STABILITAS PELAT ORTHOTROPIK LANDASAN PACU TERHADAP KOMBINASI BEBAN *IN-PLANE* DAN BEBAN DINAMIK TRANSVERSAL DI ATAS PEMODELAN TANAH PONDASI KERR

TUGAS AKHIR

MUHAMMAD DAFFA FACHRUR REZA

1192004006

PROGRAM STUDI TEKNIK SIPIL

FAKULTAS TEKNIK DAN ILMU KOMPUTER

UNIVERSITAS BAKRIE

JAKARTA

2022

STABILITAS PELAT ORTHOTROPIK LANDASAN PACU TERHADAP KOMBINASI BEBAN *IN-PLANE* DAN BEBAN DINAMIK TRANSVERSAL DI ATAS PEMODELAN TANAH PONDASI KERR

TUGAS AKHIR

Diajukan sebagai salah satu syarat untuk memperoleh gelar sarjana teknik

MUHAMMAD DAFFA FACHRUR REZA

1192004006

PROGRAM STUDI TEKNIK SIPIL

FAKULTAS TEKNIK DAN ILMU KOMPUTER

UNIVERSITAS BAKRIE

JAKARTA

2022

HALAMAN PERNYATAAN ORISINALITAS

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

Nama	**:**	**Muhammad Daffa Fachrur Reza**
NIM	**:**	**1192004006**
Tanda tangan	**:**	
Tanggal	**:**	**20 Februari 2023**

HALAMAN PENGESAHAN

Tugas Akhir ini diajukan oleh:

Nama	: Muhammad Daffa Fachrur Reza
NIM	: 1192004006
Program Studi	: Teknik Sipil
Fakultas	: Teknik dan Ilmu Komputer
Judul Skripsi	: Stabilitas Pelat Orthotropik Landasan Pacu terhadap Kombinasi Beban *In-Plane* dan Beban Dinamik Transversal di Atas Pemodelan Tanah Pondasi Kerr.

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., IPU	( )
Penguji 1	: Ir. Budianto Ontowirjo, M.Sc., Ph.D.	( )
Penguji 2	: Dr. Mohammad Ihsan, S.T., M.T., M.Sc.	( )

Ditetapkan di : Jakarta

Tanggal : Februari 2023

UCAPAN TERIMA KASIH

Dengan mengucapkan puji dan syukur kepada Allah SWT atas segala limpahan rahmat dan karunia-Nya dan kepada Rasulullah SAW sehingga penulis dapat menyelesaikan Tugas Akhir yang berjudul Stabilitas Pelat Orthotropik Landasan Pacu terhadap Kombinasi Beban In-Plane dan Beban Dinamik Transversal di Atas Pemodelan Tanah Pondasi Kerr. Adapun penulisan tugas akhir ini bertujuan untuk memenuhi salah satu syarat memperoleh gelar Sarjana Teknik pada Program Studi Teknik Sipil Fakultas Teknik dan Ilmu Komputer Universitas Bakrie.

Selama pengerjaan tugas akhir ini, penulis selalu mendapatkan banyak dukungan, bantuan, saran, dan motivasi dari banyak pihak yang tidak bisa penulis sebutkan satu per satu. Saya selaku penulis dan penyusun tugas akhir ini ingin mengucapkan banyak terima kasih kepada pihak-pihak yang turut membantu dan mendukung penulis dalam menyusun tugas akhir ini:

1. Orangtua, kakak-kakak, dan keponakan penulis yang telah senantiasa mendoakan, mendukung, dan memberikan motivasi dalam setiap proses penulis dalam mendapatkan gelar yang diimpikan.
2. Prof. Ir. Sofia W. Alisjahbana, M.Sc., Ph.D., IPU selaku Rektor Universitas Bakrie, Dosen Pembimbing Akademi, dan Dosen Pembimbing Tugas Akhir yang memberikan dukungan dan bimbingan penuh kepada penulis selama menempuh pendidikan dalam Universitas Bakrie.
3. Dr. Mohammad Ihsan, S.T., M.Sc. selaku Ketua Program Studi Teknik Sipil Universitas Bakrie yang selalu membantu setiap mahasiswa Teknik Sipil dalam menempuh pendidikan di Teknik Sipil Universitas Bakrie.
4. Bapak dan Ibu Dosen Program Studi Teknik Sipil Universitas Bakrie yang telah memberikan ilmu-ilmu yang bermanfaat bagi penulis dalam menyelesaikan proses pendidikan jenjang tinggi di Teknik Sipil Universitas Bakrie.
5. Teman-teman Badan Eksekutif Mahasiswa Universitas Bakrie Periode 2020/2021 dan Periode 2021/2022 dan Teknik Sipil Universitas Bakrie Angkatan 2019 yang telah memberikan banyak kenangan positif dan dukungan sehingga penulis dapat menyelesaikan tugas akhir.

Penulis mengucapkan terima kasih banyak kepada pihak-pihak yang telah disebutkan atas segala bantuan, motivasi, dan inspirasi yang telah diberikan sehingga penulis dapat menyelesaikan tugas akhir ini dengan baik. Demikian ini Tugas Akhir yang telah penulis buat sebaik-baiknya. Penulis memohon kritik dan saran yang bersifat membangun apabila terdapat kekurangan dalam penyusunan Tugas Akhir ini. Semoga tulisan Tugas Akhir ini dapat bermanfaat bagi semua pihak dan juga bermanfaat bagi penulis sendiri.

Jakarta, Februari 2023

Penulis

LEMBAR PERSETUJUAN PUBLIKASI TUGAS AKHIR

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

Nama	: Muhammad Daffa Fachrur Reza
NIM	: 1192004006
Program Studi	: Teknik Sipil
Fakultas	: Teknik dan Ilmu Komputer
Jenis Tugas Akhir	: Skripsi

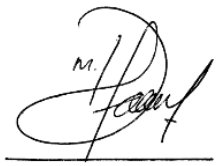
Demi pengembangan ilmu pengetahuan, menyetujui untuk memberikan kepada Universitas Bakrie **Hak Bebas Royalti Noneksklusif** (*Non-exclusive Royalty-Free Right*) atas karya ilmiah saya yang berjudul:

STABILITAS PELAT ORTHOTROPIK LANDASAN PACU TERHADAP KOMBINASI BEBAN *IN-PLANE* DAN BEBAN DINAMIK TRANSVERSAL DI ATAS PEMODELAN TANAH PONDASI KERR

Beserta perangkat yang ada (jika diperlukan). Dengan Hak Bebas Royalti, Noneksekutif ini Universiras 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 : 20 Februari 2023

Yang menyatakan



(Muhammad Daffa Fachrur Reza)

STABILITAS PELAT ORTHOTROPIK LANDASAN PACU TERHADAP KOMBINASI BEBAN *IN-PLANE* DAN BEBAN DINAMIK TRANSVERSAL DI ATAS PEMODELAN TANAH PONDASI KERR

Muhammad Daffa Fachrur Reza[1]

ABSTRAK

Beban *in-plane* merupakan beban aksial tarik ataupun tekan yang bekerja secara lateral pada bidang pelat. Apabila beban *in-plane* yang bekerja melebihi batas beban kritis pada pelat maka akan terjadi tekuk (*buckling*) secara tiba-tiba, sehingga terjadi ketidakstabilan elastisitas pelat. Penelitian ini mengambil studi kasus pada pelat landasan pacu yang mana sering kali mengalami tekanan akustik tingkat tinggi, sehingga perkerasan landasan pacu dapat bergetar dengan deformasi amplitudo besar yang menyebabkan terjadinya interaksi multi modal dan resonansi internal. Pemodelan tanah pondasi Kerr pada penelitian ini menambah nilai akurasi hasil yang akan diperoleh sesuai dengan keadaan realitas lapangan dengan data tanah yang telah dikorelasikan. Salah satu metode analisis defleksi suatu pelat adalah metode Levy yang mana metode ini mengemukakan kasus dengan bentuk perpindahan (*displacement*) daripada pelat yang diasumsikan menyesuaikan parameter sehingga persamaan yang mengatur dan kondisi batas terpenuhi. Metode ini tepat digunakan dengan jenis pelat orthotropik perletakan *simply supported* pada keempat sisinya yang menjadi pelat tinjauan penelitian ini.

Kata Kunci: Pelat Orthotropik, Stabilitas Elastisitas Pelat, Beban *In-Plane*, Landasan Pacu, Pemodelan Tanah Pondasi Kerr, Defleksi Pelat, Metode Levy, *Simply Supported*.

[1] Sarjana Teknik Sipil, Universitas Bakrie, Jakarta
E-mail: dfafhrueza11@gmail.com

STABILITY OF ORTHOTROPIC RUNWAY PLATE UNDER THE COMBINATION OF IN-PLANE AND TRANSVERSAL DYNAMIC LOADS ON KERR FOUNDATION SOIL MODELING

Muhammad Daffa Fachrur Reza[2]

ABSTRACT

In-plane load is an axial tensile or compressive load that acts laterally on the plane of the plate. If the in-plane load acting exceeds the critical load limit on the plate, sudden buckling will occur, resulting in plate elasticity instability. This research takes a case study on runway plates which are often subjected to high levels of acoustic pressure, so that the runway pavement can vibrate with large amplitude deformations which cause multi-modal interactions and internal resonance. Modelling the Kerr foundation soil in this study adds value to the accuracy of the results to be obtained in accordance with the realities of the field with correlated soil data. One method of analysing the deflection of a plate is the Levy method in which this method presents cases with displacement of the plate assumed to adjust the parameters so that the governing equations and boundary conditions are met. This method is appropriate for use with simply supported orthotropic plate types on all four sides which are the plates of this research review.

Keywords: *Orthotropic Plate, Plate Stability Elasticity, In-Plane Load, Runway, Kerr Foundation Soil Modelling, Plate Deflection, Levy Method, Simply Supported.*

[2] *Bachelor of Civil Engineering, Bakrie University, Jakarta*
E-mail: dfafhrueza11@gmail.com

DAFTAR ISI

HALAMAN PERNYATAAN ORISINALITAS ..... **i**

HALAMAN PENGESAHAN ..... **ii**

UCAPAN TERIMA KASIH ..... **iii**

LEMBAR PERSETUJUAN PUBLIKASI TUGAS AKHIR ..... **v**

ABSTRAK ..... **vi**

ABSTRACT ..... **vii**

DAFTAR ISI ..... **viii**

DAFTAR GAMBAR ..... **xi**

DAFTAR TABEL ..... **xiii**

BAB I **1**

1.1. Latar Belakang 1

1.2. Rumusan Masalah 3

1.3. Tujuan Penelitian 3

1.4. Manfaat Penelitian 4

1.4.1. Manfaat Untuk Mahasiswa 4

1.4.2. Manfaat Untuk Peneliti 4

1.5. Batasan Masalah 4

1.6. Metode Penelitian 5

1.7. Sistematika Penulisan 6

1.8. Jadwal Penelitian 7

1.9. Kerangka Berpikir Penelitian 8

BAB II **9**

2.1. Landasan Pacu Pesawat 9

2.2. Teori Pelat 13

2.3. Teori Elastisitas dan Hukum Hooke 15

2.4. Teori Pemodelan Tanah Pondasi 18

2.5. Teori Konsep Pembebanan 21

2.6. Teori Persamaan Diferensial Pelat 23

BAB III 27

3.1. Metode Levy 27

3.2. Frekuensi Alami dan Ragam Getar 28

3.3. Persamaan Beban Transversal Dinamik 30

3.4. Analisis Stabilitas Pelat 31

3.5. Solusi Homogen 33

3.6. Solusi Partikuler 37

3.7. Solusi Total 40

3.8. Gaya-Gaya Dalam 40

3.8.1. Momen Lentur Pelat 41

3.8.2. Distribusi Tegangan Normal 41

BAB IV 42

4.1. Ukuran dan Sifat Bahan Pelat 42

4.2. Pemodelan Tanah Pondasi 43

4.3. Parameter Beban Dinamik Transversal 44

4.4. Analisis Stabilitas Pelat 45

4.5. Frekuensi Alami (*Natural Frequency*) 47

4.5.1. Pelat dengan Beban *In-Plane Biaxial* Tekan 47

4.5.2. Pelat tanpa Beban *In-Plane* 48

4.5.3. Pelat dengan Beban *In-Plane Biaxial* Tarik 49

4.5.4. Pelat dengan Variasi Ketebalan 49

4.6. Defleksi Absolut Maksimum 51

4.7. Riwayat Waktu (*Time History*) 54

4.8. Presentase Beban *In-Plane* pada Pelat 62

4.9. Momen Lentur Pelat 63

4.10. Distribusi Tegangan Lentur Pelat 70

BAB V 76

5.1. Kesimpulan 76

5.2. Saran 77

DAFTAR PUSTAKA 78

DAFTAR GAMBAR

BAB I: PENDAHULUAN

Gambar 1. 1 Jadwal Penelitian 7

Gambar 1. 2 Kerangka Berpikir Penelitian 8

BAB II: TINJAUAN PUSTAKA

Gambar 2. 1 Tampak Landasan Pacu Pesawat pada Bandar Udara 9

Gambar 2. 2 Ilustrasi Pelat 13

Gambar 2. 3 Grafik Tegangan dan Deformasi 16

Gambar 2. 4 Pemodelan Tanah Pondasi Winkler 19

Gambar 2. 5 Pemodelan Tanah Pondasi Pasternak 20

Gambar 2. 6 Pemodelan Tanah Pondasi Kerr 21

Gambar 2. 7 Ilustrasi Pemodelan Beban *In-Plane* pada Pemodelan Tanah Pondasi Kerr .. 22

Gambar 2. 8 Ilustrasi Pelat yang Dikenai Beban Transversal Dinamik 23

BAB IV: HASIL PENELITIAN DAN PEMBAHASAN

Gambar 4. 1 Ilustrasi Pelat 42

Gambar 4. 2 Pemodelan Tanah Pondasi Kerr 43

Gambar 4. 3 Grafik Beban *In-Plane* Kritis dengan Rasio Dimensi Pelat 46

Gambar 4. 4 Grafik Frekuensi Alami dengan Beban *In-Plane Biaxial* Tekan 47

Gambar 4. 5 Grafik Frekuensi Alami tanpa Beban *In-Plane* 48

Gambar 4. 6 Grafik Frekuensi Alami dengan Beban *In-Plane Biaxial* Tarik 49

Gambar 4. 7 Grafik Frekuensi Alami dengan Pengaruh Ketebalan Pelat 50

Gambar 4. 8 *Time History* dengan Beban *In-Plane* Tekan 54

Gambar 4. 9 *Time History* dengan Beban *In-Plane* Tarik 55

Gambar 4. 10 *Time History* Tanpa Beban *In-Plane* 55

Gambar 4. 11 *Time History* dengan Pengaruh Beban *In-Plane* 56

Gambar 4. 12 *Time History* dengan Pengaruh Karakteristik Tanah..... 56

Gambar 4. 13 Pengaruh Presentase Beban *In-Plane* Tekan terhadap Defleksi Absolut Maksimum 62

Gambar 4. 14 Pengaruh Presentase Beban *In-Plane* Tarik terhadap Defleksi Absolut Maksimum 62

Gambar 4. 15 Distribusi Momen Lentur Arah X dengan Pengaruh Beban *In-Plane*..... 64

Gambar 4. 16 Distribusi Momen Lentur Arah Y dengan Pengaruh Beban *In-Plane*..... 65

Gambar 4. 17 Distribusi Momen Lentur Arah X dengan Pengaruh Karakteristik Tanah ... 65

Gambar 4. 18 Distribusi Momen Lentur Arah Y dengan Pengaruh Karakteristik Tanah ... 66

DAFTAR TABEL

BAB II: TINJAUAN PUSTAKA

Tabel 2. 1 *Aircraft Classification Number* (ACN) 11

Tabel 2. 2 Jenis Perkerasan untuk menentukan ACN-PCN 11

Tabel 2. 3 Kategori kekuatan *subgrade* 12

Tabel 2. 4 Kategori tekanan ban maksimum yang diijinkan 12

Tabel 2. 5 Metode evaluasi 12

BAB IV: HASIL PENELITIAN DAN PEMBAHASAN

Tabel 4. 1 Parameter Data Pelat 43

Tabel 4. 2 Parameter Data Tanah 44

Tabel 4. 3 Parameter Data Beban Pesawat 45

Tabel 4. 4 Nilai Beban *In-Plane* Kritis 46

Tabel 4. 5 Frekuensi Alami dengan Beban *In-Plane Biaxial* Tekan 47

Tabel 4. 6 Frekuensi Alami tanpa Beban *In-Plane* 48

Tabel 4. 7 Frekuensi Alami dengan Beban *In-Plane Biaxial* Tarik 49

Tabel 4. 8 Frekuensi Alami dengan Pengaruh Ketebalan Pelat 50

Tabel 4. 9 Defleksi Absolut Maksimum dengan Pengaruh Beban *In-Plane* 52

Tabel 4. 10 Defleksi Absolut Maksimum dengan Pengaruh Karakteristik Tanah 52

Tabel 4. 11 3D Defleksi Absolut Maksimum 58

Tabel 4. 12 Distribusi Momen Arah X 63

Tabel 4. 13 Distribusi Momen Arah Y 64

Tabel 4. 14 Momen Lentur Arah X dan Arah Y 66

Tabel 4. 15 3D Momen Lentur Arah X dan Arah Y 67

Tabel 4. 16 Tegangan Normal Maksimum 71

Tabel 4. 17 Kontur Distribusi Tegangan Normal 72