




Analysis of The Apartment's Tamansari Skylounge Halfslab Connection as a Diaphragm (Case Study: Padang Seismic load)

Anis Aulia Ulfa¹ , Abdul Haris², Mardewi Jamal³

¹ Politeknik Negeri Balikpapan

^{2,3} Universitas Mulawarman

 anis.aulia@poltekba.ac.id

Received 10-10-2022; revision 28-10-2022, accepted 29-11-2022

Abstract

Precast concrete is used in the Tamansari Skylounge Balikpapan Apartment's construction. The diaphragm is a slab that transmits lateral forces to the vertical element. This structure has a topped diaphragm as its diaphragm type. The goal of this analysis is to determine how seismic forces are distributed throughout a building using the seismic zone of Padang, to test the half-strength slab's during lifting, before and after a composite, to determine how deformation differs when a diaphragm is constrained, and to conduct research to strengthen the connection of the diaphragm's critical area to the building. The steps in data processing include analyzing the structure using SAP 2000, gravity load analysis based on PPIUG 1987, seismic load analysis based on SNI 1726:2012, diaphragm analysis based on NEHRP Seismic Design Technical Brief No. 3, normalizes and shear stress analysis on half slabs meeting between half slabs with topping based on Tension Material Analysis, and analysis of reinforced concrete structures based on SNI 2847: 2013. According to the analysis's findings, the half slab reinforcement becomes $\phi 10-100$ with the added seismic load, and deformation with a diaphragm constraint is considerably less than without it. One piece of 10 mm diameter reinforcement with a shear connector is used for each square meter of the important diaphragm region.

Keywords: Halfslab; Diaphragm; Seismic Force

Analisa Sambungan *Halfslab* Apartemen Tamansari Skylounge Balikpapan sebagai Diafragma (Studi Kasus: Beban Gempa Padang)

Abstrak

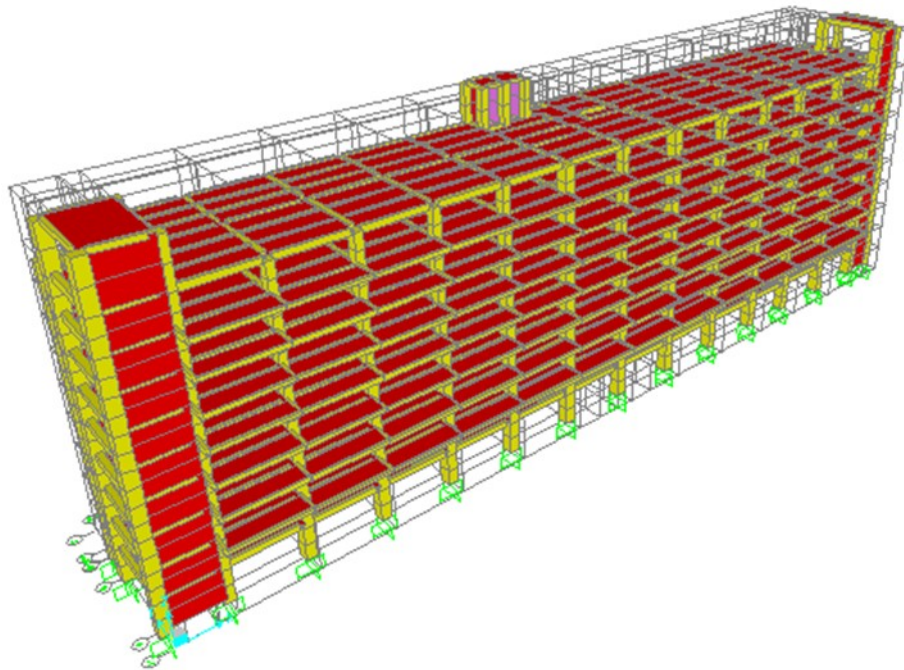
Struktur Apartemen Tamansari Skylounge Balikpapan menggunakan metode beton pracetak. Pelat yang menyalurkan gaya-gaya lateral ke elemen vertikal disebut diafragma. Tipe diafragma pada gedung ini adalah diafragma berpenutup (*topped diaphragm*). Tujuan dari studi ini adalah, mengetahui distribusi gaya gempa pada gedung Apartemen menggunakan zona gempa Padang, memeriksa kekuatan pelat half slab saat pengangkatan, saat sebelum komposit, saat setelah komposit, mengetahui perbedaan deformasi dengan dan tanpa *constraint* diafragma, melakukan studi perkuatan sambungan wilayah kritis diafragma pada gedung tersebut. Tahapan pengolahan data ini adalah, menganalisis struktur menggunakan SAP 2000, menganalisis beban gravitasi berdasarkan PPIUG 1987, menganalisis beban gempa berdasarkan SNI 1726:2012, menganalisis diafragma berdasarkan NEHRP *Seismic Design Technical Brief No. 3*, menganalisis tegangan normal dan geser pada pertemuan antara *half slab* dengan *topping* berdasarkan

Analisis Tegangan Bahan, serta menganalisis struktur beton bertulang berdasarkan SNI 2847:2013. Hasil analisis menunjukkan dengan tambahan beban gempa, tulangan *Half Slab* menjadi $\varnothing 10-100$, deformasi dengan *Constraint* Diafragma relatif lebih kecil dibanding tanpa *Constraint* Diafragma. Dan diperoleh perkuatan sambungan wilayah kritis diafragma adalah sebanyak 1 buah tulangan diameter 10 mm dengan shear konektor 1 buah per 1 meter persegi.

Kata Kunci: *Halfslab*; Diafragma; Beban gempa

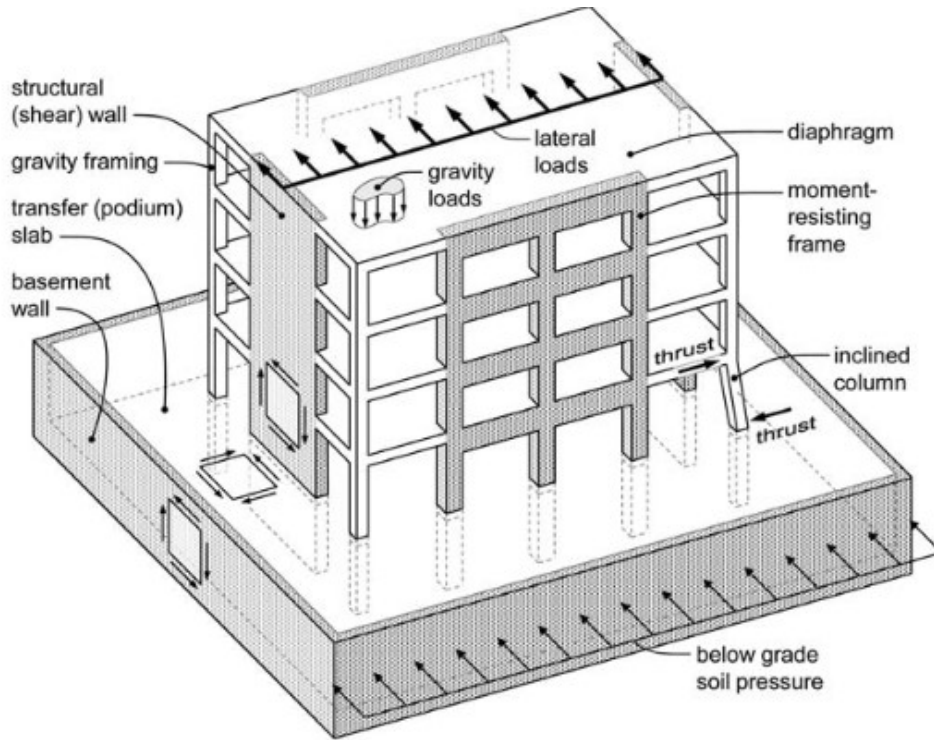
1. Pendahuluan

Struktur dari Apartemen Tamansari Skylounge Balikpapan (Gambar 1) menggunakan dua metode pengecoran beton, yakni metode konvensional dan metode beton pracetak non prategang. Metode pengecoran konvensional dilakukan pada struktur pondasi, kolom, struktur kolam renang, topping balok dan pelat pracetak, kantilever serta elemen struktur yang tidak terjangkau *tower crane*. Sedangkan beton pracetak dilakukan untuk elemen balok *U-Shell* dan pelat *Half slab* pada lantai atas.



Gambar 1 Tampilan Permodelan Struktur Apartemen Tamansari Skylounge

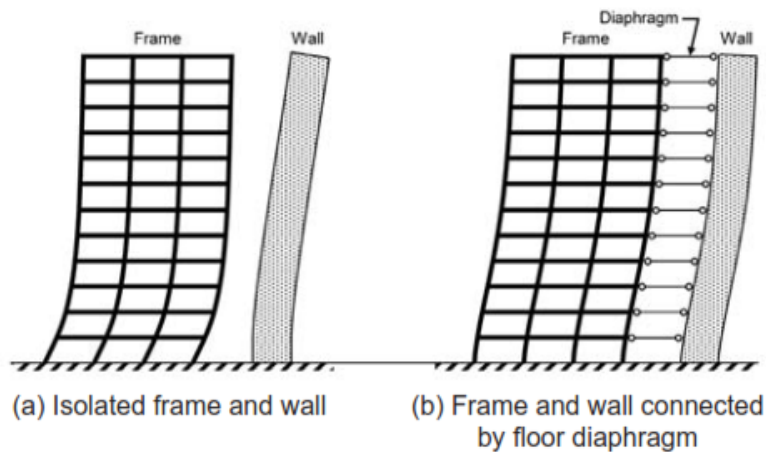
Gedung yang dirancang menahan gaya gempa biasanya digunakan asumsi lantai yang kaku tak terhingga pada arah horizontal. Pelat lantai dan atap yang menyalurkan gaya-gaya lateral ke elemen vertikal disebut diafragma. Diafragma beton pracetak bisa dibangun menggunakan penutup (*topped diaphragm*) atau tanpa penutup (*untopped diaphragm*). Diafragma pada Gambar 2 mengirimkan gaya dalam dari sistem lantai ke elemen vertikal sistem penahan gaya gempa. Ia juga mengikat elemen vertikal bersama dan dengan demikian menstabilkan dan mengirimkan gaya-gaya sepanjang elemen-elemen karena mungkin diperlukan saat terjadi gempa.



Gambar 2. Ilustrasi Diafragma

Tipe diafragma pada gedung Apartemen Tamansari Skylounge Balikpapan adalah diafragma berpenutup (*topped diaphragm*). Diafragma pelat beton atau dek metal yang diberi penutup (*topping*) beton dengan perbandingan S/D_e sebesar 3 atau kurang pada struktur tanpa ketidakberaturan horizontal dapat diidealisasikan sebagai diafragma kaku (Anonim, 2012).

Dalam sambungan untuk menahan gaya inerti (*percepatan massa kalibrasi lantai / tributary mass times floor acceleration*), diafragma juga harus bisa mengirim gaya antara elemen vertikal yang berbeda dari sistem penahan gaya gempa. Sebagai contoh, rangka dan dinding berdeformasi secara bebas dengan *displacement* yang berbeda-beda pada gaya lateral. Jika disambung oleh diafragma, diafragma pada Gambar 3 akan meneruskan gaya-gaya pelat dan memaksa kesesuaian *displacement* pelat lantai pada dinding geser (Anonim, 2006).



Gambar . Diafragma menghubungkan rangka dan dinding.

Untuk menganalisa *half slab* sebagai diafragma, diperlukan beban lateral yang besar sehingga dilakukan studi kasus pemberian beban gempa dari Kota Padang, Sumatra Barat, Indonesia.

2. Metode

Analisis desain sambungan diafragma Apartemen Tamansari Skylounge Balikpapan Balikpapan dengan simulasi gaya gempa di Kota Padang, Sumatera Barat ini mengacu pada SNI 1726:2012 (Anonim, 2012), serta SNI 03-2847-2013 (Anonim, 2013).

Kontrol struktur akibat beban gempa yang dilakukan berdasarkan *output* SAP 2000 antara lain adalah *mass partisipating ratio*, pengaruh P-delta, torsi dan pembesaran momen torsi serta simpangan antar lantai (Anonim, 2012).

Pada analisa dan perencanaan *half slab* dilakukan dalam tiga tahap analisa sebagai berikut:

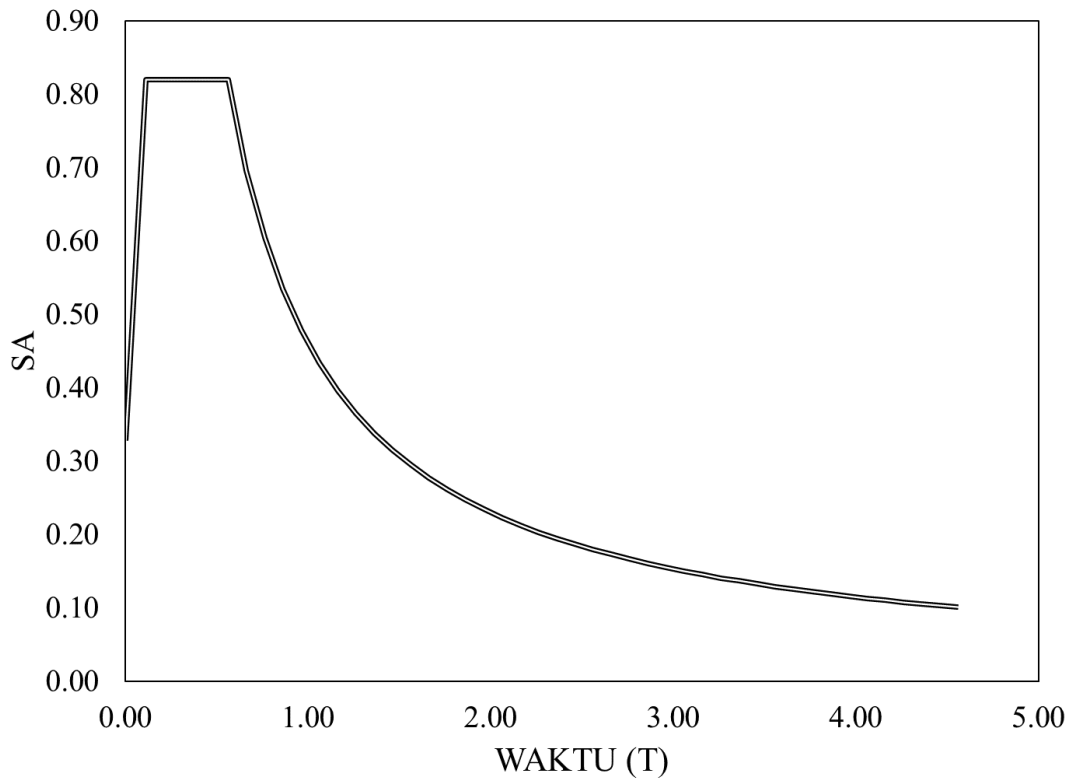
1. Analisa *half slab precast* saat pengangkatan.
Pada kondisi ini, beban yang bekerja pada pelat pracetak adalah beban sendiri elemen pracetak. Kombinasi beban yang digunakan adalah 1,4 DL.
2. Analisa *half slab precast* terpasang dan beton *topping* dituang.
Saat pelat pracetak dipasang pada tumpuan, beban yang bekerja pada pelat pracetak adalah berat sendiri elemen pracetak, beban pekerja dan beban beton yang dituang yang diberi faktor (1,2 DL + 1,6 LL).
3. Analisa *half slab precast* dan *topping* saat aksi komposit sudah terjadi.
Saat pelat pracetak dipasang pada tumpuan, beban yang bekerja pada pelat pracetak adalah berat sendiri elemen pracetak saat komposit, beban mati tambahan dan beban hidup layan. Pada kondisi ini gaya-gaya yang digunakan adalah gaya keluaran hasil sap dengan nilai yang berasal dari kombinasi terbesar.

Dalam SAP 2000, *assignment* sebagai diafragma dilakukan lewat *constraint*. *Constraint* yang berarti pengekangan, akan memaksa gerakan pelat menjadi satu kesatuan dalam arah bidangnya. Dengan adanya *constraint* maka joint yang berada dalam satu kelompok akan bergerak sebagai satu kesatuan bersama-sama.

Karena *half-slab* terdiri dari dua metode yaitu pelat pracetak dan pelat konvensional, maka perlu dilihat apakah pertemuan antara dua metode tersebut mengalami geser/slip untuk keamanan gedung. Untuk menganalisisnya, maka perlu dibandingkan tegangan yang diakibatkan oleh gaya geser dengan tegangan yang diakibatkan oleh gaya normal pada daerah pertemuan pelat pracetak dengan pelat konvensional. (Prawirodikmoro, 2014)

3. Hasil dan Pembahasan

Respons spektrum beban gempa Kota Padang diambil berdasarkan peta zonasi gempa (Anonim, 2017) dan diinput kedalam SAP2000 seperti yang disajikan pada Gambar 4.



Gambar 4. Respon spektrum Kota Padang

3.1. Kontrol Struktur Akibat Beban Gempa

Tabel 1 menunjukkan mode pertama gedung mengalami gerak translasi pada arah X sebesar 0,846 mm dan pada mode 2 mengalami gerak translasi arah Y sebesar 0,823 mm. Jumlah Mode yang diperkirakan adalah sebanyak 3 Dof x 10 lantai = 30 Mode dan memenuhi persyaratan jumlah rasio massa minimal yaitu 0,9 atau 90 persen dari massa aktual berdasarkan SNI 1726-2012 (Anonim, 2012).

Tabel 1. Modal Participating Mass Ratio

Mode	Period	UX	UY	RZ	SumUX	SumUY	SumRZ
Mode 1	0.315	0.846	0.000	0.022	0.846	0.000	0.022
Mode 2	0.221	0.000	0.823	0.660	0.846	0.823	0.682
Mode 3	0.178	0.000	0.015	0.131	0.846	0.837	0.813
Mode 4	0.109	0.101	0.000	0.003	0.948	0.837	0.816
Mode 5	0.076	0.000	0.102	0.102	0.948	0.939	0.918
Mode 6	0.067	0.029	0.000	0.001	0.976	0.939	0.919
Mode 7	0.062	0.000	0.003	0.013	0.976	0.942	0.932
Mode 8	0.054	0.001	0.001	0.000	0.977	0.942	0.932
Mode 9	0.049	0.006	0.002	0.004	0.984	0.944	0.936
Mode 10	0.048	0.001	0.024	0.027	0.985	0.969	0.964
Mode 11	0.046	0.002	0.003	0.003	0.987	0.972	0.967

Mode	Period	UX	UY	RZ	SumUX	SumUY	SumRZ
Mode 12	0.039	0.004	0.000	0.000	0.991	0.972	0.968
Mode 13	0.038	0.000	0.003	0.001	0.992	0.975	0.969
Mode 14	0.035	0.000	0.009	0.012	0.992	0.984	0.981
Mode 15	0.034	0.000	0.000	0.000	0.992	0.984	0.981
Mode 16	0.033	0.003	0.000	0.000	0.994	0.984	0.981
Mode 17	0.031	0.001	0.000	0.000	0.995	0.984	0.981
Mode 18	0.029	0.001	0.000	0.000	0.996	0.984	0.981
Mode 19	0.028	0.000	0.005	0.001	0.996	0.989	0.982
Mode 20	0.027	0.000	0.001	0.004	0.996	0.989	0.986
Mode 21	0.026	0.003	0.000	0.000	0.999	0.989	0.986
Mode 22	0.024	0.000	0.004	0.003	0.999	0.993	0.989
Mode 23	0.021	0.000	0.002	0.002	0.999	0.995	0.991
Mode 24	0.019	0.000	0.000	0.000	0.999	0.995	0.991
Mode 25	0.018	0.000	0.004	0.003	0.999	0.999	0.994
Mode 26	0.014	0.000	0.000	0.000	0.999	0.999	0.994
Mode 27	0.010	0.000	0.000	0.000	0.999	0.999	0.994
Mode 28	0.008	0.000	0.000	0.000	0.999	0.999	0.995
Mode 29	0.005	0.001	0.000	0.000	1.000	0.999	0.995
Mode 30	0.004	0.000	0.001	0.000	1.000	1.000	0.995

Berdasarkan Tabel 2. pengaruh P-delta (arah X karena lebih besar dari arah Y) tidak disyaratkan untuk diperhitungkan karena koefisien (θ) pada gedung apartemen tidak lebih dari dari 0,1.

Tabel 2. Perhitungan Koefisien Stabilitas θ (Efek P-Delta) Arah X

Lantai	Displacement mm	P-Delta θ	Cek $\theta < 0,1$
RT 1	62.672205	0.00064703	OK
RT 2	64.577099	0.00159978	OK
RT 3	61.26437	0.00102056	OK
Lantai 10 TA	55.312819	0.00074621	OK
Lantai 9 TA	48.458962	0.00082505	OK
Lantai 8 TA	41.152561	0.00063105	OK
Lantai 7 TA	33.598507	0.00049428	OK
Lantai 6 TA	26.112383	0.00040557	OK
Lantai 5 TA	18.756365	0.00033487	OK
lantai 3 TA	12.007568	0.00027851	OK
Lantai 2	6.399005	0.00022593	OK
Lantai 1B	2.441763	0.00015175	OK

Tipe dari ketidak beraturan torsi dapat dilihat sebagai berikut:

- a. $\delta_{max} < 1,2 \delta_{avg}$, tanpa ketidakberaturan torsi
- b. $1,2 \delta_{avg} < \delta_{max} < 1,4 \delta_{avg}$, ketidakberaturan torsi 1a

c. $\delta_{max} > 1,4 \delta_{avg}$, ketidakberaturan torsi 1b

Struktur yang dirancang untuk kategori desain seismik C, D, E dan F dimana tipe 1a atau 1b ketidak beraturan torsi terjadi harus mempunyai pengaruh yang diperhitungkan dengan mengalikan M_{ta} di masing-masing tingkat. Tabel 3 menunjukkan lantai 5,3,2,1B memiliki nilai $\delta_{Max} > 1,2\delta_{Avg}$, sehingga bangunan tersebut termasuk ketidakberaturan torsi 1a dan diperlukan faktor pembesaran torsi (A_x) yang ditentukan dari persamaan berikut:

$$A_x = \left(\frac{\delta_{max}}{1,2 \cdot \delta_{avg}} \right)^2$$

δ_{max} = Perpindahan maksimum di tingkat x (mm)

δ_{avg} = Perpindahan rata-rata titik terjauh di tingkat x (mm)

Faktor pembesaran torsi (A_x) tidak disyaratkan melebihi 3,0.

Tabel 3. Perhitungan Torsi dan Pembesaran Torsi Arah Y

Lantai	δ_{Max}	δ_{Min}	δ_{Avg}	1,2	1,4	Pembesaran Torsi
	Mm	mm	mm	δ_{Avg} Mm	δ_{Avg} mm	
RT 1	31.95513	31.80654	31.9056	38.28672	44.66784	
RT 2	30.69747	30.6136	30.65545	36.78654	42.91764	
RT 3	29.33402	28.69826	29.15237	34.98285	40.81332	
Lantai 10	27.48864	24.19152	25.88891	31.06669	36.24447	
Lantai 9	24.2003	20.74877	22.52986	27.03583	31.54181	
Lantai 8	20.74362	17.13135	18.99539	22.79447	26.59354	
Lantai 7	17.16962	13.45605	15.37236	18.44683	21.5213	
Lantai 6	13.61945	9.923152	11.83055	14.19666	16.56277	
Lantai 5	10.1081	6.60936	8.414814	10.09778	11.78074	1.00204633
Lantai 3	6.821475	3.810436	5.321782	6.386138	7.450495	1.14098506
Lantai 2	3.789459	2.036284	2.916264	3.499517	4.08277	1.17256843
Lantai 1B	1.573477	0.76654	1.169353	1.403224	1.637094	1.25738113

Nilai simpangan antar lantai (*Story drift*) arah X (dipilih karena lebih besar dari simpangan arah Y) dalam Tabel 4. dihitung berdasarkan perbolehan dari besar *displacement* maksimum hasil analisis Sap2000 yang telah dibebani dengan gempa statik ekuivalen. *Displacement* maksimum dipilih dari kombinasi pembebanan yang menghasilkan nilai terbesar. *Displacement/Defleksi* pusat massa di tingkat x (δ_x) ditentukan sesuai dengan persamaan berikut:

$$\delta_x = \frac{c_d \cdot \delta_{xe}}{I_e}$$

SNI 1726:2012 (Anonim, 2012) Pasal 7.12.1 memberi batasan izin simpangan (*story drift* izin) pada struktur kategori III sebesar 0,02 tinggi lantai. Sehingga *Displacement* yang telah ditentukan pada persamaan diatas tidak boleh melebihi *story drift* izin tersebut.

Tabel 4. *Story Drift* Arah X

Lantai	Tinggi per lantai (mm)	Displacement (mm)	Interstory Drift (mm)	Story Drift IZIN (mm)	Cek
Rooftop 1	35300	62.672205	344.69713	706	OK
Rooftop 2	35300	64.577099	355.17404	706	OK
Rooftop 3	35300	61.26437	336.95404	706	OK
10	30550	55.312819	304.2205	611	OK
9	27150	48.458962	266.52429	543	OK
8	23750	41.152561	226.33909	475	OK
7	20350	33.598507	184.79179	407	OK
6	17000	26.112383	143.61811	340	OK
5	13600	18.756365	103.16001	272	OK
3	10200	12.007568	66.041624	204	OK
2	6750	6.399005	35.194528	135	OK
1B	3600	2.441763	13.429697	72	OK

3.2. Kontrol *halfslab* sebagai pelat pracetak

Pelat lantai merupakan struktur atas yang berfungsi menerima beban untuk diteruskan ke struktur balok. Struktur pelat harus direncanakan sesuai beban dari fungsi bangunan.

Kombinasi pembebanan pelat

Berdasarkan SNI 2847-2013 (Anonim,2013) pasal 9.2.1 diperoleh:

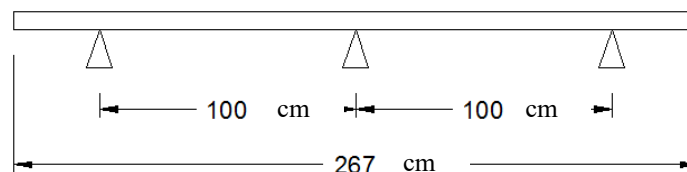
$$Q = 1,4 DL \quad (\text{Beban terfaktor angkatan})$$

$$Q = 1,2 DL + 1,6 LL \quad (\text{Beban konstruksi})$$

Dengan beban yang berbeda pada tiap kondisi, maka lendutan yang terjadi pun akan berbeda. Cek kekuatan pelat lantai sesuai dengan peraturan SNI 2847-2013 (Anonim, 2013) pasal 8.3.3 sebagai berikut:

1. Kontrol *half slab precast* saat pengangkatan

Kontrol dilakukan untuk mengecek keamanan saat pengangkatan *halfslab*.



Gambar 5. Perletakkan Titik Angkat *Half Slab*

Jarak antar pengait = 1,00 m

Beban berasal dari beban mati sendiri.

Tebal pelat pracetak (hanya *halfslab*) adalah 7 cm atau 0,07 m

$$DL = 0,07 \text{ m} \times 2400 \text{ kg/m}^3 = 168 \text{ kg/m}^2$$

$$M = 1/2 \times Q \times L^2 = 1153656 \text{ Nmm}$$

Digunakan tulangan D10-200

$$d_y = t - 1/2 D - d$$

$$d_y = 70 - 5 - 20 = 45 \text{ mm}$$

$$\text{As Tulangan, } AsD = 1/4 \pi \cdot D^2 = 1/4 \pi \cdot 10^2 = 78,57 \text{ mm}^2$$

$$\text{As pasang} = \frac{\text{As Tulangan} \times 1000}{\text{Jarak Tulangan}} = \frac{78,57 \times 1000}{200} = 392,85 \text{ mm}^2$$

$$\rho = \frac{\text{As pasang}}{b \cdot d} = \frac{392,85}{1000 \cdot 45} = 0,00873$$

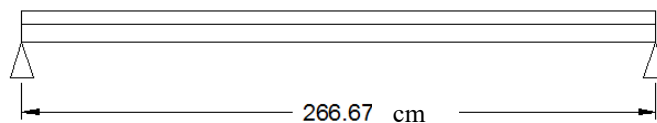
$$Mu = \theta \cdot f_y \cdot \rho \cdot b \cdot d^2 \left(1 - 0,588 \cdot \rho \cdot \frac{f_y}{f_c} \right)$$

$$Mu = 5442986,35 \text{ Nmm} > 1153656 \text{ Nmm} \rightarrow \text{OK}$$

Momen nominal tereduksi pada *halfslab* dengan tulangan lapangan diameter 10 mm jarak 200 mm telah memenuhi kebutuhan momen ultimit saat pengangkatan pelat *halfslab*.

2. Keadaan pelat pracetak terpasang dan *topping* belum komposit

Kontrol dilakukan untuk mengecek *half slab* ketika diberikan *topping* dengan tumpuan sederhana (sebelum komposit). Pada tahap ini bangunan belum difungsikan atau tahap pekerjaan dimana beban masih berupa beban pelat dan pekerja.



Gambar 6. Perletakkan pelat pracetak terpasang dan *topping* belum komposit

Beban berasal dari beban mati sendiri.

Tebal pelat *halfslab* adalah 13 cm atau 0,13 m

$$DL = 0,13 \text{ m} \times 2400 \text{ kg/m}^3 = 312 \text{ kg/m}^2$$

LL = 100 kg/m² (untuk beban pekerja)

Kombinasi beban konstruksi

$$Q = 1,2 DL + 1,6 LL$$

$$Ml = 1/8 \times Q \times Lx^2$$

$$Ml = 4660084,5 \text{ Nmm}$$

Digunakan tulangan D10-200

$$d_y = t - \frac{1}{2} D - d$$

$$d_y = 130 - 5 - 20 = 105 \text{ mm}$$

$$\text{As Tulangan, } A_s D = \frac{1}{4} \pi \cdot D^2 = \frac{1}{4} \pi \cdot 10^2 = 78,57 \text{ mm}^2$$

$$\text{As pasang} = \frac{\text{As Tulangan} \times 1000}{\text{Jarak Tulangan}} = \frac{78,57 \times 1000}{200} = 392,85 \text{ mm}^2$$

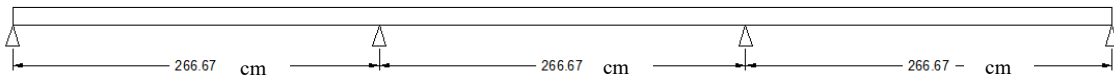
$$\rho = \frac{\text{As pasang}}{b \cdot d} = \frac{392,85}{1000 \cdot 105} = 0,00374$$

$$M_u = \theta \cdot f_y \cdot \rho \cdot b \cdot d^2 \left(1 - 0,588 \cdot \rho \cdot \frac{f_y}{f_c} \right)$$

$$M_u = 13992466 \text{ Nmm} > 4660084,5 \text{ Nmm} \rightarrow \text{OK}$$

Momen nominal tereduksi pada *halfslab* dan *topping* dengan tulangan lapangan diameter 10 mm jarak 200 mm telah memenuhi kebutuhan momen ultimit saat *halfslab* terpasang dan *topping* belum komposit.

3. Keadaan pelat sesudah komposit



Gambar 7. Perletakkan pelat sesudah komposit

Nilai Momen diperoleh berdasarkan kombinasi terbesar SAP 2000

$$M_t = -28574780 \text{ Nmm}$$

$$M_l = 22163960 \text{ Nmm}$$

Digunakan tulangan D10-200, $d = 105 \text{ mm}$

$$M_u = \theta \cdot f_y \cdot \rho \cdot b \cdot d^2 \left(1 - 0,588 \cdot \rho \cdot \frac{f_y}{f_c} \right)$$

$$M_u = 13992466 \text{ Nmm}$$

$$M_t = -28066890 \text{ Nmm}$$

$$M_l = 18515410 \text{ Nmm}$$

$$M_u < M_t \rightarrow \text{tidak OK!}, M_u < M_l \rightarrow \text{tidak OK!}$$

Saat beban gempa zona kota Padang ditambahkan, penulangan diameter 10 mm jarak 200 mm tidak memenuhi kebutuhan perkuatan tulangan tumpuan maupun lapangan pada pelat gedung Apartemen Tamansari Skylounge Balikpapan.

Digunakan tulangan D10-100

$$\text{As Tulangan, } A_s D = \frac{1}{4} \pi \cdot D^2 = \frac{1}{4} \pi \cdot 10^2 = 78,57 \text{ mm}^2$$

$$\text{As pasang} = \frac{\text{As Tulangan} \times 1000}{\text{Jarak Tulangan}} = \frac{78,57 \times 1000}{100} = 785,7 \text{ mm}^2$$

$$\rho = \frac{\text{As pasang}}{b \cdot d} = \frac{785,7}{1000 \cdot 105} = 0,00748$$

$$M_u = \theta \cdot f_y \cdot \rho \cdot b \cdot d^2 \left(1 - 0,588 \cdot \rho \cdot \frac{f_y}{f_c} \right)$$

$$Mu = 28831885,94 \text{ Nmm}$$

$$Mt = - 28574780 \text{ Nmm}$$

$$MI = 22163960 \text{ Nmm}$$

$$Mu > Mt \rightarrow \text{OK!}$$

$$Mu > MI \rightarrow \text{OK!}$$

Setelah tulangan tumpuan dan lapangan diganti menjadi diameter 10 mm jarak 100 mm kebutuhan perkuatan tulangan tumpuan maupun lapangan pada pelat gedung Apartemen Tamansari Skylounge Balikpapan saat beban gempa zona kota Padang ditambahkan, dapat terpenuhi.

Perhitungan tulangan susut, (Pasal 7.12)

$$As = 0,0018 \cdot b \cdot h$$

$$As = 0,0018 \cdot 1000 \cdot 130 = 234 \text{ mm}^2$$

Digunakan tulangan susut D8-200

$$As \text{ tulangan} = \frac{1}{4} \pi D^2, D = 8 \text{ mm}$$

$$As \text{ tulangan} = \frac{1}{4} \pi 8^2 = 50,2857 \text{ mm}^2$$

$$\text{Jarak tulangan (s)} = \frac{1000}{\frac{As \text{ Perlu}}{As \text{ Tulangan}}} = \frac{1000}{\frac{239,71}{50,2857}} = 214,896 \text{ mm} \approx 200 \text{ mm}$$

Maka digunakan tulangan susut \rightarrow D8-200

Panjang penyaluran tulangan pada pelat (SNI 2847-2013 ; 12.5.1)

$$Ldh > 8db = 8 \times 10 = 80 \text{ mm}$$

$$Ldh > 150 \text{ mm}$$

$$Ldh = \frac{100 \cdot db}{\sqrt{f'c}} \times \frac{fy}{400}$$

$$Ldh = \frac{100 \cdot 10}{\sqrt{34,3233}} \times \frac{410}{400} = 174,96 \text{ mm}$$

Digunakan Ldh = 175 mm

Sehingga perkuatan *half slab* dan *topping* pada gedung Apartemen Tamansari Skylounge Balikpapan saat beban gempa zona kota Padang ditambahkan digunakan tulangan tumpuan dan lapangan D10-100 dengan tulangan susut D8-200 dan panjang penyaluran tulangan sebesar 175 mm.

3.3. Kontrol *halfslab* sebagai diafragma

Berdasarkan Tabel 5. dapat diketahui bahwa deformasi dengan *Constraint* Diafragma relatif lebih kecil dibanding tanpa *Constraint* Diafragma, hal ini karena pelat lantai beton yang dianggap diafragma memiliki kekakuan searah pelat yang cukup besar sehingga dapat menahan gaya lateral dan mengurangi deformasi pada arah pelat-nya. Selain itu diafragma akan meyalurkan gaya lateral ke sistem penahan gaya gempa vertical yang secara vertical menahan gaya lateral lebih baik dibanding dengan rangka momen biasa.

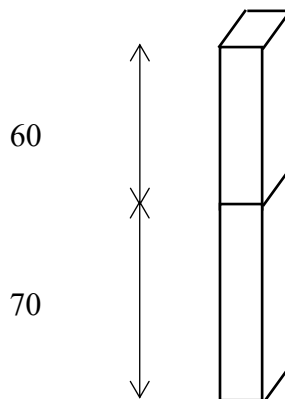
Diafragma akan menghubungkan rangka ke sistem penahan gaya gempa vertical dan memaksakan kesesuaian displacement pada keduanya.

Tabel 5. Perbandingan Deformasi dengan dan tanpa *Constraint Diafragma*

Lantai	Deformasi Arah X (mm)	
	Constraint Diafragma	Constraint Null
Lantai 10	55.312819	56.282865
Lantai 9	48.458962	49.841661
Lantai 8	41.152561	42.467804
Lantai 7	33.598507	34.782613
Lantai 6	26.112383	27.216176
Lantai 5	18.756365	19.778672
Lantai 3	12.007568	12.938725
Lantai 2	6.399005	7.052835
Lantai 1B	2.441763	2.64723

3.4. Kontrol tegangan lapis *halfslab*

Tegangan geser pelat per 1 mm² dapat digambarkan pada Gambar 8 (Prawirodikmoro, 2014) sebagai berikut :



Gambar 8. Penampang *Half Slab* per 1 mm²

Shear connector (penghubung geser) diperlukan jika nilai tegangan geser > tegangan normal.

Kuat geser satu buah *shear connector* dapat dihitung menggunakan persamaan berikut (Tumumomor, 2016):

$$Q_n = 0,5 \cdot A_{sc} \cdot \sqrt{f'_c \cdot E_c}$$

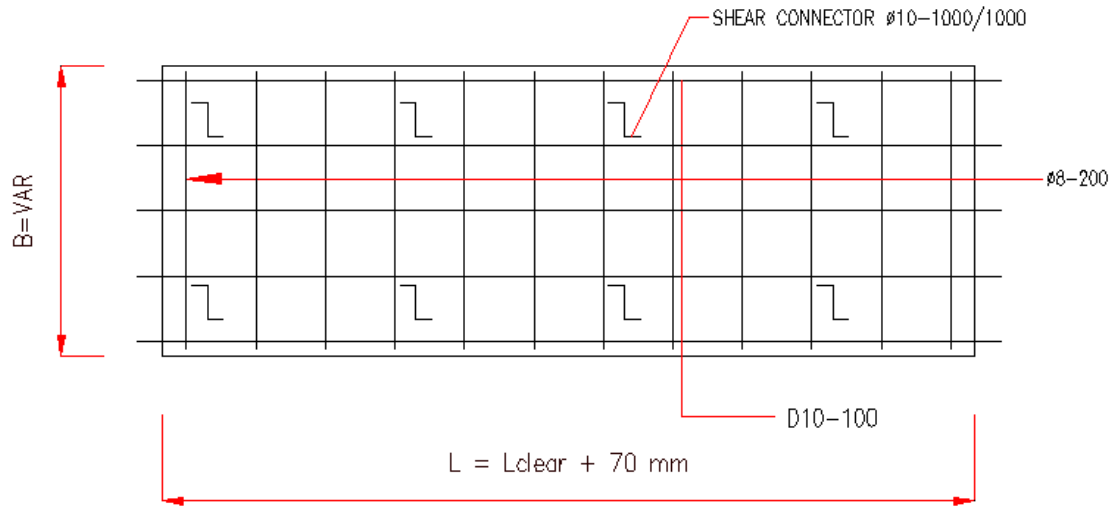
$$Q_n = 38192,26016 \text{ N}$$

Jumlah *shear connector* (n) yang diperlukan adalah

$$n = \frac{V_h}{Q_n} = \frac{13540 \text{ N}}{38192,26016 \text{ N}} = 0,35 \approx 1$$

Sedangkan jarak *shear connector* (s) per satu meter dapat dihitung

$$s = \frac{1000}{n} = \frac{1000}{1} = 1000 \text{ mm} = 1 \text{ m}$$



Gambar 9 Shear Connector

4. Kesimpulan

Penelitian ini menunjukkan bahwa deformasi lateral tiap lantai gedung yang menerima beban lateral cukup besar dapat tereduksi dengan adanya *constraint* diafragma. Hal ini karena pelat lantai beton yang dianggap diafragma memiliki kekakuan searah pelat yang cukup besar sehingga dapat menahan gaya lateral dan mengurangi deformasi pada arah pelat-nya. Selain itu diafragma akan meyalurkan gaya lateral ke sistem penahan gaya gempa vertikal yang menahan gaya lateral lebih baik dibanding dengan rangka momen biasa. Diafragma akan menghubungkan rangka ke sistem penahan gaya gempa vertikal dan memaksakan kesesuaian displacement pada keduanya.

Gedung Apartemen Tamansari Skylounge Balikpapan yang diberikan simulasi beban gempa Kota Padang membutuhkan perkuatan pada sambungan *halfslab* yang dianggap sebagai diafragma. Pada pemeriksaan kekuatan pelat *halfslab* gedung Apartemen Tamansari Skylounge Balikpapan sebelum dan sesudah komposit, penulangan tumpuan dan lapangan sebesar Ø10-200 tidak memenuhi kebutuhan perkuatan saat beban gempa zona kota Padang ditambahkan, sehingga digunakan tulangan tumpuan dan lapangan sebesar Ø10-150. Perkuatan sambungan wilayah kritis diafragma pada masing-masing wilayah kritis adalah sebanyak 1 buah tulangan diameter 10 mm dengan shear konektor 1 buah per 1 meter persegi.

Pada elemen diafragma dapat disertakan kord dan kolektor, sehingga penelitian penggunaan kord dan kolektor pada lantai gedung ini sangat disarankan.

Ucapan Terimakasih

Ucapan terimakasih saya ucapkan kepada Bapak Saifuddin Hakam dan Ibu Heni Heriati yang telah memberikan dana untuk menyelesaikan penelitian ini. Tidak lupa saya ucapkan terimakasih kepada Bapak Dr. Abdul Haris dan Ibu Dr. Mardewi Jamal yang telah membimbing penelitian ini.

Daftar Pustaka

- Anonim. (2006). *NEHRP Recommended Provisions: Design Examples*. Washington, DC.: FEMA 451.
- Anonim. (2009). *NEHRP Recommended Seismic Provisions for New Building and Other Structures*. Washington DC: FEMA P-750.
- Anonim. (2012). *SNI 1726-2012: Tata Cara Perencanaan Ketahanan Gempa untuk Struktur Bangunan Gedung dan Non Gedung*. Jakarta: BSN.
- Anonim. (2013). *SNI 03-2847-2013: Tata Cara Perhitungan Struktur Beton untuk Bangunan Gedung*. Jakarta: BSN.
- Anonim. (2017). Peta Zonasi Gempa. Retrieved June 7, 2017, from <http://puskim.pu.go.id/peta-zonasi-gempa>
- Tumumomor, Dapas, & Mondoringin. (2016). Analisis Penghubung Geser (Shear Connector) pada Balok Bajan dan Pelat. *Jurnal Sipil Statik*, 4(8), 10.
- Widodo, & Prawirodikmoro. (2014). *Analisis Tegangan Bahan*. Yogyakarta: Pustaka Belajar.



This work is licensed under a Creative Commons Attribution Non-Commercial 4.0 International License
