

EVALUASI KEKUATAN DAN DETAILING TULANGAN BALOK BETON BERTULANG SESUAI SNI 2847:2013 DAN SNI 1726:2012 (STUDI KASUS : HOTEL 10 LANTAI DI SEMARANG)

Rizal Ray Sandy Agusta¹⁾, Supardi,²⁾ Sunarmasto³⁾

¹⁾Mahasiswa Fakultas Teknik, Jurusan Teknik Sipil, Universitas Sebelas Maret,

^{2),3)}Pengajar Fakultas Teknik, Jurusan Teknik Sipil, Universitas Sebelas Maret.

Jl. Ir. Sutami 36A, Surakarta 57126; Telp. 0271-634524. Email: raysandybisa@gmail.com

Abstract

Major natural disasters that struck Indonesia have undermined many traditional and modern building technology. In general the structure of the multi-storey building in the form of an open frame structure without shear walls of reinforced concrete with brick walls as fillers

Evaluation of the structural components to be seen how different reinforcement detailing structural elements of reinforced concrete beams were evaluated according to (SNI 1726 : 2012) and (SNI 2847 : 2013), knowing the strength of the reinforcement installed in the field by calculating the analysis looks for existing bending and shear beam. The evaluation was done on the structure of the 10 floor hotel in Semarang with Special Moment Frame System bearers (SRPMK).

The results showed that the whole drift rate to a 10th Floor Hotel at Semarang meet the requirements $(\Delta) < \Delta a / \rho$, the power of the nominal torque (Mn) meets the requirements of $Mu < \phi Mn$, nominal shear strength (Vn) meet the requirements $Ve < \phi Vn$, clean spaces to meet the requirements of tier 1 $> 25 \text{ mm}$, clean spaces between layers meet the requirements of $> 40 \text{ mm}$. Reinforcement transverse mounted on a pedestal D10-100 installed as far $1 / 4L$ (1637.5 mm) to meet the requirements detailing $100 \text{ mm} < d / 4$ (135.125 mm), $100 \text{ mm} < 6db$ (114 mm), and $100 < 150 \text{ mm}$. Transverse reinforcement mounted on a pedestal so far $> 2h$ (1200 mm) and at midspan mounted D150-100, meet the requirements detailing $< d / 2$ (270.25 mm). The length of the connection throughout for longitudinal reinforcement ld (740 mm) $<$ to the terms detailing 48db (912 mm)

Keywords : Earthquake, Reinforced Concrete, transverse reinforcement, deviation between levels, the nominal moment, the nominal shear, Detailing.

Abstrak

Bencana alam besar yang melanda Indonesia telah meruntuhkan banyak bangunan berteknologi tradisional maupun modern. Pada umumnya untuk struktur gedung bertingkat berupa struktur portal terbuka beton bertulang tanpa dinding geser dengan dinding bata sebagai pengisi.

Evaluasi komponen struktur akan terlihat bagaimana perbedaan detailing tulangan elemen struktur balok beton bertulang yang dievaluasi menurut (SNI 1726:2012) dan (SNI 2847:2013), mengetahui kekuatan tulangan yang terpasang di lapangan dengan menghitung analisis tampang untuk lentur dan geser balok eksisting. Evaluasi dilakukan pada struktur atas hotel 10 Lantai di Semarang dengan Sistem Rangka Pemikul Momen Khusus (SRPMK).

Hasil penelitian menunjukkan bahwa seluruh simpangan antar tingkat untuk gedung hotel 10 lantai di Semarang memenuhi persyaratan $(\Delta) < \Delta a / \rho$, kekuatan momen nominal (Mn) memenuhi persyaratan $Mu < \phi Mn$, kekuatan geser nominal (Vn) memenuhi persyaratan $Ve < \phi Vn$, spasi bersih untuk lapis 1 memenuhi persyaratan $> 25 \text{ mm}$, spasi bersih antar lapis memenuhi persyaratan $> 40 \text{ mm}$. Tulangan transversal yang terpasang pada tumpuan D10-100 dipasang sejauh $1/4L$ (1637,5 mm) memenuhi persyaratan detailing $100 \text{ mm} < d/4$ (135,125 mm), $100 \text{ mm} < 6db$ (114 mm), dan $100 < 150 \text{ mm}$. Tumpuan tulangan transversal dipasang sejauh $> 2h$ (1200 mm) dan pada tengah bentang dipasang D150-100, memenuhi persyaratan detailing $< d/2$ (270,25 mm). Panjang sambungan lewatan untuk tulangan memanjang ld (740 mm) $<$ persyaratan detailing 48db (912 mm).

Kata Kunci : Gempa, Beton Bertulang, Tulangan transversal, Simpangan antar tingkat, Momen nominal, Geser nominal, Detailing,

PENDAHULUAN

Indonesia memiliki standar kegempaan SNI 03-1726-2002. Menurut para ahli, Sejak dikeluarkan standar kegempaan tersebut dengan rentang waktu yang cukup lama, peraturan ini dirasa tidak sesuai lagi diaplikasikan sebagai pedoman perencanaan struktur tahan gempa karena mengingat banyak gempa besar yang terjadi dan menyebabkan kerusakan pada struktur bangunan.

Seiring berjalannya waktu dan teknologi, maka dilakukan pembaharuan dengan disusunnya standar kegunaan SNI 1726:2012. di standar tersebut, terdapat faktor respons gempa yang nilainya bergantung pada parameter percepatan gerak tanah yang kemudian dibuat kurva terlebih dahulu sehingga dapat ditentukan nilai faktor respons gempa berdasarkan waktu getar alami.

Peraturan gempa yang baru muncul dan diberlakukan, hal pertama yang menjadi pertanyaan bagi para pelaku industri konstruksi adalah seberapa besar perubahan persyaratannya dan seberapa besar peningkatan bebannya. Perubahan peraturan gempa Indonesia menyebabkan bangunan yang telah didesain dengan peraturan lama menjadi perlu dievaluasi.

Perubahan peraturan gempa dari SNI 1726:2002 ke SNI 1726:2012 mempengaruhi berubahnya persyaratan beton bertulang dari SNI 03-2847-2002 menjadi SNI 2847:2013. Adanya perubahan tersebut menyebabkan perbedaan persyaratan *detailing* tulangan dari SNI 03-2847-2002 ke SNI 2847:2013.

Analisis permasalahan dirumuskan sebagai berikut :

1. Dengan memperhitungkan simpangan antar tingkat pada setiap lantai, mampukah gedung hotel 10 lantai di Semarang ini menahan defleksi maksimum yang diakibatkan oleh beban gempa ?
2. Apakah kuat lentur dari balok eksisting mampu menahan beban rencana?
3. Apakah kuat geser mampu menahan beban rencana?
4. Apakah *detailing* tulangan elemen balok beton bertulang yang terpasang di hotel 10 lantai di Semarang sesuai dengan persyaratan SNI 1726:2012 dan SNI 2847:2013 ?

METODE

Metode penelitian ini menggunakan analisis dinamik respon spektrum. Analisis ini dibantu dengan menggunakan program ETABS. Langkah analisis yang hendak dilakukan sesuai dengan prosedur yang telah ditetapkan. Data yang dikumpulkan untuk penelitian ini adalah *shop drawing* bangunan, rencana kerja dan syarat-syarat (RKS) dan data tanah untuk perancangan hotel. *Shop drawing* dipergunakan untuk pemodelan struktur 3D di dalam program ETABS., Menghitung dan menentukan jenis beban yang bekerja pada struktur. Beban tersebut berupa beban mati, beban hidup, dan beban gempa. Untuk mendapat kurva respon spektrum sesuai wilayah gempa yang dianalisis dengan bantuan program ETABS. Selanjutnya adalah melakukan analisis pada model/run program ETABS. Hasil analisis akibat beban gravitasi dan beban gempa kemudian akan dievaluasi untuk mengetahui kekuatan penampang nominal pada balok eksisting ketika menerima beban rencana.

Tabel 1. Deskripsi Gedung

Deskripsi Gedung	Keterangan
Fungsi bangunan	Tempat Hunian / Hotel/ Apartemen
Lokasi Bangunan	Semarang
Jenis tanah	Lunak
Sistem Struktur	Sistem Rangka Pemikul Momen Khusus
Jumlah Lantai	10 Lantai
Tinggi lantai Typical	3,2 m
Tinggi lantai 1	2,5 m
Tinggi lantai mezzanine	3,0 m
Elevasi tertinggi gedung	30,9 m
Mutu Beton (f'_c)	25 MPa & 30 MPa (balok), 30 MPa (kolom)
Mutu Baja Tulangan Ulir (f_y)	400 MPa
Mutu Baja Tulangan Polos (f_y)	240 MPa
Kategori Resiko	II
Faktor Keutamaan Gempa	1,0
SDS	0,66
SD1	0,5
T0	0,1838
Ts	0,9192
Koefisien Modifikasi respon	R = 0,8

HASIL DAN PEMBAHASAN

Pembebanan

Beban mati merupakan beban dari semua elemen gedung yang bersifat permanen termasuk peralatan tetap yang merupakan bagian yang tak terpisahkan dari gedung. Beban mati yang bekerja yaitu : Berat sendiri beton

bertulang (24 kN/m³), Dinding Pas. ½ bata (2,5 kN/m³), Finishing Lantai (22 kN/m³), Langit-langit + penggantung (0,20 kN/m³), Mechanical Electrical (0,25 kN/m³), Beban hidup merupakan beban yang bekerja pada lantai bangunan tergantung dari fungsi ruang yang digunakan. Pembagian beban hidup sebagai berikut : Atap (1,0 kN/m³), Tangga (3,0 kN/m³), lantai hotel (2,5 kN/m³), Reduksi untuk beban hidup hotel adalah: Tinjauan beban gravitasi 0,75 dan Tinjauan beban gempa 0,3.

Tabel 2. Rekapitulasi Berat Struktur per Lantai

Lantai	Tinggi Lantai dari dasar Z _x (m)	Berat Lantai W _x (kN)	Momen W _x Z _x (kN.m)
Atap Tangga & Lift	30,9	456,91	14118,61
Atap	27,9	3575,51	99756,62
7	24,7	4328,31	106909,23
6	21,5	4328,31	93058,64
5	18,3	4328,31	79208,05
4	15,1	4328,31	65357,46
3	11,9	4328,31	51506,87
2	8,7	4182,79	36390,27
1	5,5	3823,57	21029,63
Mezzanine	3	2479,39	7438,18
Σ		36159,71	574773,55

Pembuatan grafik respon spektrum gempa rencana menggunakan peta gempa berdasarkan SNI 1726-2012. Pada peta tersebut didapatkan bahwa bangunan mempunyai nilai S1 0,35 g dan Ss 1,1 g. Selanjutnya berdasarkan Tabel 4 dan 5 SNI 1726-2012 didapatkan nilai Fa 0,9 dan Fv 2,6.

SDS = 2/3 x Fa x SS.....

[1]
SD1 = 2/3 x Fv x S1.....

[2]

Berdasarkan persamaan 1 dan 2 maka nilai SDS adalah 0,60 dan SD1 adalah 0,50

T0 = 0,2(SD1/ SDS)

[3]

Ts = (SD1/ SDS)

[4]

Sa untuk nilai T = 0, Sa = 0,4 SDS

[5]

Sa untuk saat di T0 ≤ T ≤ Ts, Sa = SDS

[6]

Sa untuk nilai T < T0, Sa = SDS (0,4 + 0,6 (T/T0))

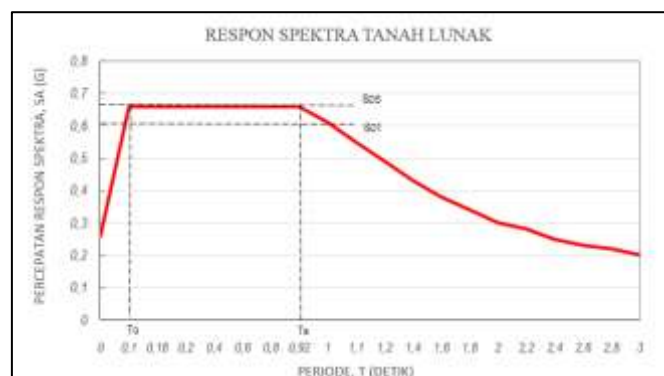
[7]

Sa untuk nilai T > Ts, Sa = (SD1/ T)

[8]

Sesuai persamaan 3 sampai 8 dapat dibuat grafik respon spektrum gempa rencana sesuai dengan lokasi bangunan.

Gambar 1. Grafik respon spektrum gempa rencana.



Gambar 1. Grafik respon spektrum gempa rencana

Periode Natural (Waktu Getar Alami) Struktur

Berdasarkan SNI 1726-2012, periode fundamental struktur dalam arah yang ditinjau harus diperoleh menggunakan

properti struktur dan karakteristik deformasi elemen penahan dalam analisis yang teruji. Periode fundamental struktur tidak boleh melebihi hasil koefisien batasan atas pada periode yang dihitung (C_u)

Periode getar arah x

$$T_a \text{ minimum} = C_t h_n \dots\dots\dots [9]$$

$$C_t = 0,0466 \quad (\text{Table 15 SNI 1726-2012})$$

$$x = 0,9 \quad (\text{Table 15 SNI 1726-2012})$$

$$h_n = 30,9 \text{ m} \quad (\text{Tinggi gedung})$$

Berdasarkan persamaan 9, nilai T_a minimum adalah 1,022 detik.

$$T_a \text{ maksimum} = C_u T_a \text{ minimum} \dots\dots\dots [10]$$

$$C_u = 1,4 \quad (\text{Table 14 SNI 1726-2012})$$

Berdasarkan persamaan 10, nilai T_a maksimum adalah 1,431 detik.

-Periode getar arah x

Nilai periode getar alami bangunan dari program ETABS pada arah T_c adalah 1,088 detik. Karena $T_a < T_c < T_a C_u$, maka T_a yang digunakan adalah $T_a = T_c$ yaitu 1,088 detik.

-Periode getar arah y

Untuk nilai T_a minimum dan T_a maksimum pada arah y sama dengan nilai pada arah x.

$$T_a \text{ minimum} = 1,022 \text{ detik}$$

$$T_a \text{ maksimum} = 1,431 \text{ detik}$$

Nilai periode getar alami bangunan dari program ETABS pada arah y adalah 1,022 detik. Karena $T_a < T_c < T_a C_u$, maka T_a yang digunakan adalah $T_a = T_c$ yaitu 1,022 detik.

Koefisien Respon Seismik (C_s)

Menurut SNI 1726-2012 pasal 7.8.1.1, penentuan koefisien respon seismik suatu bangunan sama seperti penentuan periode getar bangunan yaitu terdapat batasan nilai minimum dan nilai maksimum berdasarkan arah bangunannya

- C_s arah x

$$C_s \text{ minimum} = 0,044 S_D S I_e \geq 0,01 \dots\dots\dots [11]$$

$$S_{D_s} = 0,66$$

$$I_e = 1,00 \quad (\text{Tabel 2 SNI 1726-2012})$$

Berdasarkan persamaan 11, nilai C_s minimum adalah 0,0291

$$C_s \text{ maksimum} = \frac{S_{D1}}{R} \dots\dots\dots [12]$$

$$S_{D1} = 0,607$$

$$R = 8 \quad (\text{Tabel 9 SNI 1726-2012})$$

$$T = 1,088 \text{ detik}$$

Berdasarkan persamaan 12, nilai C_s maksimum adalah 0,0742

$$C_s \text{ hitungan} = \frac{S_{D1}}{R} \dots\dots\dots [13]$$

Berdasarkan persamaan 13, nilai C_s hitungan adalah 0,0697. Karena C_s hitungan bernilai lebih dari C_s pada batas maksimal, maka C_s yang dipakai adalah C_s maksimum yaitu 0,0742.

- C_s arah y

Gedung pada arah y sama-sama bersistem rangka pemikul momen, sehingga nilai R adalah 8 sama pada arah x. Nilai $T = 1,088$. Nilai C_s minimum berdasarkan persamaan 11 adalah 0,0291, nilai C_s maksimum berdasarkan persamaan 12 adalah 0,0742, dan C_s hitungan berdasarkan persamaan 13 adalah 0,0697, karena C_s hitungan bernilai lebih dari C_s pada batas maksimal, maka C_s yang dipakai adalah C_s maksimum yaitu 0,0742.

Gaya Geser Dasar Seismik

SNI 1726-2012 dijelaskan bahwa gaya geser seismik ditentukan dengan perkalian Koefisien respon seismik dengan berat total gedung.

$$V = C_s \cdot W_t \dots\dots\dots [14]$$

Karena nilai C_s arah x dan arah y berbeda, maka besarnya gaya geser pada gedung berdasarkan persamaan 14 adalah sebagai berikut:

$$V_{ux} = 2683,05 \text{ kN dan } V_{uy} = 2520,33 \text{ kN}$$

Gaya Lateral Ekuivalen

Beban gempa nominal statik ekuivalen yang bekerja pada saat massa lantai di tingkat "x" dengan menggunakan persamaan :

$$F_x = \frac{W_x Z_x}{\sum W_x Z_x} V \quad [15]$$

Keterangan

F_x = beban gempa horizontal lantai

W_x = berat lantai tingkat ke-i, termasuk beban hidup yang sesuai;

Z_x = ketinggian lantai tingkat ke-i diukur dari taraf penjepitan lateral;

n = nomor lantai tingkat paling atas

v = gaya lateral desain total atau geser di dasar struktur, dinyatakan dalam (KN)

k = eksponen terkait dengan periode, $T \leq 0,5$ maka $k = 1$ dan $T \geq 2,5$ maka $k = 2$

jadi nilai $K_x = 1,294$ dan $K_y = 1,261$

Gaya-gaya lateral untuk lantai lainnya dirangkum pada Tabel 3 dan Tabel 4 di bawah ini. Gaya-gaya lateral ini bekerja di pusat-pusat massa di masing-masing lantai.

Tabel 3. Gaya Lateral Ekuivalen per Lantai Arah Barat-Timur (x)

Lantai	Tinggi Lantai Z_x (m)	Berat Lantai W_x (kN)	Momen $W_x Z_x$ (kN.m)	Momen (kN.m)	Gaya Geser V (kN)	Lateral 100% Arah x (kN)	Lateral 100% Arah y (kN)
Atap tangga dan lift	30,9	456,91	14118,61	38711,46	2520,33	71,75	22,74
Atap	27,9	3575,51	99756,62	265429,61	2520,33	492,00	156,45
7	24,7	4328,31	106909,23	274453,07	2520,33	508,72	162,42
6	21,5	4328,31	93058,64	229347,28	2520,33	425,11	136,35
5	18,3	4328,31	79208,05	186178,68	2520,33	345,10	111,27
4	15,1	4328,31	65357,46	145182,54	2520,33	269,11	87,32
3	11,9	4328,31	51506,87	106678,28	2520,33	197,74	64,67
2	8,7	4182,79	36390,27	68739,11	2520,33	127,41	42,10
1	5,5	3823,57	21029,63	34713,49	2520,33	64,34	21,59
Mezzanine	3	2479,39	7438,18	10274,01	2520,33	19,04	6,52
Σ		22074,76	266389,96	441980,16			

Tabel 4. Gaya Lateral Ekuivalen per Lantai Arah Utara-Selatan (y)

Lantai	Tinggi Lantai Z_x (m)	Berat Lantai W_x (kN)	Momen $W_x Z_x$ (kN.m)	Momen (kN.m)	Gaya Geser V (kN)	Lateral 100% Arah x (kN)	Lateral 100% Arah y (kN)
Atap tangga dan lift	30,9	456,91	14118,61	34567,74	2683,05	21,53	75,80
Atap	27,9	3575,51	99756,62	237817,84	2683,05	147,60	521,49
7	24,7	4328,31	106909,23	246893,18	2683,05	152,62	541,39
6	21,5	4328,31	93058,64	207263,64	2683,05	127,53	454,49
5	18,3	4328,31	79208,05	169148,85	2683,05	103,53	370,91
4	15,1	4328,31	65357,46	132741,94	2683,05	80,73	291,08
3	11,9	4328,31	51506,87	98306,66	2683,05	59,32	215,57
2	8,7	4182,79	36390,27	64002,92	2683,05	38,22	140,35
1	5,5	3823,57	21029,63	32814,54	2683,05	19,30	71,96
Mezzanine	3	2479,39	7438,18	9908,21	2683,05	5,71	21,73
Σ		22074,76	266389,96	441980,16			

Arah gempa yang sebenarnya tidak dapat dipastikan untuk mengantisipasi hal tersebut maka dalam SNI disebutkan bahwa pembebanan gempa arah utama dianggap efektif sebesar 100% dan ditambah dengan pembebanan gempa sebesar 30% pada arah tegak lurus nya. Selanjutnya besarnya gaya tersebut dibebankan pada pusat massa struktur tiap-tiap lantai tingkat.

Hasil Analisis *Displacement* Akibat Beban Kombinasi

Analisis dilakukan dengan *software* ETABS dan dari program tersebut didapatkan hasil *displacement* pada bangunan yang diteliti. Selanjutnya dari berbagai kombinasi yang digunakan diambil nilai *displacement* yang paling besar.

Tabel 5. Kombinasi Pembebanan yang digunakan

Kombinasi 1	1,4 D	1,4D + 1,4SIDL
Kombinasi 2	1,2D + 1,6L	1,2D + 1,2SIDL + 1,6L
Kombinasi 3	1,2D + 1,0L	1,2D + 1,2SIDL + 1,0L
Kombinasi 4	1,2D+0,2.S _{DS} .D + 0,5L+E	1,2D+0,2.S _{DS} .D + 0,5L+1,0Ex +0,3Ey
Kombinasi 5		1,2D+0,2.S _{DS} .D + 0,5L+0,3Ex +1,0Ey
Kombinasi 6	0,9D+0,2.S _{DS} .D + E	0,9D+0,2.S _{DS} .D + 1,0Ex +0,3Ey
Kombinasi 7		0,9D+0,2.S _{DS} .D + 0,3Ex +1,0Ey

Tabel 6. *Displacement* Maksimum yang Dihasilkan oleh Beban Gempa

No	Lantai	Elevasi (m)	Statik Ekuivalen <i>Displacement</i> (mm)	
			Arah x	Arah y
1	Atap tangga dan lift	30,9	34,6	60,7
2	Atap	27,9	32,9	58,8
3	7	24,7	31	54,8
4	6	21,5	28,2	49,3
5	5	18,3	24,4	42,3
6	4	15,1	19,9	34,1
7	3	11,9	14,8	25,2
8	2	8,7	9,5	16,2
9	1	5,5	5	8
10	Mezzanine	3	2	2,9

Tabel 8. Simpangan Antar Tingkat yang Dihasilkan oleh Beban Gempa Arah x

Lantai Ke	H	δ_{xe}	$\delta_x = 5.5 \delta_{xe}$	Δ	$\Delta a/$	$\Delta \leq \Delta a/$
	(mm)	(mm)	(mm)	(mm)	(mm)	
Atap tangga dan lift	30900	34,6	190,30	9,35	46,15	ok
Atap	27900	32,9	180,95	10,45	49,23	ok
7	24700	31	170,50	15,40	49,23	ok
6	21500	28,2	155,10	20,90	49,23	ok
5	18300	24,4	134,20	24,75	49,23	ok
4	15100	19,9	109,45	28,05	49,23	ok
3	11900	14,8	81,40	29,15	49,23	ok
2	8700	9,5	52,25	24,75	49,23	ok
1	5500	5	27,50	16,50	38,46	ok
Mezzanine	3000	2	11,00	11,00	46,15	ok

Tabel 9. Simpangan Antar Tingkat yang Dihasilkan oleh Beban Gempa Arah y

Lantai Ke	H	δ_{xe}	$\delta_x = 5.5 \delta_{xe}$	Δ	$\Delta a/$	$\Delta \leq \Delta a/$
	(mm)	(mm)	(mm)	(mm)	(mm)	
Atap tangga dan lift	30900	60,7	333,85	10,45	46,15	ok
Atap	27900	58,8	323,40	22,00	147,69	ok
7	24700	54,8	301,40	30,25	147,69	ok
6	21500	49,3	271,15	38,50	147,69	ok
5	18300	42,3	232,65	45,10	147,69	ok
4	15100	34,1	187,55	48,95	147,69	ok
3	11900	25,2	138,60	49,50	136,92	ok
2	8700	16,2	89,10	45,10	133,85	ok
1	5500	8	44,00	28,05	84,62	ok
Mezzanine	3000	2,9	15,95	15,95	46,15	ok

Evaluasi Kekuatan Penampang Terhadap Lentur

Cek Apakah Balok B52 Memenuhi Definisi Komponen Struktur Lentur

-Beban aksial $P_u < 0,1 A_g f'_c = 0,1 \times 300 \text{ mm} \times 600 \text{ mm} \times 30 \text{ MPa} = 540000 \text{ N} = 540 \text{ kN} \dots$ (Terpenuhi)

-Bentang bersih komponen struktur $L_n / d_e (6400/511 = 12,525 \text{ mm} > 4 \dots$ (Terpenuhi)

-Perbandingan lebar terhadap tinggi $b/h (300/600 = 0,50) \text{ Ratio} < 0,3 \dots$ (Terpenuhi)

-Lebar komponen $250 \text{ mm} < b (300 \text{ mm}) \leq c + 2(3/4 h) \dots$ (Terpenuhi)

Cek Kekuatan Momen Nominal (M_n) Lentur Balok

[16]

dimana

- = kuat lentur rencana
- = momen ultimit atau kuat lentur perlu
- = kuat lentur nominal
- = faktor reduksi kuat lentur

Berdasarkan persamaan 16 diperoleh momen nominal balok pada masing-masing kondisi :

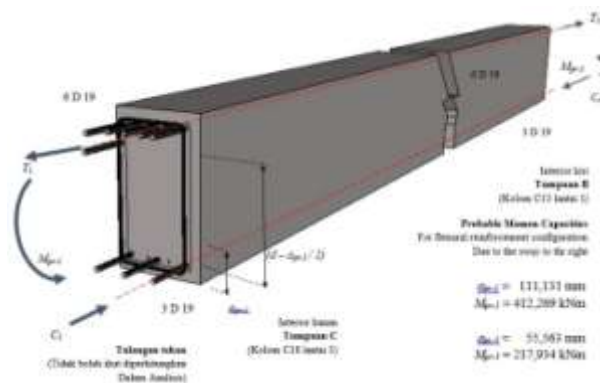
Tabel 10. Besarnya Nilai Momen Ultimate dan Momen Nominal Tulangan Eksisting

No	Lokasi	Arah Gempa	Reinforcing	As (mm ²)	Mu (kNm)	ØMn(kNm)
1	Tumpuan kiri (-)	Kiri	6D19	1700,31	254,018	293,625
2	Tumpuan kiri (+)	Kiri	3D19	850,115	110,716	158,613
3	Tumpuan kanan (-)	Kanan	6D19	1700,31	254,018	293,625
4	Tumpuan kanan (+)	Kanan	3D19	850,115	110,716	158,613
5	Tengah Bentang (+)	Kanan dan Kiri	4D19	1134,11	105,802	208,334

Cek Kekuatan Geser Nominal (V_n) pada balok Hitung Probable Momen Capacities (Mpr)

Berdasarkan SNI 2847:2013 Pasal 21.5.4.1 mengisyaratkan bahwa : "Geser rencana akibat gempa pada balok dihitung dengan mengasumsikan sendi plastis terbentuk di ujung-ujung balok dengan tegangan lentur balok mencapai $1,25 f_y$ dan faktor reduksi kuat lentur $\phi = 1$."

Kapasitas momen ujung-ujung balok bila struktur bergoyang ke kanan.



Gambar 3. Sketsa Kuat Lentur Mungkin Maksimum (Mpr-1 dan Mpr-3) Balok Akibat Goyangan ke Kanan

Tabel 11. Konfigurasi penulangan dan kapasitas momen penampang balok 157 (G4)

No	Lokasi	Arah Gempa	Reinforcing	As (mm ²)	Mu (kNm)	ØMn(kNm)	Mpr(kNm)
1	Tumpuan kiri (-)	Kiri	6D19	1700,31	254,018	293,625	412,269 (clock wise)
2	Tumpuan kiri (+)	Kiri	3D19	850,115	110,716	158,613	217,934 (clock wise)
3	Tumpuan kanan (-)	Kanan	6D19	1700,31	254,018	293,625	412,269 (counter-cw)
4	Tumpuan kanan (+)	Kanan	3D19	850,115	110,716	158,613	217,934 (counter-cw)

(+)

$$V_g = 148,721 \text{ kN}$$

Berdasarkan SNI 2847:2013 Pasal 21.5.4.2 : kontribusi beton dalam menahan geser, yaitu V_c harus diambil = 0 pada perencanaan geser di daerah sendi plastis apabila :

a. $V_{sway} > \frac{1}{2} V_u$ perlu maksimum, baik di muka kolom interior kiri pada saat struktur bergoyang ke kiri maupun dimuka kolom interior kanan pada saat struktur bergoyang ke kanan. Gaya geser di muka kolom interior kiri dan kanan dapat dilihat pada Tabel 12.

Tabel 12 Gaya Geser di Muka Kolom Interior Kiri dan Kanan.

Arah Gerakan Gempa	V _{sway} (kN)	Left Interior Sup . Reaction		Left Interior Sup . Reaction	
		V _u (kN)	½ V _u (kN)	V _u (kN)	½ V _u (kN)
Kanan	96,214	52,507	26,253	52,507	26,253
Kiri	96,214	244,935	122,47	244,935	122,47

b. Gaya tekan aksial terfaktor, termasuk akibat pembebanan gempa

$$P_u = 0 < A_g f_c / 20 = 270 \text{ kN}$$

Kuat nominal Lentur

[19]

Berdasarkan persamaan 19 didapatkan nilai geser nominal yang dapat dilihat pada tabel 13

Tabel 13 Besarnya Nilai Geser Ultimate dan Geser Nominal Tulangan Eksisting

No	Lokasi	Arah Gempa	Reinforcing	V _u (kN)	ØV _n (kN)
1	Tumpuan kiri	Kanan dan kiri	D10-100	244,935	254,575
2	Tumpuan kanan	Kanan dan kiri	D10-100	244,935	254,575
3	Tengah bentang	Kanan dan kiri	D10-150	188,171	280,733

Cek Persyaratan *Detailing* Tulangan SRPMK Sesuai SNI-2847-2013

Persyaratan *detailing* tulangan lentur untuk semua kondisi, spasi bersih untuk lapis 1 memenuhi persyaratan > 25 mm, spasi bersih antar lapis memenuhi persyaratan > 40 mm. Tulangan transversal yang terpasang pada tumpuan D10-100 dipasang sejauh $1/4L$ (1637,5 mm). Tulangan transversal yang terpasang pada tumpuan memenuhi persyaratan *detailing* $100 \text{ mm} < d/4$ (135,125 mm), $100 \text{ mm} < 6d$ (114 mm), dan $100 < 150$ mm. Tumpuan tulangan transversal dipasang sejauh $> 2h$ (1200 mm) sesuai persyaratan *detailing*. Sedangkan tulangan transversal yang terpasang pada tengah bentang dipasang D150-100, memenuhi persyaratan *detailing* $< d/2$ (270,25 mm). Panjang sambungan lewatan untuk tulangan memanjang l_d (832,2 mm) $<$ persyaratan *detailing* 48db (912 mm).

SIMPULAN

Kesimpulan hasil penelitian evaluasi kekuatan dan *detailing* tulangan balok beton bertulang sesuai SNI 2847:2013 dan SNI 1726:2012 (Studi Kasus : Hotel 10 Lantai di Semarang), dapat diperoleh kesimpulan sebagai berikut:

1. Hasil penelitian menunjukkan bahwa seluruh simpangan antar tingkat untuk gedung hotel 10 lantai di Semarang $(\Delta) < \Delta_a / \rho$.
2. Hasil perhitungan kekuatan momen nominal (M_n) untuk semua kondisi pada balok memenuhi persyaratan $M_u < \phi M_n$.
3. Hasil perhitungan geser nominal (V_n) pada balok untuk semua kondisi memenuhi persyaratan $V_u < \phi V_n$ dengan rasio geser mendekati batas persyaratan yaitu $0,962 < 1$.
4. Tulangan yang terpasang dilapangan, memenuhi persyaratan *detailing* sesuai SNI 2847: 2013. Kecuali pada syarat panjang lewatan, tulangan memanjang eksisting yang terpasang l_d (832,2 mm) $<$ persyaratan *detailing* 48db (912 mm).

UCAPAN TERIMA KASIH

REFERENSI

- ACI Committe 318 (2011). *“Building Code requirement for Structural Concrete (ACI 318-11) am commentary (ACI 318R-99)”*, ACI, Farmington Hills, MI.
- Badan Standarisasi Nasional (2002). *“Standar Perencanaan Ketahanan Gempa Untuk Struktur Bangunan Gedung (SNI 1726:2002)”*, BSN, Bandung, Indonesia.
- Badan Standarisasi Nasional (2002). *Tata Cara Perhitungan Struktur Beton Untuk Bangunan Gedung (SNI 2847:2002)”*, BSN, Bandung, Indonesia.
- Badan Standarisasi Nasional (2012). *“Tata Cara Perencanaan Ketahanan Gempa Untuk Struktur Bangunan Gedung dan Non Gedung (SNI 1726-2012)”*, BSN, Jakarta, Indonesia.
- Badan Standarisasi Nasional (2013). *SNI-2847-2013 Persyaratan Beton Struktural Untuk Bangunan Gedung (SNI 2847-2013)”*, BSN, Jakarta, Indonesia.
- Imran, Iswandi dan Ediansjah Zulkifli (2014). *“Perencanaan Dasar Struktur Beton Bertulang “*,ITB, Bandung, Indonesia.
- Imran, Iswandi dan Fajar Hendrik (2014). *“Perencanaan Lanjut Struktur Gedung Beton Bertulang Taban Gempa“*,ITB, Bandung, Indonesia.