyelesaikan tugas akhir ini. Adapun penulisan skripsi ini bertujuan untuk memenuhi salah satu syarat mencapai gelar Sarjana Teknik program Studi Teknik Sipil pada Fakultas Teknik dan Ilmu Komputer Universitas Bakrie. Selama pengerjaan skripsi ini, penulis mendapatkan banyak kendala. Akan tetapi, hal ini dapat diselesaikan dengan adanya bantuan, saran, dan motivasi dari pihak-pihak terkait. Saya mengucapkan terimakasih, kepada:

- 1) Prof. Ir. Sofia W. Alisjahbana, M.Sc., Ph.D. selaku Dosen Pembimbing Tugas Akhir, terima kasih banyak atas bimbingan, nasehat, dan dukungan yang diberikan kepada penulis dalam penyusunan Tugas Akhir ini.
- 2) Dr. Ir. Ade Asmi, S.T., M.Sc., Ph.D. selaku Ketua Program Studi Teknik Sipil sekaligus sebagai dosen pembimbing akademik yang telah memberikan pengetahuan dan arahan bagi penulis selama masa kuliah.
- 3) Safrilah, S.T., M.Sc. sebagai dosen Program Studi Teknik Sipil 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 penelitian.
- 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, Agustus 2019

Penulis

LEMBAR PERSETUJUAN PUBLIKASI SKRIPSI

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

Nama : Aisyah Intansari Harsono
NIM : 1152004023
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:

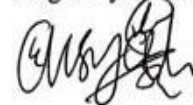
DISTRIBUSI TEGANGAN PADA PELAT ORTHOTROPIK DIATAS *INERTIAL SOIL* AKIBAT BEBAN DINAMIK

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: 23 Agustus 2019

Yang menyatakan



(Aisyah Intansari H)

DISTRIBUSI TEGANGAN PADA PELAT ORTHOTROPIK DIATAS *INERTIAL SOIL* AKIBAT BEBAN DINAMIK

Aisyah Intansari Harsono¹

ABSTRAK

Model desain perkerasan jalan yang biasa digunakan pada perkerasan kaku adalah jenis pondasi Winkler. Karena model pondasi Winkler terbilang sangat sederhana sehingga model ini memiliki beberapa keterbatasan. Jenis pondasi pasternak yang memiliki dua parameter ditetapkan sebagai jenis pondasi terbaik untuk memodelkan perkerasan. Parameter tanah inersia ternyata penting diperhitungkan untuk meningkatkan akurasi pada pelat sehingga disebut tipe pondasi tiga parameter. Karya ini menganalisa respons pelat dinamis orthotropik yang bertumpu pada tanah inersia dan distribusi tegangan pelat tersebut dengan menggunakan *Modified Bolotin Method* dan bantuan persamaan transedental. Analisis dilakukan dengan membuat pemodelan menggunakan program *Wolfram Mathematica*. Variasi tebal yang digunakan adalah 18 cm, 20 cm, dan 22 cm. Jenis tanah yang dianalisa adalah tanah keras dan tanah lunak. Hasil analisis menunjukkan lendutan pada pondasi tipe tanah inersia lebih teliti 1,45% dibandingkan pondasi tipe pasternak. Distribusi tegangan pada pondasi tanah inersia untuk tanah lunak lebih besar daripada tanah keras.

Kata Kunci: *inertial soil*, perkerasan kaku, pelat orthotropik, perletakan *semi rigid*, variasi ketebalan, respons dinamik, jenis tanah, distribusi tegangan

¹ Mahasiswa Sarjana Program Studi Teknik Sipil Universitas Bakrie

STRESS DISTRIBUTION IN ORTHOTROPIK PLATES ON INERTIAL SOIL CAUSED BY DYNAMIC LOADS

Aisyah Intansari Harsono¹

ABSTRACT

The road pavement design model commonly used on rigid pavement is a type of Winkler foundation. Because the Winkler foundation model is fairly simple, this model has several limitations. The type of Pasternak foundation that has two parameters is defined as the best type of foundation for rigid pavements. Inertial Soil parameter is important to be calculated to increase the accuracy of the plate. This work analyzes the orthotropic dynamic plate response that relies on inertial soil and plate stress distribution using Modified Bolotin Method and the assistance of transcendental equations. The analysis was done by modeling using the Wolfram Mathematica program. The thickness variations for plate used are 18 cm, 20 cm and 22 cm. Type of soil that has been analyzed is hard soil and soft soil. Results of the analysis shows deflection in the inertial soil type foundation is 1.45% more accurate compared to pasternak type foundation. The stress distribution on the inertial soil foundation for soft soil is higher than hard soil.

Keywords : Inertial soil, rigid pavement, orthotropic plates, semi-rigid placement, thickness variation, dynamic response, soil type, stress distribution.

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	x
DAFTAR TABEL.....	xi
DAFTAR NOTASI.....	xii
BAB I.....	1
PENDAHULUAN	1
1.1. Latar Belakang	1
1.2. Rumusan Masalah	3
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 Berpikir	6
1.8. Jadwal Penelitian.....	6
BAB II.....	8

TINJAUAN PUSTAKA	8
2.1. Teori Dinamika Struktur	8
2.1.1 Teori Elastisitas	9
2.1.2 Hukum Hooke.....	10
2.2. Teori Lapisan Pondasi	12
2.3. Teori Pelat	15
2.3.1 Jenis Pelat.....	15
2.3.2 Persamaan Gerak Pelat.....	17
BAB III	20
WAKTU GETAR ALAMI PELAT	20
3.1. Teori Modified Bolotin Method	20
3.2. Solusi Homogen	20
3.3. Masalah <i>Auxiliary</i> Pertama.....	22
3.4. Masalah <i>Auxiliary</i> Kedua	25
BAB IV	28
RESPONS DINAMIK	28
4.1. Hubungan antara konstanta pemisah dan frekuensi alami	28
4.2. Solusi Partikuler	30
4.3. Solusi Total.....	32
4.4. Fungsi Beban Dinamik.....	33
BAB V	34
ANALISIS NUMERIK.....	34
5.1. Data Pelat Perkerasan Kaku	34
5.2. Data Beban	35
5.3. Analisis Numerik.....	36

5.3.1.	Frekuensi Alami Pelat	36
5.3.2.	Lendutan berdasarkan variasi kecepatan.....	41
5.3.3.	Lendutan berdasarkan perbedaan jenis tanah.....	42
5.3.4.	Lendutan Berdasarkan Tipe Pondasi	44
5.3.5.	Time History Defleksi pada Pelat.....	45
5.3.6.	Distribusi Tegangan Lentur maksimum	47
BAB VI		49
KESIMPULAN DAN SARAN.....		49
6.1.	Kesimpulan.....	49
6.2.	Saran	50
DAFTAR PUSTAKA		51
LAMPIRAN.....		53

DAFTAR GAMBAR

Gambar 2.1 Balok kantilever dengan (a) beban statis dan (b) beban dinamis.	8
Gambar 2.2 Balok dengan (a) beban statis dan (b) beban dinamis.....	9
Gambar 2.3 Respons suatu benda elastis terhadap gaya luar.....	10
Gambar 2.4 Hukum Hooke	10
Gambar 2.5 Model pondasi Winkler.....	13
Gambar 2.6 Skema pondasi Pasternak.....	13
Gambar 2.7 Skema pondasi Kerr	14
Gambar 2.8 Skema pondasi <i>Inertial Soil</i>	15
Gambar 2.9 Keseimbangan Gaya pada pelat	17
Gambar 5.1 Pemodelan Beban dan Pelat.....	36
Gambar 5.2 Frekuensi Alami Pelat Tebal 0,18 m.	38
Gambar 5.3 Frekuensi Alami Pelat Tebal 0,2 m.	39
Gambar 5.4 Frekuensi Alami Pelat Tebal 0,22 m.	40
Gambar 5.5 Frekuensi alami sistem untuk berbagai variasi ketebalan.	41
Gambar 5.6 Kecepatan kritis untuk berbagai variasi kecepatan.	41
Gambar 5.7 Perbandingan defleksi maksimum sistem untuk berbagai variasi tebal.....	42
Gambar 5.8 Defleksi pada perbedaan jenis tanah.	43
Gambar 5.9 Defleksi maksimum 3D tanah keras.	44
Gambar 5.10 Defleksi maksimum 3D tanah lunak.	44
Gambar 5.11 Defleksi Maksimum berdasarkan tipe pondasi.	44
Gambar 5.12 <i>Time History</i> untuk tebal pelat 0,18 m.	45
Gambar 5.13 <i>Time History</i> untuk tebal pelat 0,20 m.	46
Gambar 5.14 Grafik <i>Time History</i> untuk tebal pelat 0,22 m.	46
Gambar 5. 15 Distribusi tegangan pada variasi tebal.	47
Gambar 5.16 Distribusi tegangan pada (a) tanah keras dan (b) tanah lunak.	48

DAFTAR TABEL

Tabel 5.1 Parameter dari pelat beton.	34
Tabel 5.2 Data Beban Transversal (Dinamik).	35
Tabel 5.3 Frekuensi Alami Pelat Tebal 0,18 m.....	36
Tabel 5.4 Frekuensi Alami Pelat Tebal 0,2 m.....	38
Tabel 5.6 Frekuensi Alami Pelat Tebal 0,22 m.....	39

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 <i>inertial soil</i>
G_s	= koefisien modulus geser pondasi <i>inertial soil</i>
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_o	= koefisien <i>inertial soil</i>