



Studi ketebalan minimum pelat beton bertulang menurut SNI 2847:2019 terhadap kenyamanan manusia

Chatryne Pricillya Ris Mentari^{a,*}, Fikri Alami^b, Surya Sebayang^c

^a Mahasiswa Program Studi S1 Teknik Sipil, Universitas Lampung, Jl. Soemantri Brojonegoro No. 1 Bandar Lampung, 35145, Indonesia

^b Jurusan Teknik Sipil, Universitas Lampung, Jl. Soemantri Brojonegoro No. 1 Bandar Lampung, 35145, Indonesia

^c Jurusan Teknik Sipil, Universitas Lampung, Jl. Soemantri Brojonegoro No. 1 Bandar Lampung, 35145, Indonesia

HIGHLIGHTS

- Penelitian ini dilakukan untuk melihat pengaruh dan efektifitas penggunaan ketebalan minimum pelat beton untuk kenyamanan manusia
- Menggunakan ketebalan minimum pelat tidak memberikan jaminan kenyamanan dari getaran akibat aktivitas manusia berjalan.
- Menggunakan ketebalan minimum pelat memberikan jaminan keamanan dari getaran akibat aktivitas manusia berjalan.

INFO ARTIKEL

Riwayat artikel:

Diterima 05 Juli 2022

Diterima setelah diperbaiki 26 Juli 2022

Diterima untuk diterbitkan 29 Juli 2022

Tersedia secara online 01 Agustus 2022

Kata kunci:

Getaran,
kenyamanan manusia,
pelat beton bertulang,
standar nasional Indonesia.

ABSTRAK

Penelitian ini menunjukkan pengaruh dan efektifitas ketebalan minimum pelat beton bertulang terhadap kenyamanan manusia. Penelitian ini memodelkan tiga bangunan kantor dengan nilai L_y/L_x yang berbeda yaitu 2; 1,75 dan 1,5 yang menerima beban manusia berjalan lurus pada pelat sebesar 0,7 KN di lantai satu yang dianalisis dengan menggunakan program SAP2000 dan *Microsoft Excel*. Dari hasil analisis menggunakan program SAP2000 v.18 terlihat bahwa seluruh model memiliki nilai lendutan tidak melebihi batas yang disyaratkan yaitu $L/360$. Untuk model 1 percepatan getaran vertikal terbesar pada redaman 0% adalah $0,2550 \text{ m/s}^2$ dan redaman 3% adalah $0,1282 \text{ m/s}^2$ dengan frekuensi alami vertikal sebesar 13,7371 Hz. Untuk model 2 percepatan getaran vertikal terbesar pada redaman 0% adalah $0,1536 \text{ m/s}^2$ dan redaman 3% adalah $0,0879 \text{ m/s}^2$ dengan frekuensi alami vertikal sebesar 12,7076 Hz. Untuk model 3 percepatan getaran vertikal terbesar pada redaman 0% adalah $0,1229 \text{ m/s}^2$ dan redaman 3% adalah $0,0777 \text{ m/s}^2$ dengan frekuensi alami vertikal sebesar 11,5591 Hz. Nilai ini menunjukkan bahwa model yang dirancang dengan SNI 2847:2019 tidak memberikan jaminan kenyamanan namun memberikan jaminan keamanan dari getaran yang berlebihan.

Diterbitkan oleh Jurusan Teknik Sipil Universitas Lampung

1. Pendahuluan

Kenyamanan bangunan untuk digunakan oleh para penghuninya merupakan hal penting yang harus diperhatikan [1]. Kenyamanan yang diberikan diantaranya adalah kenyamanan dari pengaruh getaran yang dialami dan lendutan yang berlebihan. Seringkali dijumpai saat ingin membuat suatu bangunan di lapangan, perencanaan bangunan dibuat hanya untuk menciptakan bangunan yang lebih mementingkan terhadap kemampuan untuk menahan beban yang bekerja serta aman dari lendutan namun mengenyampingkan terhadap kenyamanan penghuninya akibat getaran yang dialami [2]. Salah satu aspek yang memberikan dampak terhadap kemampuan pelat lantai untuk menerima getaran adalah ketebalan minimum pelat beton bertulang digunakan [3].

* Penulis koresponden.

Alamat E-mail: chatrynepricillya@gmail.com (C.P.R. Mentari).

Peer review dibawah tanggung-jawab Jurusan Teknik Sipil Universitas Lampung.

<https://doi.org/10.23960/rekrjits.v26i2.60>

Standar Nasional Indonesia (SNI) 2847:2019 [4] yang mengatur mengenai perencanaan beton struktural, menjelaskan bagaimana perencanaan ketebalan minimum suatu pelat beton bertulang namun tidak menjelaskan apakah ketebalan minimum pelat yang dirancang memberikan kenyamanan dari getaran yang dialami. Oleh sebab itu, tujuan penelitian ini adalah untuk mengetahui pengaruh dan efektifitas ketebalan minimum pelat beton bertulang menurut SNI 2847:2019 terhadap kenyamanan para penghuninya.

Pelat beton bertulang didesain agar mampu menahan kombinasi pembebanan akibat beban gravitasi dan dapat membantu menjaga kekakuan dari struktur suatu bangunan [3,4]. Perhitungan ketebalan pelat beton bertulang umumnya merupakan hal pertama yang dilakukan dalam perencanaan struktur suatu bangunan. Untuk membantu perencanaannya, di Indonesia terdapat SNI 2847:2019 yang didalamnya terdapat persyaratan perhitungan ketebalan minimum untuk pelat dua arah dengan rumus empiris yang diambil pada Tabel 8.3.1.1. dan Tabel 8.3.1.2. Namun,

ketebalan minimum pelat beton bertulang menurut SNI 2847:2019 tidak menjelaskan mengenai jaminan untuk menahan getaran yang dihasilkan termasuk akibat aktivitas manusia berjalan.

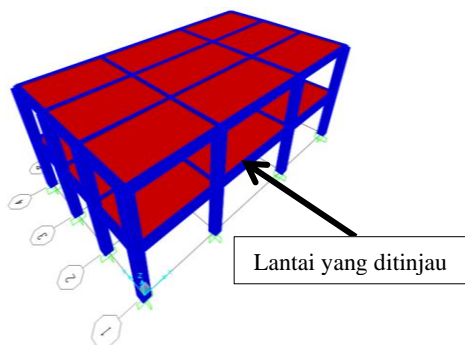
Disisi yang lain, setiap orang memiliki tingkat penerimaan terhadap getaran yang berbeda-beda dan dipengaruhi pula terhadap kondisi di sekitarnya [5]. Sebagai contoh, untuk orang yang berada di bangunan kantor cenderung dapat menerima getaran dengan batas 0,5% dari percepatan gravitasi [6]. Namun, pada dasarnya nilai ambang dari frekuensi getaran yang mampu diterima berada di interval 4 Hz hingga 8 Hz [6].

Alami dkk [1] melakukan pembahasan mengenai getaran yang terjadi akibat aktivitas manusia berjalan di pelat beton bertulang dengan percobaan penambahan *Fiber Reinforced Polymer* (FBR) untuk mengurangi getaran yang terjadi. Penelitian ini dilakukan pada bangunan eksisting berupa kantor dua lantai secara eksperimental dengan menggunakan alat bantu *accelerometer* yang diletakan pada pelat yang ditinjau dan *numerical* menggunakan *Finite Element Analysis Software*. Penelitian yang dilakukan ini memberikan kesimpulan bahwa percepatan getaran vertikal yang terjadi memiliki nilai melebihi dari batas izin yang disyaratkan untuk bangunan kantor. Hal ini mendorong munculnya ketidaknyamanan untuk para penghuninya. Kesimpulan lainnya dari penelitian ini adalah dengan penambahan FBR menunjukkan terjadinya penurunan terhadap percepatan getaran vertikal yang terjadi tidak melebihi dari batas yang disyaratkan.

2. Metode Penelitian

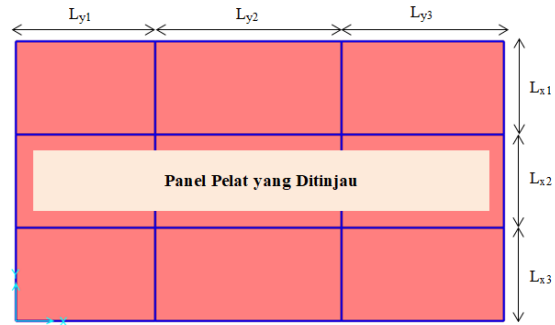
Metode yang digunakan dalam penelitian ini adalah metode teoritis dan metode numerik. Metode teoritis yang dimaksud disini adalah berupa pengelolaan dan penganalisisan terhadap data untuk memperoleh *output* yang dibutuhkan. Sedangkan, metode numerik yang dimaksud disini adalah untuk melakukan pemodelan atau simulasi dengan menggunakan program SAP2000 serta perhitungan desain elemen struktur bangunan tersebut dengan menggunakan *Microsoft Excel*.

Model struktur yang dibuat merupakan bangunan yang berfungsi sebagai kantor dengan ketinggian antar lantai sebesar 3,2 meter. Gambar 1 menunjukkan model bangunan yang digunakan yang mana panel pelat yang ditinjau berada di lantai 1.



Gambar 1 Pemodelan bangunan

Panel pelat ini memiliki nilai L_y/L_x yang berbeda yaitu 2; 1,75 dan 1,5 dan dengan letak L_y dan L_x dapat dilihat pada Gambar 2. Terlihat bahwa panel pelat yang ditinjau pada lantai satu berada pada bagian tengah. Serta terdapat tiga model dan dengan bentang pendek (L_x) setiap modelnya berbeda yaitu 3 meter; 3,5 meter dan 4 meter.



Gambar 2 Panel yang ditinjau

Penelitian ini mengacu pada peraturan SNI 2847:2019 untuk mendesain elemen struktur bangunan yang memiliki mutu beton (f'_c) sebesar 28 MPa dan mutu baja (f_y) sebesar 420 MPa serta SNI 1727:2020 [7] untuk mengatur beban gravitasi yang bekerja pada struktur. Beban mati yang diterima berupa beban sendiri dan beban mati tambahan, diantaranya: beban mati tambahan untuk pelat lantai adalah keramik spesi sebesar 1,1 kN/m², mekanikal sebesar 0,19 kN/m² plafon gypsum (9 mm) sebesar 0,072 kN/m² dan penggantung kayu sebesar 0,12 kN/m² sehingga total beban mati tambahan adalah 1,482 kN/m². Selain itu ada beban mati tambahan untuk pelat atap yaitu mekanikal sebesar 0,19 kN/m², plafon gypsum (9 mm) sebesar 0,072 kN/m², penggantung kayu sebesar 0,12 kN/m², lapisan *waterproof* sebesar 0,05 kN/m² sehingga total beban mati tambahan adalah 0,432 kN/m².

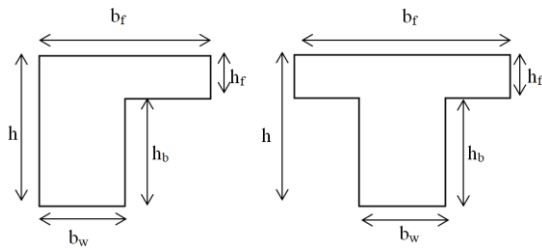
Selanjutnya, beban hidup yang diterima berupa beban kantor sebesar 2,4 kN/m² dan beban atap (atap datar) sebesar 0,96 kN/m². Selain beban gravitasi bangunan juga menerima beban akibat aktivitas manusia berjalan yang dimodelkan pada Gambar 3. Beban manusia berjalan pada Gambar 3 berjalan lurus di sepanjang pelat bagian tengah di lantai satu. Panjang langkah dari aktivitas berjalan ini biasanya memiliki panjang 0,75 meter [8] dengan berat yang diberikan kepada lantai yang dipijak sebesar 0,7 KN [6] yang diasumsikan memberikan beban *impact* berbentuk grafik *triangular*.



Gambar 3 Pemodelan beban aktivitas manusia berjalan

Perencanaan terhadap dimensi balok dan kolom yang digunakan dalam satu model memiliki ukuran yang sama. Balok dirancang mengikuti peraturan SNI 2847:2019 pasal 9.3.1.1. [4] yang mana untuk balok model 1 ($B1$) memiliki dimensi 25/35 cm, balok model 2 ($B2$) memiliki dimensi 28/40 cm, dan balok model 3 ($B3$) memiliki dimensi 32/45. Sedangkan, untuk kolom diasumsikan memiliki dimensi yang diperoleh menggunakan rumus $b = h_{\text{balok}} + 10$ yang mana untuk kolom model 1 ($K1$) memiliki dimensi 45/45 cm, kolom model 2 ($K2$) memiliki dimensi 50/50 cm, dan kolom model 3 ($K3$) memiliki dimensi 55/55 cm.

Dalam perhitungan ketebalan minimum pelat diperlukan untuk mengetahui lebar efektif sayap balok yang diberi simbol b_f pada Gambar 4 dan momen inersia pada balok maupun pelat yang ditinjau. Untuk mengetahuinya ini dihitung menggunakan persamaan-persamaan berikut ini.



Gambar 4 Dimensi penampang balok

Balok T, $b_w + 2h_b \leq b_w + 8h_f$
 untuk Balok L, $b_w + h_b \leq b_w + 4h_f$ (1)

Momen inersia balok adalah:

$$K = \frac{1 + \left(\frac{b_f}{b_w} - 1\right) \left(\frac{h_f}{h}\right) \left(4 - 6\left(\frac{h_f}{h}\right) + 4\left(\frac{h_f}{h}\right)^2\right) + \left(\frac{b_f}{b_w} - 1\right) \left(\frac{h_f}{h}\right)^3}{1 + \left(\frac{b_f}{b_w} - 1\right) \left(\frac{h_f}{h}\right)} \quad (2)$$

$$I_b = \frac{1}{12} x b x h^3 x K \quad (3)$$

Nilai K pada persamaan untuk menghitung momen inersia balok pada Persamaan 3 diperoleh dengan memasukkan nilai hasil perhitungan dari rumus yang terdapat pada Persamaan 1. Selanjutnya momen inersia pelat dihitung menggunakan Persamaan 4.

$$I_s = \frac{1}{12} x b x h^3 \quad (4)$$

Untuk mengetahui rasio antara kekakuan balok terhadap kekakuan pelat (α_f) diperoleh dari nilai hasil pembagian Persamaan 3 dengan Persamaan 4 dan dihitung menggunakan Persamaan 5.

$$\alpha_f = \frac{E_{cb} x I_b}{E_{cs} x I_{bs}} \quad (5)$$

Besarnya ketebalan minimum pelat diperoleh dengan menggunakan Persamaan 6 sampai Persamaan 8.

$$l_n = l - \frac{1}{2} x b_w \quad (6)$$

$$\beta = \frac{l_{ny}}{l_{nx}} \quad (7)$$

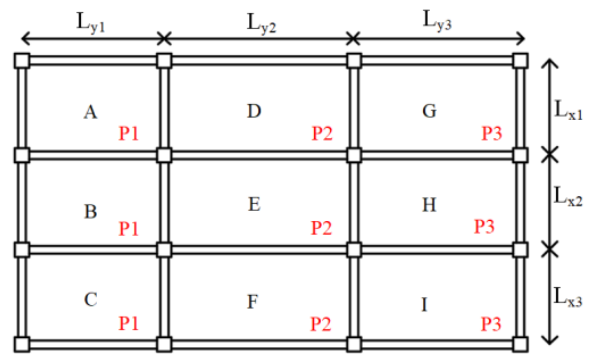
$$h = \frac{l_n \left(0,8 + \frac{f_y}{1400}\right)}{36 + 9\beta} \text{ untuk } \alpha_{fm} > 2 \quad (8)$$

Suatu bangunan yang baik juga memerlukan pengecekan terhadap lendutan yang mungkin terjadi. Lendutan yang dialami oleh bangunan tidak boleh melebihi dari lendutan izin yang disyaratkan sesuai dengan SNI 2847:2019 pada pasal 24.2 dengan Persamaan 9.

$$\delta = \frac{L}{360} \quad (9)$$

3. Hasil dan Pembahasan

Gambar 5 menunjukkan gambar pelat yang menjadi studi dalam penelitian ini yang mana panjang pelat dinyatakan dalam L_y dan lebar pelat dinyatakan dengan L_x .



Gambar 5 Model pelat lantai

4.1 Ketebalan minimum pelat beton bertulang

Mengasumsikan terlebih dahulu ketebalan yang digunakan untuk rencana awal. Tabel 1 menunjukkan nilai estimasi awal panel pelat yang digunakan untuk ketebalan minimum pelat pada ketiga model.

Tabel 1
Estimasi awal ketebalan pelat

Model	Ukuran bentang (m)	Kode	Estimasi awal (mm)
Model 1	Lantai 3 x 4,5	P1	100
	3 x 6	P2	120
	3 x 5,25	P3	110
Atap			120
Model 2	Lantai 3,5 x 5,25	P1	115
	3,5 x 7	P2	135
	3,5 x 6,125	P3	125
Atap			135
Model 3	Lantai 4 x 6	P1	130
	4 x 8	P2	155
	4 x 7	P3	145
Atap			155

Kemudian melakukan penghitungan lebar efektif sayap dengan Persamaan (1) dan momen inersia penampang balok menggunakan Persamaan (3). Besarnya lebar efektif sayap dari balok dan momen inersia dari balok pada ketiga model ditunjukkan pada Tabel 2.

Tabel 2
Lebar efektif sayap dan momen inersia pada balok

Model	Kode	Lebar efektif sayap		Momen inersia balok	
		Balok T b_f (mm)	Balok L b_f (mm)	Balok T (mm ⁴)	Balok L (mm ⁴)
1	P1	750	500	1432054924	1217881944
	P2	710	480	1407098809	1203832876
	P3	730	490	1420653058	1211894820
2	P1	850	565	2405227754	2044323273
	P2	810	545	2368487310	2023690180
	P3	830	555	2388263042	2035370415
3	P1	960	640	3897122629	3314848735
	P2	910	615	3829925114	3276595214
	P3	930	625	3859268200	3294337273

Menghitung momen inersia pada pelat dengan Persamaan 4 dan nilai rasio kekakuan balok terhadap kekakuan pelat dengan menggunakan Persamaan 5. Menghitung ketebalan minimum pelat yang digunakan yang diperoleh melalui Persamaan 6, 7 dan 8. Ketebalan minimum yang digunakan diperoleh dengan melihat kesesuaian nilai

estimasi awal dari tebal pelat yang ditinjau dengan syarat berlaku yang ditunjukkan pada Tabel 3.

Tabel 3
Ketebalan minimum pelat beton bertulang

Model	Kode	β	h (mm)	h pakai (mm)	
1	P1	1,5455	93,6703	100	
	P2	2,0909	115,3814	120	
	P3	1,8182	105,0347	110	
	Atap	1	1,5455	93,6703	120
		2	2,0909	115,3814	120
		3	1,8182	105,0347	120
2	P1	1,5435	109,5782	115	
	P2	2,0870	134,9333	135	
	P3	1,8152	122,8482	125	
	Atap	1	1,5435	109,5782	135
		2	2,0870	134,9333	135
		3	1,8152	122,8482	135
3	P1	1,5435	125,2322	130	
	P2	2,0870	154,2095	155	
	P3	1,8152	140,3979	145	
	Atap	1	1,5435	125,2322	155
		2	2,0870	154,2095	155
		3	1,8152	140,3979	155

4.2 Lendutan pada model

Lendutan pada model memiliki batasan nilai yang diperoleh melalui Persamaan 9 dengan hasil lendutan yang terjadi diperoleh dari program SAP2000 seperti disajikan pada Tabel 4.

Tabel 4
Lendutan pada model

Model	Panjang (mm)	Tebal minimum pelat (mm)	Lendutan (mm)	Lendutan izin (mm)
1	4500	100	6,5	12,5
	6000	120	10,8	16,7
	5250	110	8,6	14,6
2	5250	115	7,6	14,6
	7000	135	13,2	19,4
	6125	125	10,6	17,0
3	6000	130	8,7	16,7
	8000	155	15	22,2
	7000	145	11,7	19,4

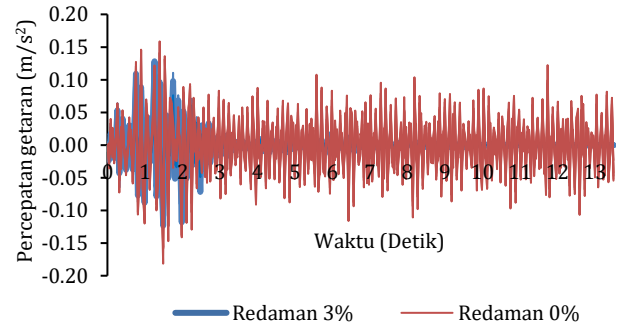
Dapat dilihat di Tabel 4 bahwa model aman untuk mengantisipasi kemungkinan lendutan pada bangunan seiring dengan penambahan panjang bentang model maka kemungkinan lendutan yang terjadi akan semakin besar.

4.3 Percepatan getaran vertikal dan ketebalan minimum pelat

Percepatan getaran vertikal pada model diperoleh dengan menggunakan SAP2000 menu *show plot function*. Percepatan getaran yang terjadi ditunjukkan dalam bentuk grafik, salah satu contoh disajikan pada Gambar 6 yang menunjukkan grafik percepatan getaran vertikal yang terjadi pada pelat P₁ model 1 dengan nilai percepatan sebesar 0,1816 m/s² pada 1,485 detik dengan redaman 0% dan sebesar 0,1282 m/s² pada 1,26 detik dengan redaman 3%. Untuk nilai percepatan getaran vertikal di seluruh panel pada ketiga model dapat dilihat di Tabel 5.

Pada Tabel 5 terlihat nilai percepatan getaran vertikal panel pelat dari model cenderung memiliki nilai yang lebih besar dari persyaratan getaran yang diizinkan untuk bangunan kantor baik model dengan redaman 0% maupun redaman 3%. Sehingga dapat diketahui bahwa perencanaan dengan menggunakan ketebalan minimum dari pelat beton bertulang yang mengacu pada pedoman di dalam SNI

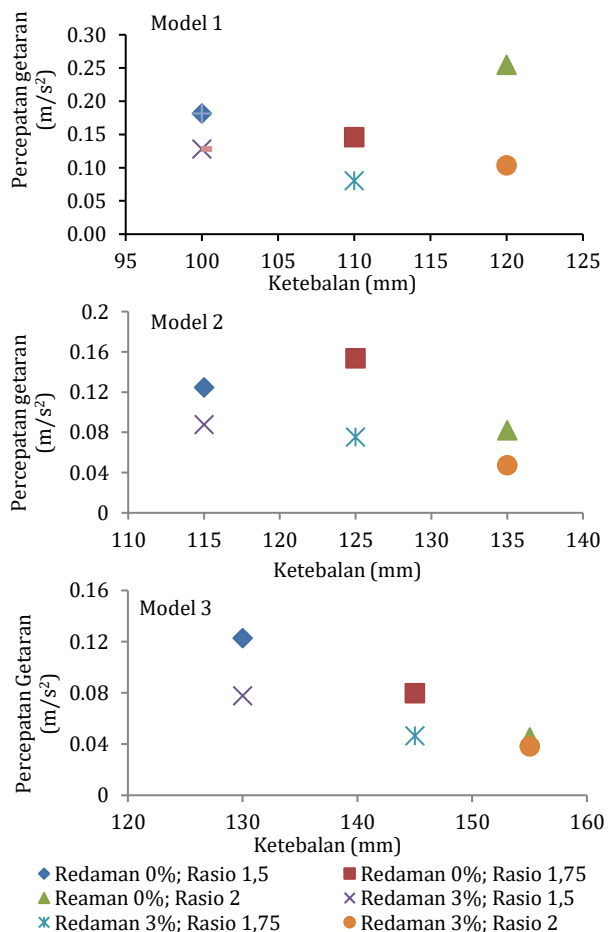
2847:2019 tidak memberikan jaminan kenyamanan kepada para penghuninya dari getaran yang timbul dari aktivitas manusia berjalan. Hasil yang terdapat ada Tabel 5 kemudian digambarkan pada grafik di Gambar 7.



Gambar 6 Percepatan getaran vertikal pelat P₁ model 1

Tabel 5
Percepatan getaran vertikal pada pelat setiap model

Model	Tebal min. pelat (mm)	redaman 0% (m/s ²)	redaman 3% (m/s ²)	Standar (m/s ²)
1	100	0,1816	0,1282	0,0491
	120	0,2550	0,1035	
	110	0,1462	0,0807	
2	115	0,1246	0,0879	0,0491
	135	0,0821	0,0473	
	125	0,1536	0,0752	
3	130	0,1229	0,0777	0,0491
	155	0,0452	0,0382	
	145	0,0799	0,0465	



Gambar 7 Hubungan ketebalan pelat dengan percepatan getaran

Gambar 7 memperlihatkan hubungan ketebalan minimum pelat dengan percepatan getaran vertikal yang menunjukkan bahwa percepatan getaran vertikal dengan redaman 0% lebih besar dibandingkan model dengan redaman 3%. Hal ini menunjukkan bahwa semakin besar redaman yang diberikan maka semakin kecil percepatan getaran vertikal yang terjadi pada bangunan.

4.4 Frekuensi akibat aktivitas manusia berjalan dan frekuensi alami vertikal

Nilai frekuensi yang terjadi diperoleh dengan menggunakan program SAP2000. Nilai frekuensi akibat aktivitas manusia berjalan dan frekuensi alami vertikal model yang ditunjukkan pada Tabel 6.

Tabel 6
Frekuensi akibat beban manusia berjalan dan alami vertikal

Model	Panjang (mm)	Frekuensi akibat manusia berjalan (Hz)	Frekuensi alami vertikal (Hz)
1	4500	6,43	13,7371
	6000	6	
	5250	9,93	
2	5250	10,07	12,7076
	7000	9,93	
	6125	5,87	
3	6000	10,07	11,5591
	8000	10,21	
	7000	10,07	

Tabel 6 menunjukkan bahwa model aman dari kemungkinan getaran yang timbul akibat aktivitas manusia berjalan dengan batasan frekuensi yang dapat terima mengikuti frekuensi vertikal struktur. Yang mana semakin panjang bentang maka frekuensi alami vertikal pada struktur semakin berkurang. Yang berarti jika rasio bentang mengalami peningkatan maka frekuensi alami dari struktur semakin berkurang. Terdapat penambahan panjang bentang maka massa dari struktur bertambah pula. Penambahan massa ini menyebabkan penurunan terhadap frekuensi alami vertikal dari bangunan. Semakin panjang bentang maka kekakuan dari pelat berkurang sehingga frekuensi alami vertikal yang dialami oleh struktur mengalami penurunan. Begitu pula dengan frekuensi fundamental dari struktur. Semakin panjang bentang maka frekuensi semakin berkurang namun periode getarannya mengalami peningkatan.

4.5 Asumsi lainnya untuk model

Percobaan ini dilakukan pada satu contoh model yaitu model 1 yang mana ketebalan dari pelat mengalami penebalan. Untuk panel P1 yang semula 100 mm diubah menjadi 120 mm, 140 mm dan 160 mm. Sedangkan, untuk panel pelat P2 yang semula 120 mm diubah menjadi 140 mm, 160 mm, dan 180 mm. Dan untuk panel pelat P3 yang semula 110 mm diubah menjadi 130 mm, 150 m dan 170 mm. Ukuran dimensi balok digunakan 25 x 35 cm dan dimensi kolom digunakan 45 x 45 cm. Berikut data hasil dari percobaan yang dilakukan pada bangunan dengan redaman 0% maupun 3% yang ditunjukkan pada Tabel 7.

Nilai lendutan di model pada Tabel 7 memiliki nilai yang tidak melebihi dari lendutan izin yang disyaratkan. Dari Tabel 7 dapat dilihat juga bahwa seiring dengan penambahan ketebalan dari pelat maka lendutan yang terjadi akan semakin berkurang karena adanya peningkatan kekakuan dari model akibat penambahan ketebalan dari

pelat. Sehingga dapat dikatakan bahwa semakin tebal pelat yang digunakan maka semakin kecil lendutan yang dapat terjadi pada bangunan. Sedangkan, untuk melihat percepatan getaran vertikal modifikasi ketebalan pelat ditunjukkan pada Tabel 8.

Tabel 7
Nilai lendutan hasil modifikasi ketebalan dari pelat

Panel	Lendutan (mm)				Lendutan izin (mm)
	Dimensi awal	Dimensi modifikasi			
		1	2	3	
P1	6,5	5,0	4,1	3,5	12,5
P2	10,8	9,0	7,5	6,3	16,7
P3	8,6	7,1	6	5,1	14,6

Tabel 8
Nilai percepatan getaran vertikal modifikasi ketebalan dari pelat

Panel	Percepatan getaran dimensi modifikasi (m/s ²)						Standar percepatan getaran (m/s ²)
	1		2		3		
	0%	3%	0%	3%	0%	3%	
P1	0,106	0,075	0,046	0,041	0,030	0,031	0,0491
P2	0,125	0,053	0,055	0,035	0,021	0,012	
P3	0,057	0,042	0,057	0,037	0,037	0,028	

Pada Tabel 8 dapat dilihat bahwa seiring dengan penambahan ketebalan dari pelat maka percepatan getaran yang terjadi semakin berkurang baik pada kondisi dengan redaman 0% maupun dengan redaman 3%. Penurunan nilai percepatan getaran ini dapat terjadi karena adanya peningkatan kekakuan dari model akibat penambahan ketebalan dari pelat. Penurunan percepatan getaran pada model menghasilkan nilai yang memenuhi standar percepatan getaran yang disyaratkan saat ketebalan pelat ditambah sebesar 40 mm pada kondisi dengan redaman 3% dan 60 mm pada kondisi redaman 0%.

Tabel 9 menunjukkan nilai frekuensi akibat aktivitas manusia berjalan dan frekuensi alami vertikal modifikasi dari ketebalan pelat. Dari Tabel 9 diketahui bahwa seiring dengan penambahan ketebalan dari pelat maka frekuensi alami vertikal pada model semakin meningkat. Peningkatan nilai frekuensi alami vertikal yang terjadi karena adanya peningkatan kekakuan dari model akibat penambahan ketebalan dari pelat. Dari Tabel 9 dapat dilihat juga bahwa frekuensi yang terjadi akibat aktivitas manusia berjalan tidak lebih besar dibandingkan frekuensi alami vertikal pada model. Hal ini menunjukkan bahwa peningkatan ketebalan pelat dapat tetap menjaga keamanan dari bangunan dari getaran yang berlebihan yang mungkin terjadi pada bangunan.

Tabel 9
Nilai frekuensi akibat aktivitas manusia berjalan dan frekuensi alami vertikal modifikasi ketebalan dari pelat

Dimensi	Frekuensi aktivitas manusia berjalan (Hz)			Frekuensi alami vertikal (Hz)	
	Panel				
	P ₁	P ₂	P ₃		
Dimensi awal	9,93	10,07	10,21	13,7371	
Dimensi modifikasi	1	10,21	10,21	6,26	14,6225
	2	6,13	9,93	7,94	15,7033
	3	6	7,51	7,72	16,5377

4. Kesimpulan

Kesimpulan yang dapat diambil dari penelitian diatas adalah model 1 percepatan getaran vertikal terbesar pada redaman 0% adalah 0,2550 m/s² dan redaman 3% adalah

0,1282 m/s² dengan frekuensi alami vertikal sebesar 13,7371 Hz. Untuk model 2 percepatan getaran vertikal terbesar pada redaman 0% adalah 0,1536 m/s² dan redaman 3% adalah 0,0879 m/s² dengan frekuensi alami vertikal sebesar 12,7076 Hz. Untuk model 3 percepatan getaran vertikal terbesar pada redaman 0% adalah 0,1229 m/s² dan redaman 3% adalah 0,0777 m/s² dengan frekuensi alami vertikal sebesar 11,5591 Hz. Hal ini menunjukkan perencanaan ketebalan minimum dari pelat beton bertulang yang mengacu pada pedoman di dalam SNI 2847:2019 tidak memberikan jaminan kenyamanan kepada para penghuninya dari getaran yang timbul akibat aktivitas manusia berjalan. Namun, mensyaratkan bangunan yang dapat aman dari getaran berlebihan akibat manusia berjalan. Selain itu, semakin besar redaman yang diberikan maka semakin kecil percepatan getaran yang terjadi pada bangunan.

Selanjutnya, semakin panjang bentang maka frekuensi alami vertikal pada struktur semakin berkurang, yang berarti jika rasio bentang mengalami peningkatan maka frekuensi alami dari struktur semakin berkurang. Semakin panjang bentang maka massa dari struktur bertambah pula yang menyebabkan penurunan terhadap frekuensi alami vertikal dari bangunan. Semakin panjang bentang maka kekakuan dari pelat berkurang sehingga frekuensi alami vertikal mengalami penurunan.

Seiring dengan penambahan ketebalan dari pelat maka lendutan dan percepatan getaran vertikal yang terjadi semakin berkurang, sedangkan untuk frekuensi alami vertikal pada model semakin meningkat. Hal ini terjadi karena adanya peningkatan kekakuan pada model. Setidaknya, dibutuhkan penambahan ketebalan pelat sebesar 40 mm dari pada redaman 3% dan 60 mm pada redaman 0%.

Daftar Pustaka

- [1] *Alami F., Helmi M., Noorhidana V.A.*: Fiber reinforced polymer as potential solution for vibration problem in concrete slab for supporting human comfortable. IOP Conference Series: Earth and Environmental Science, **739**, 1, 2020.
DOI: 10.1088/1755-1315/739/1/012025.
- [2] *Rimaza D.C., Wiyono D.R.*: Pengaruh getaran pada struktur bangunan satu tingkat akibat gerakan manusia. Jurnal Teknik Sipil, **10**, 2, 2014,
DOI: 10.28932/jts.v10i2.1388.
- [3] *Renaldy D.K., Alisjahbana S.W.*: Analisis kenyamanan pelat lantai terhadap beban mesin bergetar. Jurnal Muara Sains, Teknologi, Kedokteran, dan Ilmu Kesehatan, **2**, 1, 2018, 87-95.
- [4] *SNI 2849*.: Persyaratan beton struktural untuk bangunan gedung dan penjelasan (SNI 2847:2019). Badan Standarisasi Nasional (BSN), Jakarta, 2019.
- [5] *Wahyuni E.*: Studi kelakuan dinamis struktur jembatan penyeberangan orang (JPO) akibat beban individual manusia bergerak. Jurnal Teknik Sipil, **19**, 3, 2012,
DOI: 10.5614/jts.2012.19.3.1.
- [6] *Murray T. M., Allen D. E., Ungar E. E.*: Floor vibrations due to human activity. American Institute of Steel Construction, United States of America, 2003.
- [7] *SNI 1727*.: Beban desain minimum dan kriteria terkait untuk bangunan gedung dan struktur lain (SNI 1727:2020). Badan Standarisasi Nasional (BSN), Jakarta, 2020.
- [8] *Bachmann H., Ammann W.*: Vibrations in structures: induced by man and machines. IABSE-AIPC-IVBH, Zurich, 1987.