

A STUDY ON THE EFFECTIVE WIDTH OF SLAB IN FLAT PLATE STRUCTURES UNDER SEISMIC LOADING

STUDI LEBAR EFEKTIF PELAT PADA STRUKTUR *FLAT PLATE* AKIBAT BEBAN GEMPA

Tavio¹⁾ dan Lukman Hemawan²⁾

¹⁾Dosen Jurusan Teknik Sipil, Fakultas Teknik Sipil dan Perencanaan Institut Teknologi Sepuluh Nopember. Kampus ITS Keputih Sukolilo Surabaya 60111. E-mail: tavio@its.ac.id

²⁾Alumni Jurusan Teknik Sipil, Fakultas Teknik Sipil dan Perencanaan Institut Teknologi Sepuluh Nopember. Kampus ITS Keputih Sukolilo Surabaya 60111.

ABSTRACT

Flat plate structure is a structural system which offers several advantages, such as its simple construction, good aesthetic, and better economy. The design and behavior of flat plate structures have long been known to be capable of resisting the gravity loading. However, in terms of lateral (seismic) loading, it has not been well proven neither for its accuracy nor precision. One of the design methods frequently used to describe the behavior of flat plate structures under lateral loading is the effective beam width method. In the method, a three-dimensional structure is modeled into a two-dimensional frame comprising effective slab width and conventional columns. Several formulas for the effective slab width have been proposed by Allen and Darval (1977), Banchik (1987), Hwang (2000), Kang and Wallace (2004), Dovich and Wight (2005). Based on Hwang's study (2000), his formula has been shown to be good in predicting the moment distribution in interior frames, this formula, however, does not provide good prediction when used for exterior frames. The proposed formulas by other researchers also showed similar inaccuracy and inconsistency. Based on the statistical evaluation, the authors proposed a new formula involving ℓ_1 , ℓ_2 , and c_1 to compute the effective width of the slab. The new equation shows better accuracy and consistency in predicting the moment distribution either in interior or exterior frames.

Keywords: effective beam width, effective slab width, flat plate structures, seismic load

ABSTRAK

Struktur *flat plate* merupakan sistem struktur yang memiliki beberapa kelebihan, yaitu struktur yang simpel, ekonomis, dan arsitektur yang bagus. Perancangan dan perilaku struktur *flat plate* terbukti baik untuk menerima beban gravitasi, sedangkan untuk menerima beban lateral (gempa) belum terbukti ketepatan dan keakuratannya. Salah satu metoda perancangan yang digunakan untuk menggambarkan perilaku struktur *flat plate* akibat beban lateral adalah metoda lebar efektif balok. Dalam metoda ini, struktur tiga dimensi dimodelkan dalam rangka dua dimensi yang terdiri dari lebar efektif pelat dan kolom konvensional. Beberapa perumusan lebar efektif pelat telah diusulkan diantaranya Allen and Darval (1977), Banchik (1987), Hwang (2000), Kang and Wallace (2004), Dovich and Wight (2005). Berdasarkan studi, perumusan Hwang (2000) cukup baik untuk memprediksi distribusi momen pada rangka interior, namun tidak cukup baik untuk rangka eksterior. Begitu juga pada akurasi perumusan lainnya yang juga tidak konsisten. Berdasarkan evaluasi statistik, penulis mengusulkan perumusan baru yang melibatkan pengaruh ℓ_1 , ℓ_2 , and c_1 untuk menghitung lebar efektif pelat. Perumusan baru cukup akurat dalam memprediksi distribusi momen pada rangka interior maupun rangka eksterior.

Kata-kata kunci: beban gempa, lebar efektif balok, lebar efektif pelat, struktur *flat plate*.

PENDAHULUAN

Dalam perancangan struktur *flat plate*, metoda perancangan yang umum digunakan untuk memodelkan respons beban lateral pada rangka pelat-kolom sering dilakukan dengan menggunakan metoda rangka ekuivalen dan metoda lebar efektif balok. Namun berdasarkan beberapa studi yang telah dilakukan, metoda rangka ekuivalen hanya dapat digunakan untuk perencanaan struktur *flat plate* akibat pengaruh beban gravitasi, sedangkan untuk pengaruh beban lateral (gempa) masih perlu dilakukan studi lebih lanjut. Pada saat ini metoda yang mulai dikembangkan adalah metoda lebar efektif balok, dimana metoda ini mampu memodelkan rangka pelat-kolom lebih sederhana dan akurat. Berbagai riset telah dilakukan oleh beberapa peneliti guna mendapatkan perumusan lebar efektif pelat-(b) yang sesuai dan akurat untuk perancangan struktur *flat plate* akibat beban gempa, sehingga model lebar efektif pelat yang dihasilkan lebih baik untuk menghitung kekuatan dan kekakuan rangka *flat plate* dalam perancangan struktur *flat plate* pada daerah rawan gempa. Terdapatnya beberapa perumusan yang diusulkan dengan berbagai parameter yang mempengaruhinya, mendasari penulis melakukan studi ini. Bebe-

rapa perumusan yang akan penulis studi yaitu perumusan yang diusulkan oleh: Allen dan Darval (1977), Banchik (1987), Hwang (2000), Kang & Wallace (2005), dan Dovich & Wight (2005).

Setelah melakukan studi terhadap beberapa perumusan lebar efektif pelat pada struktur *flat plate* dari beberapa peneliti, manfaat yang diharapkan yaitu : a) Memperoleh informasi akan keakuratan dari masing-masing perumusan lebar efektif pelat. b) Memperoleh perumusan lebar efektif pelat baru yang lebih baik dibandingkan beberapa perumusan yang ada, sehingga dapat digunakan sebagai alternatif perumusan lebar efektif pelat dalam perancangan struktur *flat plate* pada daerah rawan gempa.

Metoda Lebar Efektif Balok

Metoda Lebar Efektif Balok merupakan suatu metoda pendekatan, dimana struktur tiga dimensi yang ada dimodelkan dalam rangka dua dimensi yang terdiri dari lebar efektif pelat-(b) dan kolom konvensional sebagai rangkanya, lihat Gambar 1. Dalam metoda ini terdapat beberapa perumusan untuk menentukan lebar pelat, sehingga diperlukan studi untuk menentukan perumusan mana yang paling tepat untuk digunakan.

Tabel 1. Usulan lebar efektif pelat oleh Dovich dan Wight

Effective widths	Drop panel element		Midspan slab
	Exterior connection	Interior Connection	
Strength	$c_1 + c_2$	$l_2/3$	$l_2/2$
Initial Stiffness	$c_1 + c_2$	$l_2/3$	$l_2/3$

Perumusan Lebar Efektif Pelat

Beberapa perumusan yang telah diusulkan adalah sebagai berikut :

- a). Allen dan Darvall (1977), memberikan beberapa nilai koefisien lebar efektif pelat untuk beberapa aspek ratio, dimana nilai koefisien ditampilkan dalam bentuk tabel 1.
- b). Banchik (1987), berdasarkan perhitungan finite element, Banchik memperoleh perumusan lebar efektif pelat-(b) untuk rangka interior dan rangka eksterior sebagai berikut:

Rangka interior :

$$b = \left(5c_1 + \frac{l_1}{4} \right) \left(\frac{1}{1 - \nu^2} \right) \tag{1}$$

Rangka eksterior :

$$b = \left(3c_1 + \frac{l_1}{8} \right) \left(\frac{1}{1 - \nu^2} \right) \tag{2}$$

- c). Hwang (2000), dengan melakukan studi terhadap hasil *finite element* yang telah dilakukan oleh Banchik, Hwang menghasilkan perumusan sebagai berikut :

Rangka interior :

$$b = \left(2c_1 + \frac{l_1}{3} \right) \left(\frac{1}{1 - \nu^2} \right) \tag{3}$$

Rangka eksterior :

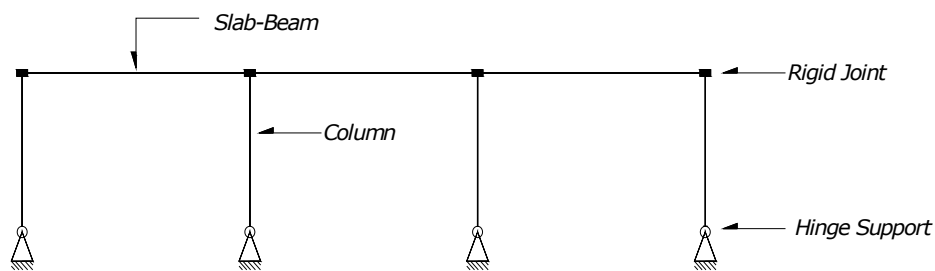
$$b = \left(c_1 + \frac{l_1}{6} \right) \left(\frac{1}{1 - \nu^2} \right) \tag{4}$$

Tabel 2. Hasil perhitungan distribusi momen pada rangka interior struktur *flat plate*

No	Conn	Momen												
		Mexp	Allen & Darval		Banchik		Hwang		Kang & Wallace		Dovich & Wigh		Usulan	
			Manls	Meks	Manls	Meks	Manls	Meks	Manls	Meks	Manls	Meks	Manls	Meks
		Kip-in	Kip-in	Kip-in	Kip-in	Kip-in	Kip-in	Kip-in	Kip-in	Kip-in	Kip-in	Kip-in	Kip-in	Kip-in
1	a2	11.41	10.84	1.05	10.43	1.09	10.66	1.07	11.54	0.99	12.36	0.92	12.54	0.90
2	b	33.2	31.40	1.00	31.2	1.06	31.10	1.00	31.70	1.05	31.80	1.05	31.65	1.05
3	c2	35.14	98.80	6.16	39.86	1.13	39.50	7.14	37.89	1.19	37.07	1.22	37.14	1.22
4	d2	19.82	17.57	1.13	17.19	1.15	17.38	1.14	17.57	1.13	17.48	1.13	17.37	1.14
5	a2	10.91	11.50	0.95	11.06	0.99	11.30	0.97	12.24	0.89	13.10	0.83	13.29	0.82
6	b2	32.74	33.39	0.98	33.12	0.99	33.05	0.99	33.62	0.97	33.72	0.97	33.56	0.98
7	c2	42.66	41.14	1.04	42.26	1.01	41.88	1.02	40.17	1.06	39.31	1.09	39.38	1.08
8	d2	15.80	18.63	0.85	18.22	0.87	18.43	0.86	18.66	0.85	18.54	0.85	18.42	0.86
9	a3	12.40	10.84	1.14	10.43	1.19	10.66	1.16	11.54	1.07	12.36	1.00	12.54	0.99
10	b3	35.22	31.49	1.12	31.23	1.13	31.17	1.13	31.71	1.11	31.80	1.11	31.65	1.11
11	c3	44.14	38.80	1.14	39.86	1.11	39.50	1.12	37.89	1.17	37.07	1.19	37.14	1.19
12	d3	16.37	17.57	0.93	17.19	0.95	17.38	0.94	17.57	0.93	17.48	0.94	17.37	0.94
13	a3	11.41	11.50	0.99	11.06	1.03	11.30	1.01	12.24	0.93	13.10	0.87	13.29	0.86
14	b3	34.72	33.39	1.04	33.12	1.05	33.05	1.05	33.62	1.03	33.72	1.03	33.56	1.03
15	c3	41.17	41.14	1.00	42.26	0.97	41.88	0.98	40.17	1.02	39.31	1.05	39.38	1.05
16	d3	17.86	18.63	0.96	18.22	0.98	18.43	0.97	18.66	0.96	18.54	0.96	18.42	0.97
17	b1	17.86	16.43	1.09	15.72	1.14	16.01	1.12	15.16	1.18	16.14	1.11	17.39	1.03
18	b2	52.08	47.17	1.10	47.82	1.09	47.59	1.09	48.38	1.08	47.43	1.10	46.25	1.13
19	b3	55.55	46.98	1.18	47.68	1.16	47.39	1.17	48.24	1.15	47.26	1.18	46.01	1.21
20	b4	20.83	16.24	1.28	15.59	1.34	15.83	1.32	15.03	1.39	15.98	1.30	18.42	1.13
21	b1	11.41	15.36	0.74	14.69	0.78	14.97	0.76	14.17	0.81	15.09	0.76	16.26	0.70
22	b2	53.07	44.10	1.20	44.70	1.19	44.48	1.19	45.23	1.17	44.34	1.20	43.23	1.23
23	b3	59.02	43.91	1.34	44.58	1.32	44.29	1.33	45.09	1.31	44.18	1.34	43.01	1.37
24	b4	20.83	15.18	1.37	14.57	1.43	14.80	1.41	14.05	1.48	14.94	1.39	16.04	1.30
25	c1	13.89	17.86	0.78	17.69	0.79	17.95	0.77	17.26	0.80	17.80	0.78	18.65	0.74
26	c2	49.10	45.68	1.07	45.83	1.07	45.60	1.08	46.23	1.06	45.72	1.07	44.93	1.09
27	c3	46.62	45.55	1.02	45.72	1.02	45.46	1.03	46.15	1.01	45.61	1.02	44.77	1.04
28	c4	16.86	17.72	0.95	17.57	0.96	17.81	0.95	17.17	0.98	17.68	0.95	18.47	0.91
29	c1	14.88	16.70	0.89	16.54	0.90	16.78	0.89	16.14	0.92	16.64	0.89	17.43	0.85
30	c2	39.18	42.70	0.92	42.84	0.91	42.63	0.92	43.22	0.91	42.74	0.92	42.00	0.93
31	c3	37.70	42.58	0.89	42.74	0.88	42.49	0.89	43.14	0.87	42.63	0.88	41.85	0.90
32	c4	14.38	16.57	0.87	16.43	0.88	16.64	0.86	16.05	0.90	16.53	0.87	17.26	0.83
Rata-rata			1.04		1.05		1.04		1.04		1.03		1.02	
Standar deviasi			0.15		0.15		0.15		0.16		0.16		0.16	
COV			0.14		0.15		0.14		0.15		0.15		0.16	

Tabel 3. Hasil perhitungan distribusi momen pada rangka eksterior struktur *flat plate*

No	Conn	Momen													
		Mexp		Allen & Darval		Banchik		Hwang		Kang & Wallace		Dovich & Wigh		Usulan	
		Manls	Meks	Manls	Meks	Manls	Meks	Manls	Meks	Manls	Meks	Manls	Meks	Manls	Meks
Kip-in		Kip-in		Kip-in		Kip-in		Kip-in		Kip-in		Kip-in			
1	a1	7.44	7.00	1.06	6.92	1.07	6.99	1.06	7.36	1.01	7.44	1.00	7.88	0.94	
2	b1	0.50	12.62	1.00	12.11	1.00	12.61	1.00	13.05	0.04	13.76	1.00	15.05	1.00	
3	c1	13.39	18.60	0.72	18.86	0.71	18.60	0.72	18.16	0.74	17.90	0.75	17.14	0.78	
4	d1	8.93	11.14	0.80	11.46	0.78	11.15	0.80	10.79	0.83	10.25	0.87	9.29	0.96	
5	a1	8.43	7.42	1.14	7.34	1.15	7.42	1.14	7.80	1.08	7.89	1.07	8.35	1.01	
6	b1	31.74	13.38	2.37	12.84	2.47	13.37	2.37	13.83	2.29	14.59	2.18	15.95	1.99	
7	c1	14.88	19.72	0.75	20.00	0.74	19.73	0.75	19.25	0.77	18.98	0.78	18.17	0.82	
8	d1	8.93	11.81	0.76	12.15	0.74	11.82	0.76	11.44	0.78	10.87	0.82	9.86	0.91	
9	a4	8.43	7.00	1.20	6.92	1.22	6.99	1.21	7.36	1.15	7.44	1.13	7.88	1.07	
10	b4	14.88	12.62	1.18	12.11	1.23	12.61	1.18	13.05	1.14	13.76	1.08	15.05	0.99	
11	c4	14.88	18.60	0.80	18.86	0.79	18.60	0.80	18.16	0.82	17.90	0.83	17.14	0.87	
12	d4	9.92	11.14	0.89	11.46	0.87	11.15	0.89	10.79	0.92	10.25	0.97	9.29	1.07	
13	a4	6.94	7.42	0.94	7.34	0.95	7.42	0.94	7.80	0.89	7.89	0.88	8.35	0.83	
14	b4	12.40	13.38	0.93	12.84	0.97	13.37	0.93	13.83	0.90	14.59	0.85	15.95	0.78	
15	c4	13.39	19.72	0.68	20.00	0.67	19.73	0.68	19.25	0.70	18.98	0.71	18.17	0.74	
16	d4	9.92	11.81	0.84	12.15	0.82	11.82	0.84	11.44	0.87	10.87	0.91	9.86	1.01	
17	a1	8.47	12.29	0.69	12.42	0.68	12.17	0.70	13.08	0.65	12.58	0.67	11.67	0.73	
18	a2	12.90	19.51	0.66	19.36	0.67	19.64	0.66	18.70	0.69	19.22	0.67	20.16	0.64	
19	a3	13.39	19.43	0.69	19.30	0.69	19.50	0.69	18.64	0.72	19.15	0.70	20.05	0.67	
20	a4	8.43	12.17	0.69	12.33	0.68	12.05	0.70	12.99	0.65	12.47	0.68	11.53	0.73	
21	a1	12.38	11.49	1.08	11.06	1.12	11.38	1.09	12.23	1.01	11.76	1.05	10.91	1.13	
22	a2	12.90	18.24	0.71	18.10	0.71	18.36	0.70	17.48	0.74	17.96	0.72	18.85	0.68	
23	a3	17.39	18.16	0.96	18.04	0.96	18.28	0.95	17.43	1.00	17.90	0.97	18.74	0.93	
24	a4	8.43	11.38	0.74	11.53	0.73	11.26	0.75	12.14	0.69	11.66	0.72	10.78	0.78	
25	d1	11.90	12.60	0.94	12.75	0.93	12.52	0.95	13.59	0.88	13.08	0.91	12.07	0.99	
26	d2	18.85	19.19	0.98	19.02	0.99	19.27	0.98	18.17	1.04	18.69	1.01	19.74	0.96	
27	d3	20.34	19.12	1.06	18.97	1.06	19.20	1.06	18.13	1.12	18.64	1.09	19.65	1.04	
28	d4	13.39	12.50	1.07	12.67	1.06	12.92	1.04	13.52	0.99	13.00	1.03	11.95	1.12	
29	d1	7.94	11.78	0.67	11.92	0.67	11.71	0.68	12.70	0.63	12.23	0.65	11.28	0.70	
30	d2	15.38	17.94	0.86	17.78	0.86	18.01	0.85	16.39	0.94	17.47	0.88	18.45	0.83	
31	d3	20.34	17.87	1.14	17.73	1.15	17.95	1.13	16.95	1.20	17.42	1.17	18.37	1.11	
32	d4	9.42	11.69	0.81	11.84	0.80	11.61	0.81	12.64	0.75	12.12	0.78	11.17	0.84	
Rata-rata				0.93	0.94		0.93		0.89		0.92		0.93		
Standar deviasi				0.31	0.33		0.31		0.34		0.27		0.24		
COV				0.33	0.36		0.33		0.38		0.30		0.26		



Gambar 1. Model metoda lebar efektif balok

- d). Kang dan Wallace (2005) melakukan studi guna menentukan nilai pendekatan untuk faktor *effective slab width* (α) dan *cracking* (β), pendekatan dilakukan dengan melakukan variasi parameter pemodelan kemudian membandingkan hasil analisisnya dengan respons yang dihasilkan dalam eksperimen.. Berdasarkan analisis yang telah dilakukan hasil yang diperoleh untuk struktur *flat plate* beton bertulang (RC) adalah: $\alpha = 0.75$ dan $\beta = 1/3$.
- e). Dovic dan Wight membagi dua pemodelan lebar efektif pelat untuk struktur *flat slab* yaitu pemodelan untuk menghitung kekuatan (*strength*) dan kekakuan (*stiffness*), lihat Tabel 1.

ANALISIS PERHITUNGAN

Analisis perhitungan dilakukan untuk mengetahui keakuratan perumusan yang telah diusulkan beberapa peneliti dalam memprediksi distribusi momen, dimana data eksperimen yang digunakan dalam analisis perhitungan berdasarkan data dari penelitian yang terdapat pada literatur dengan Judul : “*An Experimental Study of Flat-Plate Structures under Vertical and lateral Loads*”, Report No. UCB/SEMM-90/11, oleh Shyh-Jian Hwang dan Jack P. Moehle, *Structural Engineering, Mechanics and Materials, Department of civil Engineering, University of California, Berkeley, 1990.*

Hasil analisis perhitungan untuk mengetahui keakuratan setiap pemodelan dari perumusan dalam memprediksi distribusi momen pada struktur flat plate, untuk rangka interior maupun rangka eksterior dapat dilihat pada Tabel 2 dan Tabel 3.

STUDI PERUMUSAN LEBAR EFEKTIF PELAT

Dari hasil analisis diketahui bahwa perumusan yang diusulkan dari beberapa peneliti kurang konsisten dalam memprediksi distribusi momen, beberapa perumusan baik untuk rangka interior, namun kurang baik pada rangka eksterior. Dan yang perlu diperhatikan dari beberapa perumusan yang diusulkan, diketahui bahwa setiap perumusan menggunakan parameter-parameter tertentu yang berbeda antara perumusan yang satu dengan yang lain, sehingga perumusan kurang dapat berlaku umum untuk struktur flat plate, karena itu perlu dilakukan studi perumusan dengan meninjau parameter-parameter utama yang digunakan pada setiap perumusan, sehingga nantinya didapat suatu perumusan lebar efektif pelat yang sesuai digunakan untuk struktur flat plate.

Studi Parameter

Dalam melakukan studi parameter penulis menggunakan analisis *Finite Element* (SAP 2000), langkah yang dilakukan yaitu: a) Membuat pemodelan struktur flat plate sederhana, dengan berbagai variasi yang melibatkan beberapa parameter yaitu:

c_1, c_2, ℓ_1 dan ℓ_2 , dimana pemberian pembebanan gempa berdasarkan SNI 1726-2002, b) Melakukan analisis 3-D struktur flat plate, dan analisis 2-D frame dengan berbagai variasi lebar efektif pelat, c) Membandingkan lateral deflection yang dihasilkan dari analisa 3-D dengan analisa 2-D, sehingga dapat diketahui analisis 2-D yang sesuai, d) Mencari parameter yang mempengaruhi besarnya lebar efektif dan mencari hubungan dari parameter tersebut dengan perumusan lebar efektif pelat (b).

Berdasarkan studi parameter yang dilakukan terhadap beberapa pemodelan struktur flat plate tersebut, dengan bantuan perhitungan finite element, diketahui parameter utama yang mempengaruhi lebar efektif pelat akibat gempa yaitu panjang bentang (ℓ_1, ℓ_2), dan dimensi kolom (c_1). Hubungan antara ketiga parameter dapat dilihat pada Gambar 2,3,4, dan 5. Dari hubungan ketiga parameter yaitu ℓ_1, ℓ_2 , dan c_1 dengan besarnya lebar efektif pelat- (b) , dapat dihasilkan perumusan lebar efektif pelat- (b) sebagai berikut :

untuk rangka interior :

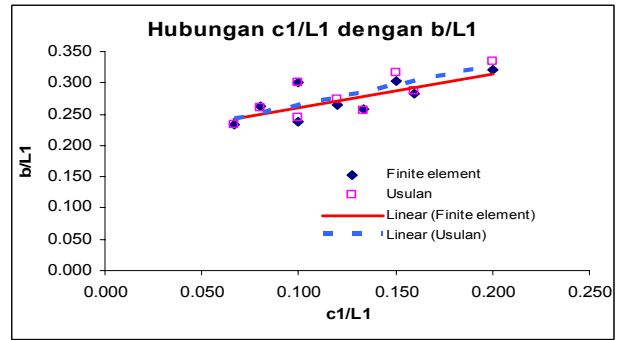
$$b = \frac{\ell_1}{10} + \frac{\ell_2}{6} + \frac{c_1}{3} \quad (5)$$

untuk rangka eksterior :

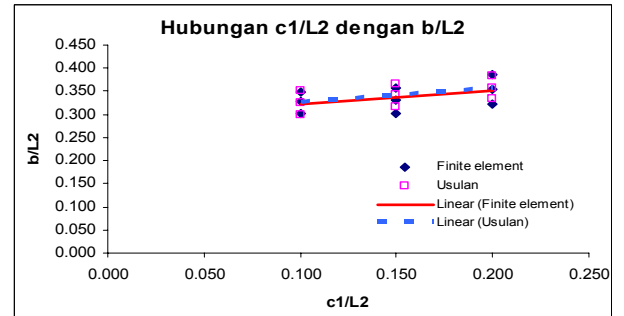
$$b = \frac{\ell_1}{20} + \frac{\ell_2}{6} + \frac{c_1}{4} \quad (6)$$

Evaluasi Perumusan

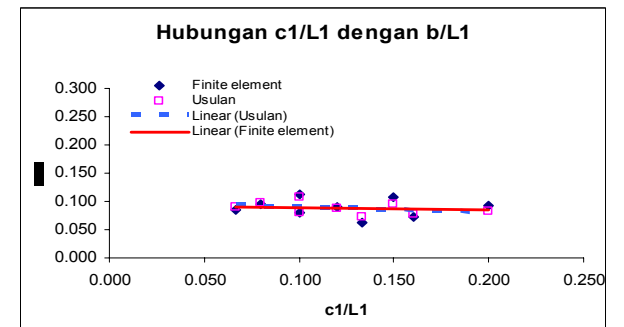
Untuk mengetahui keakuratan akan perumusan baru yang diperoleh, selanjutnya penulis akan melakukan evaluasi terhadap perumusan baru. Evaluasi yang dilakukan yaitu mengetahui ketepatan model yang dihasilkan dalam memprediksi distribusi momen pada struktur flat plate, dimana data yang digunakan sama seperti data yang digunakan untuk mengetahui keakuratan perumusan yang sebelumnya telah disulkan yaitu *Report No. UCB/SEMM-90/11*. Hasil perhitungan evaluasi statistik berdasarkan data eksperimen dapat dilihat pada Tabel 2 dan Tabel 3.



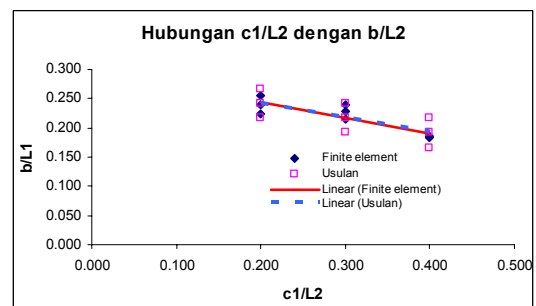
Gambar 2. Grafik hubungan c_1, ℓ_1 dan lebar efektif pelat (b) pada rangka interior berdasarkan analisis finite element.



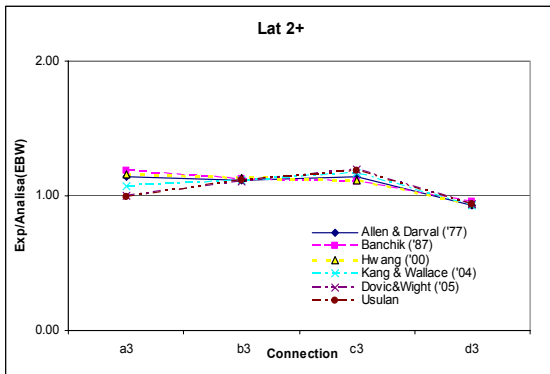
Gambar 3. Grafik hubungan c_1, ℓ_2 dan lebar efektif pelat (b) pada rangka interior berdasarkan analisis finite element.



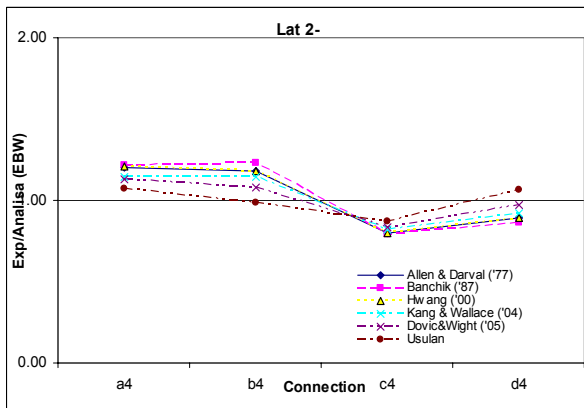
Gambar 4. Grafik hubungan c_1, ℓ_1 dan lebar efektif pelat (b) pada rangka eksterior berdasarkan analisis finite element.



Gambar 5. Grafik hubungan c_1, ℓ_2 dan lebar efektif pelat (b) pada rangka eksterior berdasarkan analisis finite element.



Gambar 6. Grafik perbandingan distribusi momen eksperimen dengan 2-D (EBW) pada rangka interior untuk portal 3



Gambar 7. Grafik perbandingan distribusi eksperimen dengan 2-D (EBW) pada rangka eksterior untuk portal 4

KESIMPULAN

Kesimpulan yang dapat diambil dari studi yang dilakukan terhadap perumusan lebar efektif pada struktur *flat plate* akibat pengaruh beban gempa adalah sebagai berikut :

1. Dalam memprediksi distribusi momen, menunjukkan bahwa untuk perumusan lebar efektif pelat *interior frame* semua perumusan memiliki nilai akurasi yang relatif sama, sedangkan untuk *exterior frame* perumusan dari Dovich & Wight (2005) memiliki tingkat akurasi lebih baik dibandingkan perumusan lainnya.
2. Berdasarkan studi parameter yang dilakukan terhadap beberapa pemodelan struktur *flat plate* dengan bantuan perhitungan *finite element* (SAP 2000) dapat diketahui parameter utama yang mempengaruhi lebar efektif pelat akibat beban gempa yaitu : panjang bentang (ℓ_1, ℓ_2), dan dimensi kolom (C_1).
3. Berdasarkan evaluasi statistik terhadap semua perumusan lebar efektif pada rangka *interior* maupun *exterior*, menun-

jukan perumusan usulan memiliki tingkat keamanan dan akurasi lebih baik dibandingkan perumusan yang diusulkan beberapa peneliti sebelumnya yaitu Allen & Darvall (1977), Banchik (1987), Hwang (2000), Kang & Wallace (2004), dan Dovich & Wight (2005).

DAFTAR PUSTAKA

- Allen, F.H., dan Darval, P. (1977). "Lateral Load Equivalent Frame." *ACI Jurnal*, Proceeding V.74, No.7, Juli, hal. 675-696.
- Badan Standardisasi Nasional, 2002. *Tata Cara Perencanaan Ketahanan Gempa untuk Gedung*, SNI 03-1726-2002, 278 hal.
- Dovich, L. M., dan Wight, J. K. (2005). "Effective Slab Width Model for Seismic Analysis of Flat Slab Frames." *ACI Structural Journal*, V.102, No. 6, November-Desember, hal.868-875.
- Grossman, J.S. (1997). "Verification of Proposed Design Methodologies for Effective Width of Slab in Slab-Column Frame." *ACI Structural Journal*, V.94, No.2, Maret-April, hal. 181-196.
- Hwang, S.J., dan Moehle, J.P. (2000). "Vertical and Lateral Load Test of Nine-Panel Flat-Plate Frame," *ACI Structural Journal*, V.97, No.1, Januari-Februari, hal.193-204.
- Hwang, S.J., dan Moehle, J.P. (2000). "Models for Laterally Loaded Slab-Column Frames." *ACI Structural Journal*, V.97, No. 2, Maret-April, hal.345-351.
- Hwang, S.J., dan Moehle, J.P. (1990). "An Experimental Study of Flat-Plate Structure Under Vertical and Lateral Load." *Report No. UCB/SEMM-90/11* Department of Civil Engineering University of California, Berkeley, Juli, 271 hal.
- Hemawan, L. (2007). "Studi Perumusan Lebar Efektif Pelat Pada Struktur Flat Plate Akibat Beban Lateral." Tugas Akhir, Jurusan Teknik Sipil, Fakultas Teknik Sipil dan Perencanaan, Institut Teknologi Sepuluh Nopember, Surabaya.
- Kang, T.H.-K., dan Wallace, J.W. (2005). "Dynamic Responses of Flat Plate System with Shear Reinforcement." *ACI Structural Journal*, V.102, No.5, September-Oktober, hal.763-773.
- Kang, T.H.-K., dan Wallace, J.W. (2004). "Shake Table Test of Reinforced Concrete Flat Plate Frame and Post-Tensioned Flat Plate Frame." *13 th World Conference on Earthquake Engineering*, Vancouver, B.C, Canada, Agustus 1-6, paper no. 1119.
- Park, R. dan Gamble, W. (1980). *Reinforced Concrete Slab*. John Wiley & Sons, New York, 618 hal.
- Purwono, R. (2005). *Perencanaan Struktur Beton Bertulang Tahan Gempa: perencanaan dan perhitungan sesuai SNI 1726 dan SNI 2847 terbaru*, ITS Press, Surabaya, 278 hal.
- Purwono, R., Tavoio, Imran, I.; dan Raka IG.P. (2007). *Tata Cara Perhitungan Struktur Beton untuk Bangunan Gedung (SNI 03-2847-2002) Dilengkapi Penjelasan (S-2002)*, ITS Press, Surabaya, 408 hal.
- Wang, C.K., dan Salmon, C.G. (1990). *Desain Beton Bertulang jilid 2*, Alih bahasa oleh; Hariandja, Binsar. Jakarta; Penerbit Erlangga, 452 hal.