

Artikel

## Respons Dinamik Pelat Ortotropik terhadap Beban Ledakan Setempat Friedlander dengan Peletakan Simply Supported di Atas Pemodelan Tanah Pondasi Kerr

Naila Shifwa Masika<sup>1</sup> dan Sofia W. Alisjahbana<sup>1,\*</sup>

<sup>1</sup>Program Studi Teknik Sipil, Fakultas Teknik dan Ilmu Komputer, Universitas Bakrie, Jl. H. R. Rasuna Said, Kuningan, DKI Jakarta, 12940, Indonesia

\* Korespondensi: sofia.alisjahbana@bakrie.ac.id

### Abstrak

Perencanaan terhadap sebuah bangunan harus memiliki perencanaan struktur yang baik, termasuk perhitungan beban-beban yang bekerja terhadap struktur bangunan meliputi beban dinamik dan statik. Salah satu bentuk dari beban dinamik adalah impact load atau beban kejut, di mana beban kejut merupakan suatu beban yang bekerja terhadap struktur pada kurun waktu beberapa milidetik atau dalam kata lain beban kejut bekerja sangat singkat pada suatu struktur. Peneliti melakukan perencanaan terkait respon dinamik dari impact load berupa beban ledakan Friedlander di atas pemodelan pondasi Kerr untuk mendapatkan solusi terbaik agar dapat diimplementasikan terhadap struktur pelat lantai yang menerima langsung beban saat terdapat beban ledakan. Hasil menunjukkan bahwa perbandingan antara frekuensi alami pelat orthotropik dengan perbedaan ketebalan pelat dan jenis tanah pada lapisan pendukung Kerr adalah berbanding lurus. Ketebalan pelat dan jenis tanah mempengaruhi perilaku dinamik pelat orthotropik. Defleksi yang terjadi pada pelat, riwayat waktu defleksi, dan momen lentur berbanding terbalik dengan perubahan ketebalan pelat serta jenis tanah pendukung.

Kata Kunci: Respons dinamik, pelat orthotropik, pondasi Kerr, beban ledakan Friedlander

### 1 Pendahuluan

Perkembangan zaman yang diiringi oleh perkembangan teknologi dan penambahan penduduk tentu memunculkan berbagai inovasi baru di bidang konstruksi. Setiap konstruksi, baik itu konstruksi gedung, jalan, ataupun bangunan air dalam perencanaan strukturnya harus mencakup perencanaan yang aman agar menghasilkan kekuatan struktur yang diinginkan. Perencanaan kekuatan sebuah struktur meliputi perhitungan beban.

Beban yang perlu diperhatikan dalam perencanaan kekuatan struktur meliputi beban statik dan dinamik. Salah satu bentuk dari beban dinamik adalah impact load atau beban kejut, di mana beban kejut merupakan suatu beban yang bekerja terhadap struktur pada kurun waktu beberapa milidetik atau dalam kata lain beban kejut bekerja sangat singkat pada suatu struktur. Beban kejut yang bekerja secara berulang pada suatu struktur dapat menyebabkan kelelahan hingga kegagalan struktur khususnya pada pelat jika tidak dilakukan perencanaan yang baik.

Selama beberapa tahun terakhir, para ahli struktur telah melakukan upaya untuk mengurangi dampak dari beban kejut terhadap konstruksi. Apabila berfokus pada konstruksi yang berada di atas tanah, maka memperkuat pelat merupakan sebuah pilihan untuk mengurangi dampak dari beban kejut yang bekerja. Hal tersebut dikarenakan pelat merupakan suatu komponen struktur yang pertama kali menerima beban yang ada,

baik berupa beban statik maupun beban dinamik.

Pelat merupakan merupakan suatu elemen horizontal pada struktur bangunan yang umumnya digunakan sebagai lantai bangunan. Pelat mampu mendukung beban hidup maupun beban mati pada suatu struktur dan menyalurkan beban – beban tersebut ke rangka vertikal dari sistem struktur. Pelat merupakan komponen yang sangat penting pada struktur bangunan sehingga tidak boleh terjadi keruntuhan pada pelat yang diakibatkan oleh impact load atau beban kejut.

Pelat dikategorikan menjadi 3 (tiga) macam apabila ditinjau dari sifat bahannya, antara lain pelat isotropic, anisotropic, dan orthotropik. Pelat isotropik memiliki elastisitas dengan arah yang sama atau memiliki kekuatan lentur yang sama dari segala arah, pelat anisotropik memiliki elastisitas yang seluruh arahnya tidak teratur. Selanjutnya, untuk tugas akhir ini khusus menggunakan pelat orthotropik yang mempunyai homogenitas dan kekuatan lentur dengan perbedaan arah x dan y atau arah tegak lurus.

Peneliti melakukan perencanaan terkait respon dinamik dari impact load berupa beban ledakan Friedlander di atas pemodelan pondasi Kerr untuk mendapatkan solusi terbaik agar dapat diimplementasikan terhadap struktur pelat lantai yang menerima langsung beban saat terdapat beban ledakan. Penelitian mengenai perilaku struktur akibat beban kejut atau impact load telah dilakukan selama beberapa tahun terakhir oleh para peneliti. Pada tahun 2011, Alisjahbana dan Meilani mempublikasikan jurnal dengan judul “Analisis Respons Dinamik

Pelat Lantai Bangunan Ortotropik dengan Dua Pengaku yang Diberi Beban Ledakan”, jurnal tersebut meneliti pengaruh dari redaman dan lamanya ledakan terhadap respons dinamik pelat [1]. Pada tahun 2014, Alisjahbana, Wangsadinata dan Irene dalam “Numerical Dynamic Analysis of Orthotropik Plates Under Localized Blast Loading”, telah meneliti untuk memahami respon dinamik pelat yang diakibatkan beban ledakan. Alisjahbana, Wangsadinata dan Irene dalam penelitian tersebut telah mempelajari mengenai pengaruh letak beban ledakan serta defleksi dinamik maksimum dari pelat orthotropik.

Berdasarkan pemaparan di atas, dapat dikatakan bahwa penelitian terhadap pengaruh pelat yang diakibatkan oleh beban ledakan di mana beban ledakan termasuk bagian dari beban kejut atau impact load. Penelitian ini merupakan hal yang penting dan akan terus ditingkatkan sesuai perkembangan ilmu pengetahuan saat ini. Oleh karena itu, dalam tugas akhir ini akan dilakukan penelitian dengan inovasi terbaru terkait perilaku dinamik pelat orthotropik akibat beban impact di atas pemodelan lapisan pendukung Kerr yang merupakan lanjutan dari penelitian pelat di atas lapisan pendukung Winkler dan Pasternak. Pemodelan. Terdapat berbagai macam pemodelan lapisan pendukung dimulai dari pemodelan sederhana yaitu lapisan pendukung Winkler yang memodelkan keseluruhan tanah sebagai lapisan pegas linear.

Pemodelan Winkler memiliki keterbatasan seperti beban yang diterapkan pada pelat berupa beban statis dan terdapat diskontinuitas defleksi antara bagian pelat perkerasan yang tidak diisi dan pelat yang diisi (Gigibaye 2016). Pada pemodelan lapisan pendukung Pasternak, lapisannya ditambahkan parameter asumsi lapisan geser di atas lapisan pegas linear yang membuat pemodelan ini lebih akurat dibanding Winkler. Selanjutnya terdapat pemodelan Kerr di mana terdapat 3 (tiga) lapisan yang terdiri dari lapisan pegas linear di antara lapisan geser yang berada di tengah. Ketentuan tugas akhir ini secara khusus menggunakan pemodelan lapisan pendukung Kerr sebagai bentuk perkembangan dari pemodelan lapisan pendukung Winkler dan Pasternak.

## 2 Metode

### 2.1 Teori Pelat

Pelat adalah suatu elemen struktur yang mampu menahan beban di mana beban tersebut disalurkan ke struktur vertikal, seperti kolom. Pelat merupakan salah struktur dengan bidang yang terbilang tipis dan harus dibuat dengan kaku, rata, dan lurus. Menurut Szilard dapat dikatakan pelat mempunyai ketebalan  $h$  di mana ketebalannya jauh lebih kecil dibandingkan dimensi struktur lainnya dan dikatakan sebagai suatu struktur yang mempunyai bidang permukaan yang lurus, datar, dan tidak melengkung. Ahli pertama yang melakukan pendekatan matematis pada teori membran pelat adalah Euler pada tahun 1766. Pendekatan ini berhasil memecahkan permasalahan getaran bebas pada membran elastis berbentuk persegi dan melingkar yang di mana menggunakan analogi balok silang. Menurut SNI 03 – 2847 – 2002, terdapat 2 (dua) jenis perencanaan pelat beton:

#### 2.1.1 Sistem Pelat Satu Arah

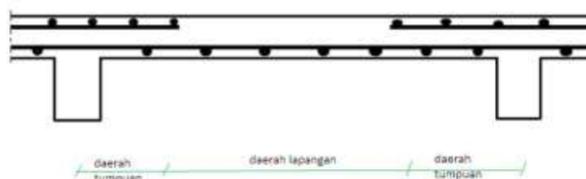
Sistem penulangan pelat satu arah akan ditemukan jika pelat beton lebih dominan menahan beban yang bentuknya momen lentur pada bentang satu arah. Sistem penulangan ini memiliki dua komponen tulangan yaitu tulangan pokok dan tulangan bagi. Posisi tulangan pokok dan tulangan bagi berpotongan tegak lurus, tulangan pokok dipasang dekat tepi luar beton, sedangkan tulangan bagi dipasang di bagian dalam beton dan menempel pada tulangan pokok. Fungsi tulangan bagi, selain untuk memperkuat posisi tulangan utama, juga digunakan untuk menahan peretakan beton akibat susut dan perbedaan temperatur beton. Contoh penggunaan sistem pelat satu arah adalah pelat kantilever dan pelat yang ditumpu oleh dua penyangga (dapat dilihat pada **Gambar 1**).



**Gambar 1.** Pelat dengan sistem satu arah

#### 2.1.2 Sistem pelat dua arah

Sistem penulangan pelat dua arah akan ditemukan jika pelat beton menahan beban yang bentuknya momen lentur pada bentang dua arah. Contoh pelat dua arah adalah pelat yang ditumpu oleh empat sisi yang saling sejajar. Karena momen lentur bekerja pada dua arah, yaitu searah dengan bentang ( $I_x$ ) dan bentang ( $I_y$ ), maka tulangan pokok juga dipasang dua arah yang saling tegak lurus (berpotongan), sehingga tidak diperlukan tulangan lagi. Namun, pada pelat di area tumpuan, momen lentur hanya bekerja pada satu arah saja, sehingga tulangan utama dan tulangan bagi tetap dipasang di area ini, seperti terlihat pada **Gambar 2**. Bentang ( $I_y$ ) selalu dipilih lebih besar dari atau sama dengan ( $I_x$ ), tetapi momen  $M_{Iy}$  selalu kurang dari atau sama dengan  $M_{Ix}$ . Oleh karena itu, momen terbesar atau tulangan arah ( $I_x$ ) dipasang di dekat tepi luar.



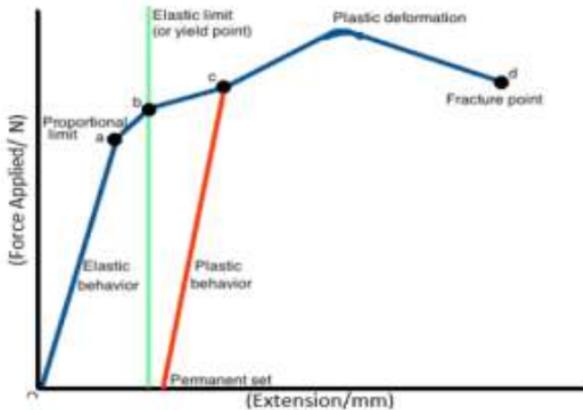
**Gambar 2.** Pelat dengan sistem dua arah

### 2.2 Hukum Hooke dan Elastisitas

Hukum Hooke dan elastisitas memiliki keterkaitan, untuk memahami pengertian dari istilah “elastisitas”, dapat dipe-

rumpamakan dengan benda yang terbuat dari karet, walaupun tidak semua karet bersifat elastis. Hukum Hooke sendiri berbunyi seperti perubahan panjang suatu benda sebanding dengan beban yang diterimanya. Oleh sebab itu, Hukum Hooke memeriksa jumlah gaya maksimum yang dapat diberikan oleh sebuah benda elastis sehingga tidak dapat melebihi batas elastisitasnya dan menghilangkan elastisitas benda tersebut.

Teori elastisitas adalah cabang ilmu penting dari fisika matematis, yang mempelajari hubungan antara gaya, perpindahan, tegangan dan regangan dalam suatu benda elastis (dapat dilihat pada **Gambar 3**). Dalam teori elastisitas, pembahasan akan dibatasi pada bahan elastis linier, yaitu sifat dari hubungan antara tegangan dan regangan adalah linier, dan ketika gaya luar dihilangkan, perubahan bentuk dan tegangan juga akan hilang. Penerapan teori elastisitas pada pelat yaitu teori pelat klasik yang didasarkan pada analisis matematis yang tepat untuk merumuskan dan memecahkan masalah pada pelat (Timoshenko, 1988).



**Gambar 3.** Hukum Hooke

Sesuai dengan Hukum Hooke yang menyatakan bahwa hubungan antara tegangan dan regangan adalah linier, persamaannya dapat dinyatakan sebagai berikut:

$$\sigma = E\varepsilon \tag{1}$$

dimana  $\sigma$  ialah tegangan (N/m<sup>2</sup>).  $E$  ialah Modulus elastisitas (Young's modulus) (N/m).  $\varepsilon$  ialah Regangan

### 2.3 Pemodelan Pelat Lantai Orthotropik

Jenis pelat yang sering dijumpai di lapangan adalah pelat orthotropik. Pelat orthotropik adalah pelat yang sifat dan kekauannya berbeda pada dua arah yang saling tegak lurus. Sebuah pelat dapat bersifat orthotropik karena adanya balok anak, atau balok pengaku. Pelat yang ditulangi berbeda pada kedua arah orthogonal adalah salah satu contoh pelat orthotropik yang sering dijumpai di lapangan.

Pelat yang bersifat orthotropik memiliki perilaku dan respons yang berbeda dengan pelat isotropik. Oleh karena itu, persamaan diferensial gerak elemen pelat orthotropik

perlu diturunkan dengan menggunakan hubungan kompatibilitas tegangan-tegangan elemen dengan sifat kekakuan yang tidak seragam di seluruh arah.

Berdasarkan teori pelat lendutan kecil Kirchhoff, modulus elastisitas dan rasio Poisson hanya memiliki satu nilai pada semua arah. Namun, apabila diasumsikan pada pelat orthotropik arah-arah utamanya sejajar dengan sumbu X dan Y maka properti elastisitas bertambah menjadi 4 (empat), yaitu  $E_x$ ,  $E_y$ ,  $\nu_x$ , dan  $\nu_y$ .

Model matematika pelat lantai orthotropik persegi panjang yang dibebani beban ledakan memiliki ukuran panjang di arah x sebesar a, panjang di arah y, sebesar b dan tebal pelat h. Dengan menggunakan teori pelat klasik tipis, defleksi pelat lantai orthotropik dinyatakan dengan persamaan diferensial sebagai berikut:

$$D_x \frac{\partial^4 w(x, y, t)}{\partial x^4} + 2B \frac{\partial^4 w(x, y, t)}{\partial x^2 \partial y^2} + D_y \frac{\partial^4 w(x, y, t)}{\partial y^4} + \gamma h \frac{\partial w(x, y, t)}{\partial t^2} = p(x, y, t) \tag{2}$$

$$D_x = \frac{E_x h^3}{12(1 - \nu_x \nu_y)} \tag{3}$$

$$D_y = \frac{E_y h^3}{12(1 - \nu_x \nu_y)} \tag{4}$$

$$B = \sqrt{D_x D_y} \tag{5}$$

dimana  $D_x$  ialah Kekakuan lentur pelat pada arah x.  $D_y$  ialah Kekakuan lentur pelat pada arah y.  $B$  ialah Kekakuan punter efektif pelat (Torsional Rigidity).  $\rho$  ialah Massa jenis.  $h$  ialah Tebal pelat.  $w(x, y, t)$  ialah Fungsi lendutan berdasarkan fungsi (posisi dan waktu).  $p(x, y, t)$  ialah Fungsi beban berdasarkan fungsi (posisi dan waktu).  $E_x$  ialah Modulus elastisitas pelat di arah x.  $E_y$  ialah Modulus elastisitas pelat di arah y.  $\nu_x$  ialah Poisson's ratio pelat di arah x.  $\nu_y$  ialah Poisson's ratio pelat di arah

### 2.4 Beban Ledakan

Ledakan dapat didefinisikan sebagai perlepasan energi secara cepat dalam bentuk massa dari bahan reaktif yang dikonversikan menjadi kumpulan gas yang sangat rapat dengan tekanan tinggi. Peristiwa ini terjadi dalam hitungan mili-detik dan selama proses ledakan melepaskan gas bertekanan tinggi yang merambat melalui udara dengan membentuk gelombang spherical. Hal ini menghasilkan gelombang yang dikenal sebagai blast wave. Blast wave memiliki energi yang sangat besar dan merambat dengan kecepatan melebihi kecepatan suara.

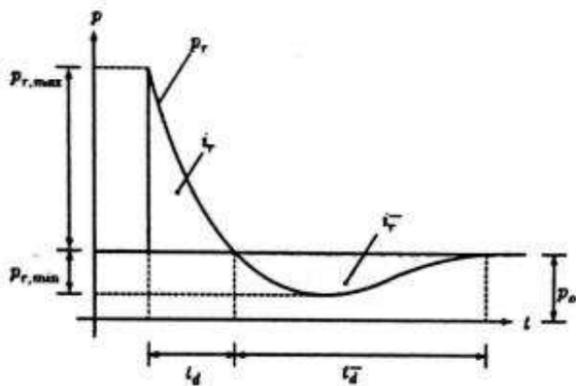
Pada tahun 2013, Karlos dan Salomos menyatakan bahwa beban ledakan setempat ideal mengikuti bentuk eksponensial yang dikembangkan oleh Friedlander. Persamaan beban ledakan tersebut dinyatakan sebagai berikut:

$$Ps(t) = Pso \left(1 - \left(\frac{t}{t_0}\right)\right) e^{-\frac{ht}{t_0}} \tag{6}$$

### 3 Hasil dan Pembahasan

#### 3.1 Parameter Perkerasan Kaku

Penelitian yang dilakukan tentang pelat perkerasan kaku ini akan dianalisis secara lebih mendetail dimana pelat perkerasan kaku yang berasal dari material beton dan bersifat orthotropik dengan peletakkan simply supported pada keempat sisinya yang berada di atas pondasi Kerr dengan beban ledakan setempat Friedlander. Dalam menganalisis pelat perkerasan kaku ini dilakukan analisis secara numerical dengan menggunakan bantuan software Mathematica versi 13 dan Microsoft Excel 2016. Analisis numerik dilakukan bertujuan untuk memperoleh hasil dari Respons Dinamik suatu pelat perkerasan kaku di atas pemodelan pondasi Kerr akibat beban ledakan setempat. Dimana beban ledakan setempat yaitu Friedlander dimodelkan sebagai fungsi yang memiliki 2 (dua) bagian yakni fungsi positif (+) dan bagian fungsi negatif (-) seperti pada **Gambar 4**.



**Gambar 4.** Beban Ledakan Friedlander

Dalam penelitian ini akan dianalisis sebuah tipe pelat perkerasan kaku yang ukurannya baik secara panjang dan lebarnya disesuaikan dengan keadaan yang digunakan terkait ukuran pelat dan karakteristiknya dalam analisis sistem pelat perkerasan kaku di atas pondasi Kerr. Penelitian juga dilakukan dengan menganalisis pemodelan pelat dengan menggunakan variasi tebal pelat yaitu 0,45 m, 0,48 m, dan 0,50 m serta dengan menggunakan variasi jenis tanah dari berbagai daerah seperti Sulawesi Barat, Jawa Barat, dan Jawa Timur.

#### 3.2 Frekuensi Alami (Natural Frequency)

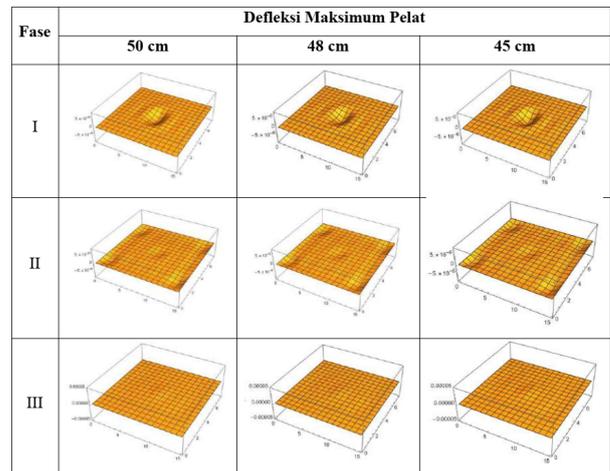
Analisis pelat perkerasan kaku di atas pondasi Kerr akibat beban ledakan setempat Friedlander digunakan 10 modal ragam getar di arah sumbu x dan 10 modal ragam getar di arah sumbu y. Nilai ragam getar diperoleh dan dinyatakan dalam nilai Integer n untuk arah x dan Integer m untuk arah y. Analisis dilakukan dengan menggunakan software Wolfram Mathematica 13 yang akan menghasilkan nilai ragam getar frekuensi alami pelat sesuai dengan Tabel 4.3 di bawah ini.

#### 3.3 Defleksi Absolut Maksimum

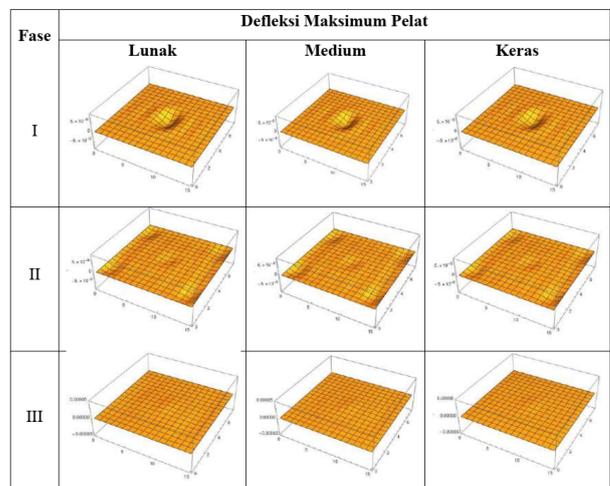
Pada desain pelat orthotropik dengan beban ledakan setempat Friedlander, diperlukan perhitungan defleksi pada berbagai jenis kondisi. Pada tugas akhir ini akan ditinjau besarnya defleksi

absolut maksimum untuk pelat akibat beban ledakan Friedlander pada variasi tebal pelat dan variasi jenis tanah. Untuk variasi jenis tanah menggunakan ukuran pelat konstan yaitu sebesar 50 cm. Defleksi absolut maksimum tersebut dapat dilihat pada tabel 4.4.

Pemodelan 3D respons dinamik pelat akibat beban ledakan setempat Friedlander untuk berbagai jenis ketebalan pelat dan berbagai kondisi tanah dapat dilihat pada **Gambar 5-6**.



**Gambar 5.** 3D Defleksi Pelat pada Variasi Tebal Pelat



**Gambar 6.** 3D Defleksi Pelat pada Variasi Jenis Tanah

Pengaruh variasi ketebalan pelat orthotropik terhadap defleksi dinamik maksimum dapat dilihat pada Tabel 4.4. Berdasarkan Tabel 4.4 dapat diketahui bahwa ketebalan pelat berpengaruh terhadap defleksi, semakin tebal ukuran sebuah pelat, semakin kecil nilai dari defleksi maksimum pelat tersebut. Variasi jenis tanah juga mempengaruhi defleksi dinamik maksimum sebuah pelat. Berdasarkan analisa pada Tabel 4.5 dapat diketahui bahwa tanah dengan kondisi lunak memiliki nilai defleksi maksimum yang tinggi dibandingkan dengan tanah dengan kondisi keras.

**Tabel 1:** Nilai Frekuensi Alami akibat Beban Ledakan Friedlander

m/n	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
1	1283.78	1286.65	1426.54	1819.24	2486.79	3397.96	4524.46	5850.24	7366.89	9070.02
2	1276.65	1293.27	1452.05	1859.75	2535.25	3,450	4578.09	5904.62	7421.65	9124.98
3	1271.31	1310.38	1498.69	1929.18	2616.73	3536.97	4667.58	5995.3	7512.93	9216.58
4	1277.44	1346.37	1571.78	2029.92	2732.16	3659.27	4793.08	6122.35	7640.77	9344.85
5	1307.61	1411.25	1,677	2164.57	2882.58	3817.3	4954.76	6285.84	7805.21	9509.8
6	1375.28	1514.64	1820	2335.49	3069.01	4011.5	5152.82	6485.87	8006.28	9711.45
7	1491.67	1663.8	2004.09	2544.52	3292.31	4242.26	5387.44	6722.52	8244.04	9949.84
8	1663.38	1862.64	2231.53	2792.83	3553.1	4509.92	5658.79	6995.89	8518.53	10225
9	1892.04	2112.03	2503.03	3081.04	3851.83	4814.73	5967.01	7306.04	8829.79	10536.9
10	2175.89	2410.89	2818.32	3409.31	4188.72	5156.85	6312.22	7653.05	9177.87	10885.6

**Tabel 2:** Defleksi Maksimum pada Variasi Tebal Pelat dan Jenis Tanah

No	Fase	Variasi Tebal Pelat			Variasi Jenis Tanah		
		50 cm	48 cm	45 cm	Lunak	Medium	Keras
1	Fase 1	4.54E-06	4.91E-06	5.56E-06	5.09E-06	4.54E-06	3.38E-06
2	Fase 2	-1.76E-07	1.99E-07	2.32E-07	2.15E-07	1.76E-07	7.96E-08
3	Fase 3	-2.35E-07	-6.11E-08	4.95E-07	4.40E-06	-2.35E-07	1.19E-06

### 3.4 Riwayat Waktu (Time History)

Riwayat waktu merupakan sebuah grafik yang menggambarkan hubungan antara perilaku dinamik sistem terhadap waktu selama dan setelah beban bekerja. Analisis riwayat waktu yang dilakukan adalah analisis riwayat waktu terhadap defleksi dinamik pada pelat yang dimodelkan ke dalam berbagai jenis kondisi tanah dan ketebalan pelat pada lapisan tanah pendukung. Riwayat waktu pada analisis repons dinamik pelat orthotropik di atas pondasi Kerr akibat beban ledakan setempat Friedlander terbagi dalam 3 fase yakni fase pertama akibat beban positif, fase kedua akibat beban negative, dan fase ketiga yaitu free vibration akibat nol beban.

Berdasarkan **Gambar 7**, dapat disimpulkan bahwa perbandingan antara tebal pelat dengan defleksi maksimum adalah berbanding terbalik, semakin besar nilai dari tebal pelat, maka semakin kecil defleksi maksimum yang dihasilkan. Hal tersebut juga membuktikan bahwa semakin besar kekakuan sebuah pelat, semakin berkurang nilai defleksi dari pelat tersebut.

## 4 Kesimpulan

Berdasarkan analisis numerik pada struktur pelat orthotropik akibat adanya beban ledakan setempat Friedlanter, maka diperoleh beberapa kesimpulan:

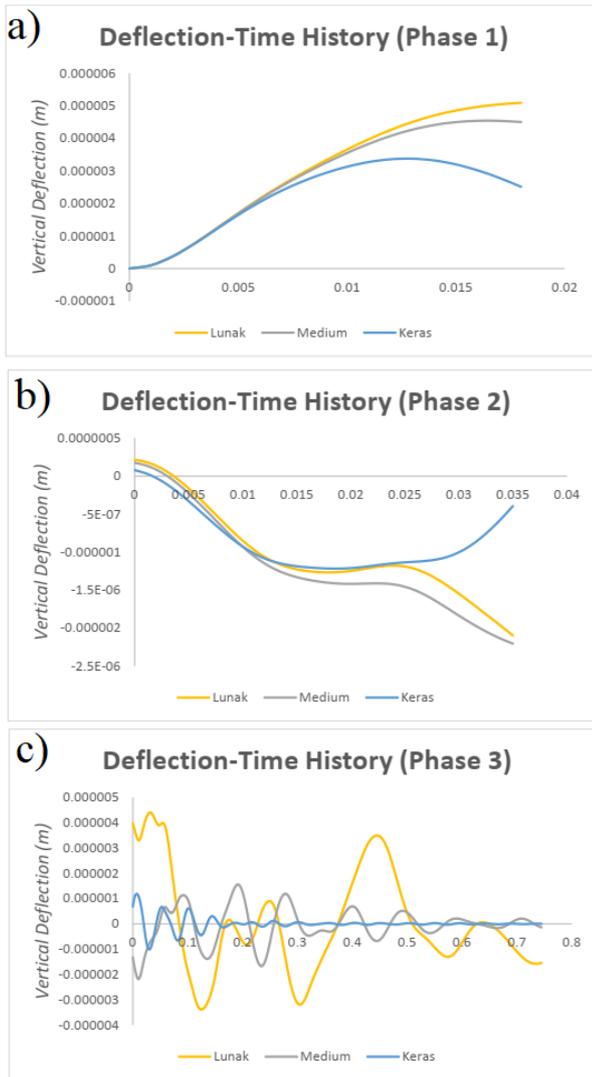
1. Perbandingan antara frekuensi alami pelat orthotropik dengan perbedaan ketebalan pelat dan jenis tanah pada lapisan pendukung Kerr adalah berbanding lurus. Semakin besar nilai ketebalan pelat, semakin tinggi nilai frekuensi alami pelat. Semakin kuat suatu kondisi tanah, maka semakin tinggi nilai frekuensi alami pada pelat.
2. Ketebalan pelat dan jenis tanah mempengaruhi perilaku dinamik pelat orthotropik. Defleksi yang terjadi pada pelat, riwayat waktu defleksi, dan momen lentur berbanding terbalik dengan perubahan ketebalan pelat serta jenis tanah pendukung. Semakin tebal pelat dan semakin keras jenis

tanah, maka semakin kecil defleksi yang dihasilkan. Semakin tebal pelat dan semakin keras jenis tanah, semakin singkat waktu defleksi absolut maksimum pelat dan semakin kecil nilai momen lentur yang terjadi.

3. Nilai defleksi absolut maksimum yang terjadi pada peletakan simply supported lebih kecil dibandingkan pada peletakan semi rigid. Hal tersebut menunjukkan bahwa pelat pada peletakan simply supported memiliki fleksibilitas yang lebih tinggi dibandingkan dengan peletakan semi rigid.

## Daftar Pustaka

- [1] Alisjahbana, S.W., 2022. Dynamic response of damped orthotropic plates on a Kerr foundation.
- [2] Alisjahbana, S.W., Alisjahbana, I., Kiryu, S. Gan, B.S., 2018. Semi analytical solution of a rigid pavement under a moving load on a Kerr foundation model. *Proceedings*, pp.2165-2174.
- [3] Amalia, D., 2018. Respons Dinamik Pelat Perkerasan Kaku Akibat Beban Ledakan Setempat Friedlander. Jakarta: Universitas Bakrie.
- [4] Kadid, A. et al., 2007. Blast loaded stiffened plates. *Journal of Engineering and Applied Sciences*, 2(2), pp.456-461.
- [5] Kadid, A., 2008. Stiffened plates subjected to uniform blast loading. *Journal of Civil Engineering and Management*, pp.155-161.
- [6] Louca, L.A. Harding, J., 1996. Response of plates to blast loading. In: *Proceedings of International Conference on Advances in Steel Structures*, pp.674-684.
- [7] Alisjahbana, S.W. Alisjahbana, I., 2021. Pengaruh beban ledakan (Blast Load) terhadap perilaku dinamik pelat lantai dan pelat atap bangunan. Jakarta: Universitas Bakrie Press.
- [8] Alisjahbana, S.W. Wangsadinata, W., 2011. Response of damped orthotropic stiffened plates subjected to a stepped triangular blast loading. *Procedia Engineering*, pp.989-996.



**Gambar 7.** Riwayat Waktu Defleksi untuk Fase: a) 1, b) 2, dan c) 3 pada Variasi Jenis Tanah

[9] Alisjahbana, S.W. Wangsadinata, W., 2012. Response of orthotropic plates to localized blast load. In: Research, Development, and Practice in Structural Engineering and Construction, pp.749-753.

[10] Alisjahbana, S.W. Wangsadinata, W., 2015. Behavior of the orthotropic plates stiffened plate subjected to localized blast load.