

# ANALISIS RESPONS DINAMIK PELAT LANTAI BANGUNAN ORTOTROPIK DENGAN DUA PENGAKU YANG DIBERI BEBAN LEDAKAN

Meilani<sup>1</sup>; Sofia W. Alisjahbana<sup>2</sup>

<sup>1</sup>Civil Engineering Department, Faculty of Engineering, Binus University  
Jl. K. H. Syahdan No. 9, Palmerah, Jakarta Barat 11480  
meilani@binus.edu

<sup>2</sup>Rektor Universitas Bakrie,  
Jl. H. R. Rasuna Said Kav. C-22, Jakarta 12920  
wangsadi@indosat.net.id

## ABSTRACT

*Bombings occurred in Indonesia mostly attack high-rise buildings. This fact should be a consideration for the structural engineer when designing high-rise building structures since the design of the structure does not include bomb blast burden in the calculation. This article discusses the dynamic response of buildings with of two plate stiffeners which are then given blast loads. The purpose of this study is to determine the effects of damping and the boom duration of the dynamic response of the plate. The plate is modeled damped orthotropic rectangular with semirigid placement on all sides. A decrease in plate element equilibrium equation is based on moment balance and forces on the plate. Meanwhile, the plate motion equations are derived using Newton's second law. The natural frequency of the plate system is obtained using the Modified Bolotin Method (MBM) as the numerical calculation process is completed with Microsoft Excel 2003 and Mathematica 5.2. Plates will be given damps as much as 0%, 5% and 10%. Each plate with each damp will be given blast loads for 1 ms, 2 ms, 10 ms and 20 ms. The research results shows that the greater the damp is used, the smaller system dynamic response will be. The longer the blast load works, the greater system dynamic response will be.*

**Keywords:** Modified Bolotin Method, orthotropic, stiffener, blast load

## ABSTRAK

*Aksi pemboman yang selama ini terjadi di Indonesia kebanyakan menyerang gedung bertingkat tinggi. Fakta ini hendaknya menjadi pertimbangan bagi para insinyur struktur ketika merancang struktur bangunan bertingkat tinggi karena selama ini perancangan struktur tidak memasukkan beban ledakan bom dalam perhitungan. Artikel ini membahas respons dinamik pelat bangunan yang diberi dua buah pengaku berupa balok anak yang kemudian diberi beban ledakan. Adapun tujuan dari penelitian ini adalah untuk mengetahui pengaruh redaman dan lamanya ledakan terhadap respons dinamik pelat. Pelat dimodelkan sebagai pelat persegi panjang ortotropik teredam dengan perletakan semirigid pada semua sisinya. Penurunan persamaan keseimbangan elemen pelat dilakukan berdasarkan keseimbangan momen dan gaya yang bekerja pada pelat. Sementara persamaan gerak pelat diturunkan menggunakan hukum Newton II. Frekuensi alami sistem pelat dapat dicari menggunakan Modified Bolotin Method (MBM) dan proses perhitungan numerik diselesaikan dengan bantuan program Microsoft Excel 2003 dan Mathematica 5.2. Pelat tersebut akan diberikan redaman 0%, 5% dan 10%. Setiap pelat dengan masing-masing redaman akan diberikan beban ledakan selama 1 ms, 2 ms, 10 ms dan 20 ms. Hasil penelitian menunjukkan bahwa semakin besar redaman yang digunakan, respons dinamik system akan semakin kecil dan semakin lama beban ledakan bekerja, respons dinamik system akan semakin besar.*

**Kata kunci:** Modified Bolotin Method, ortotropik, pengaku, beban ledakan

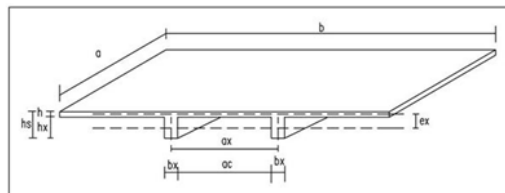
## PENDAHULUAN

Penelitian mengenai pelat sudah dilakukan sejak tahun 1766, berupa penelitian dari perilaku pelat. Seiring dengan berkembangnya kemajuan jaman penelitian tentang pelat berkembang pesat. Penelitian tentang perilaku pelat bangunan akibat beban dinamik berupa beban ledakan berkembang di Indonesia pasca tahun 2000, di mana aksi pemboman oleh terorisme terjadi di mana-mana. Teroris banyak mengincar gedung bangunan tinggi untuk diledakkan sehingga masalah ini harus dijadikan bahan pertimbangan dalam melakukan desain suatu bangunan. Selama ini yang ramai diperbincangkan adalah ketahanan bangunan terhadap gempa, tetapi menilik situasi dan kondisi di Indonesia akhir-akhir ini, mungkin sudah saatnya kita mulai memperbincangkan ketahanan gedung terhadap beban dinamik yang berupa ledakan. Pelat lantai bangunan pada penelitian ini berupa pelat persegi panjang orthotropik teredam dengan perletakan *semirigid* pada keempat sisinya yang diperkaku dengan balok anak pada salah satu arah sumbunya. Persamaan gerak pelat persegi panjang orthotropik yang diberi beban ledakan berupa persamaan diferensial orde empat kemudian dapat diselesaikan dengan mencari solusi homogen dan solusi partikuler. Pada pelat tersebut akan diberikan redaman sebesar 0%, 5% dan 10 %. Untuk setiap pelat dengan masing-masing redaman akan diberikan beban ledakan selama 1 ms, 2 ms, 10 ms dan 20 ms. Kemudian akan dicari pengaruh redaman dan lamanya ledakan terhadap respons dinamik pelat.

## METODE

### Permodelan Pelat Lantai Bangunan

Pelat lantai bangunan dimodelkan sebagai pelat orthotropik dengan perletakan *semirigid* pada keempat sisinya, berukuran 5.05 m x 7.4 m yang diberi dua pengaku pada salah satu arah sumbunya berupa balok anak berukuran 30 cm x 60 cm (Gambar 1).



Gambar 1. Pelat dengan dua pengaku.

Adapun *properties* Beton Pelat dan Balok Anak terdapat pada Tabel 1.

Tabel 1  
Properties Beton Pelat dan Balok Anak

Besaran	Dimensi	Keterangan
<b>a</b>	5.05 m	Panjang pelat arah x
<b>b</b>	7.4 m	Panjang pelat arah y
<b>fc'</b>	25 Mpa	Mutu beton
<b>v</b>	0.18	Poisson's Ratio
<b>ρ</b>	2400 kg/m <sup>3</sup>	Massa jenis beton
<b>h</b>	0.12 m	Tebal Pelat
<b>bx</b>	0.3 m	Lebar Balok Anak
<b>hx</b>	0.48 m	Tinggi bersih balok
<b>hs</b>	0.6 m	Tinggi balok
<b>Ec</b>	25278734145.522 N/m <sup>2</sup>	Modulus Elastisitas Beton

Adapun persamaan gerak pelat orthotropik dapat dinyatakan sebagai berikut:

$$D_x \frac{\partial^4 w(x,y,t)}{\partial x^4} + 2B \frac{\partial^4 w(x,y,t)}{\partial x^2 \partial y^2} + D_y \frac{\partial^4 w(x,y,t)}{\partial y^4} + \rho h \frac{\partial^2 w(x,y,t)}{\partial t^2} + \gamma h D_y \frac{\partial w(x,y,t)}{\partial t} = p(x,y,t) \quad (1)$$

$$D_x = \frac{E' \cdot h^3}{12} + \frac{E_x \cdot b x}{6 \cdot a x} \left\{ \left[ \left( (h x - (e x - (h/2)))^2 \right) (2 h x + e x + h) \right] - \left( (e x - (h/2))^2 \cdot (e x + h) \right) \right\} \quad (2)$$

$$D_y = \frac{E' \cdot h^3}{12} \quad (3)$$

Properties pelat dengan dua pengaku terdapat pada Tabel 2.

Tabel 2

Properties Pelat dengan Dua Pengaku

Besaran	Dimensi	Keterangan
ax	2.4 m	Jarak as ke as antar pengaku
ex	0.13347 m	Eksentrisitas sistem
k1	5000000 Nm/rad	Kekakuan arah x
k2	35000000.000 Nm/rad	Kekakuan arah y
G	10711328028 N/m <sup>2</sup>	Modulus Geser
E'	26125190312 N/m <sup>2</sup>	Modulus Elastisitas Pelat
Dx	109083698.7 Nm	Ketegaran lentur pelat arah x
Dy	3762027.405 Nm	Ketegaran lentur pelat arah y
B	6292578.651 Nm	Ketegaran puntir efektif

Syarat batas yang berlaku untuk pelat persegi panjang dengan perletakan semi rigid di keempat sisinya adalah:

1. Sepanjang  $x=0$  dan  $x=a$ :

$$W(x,y)=0$$

$$-D_x \left[ \frac{\partial^2 W(x,y)}{\partial x^2} + \nu \frac{\partial^2 W(x,y)}{\partial y^2} \right] = k_1 \frac{\partial W(x,y)}{\partial x} \quad (4)$$

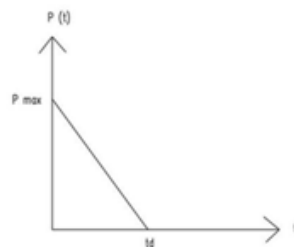
2. Sepanjang  $y=0$  dan  $y=b$ :

$$W(x,y)=0$$

$$-D_y \left[ \frac{\partial^2 W(x,y)}{\partial x^2} + \nu \frac{\partial^2 W(x,y)}{\partial y^2} \right] = k_2 \frac{\partial W(x,y)}{\partial y} \quad (5)$$

### Beban ledakan

Beban ledakan akibat ledakan bom dapat dilukiskan sebagai berikut (Gambar 2).



Gambar 2. Hubungan antara tekanan akibat ledakan dengan waktu.

Untuk memperoleh solusi total sistem perlu didefinisikan terlebih dahulu fungsi beban yang bekerja pada sistem tersebut yang dapat dinyatakan sebagai berikut:

$$p(x,y,t) = P[x(t),y(t),t] = P(t) \delta[x-x(t)] \delta[y-y(t)] \quad (6)$$

di mana:

$x(t)$  = fungsi gerak beban yang bekerja di arah  $x$

$y(t)$  = fungsi gerak beban yang bekerja di arah  $y$

$x(t) = x_0$  dan  $y(t) = y_0$  = posisi beban pada saat  $t = t_0$  ( $x_0, y_0$ )

$P(t)$  = beban impuls yang bekerja pada saat  $t$

$$P(t) = P_0 \left( \frac{1-t}{td} \right) \quad (7)$$

Dalam hal ini  $P_{max}$  diambil sebesar 1.3 MPa yang bekerja di posisi  $\left[ \frac{a}{4}, \frac{b}{4} \right]$ .

Bila persamaan (4.3.2) disubstitusikan ke dalam persamaan (4.3.1) akan diperoleh persamaan sebagai berikut:

$$P(x,y,t) = P_0 \left( \frac{1-t}{td} \right) \delta[x-x_0] \delta[y-y_0] \quad (8)$$

### Analisis Umum

Pada getaran bebas pelat (*free vibration*) tanpa redaman dimana harga  $\gamma=0$  defleksi transversal pelat dapat dinyatakan sebagai berikut:

$$W(x,y,t) = W(x,y) \sin \omega t \quad (9)$$

Dalam persamaan (9) di atas:

$W(x,y)$  = fungsi posisi (*spatial function*)

$\omega$  = frekuensi alami sistem (*natural frequency system*)

Bila persamaan (9) disubstitusikan ke dalam persamaan (1) akan dihasilkan persamaan:

$$D_x \frac{\partial^4 W}{\partial x^4} + 2B \frac{\partial^4 W}{\partial x^2 \partial y^2} + D_y \frac{\partial^4 W}{\partial y^4} - \rho h \omega^2 W = 0 \quad (10)$$

Agar solusi dari persamaan (4) dan persamaan (5) dapat memenuhi syarat batas sesuai dengan persamaan (10), defleksi transversal pelat harus dinyatakan dalam deret Fourier ganda (solusi Navier) yang dapat dinyatakan sebagai berikut:

$$W_{mn} = A_{mn} \sin \left( \frac{m\pi x}{a} \right) \sin \left( \frac{n\pi y}{b} \right) \quad (11)$$

di mana:

$A_{mn}$  = koefisien amplitudo yang ditentukan dari kondisi awal (*initial condition*)

$\frac{m\pi}{a}$  = *wave number* di arah  $x$

$\frac{n\pi}{b}$  = *wave number* di arah  $y$

$m$  = indeks integer, pola getar yang terjadi (*mode*) arah  $x$

$n$  = indeks integer, pola getar yang terjadi (*mode*) arah  $y$

$a$  = panjang pelat di arah  $x$

$b$  = panjang pelat di arah  $y$

Jika persamaan (11) disubstitusi ke dalam persamaan (10) diperoleh frekuensi alami sistem pelat dengan perletakan sendi pada keempat sisinya, yaitu:

$$\omega_{mn}^2 = \frac{\pi^4}{\rho h} \left[ D_x \left( \frac{m}{a} \right)^4 + 2 B \left( \frac{mn}{ab} \right)^2 + D_y \left( \frac{n}{b} \right)^4 \right] \quad (12)$$

Frekuensi alami sistem untuk pelat persegi panjang dengan perletakan jepit, bebas, *semi rigid* dapat dicari dengan menganalogikan pelat persegi panjang tersebut sebagai pelat yang memiliki perletakan sendi pada keempat sisinya. Pola getar arah  $x$  ( $m$ ) diganti dengan  $p$  dan pola getar di arah  $y$  ( $n$ ) diganti dengan  $q$ , dimana  $p$  dan  $q$  adalah bilangan *real* yang diperoleh dari persamaan transendental.

Dengan demikian frekuensi alami sistem dengan perletakan tidak simetris dapat dinyatakan sebagai berikut:

$$\omega_{mn}^2 = \frac{\pi^4}{\rho h} \left[ D_x \left( \frac{p}{a} \right)^4 + 2 B \left( \frac{pq}{ab} \right)^2 + D_y \left( \frac{q}{b} \right)^4 \right] \quad (13)$$

di mana:

$\frac{p\pi}{a}$  = wave number di arah  $x$

$\frac{q\pi}{b}$  = wave number di arah  $y$

$p, q$  = bilangan real (untuk perletakan bukan sendi di kedua sisi yang berhadapan) yang dapat diselesaikan dengan masalah tipe Levy dari dua buah persamaan *auxiliary*. Cara ini dikenal juga dengan nama Modified Bolotin Method (Pevzner, 2000).

### Respons Dinamik Pelat

Respons dinamik pelat dapat ditemukan dengan menggunakan metode pemisahan variabel (*separation of variable method*). Dengan demikian solusi partikuler dari persamaan (1) dapat dinyatakan sebagai:

$$W(x,y,t) = \sum_{m=1}^{\infty} \sum_{n=1}^{\infty} X_{mn}(x) Y_{mn}(y) T_{mn}(t) \quad (14)$$

di mana  $T_{mn}(t)$  = fungsi waktu yang akan diperoleh dengan analisis lebih lanjut.

Persamaan diferensial untuk koefisien fungsi  $T_{mn}(t)$  dapat dinyatakan sebagai:

$$\ddot{T}_{mn}(t) + 2\omega_{mn}\bar{\gamma} \dot{T}_{mn}(t) + \omega_{mn}^2 T_{mn}(t) = \frac{1}{\rho h Q_{mn}} \iint_0^a \int_0^b X_{mn}(x) Y_{mn}(y) p(x,y,t) dx dy \quad (15)$$

dimana  $Q_{mn}$  adalah faktor normalisasi.

Solusi partikuler dari fungsi  $T_{mn}(t)$  bisa dituliskan dalam bentuk integral Duhamel (Paz, 1987), yaitu:

$$\bar{T}_{mn}(t) = \int_0^t \left[ \frac{p(x,y,\tau)}{\rho h Q_{mn}} \int_0^a X_{mn}(x) dx \int_0^b Y_{mn}(y) dy \frac{e^{-\bar{\gamma}\omega_{mn}(t-\tau)} \sin\left[\sqrt{1-\bar{\gamma}^2}\omega_{mn}(t-\tau)\right]}{\sqrt{1-\bar{\gamma}^2}\omega_{mn}} \right] d\tau \quad (16)$$

Solusi umum sistem akibat beban dinamik transversal dapat dinyatakan sebagai:

$$W(x,y,t) = \sum_{m=1}^{\infty} \sum_{n=1}^{\infty} \left( \frac{X_{mn}(x) Y_{mn}(y) \int_0^a X_{mn}(x) \int_0^b Y_{mn}(y) \left( p(x,y,\tau) e^{-\sqrt{\omega_{mn}^2} t} \sin \sqrt{1-\bar{\gamma}^2} \omega_{mn} (t-\tau) \right) d\tau}{\rho h Q_{mn} \sqrt{1-\bar{\gamma}^2} \omega_{mn}} \right) \quad (17)$$

## HASIL DAN PEMBAHASAN

### Frekuensi Alami Sistem

Frekuensi alami sistem dihitung untuk 5 mode pertama di arah  $x$  dan 5 mode kedua di arah  $y$ . Harga frekuensi alami untuk berbagai mode  $m$  dan  $n$  dua pengaku tersaji dalam Tabel 3.

Tabel 3  
*Harga Frekuensi Alami untuk Berbagai Mode  $m$  dan  $n$  Dua Pengaku*

m	n	p	q	$\omega_{mn}^2$	$\omega_{mn}$
1	1	0.999105	1.26155	62442.76	249.885
1	2	0.999214	2.38514	87595.791	295.966
1	3	0.99934	3.44568	152533.4	390.555
1	4	0.999462	4.483	289184.47	537.759
1	5	0.999569	5.51145	540668.7	735.302
2	1	1.99979	1.13931	923812.27	961.152
2	2	1.99979	2.25388	980147.91	990.024
2	3	1.9998	3.33931	1095983.1	1046.89
2	4	1.99981	4.40286	1303069.1	1141.52
2	5	1.99982	5.45251	1644783.4	1282.49
3	1	2.9999	1.09938	4628169.6	2151.32
3	2	2.99991	2.19162	4736002	2176.24
3	3	2.99991	3.27278	4936951.7	2221.93
3	4	2.99991	4.34248	5262608.3	2294.04
3	5	2.99991	5.40241	5756502.5	2399.27
4	1	3.99995	1.08417	14579680	3818.33
4	2	3.99995	2.16548	14759787	3841.85
4	3	3.99995	3.24183	15081156	3883.45
4	4	3.99995	4.31215	15575297	3946.56
4	5	3.99995	5.37631	16285894	4035.58
5	1	4.99997	1.08182	35544226	5961.9
5	2	4.99997	2.16191	35819882	5984.97
5	3	4.99997	3.2388	36300480	6024.99
5	4	4.99997	4.31134	37017448	6084.2
5	5	4.99997	5.3788	38014217	6165.57

### Respons Dinamik

Pelat dengan dua pengaku diberi beban ledakan di posisi  $\left(\frac{a}{4}, \frac{b}{4}\right)$  dengan lama ledakan  $td = 1$  ms, 2 ms, 10 ms, 20 ms dan diberi redaman 0 %, 5%, 10 %. Hasilnya disajikan dalam Tabel 4 – 6 i bawah ini:

Tabel 4  
*Respons Dinamik Pelat Dua Pengaku Dengan Redaman 0%*

Pengaku			2			
Damping ratio			0%			
td			1 ms	2 ms	10 ms	20 ms
Defleksi dinamik max (m)	Sebelum ledakan		0.0000563048	0.0001988320	0.0029730300	0.0054130400
	Sesudah ledakan		0.0441403000	0.0865300000	0.2749750000	0.3406770000
Mx (Nm)	Sebelum ledakan	terhadap fungsi waktu t	8,896.49	32,493.00	140,067.00	298,135.00
		terhadap sumbu y	7,188.91	28,452.90	503,627.00	766,515.00
		terhadap sumbu x	2,846.10	11,156.80	140,092.00	163,342.00
	Sesudah ledakan	terhadap fungsi waktu t	2,736,807.57	5,469,148.94	15,564,916.94	19,943,891.79
		terhadap sumbu y	1,006,468.71	2,272,659.39	16,761,331.59	19,508,887.43
		terhadap sumbu x	985,021.00	2,230,950.15	16,768,857.77	19,521,504.90
My (Nm)	Sebelum ledakan	terhadap fungsi waktu t	1,262.97	4,667.24	23,334.00	27,974.70
		terhadap sumbu y	1,356.30	5,373.01	95,983.00	103,828.00
		terhadap sumbu x	402.90	1,583.26	22,417.40	27,959.50
	Sesudah ledakan	terhadap fungsi waktu t	195,405.00	408,252.00	918,189.00	1,144,038.25
		terhadap sumbu y	182,455.00	399,836.00	1,550,306.79	2,442,681.99
		terhadap sumbu x	65,163.80	148,546.00	886,625.00	1,075,775.06
Qx (N)	Sebelum ledakan	terhadap fungsi waktu t	60.34	212.05	3,505.09	6,276.85
		terhadap sumbu y	109.42	433.61	8,025.84	13,143.80
		terhadap sumbu x	888.96	3,476.07	37,946.10	66,680.20
	Sesudah ledakan	terhadap fungsi waktu t	51,044.40	100,110.00	319,437.00	395,216.00
		terhadap sumbu y	26,649.00	51,582.00	204,425.00	343,315.00
		terhadap sumbu x	655,922.00	1,358,931.06	3,013,645.84	3,908,653.86
Qy (N)	Sebelum ledakan	terhadap fungsi waktu t	793.83	2,740.63	44,981.20	70,575.00
		terhadap sumbu y	2,064.73	8,180.27	145,578.00	203,149.00
		terhadap sumbu x	257.20	997.07	4,984.62	48,439.00
	Sesudah ledakan	terhadap fungsi waktu t	128,838.00	261,510.00	689,962.00	961,230.00
		terhadap sumbu y	424,016.00	851,171.00	2,791,172.70	3,052,094.23
		terhadap sumbu x	112,918.00	232,231.00	447,086.00	507,146.00

Tabel 5  
*Respons Dinamik Pelat Dua Pengaku Dengan Redaman 5%*

Pengaku		2				
Damping ratio		5%				
td		1 ms	2 ms	10 ms	20 ms	
<b>Defleksi dinamik</b>	<b>Sebelum ledakan</b>	0.0000548480	0.0001885210	0.0026619000	0.0046132800	
<b>max (m)</b>	<b>Sesudah ledakan</b>	0.0408259000	0.0757316000	0.2512600000	0.2540980000	
<b>Mx (Nm)</b>	<b>Sebelum ledakan</b>	terhadap fungsi waktu t	8,715.99	31,208.20	129,044.00	240,197.00
		terhadap sumbu y	7,140.55	28,073.20	474,707.00	715,245.00
		terhadap sumbu x	2,818.87	10,945.70	129,066.00	150,332.00
	<b>Sesudah ledakan</b>	terhadap fungsi waktu t	2,464,585.23	4,582,442.59	8,146,822.50	14,454,993.65
		terhadap sumbu y	991,100.00	2,220,735.11	6,825,258.95	11,259,926.53
		terhadap sumbu x	970,915.00	2,182,544.13	8,115,879.20	11,681,139.94
<b>My (Nm)</b>	<b>Sebelum ledakan</b>	terhadap fungsi waktu t	1,239.86	4,502.24	21,682.60	26,056.10
		terhadap sumbu y	1,347.30	5,302.08	90,221.30	100,133.00
		terhadap sumbu x	399.42	1,556.23	20,937.10	26,041.90
	<b>Sesudah ledakan</b>	terhadap fungsi waktu t	183,319.00	316,489.00	754,406.00	756,288.00
		terhadap sumbu y	177,846.00	385,029.00	1,270,499.32	1,540,132.60
		terhadap sumbu x	64,303.80	145,500.00	499,098.00	644,591.00
<b>Qx (N)</b>	<b>Sebelum ledakan</b>	terhadap fungsi waktu t	58.73	200.69	3,142.28	5,342.73
		terhadap sumbu y	108.73	428.19	7,590.99	12,215.70
		terhadap sumbu x	879.63	3,403.70	34,321.40	58,586.80
	<b>Sesudah ledakan</b>	terhadap fungsi waktu t	47,273.00	87,689.30	292,157.00	295,149.00
		terhadap sumbu y	26,500.10	46,902.90	107,639.00	257,705.00
		terhadap sumbu x	458,671.00	568,060.00	2,934,198.24	3,103,302.94
<b>Qy (N)</b>	<b>Sebelum ledakan</b>	terhadap fungsi waktu t	771.44	2,583.64	37,965.30	65,609.50
		terhadap sumbu y	2,050.96	8,071.60	136,658.00	189,108.00
		terhadap sumbu x	253.81	970.87	4,019.42	41,005.50
	<b>Sesudah ledakan</b>	terhadap fungsi waktu t	100,845.00	169,235.00	539,717.00	559,732.00
		terhadap sumbu y	413,803.00	784,230.00	1,763,487.31	2,525,976.51
		terhadap sumbu x	75,718.40	94,203.80	250,184.00	307,691.00



Tabel 6  
*Respons Dinamik Pelat Dua Pengaku dengan Redaman 10%*

Pengaku		2				
Damping ratio		10%				
td		1 ms	2 ms	10 ms	20 ms	
Defleksi dinamik	Sebelum ledakan	0.0000534347	0.0001788170	0.0023857500	0.0039706900	
	Sesudah ledakan	0.0407047000	0.0730750000	0.0892035000	0.2017350000	
Mx (Nm)	Sebelum ledakan	terhadap fungsi waktu t	8,540.59	29,994.10	119,343.00	194,730.00
		terhadap sumbu y	7,092.69	27,701.20	448,505.00	670,169.00
		terhadap sumbu x	2,792.03	10,740.30	119,363.00	138,950.00
	Sesudah ledakan	terhadap fungsi waktu t	1,401,530.15	2,581,636.65	5,452,933.27	11,046,091.36
		terhadap sumbu y	976,093.00	2,170,408.65	4,970,130.21	8,998,345.82
		terhadap sumbu x	957,061.00	2,135,344.76	4,623,665.84	6,333,577.69
My (Nm)	Sebelum ledakan	terhadap fungsi waktu t	1,217.38	4,346.02	20,234.30	24,372.40
		terhadap sumbu y	1,338.38	5,232.50	85,017.24	96,742.90
		terhadap sumbu x	395.98	1,529.91	19,618.60	24,361.60
	Sesudah ledakan	terhadap fungsi waktu t	157,110.00	261,310.00	456,811.00	518,031.00
		terhadap sumbu y	173,437.00	371,040.00	948,665.00	1,016,337.20
		terhadap sumbu x	63,449.70	142,495.00	334,487.00	376,464.00
Qx (N)	Sebelum ledakan	terhadap fungsi waktu t	57.17	190.00	2,820.33	4,611.67
		terhadap sumbu y	108.05	422.87	7,194.34	11,423.80
		terhadap sumbu x	870.43	3,333.34	31,166.60	51,338.90
	Sesudah ledakan	terhadap fungsi waktu t	47,050.80	84,609.20	193,971.00	234,718.00
		terhadap sumbu y	26,336.40	45,117.80	84,601.80	86,411.30
		terhadap sumbu x	303,144.00	189,900.00	2,395,456.58	2,635,674.09
Qy (N)	Sebelum ledakan	terhadap fungsi waktu t	749.76	2,436.72	32,302.80	61,263.90
		terhadap sumbu y	2,037.31	7,964.97	128,616.00	177,079.00
		terhadap sumbu x	250.48	945.48	3,235.21	34,974.90
	Sesudah ledakan	terhadap fungsi waktu t	78,241.40	129,219.00	228,259.00	364,033.00
		terhadap sumbu y	77,656.70	249,600.00	1,404,283.78	1,629,911.19
		terhadap sumbu x	53,685.50	60,701.30	153,556.00	177,909.00

### Gaya Dalam Pelat

Berikut adalah gaya dalam pelat dengan dua pengaku diberi beban ledakan di posisi  $\left(\frac{a}{4}, \frac{b}{4}\right)$  dengan lama ledakan  $t_d = 1 \text{ ms}, 2 \text{ ms}, 10 \text{ ms}, 20 \text{ ms}$  dan diberi redaman 0 %, 5%, 10 % (Gambar 3 – 5).

### Gaya Dalam Pelat Pada Saat $t = 25 \text{ ms}$

Pada saat 25 ms setelah terjadi ledakan, diamati respons dinamik di tengah bentang pelat dua pengaku redaman 0 % dengan posisi beban berada di  $x = a/4$  dan  $y = b/4$  (Lihat Tabel 7 – 10).

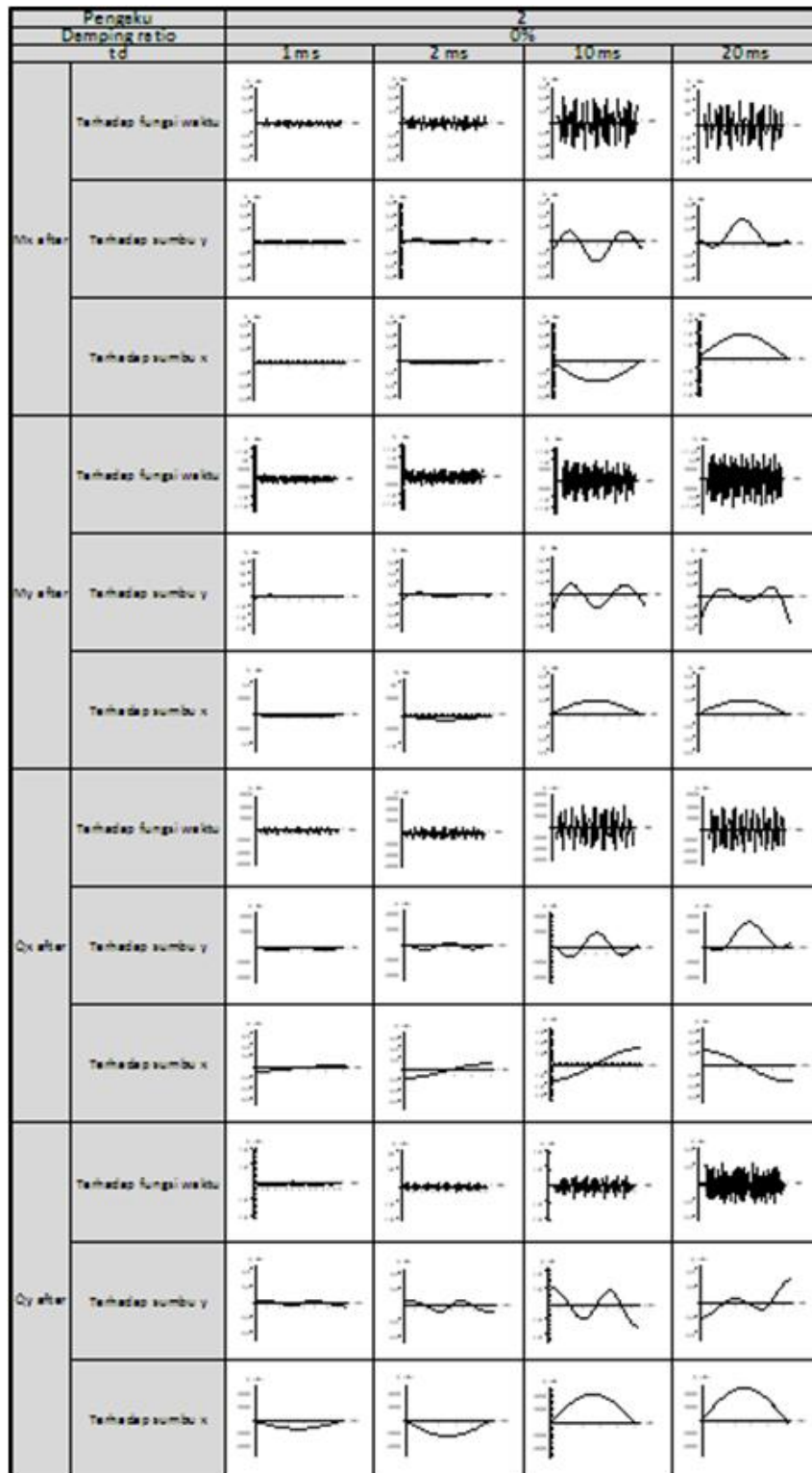
## KESIMPULAN

Berdasarkan analisis respons dinamik lantai pelat bangunan persegi panjang orthotropik dengan bantuan program Mathematica 5.2 dapat disimpulkan dua hal. Pertama, semakin besar redaman yang digunakan, semakin kecil respons dinamik sistem. Kedua, semakin lama beban ledakan bekerja, respons dinamik sistem akan semakin besar.

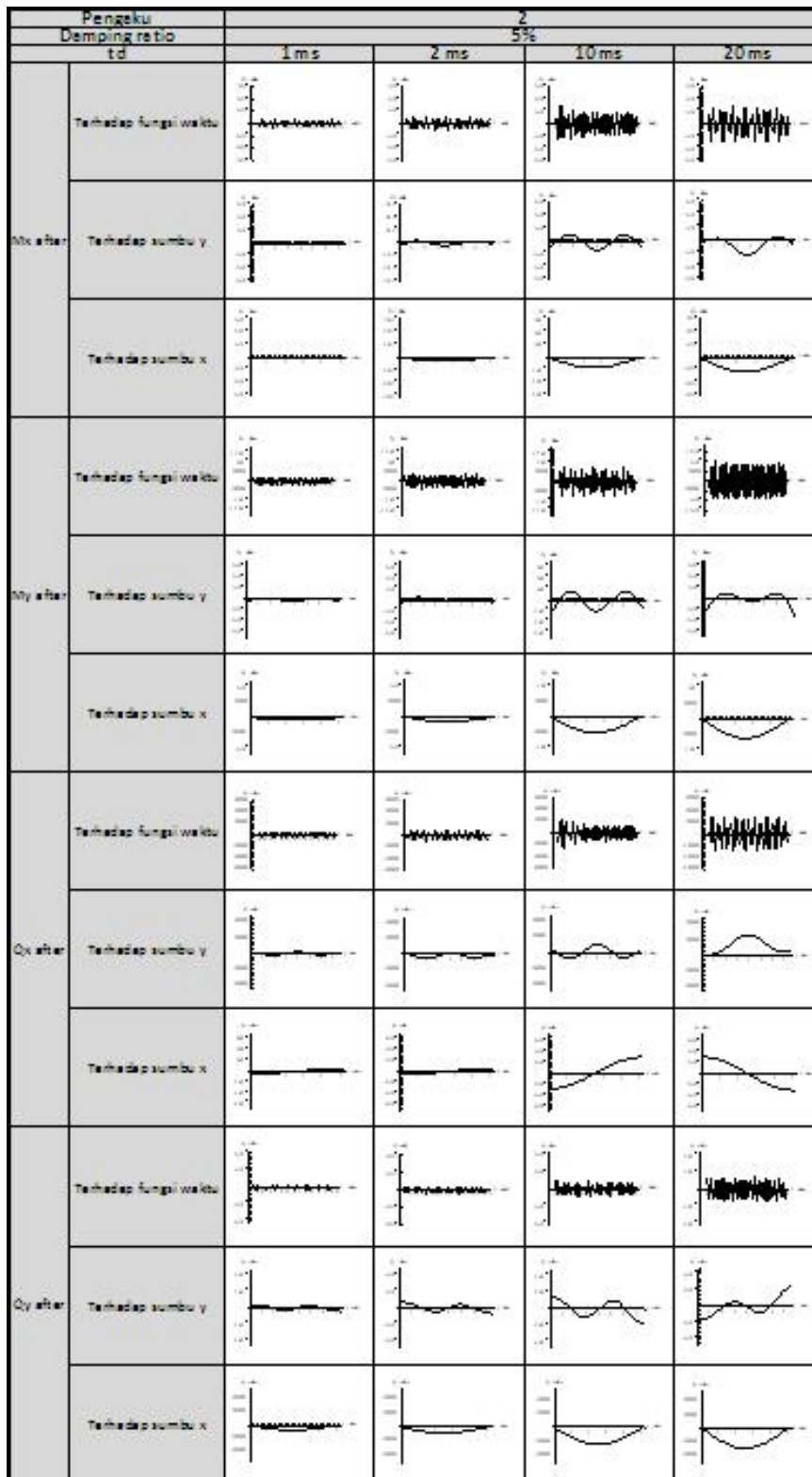
## DAFTAR PUSTAKA

- Alisjahbana, S.W. (2002). *Dinamika Struktur Pelat*. Jakarta: Jurusan Teknik Sipil Universitas Tarumanagara.
- Elishakoff, I. B. (1974). Vibration Analysis of Clamped Square Orthotropic Plate. *AIAA Journal*, 12 (7), 921-924.
- Kadid, Abdelkrim. (2008). Stiffened Plates Subjected To Uniform Blast Loading. *Algeria: Journal of Civil Engineering and Management*, pp. 155-161.
- Meilani. (2010). *Respons Dinamik Lantai Bangunan Dengan Pengaku Akibat Beban Ledakan*. Tesis Pascasarjana Teknik Sipil. Jakarta: Fakultas Teknik Universitas Tarumanagara
- Pevzner, Pavel., Weller, Tanchum & Berkovitz, Abraham. (2000). Further Modification of Bolotin Method in Vibration Analysis of Rectangular Plates. *AIAA Journal*, 38 (9), 1725-1729.

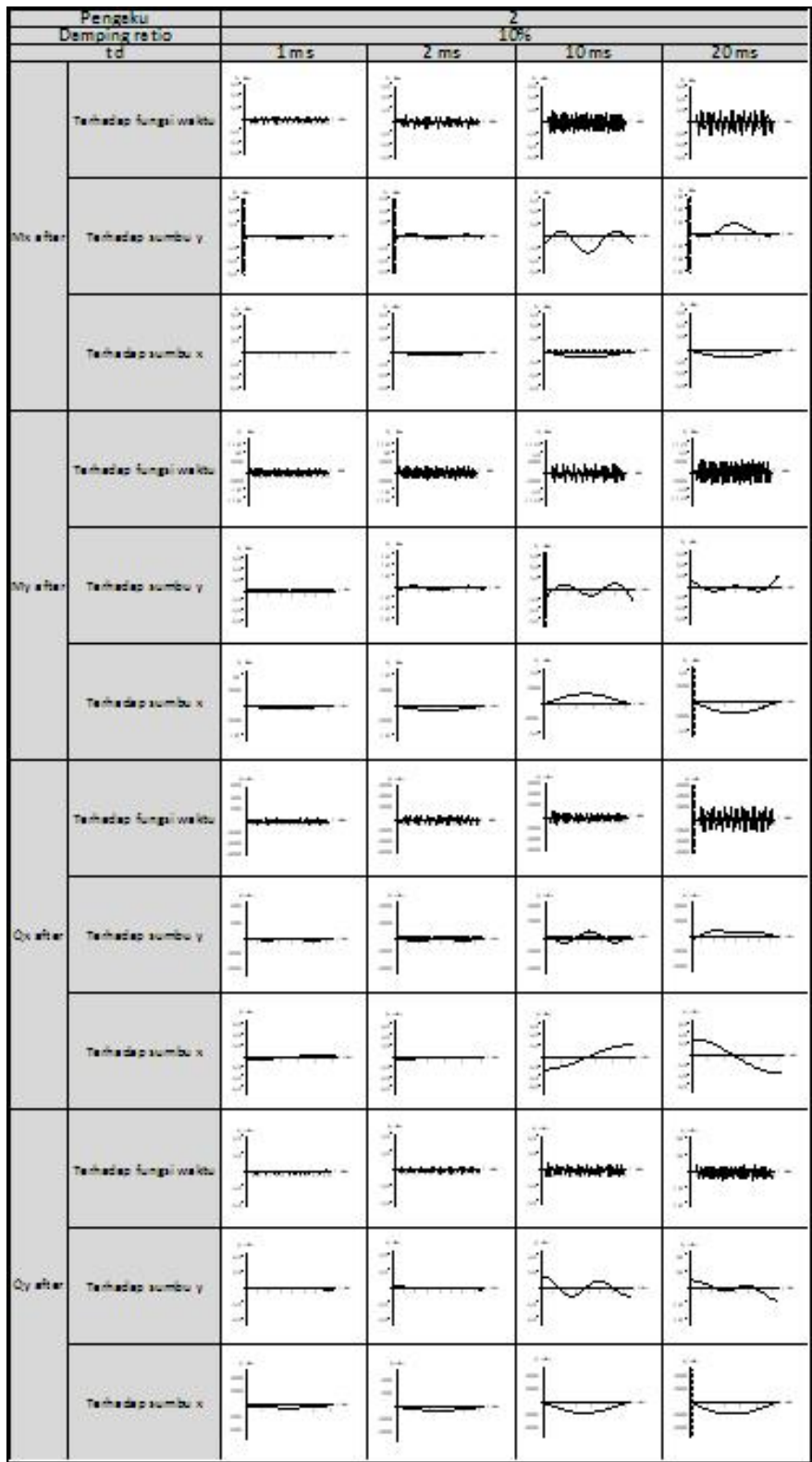
## APPENDIX



Gambar 3. Gaya dalam pelat dua pengaku dengan redaman 0%.



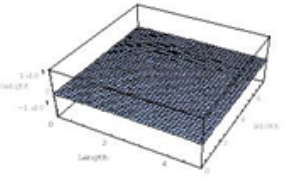
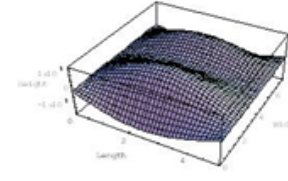
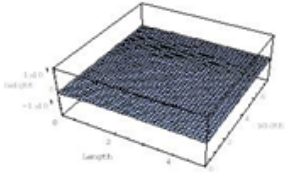
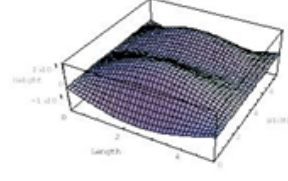
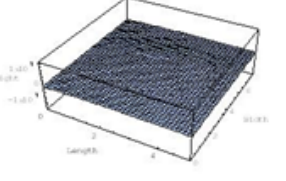
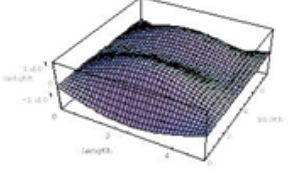
Gambar 4. Gaya dalam pelat dua penguji dengan redaman 5%.



Gambar 5. Gaya dalam pelat dua pengeku dengan redaman 10%.

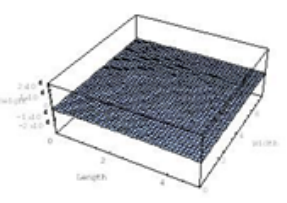
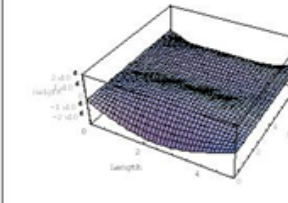
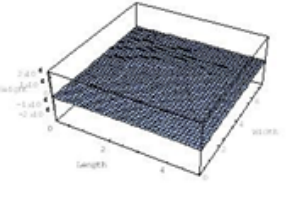
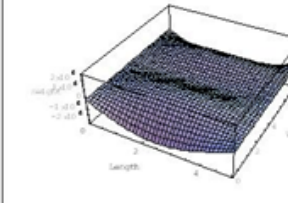
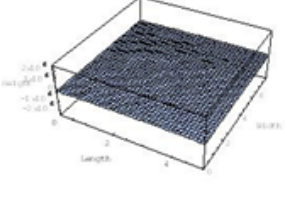
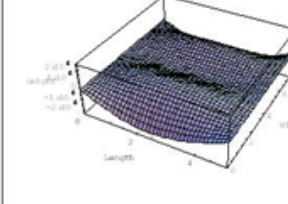
Tabel 7

Momen Arah X Pelat Dua Pengaku dengan Redaman 0% dengan Posisi Beban di  $x = a/4$  dan  $y = b/4$

Pengaku		2	
Damping ratio		0%	
td		2 ms	20 ms
Mx after	Terhadap fungsi waktu		
	Terhadap sumbu y		
	Terhadap sumbu x		

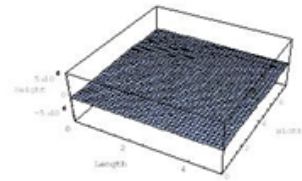
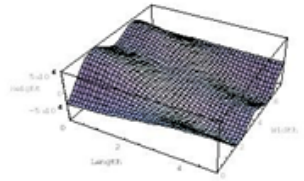
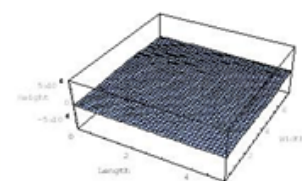
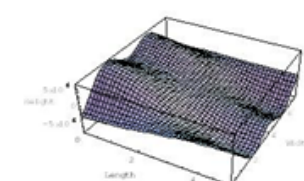
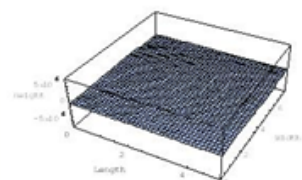
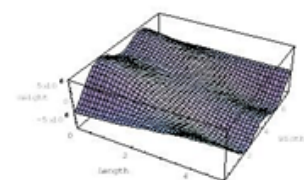
Tabel 8

Momen Arah Y Pelat Dua Pengaku dengan Redaman 0% dengan Posisi Beban di  $x = a/4$  dan  $y = b/4$

Pengaku		2	
Damping ratio		0%	
td		2 ms	20 ms
My after	Terhadap fungsi waktu		
	Terhadap sumbu y		
	Terhadap sumbu x		

Tabel 9

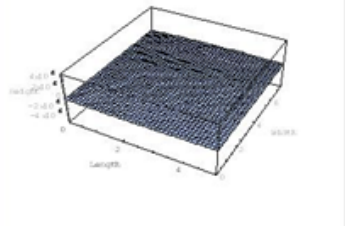
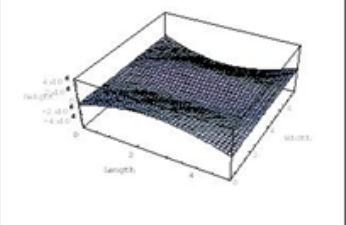
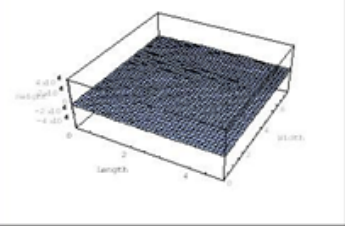
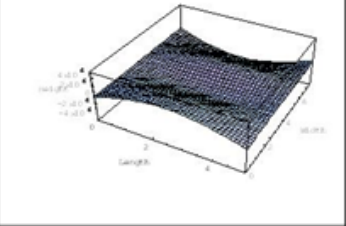
Gaya Geser Arah X Pelat Dua Pengaku dengan Redaman 0% dengan Posisi Beban di  $x = a/4$  dan  $y = b/4$

Pengaku		2	
Damping ratio		0%	
td		2 ms	20 ms
Qx after	Terhadap fungsi waktu		
	Terhadap sumbu y		
	Terhadap sumbu x		



Tabel 10

Gaya Geser Arah Y Pelat Dua Pengaku dengan Redaman 0% dengan Posisi Beban di  $x = a/4$  dan  $y = b/4$

Pengaku		2	
Damping ratio		0%	
td		2 ms	20 ms
Qy after	Terhadap fungsi waktu		
	Terhadap sumbu y		
	Terhadap sumbu x	