

EVALUASI KEKUATAN DAN DETAILING TULANGAN KOLOM BETON BERTULANG SESUAI SNI 2847:2013 DAN SNI 1726:2012 (STUDI KASUS : HOTEL 7 LANTAI DI WILAYAH PEKALONGAN)

Toni Ulinnuha¹⁾, 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: tony.ulinnuha@gmail.com.

Abstract

In line with the development of science and technology due to conditions on the ground, then the regulations of the building such as SNI concrete and SNI earthquake also frequent changes. Based on this, the evaluation of the buildings planned by the previous SNI need re-evaluation to see how changes with the advent of the new regulations whether it was safe or not.

Building evaluation obtained through static analysis methods equivalent to ETABS program. After the earthquake loading according to the rules ISO 1726: 2012 is distributed to the building structure, and define the maximum deflection of each floor to get the value of deviation between floors in the building structure. Based on the analysis program ETABS for various combinations of earthquake loading and gravity, got internal force for each of the structural elements of the building. Some of the internal force in the columns that will be evaluated strengths and reinforcement detailing requirements based on ISO 2847: 2013.

This study shows that all deviations between the rate for the 7 floor hotel building in Pekalongan (Δ) < Δ_a/ρ . Evaluation of the existing column element meet the requirements of the geometry of the structure of the column. Flexural strength and axial column that meets the requirements of the external force factored (P_n-M_u) entered the P_n-M_n interaction diagram, so that $P_n < \phi P_n$ and $M_u < \phi M_n$. Nominal shear strength (V_n) in the column for all conditions meet the requirements $V_e < \phi V_n$. Terms of column longitudinal reinforcement detailing eligible $0,01A_g < A_{st} < 0,06A_g$. In the transverse reinforcement for spacing on l_o or outside l_o meet the requirements detailing and length of l_o transverse reinforcement also meet the requirements detailing. Spaces crosslinking or stirrup square feet on l_o meet the requirements detailing $h_x < 350$ mm, while the outside l_o over to the terms detailing $h_x > 350$ mm. The length of the lap splices of longitudinal reinforcement meet the requirements detailing According to SNI 2847:2013.

Keywords: Evaluation of strength, Detailing Reinforcement Column, Earthquake Resistant.

Abstrak

Seiring terjadinya perkembangan ilmu dan teknologi dikarenakan kondisi di lapangan, maka peraturan-peraturan bangunan seperti SNI gempa dan SNI beton juga sering terjadi perubahan. Berdasarkan hal tersebut, evaluasi gedung-gedung yang direncanakan menurut SNI terdahulu perlu di evaluasi ulang untuk mengetahui bagaimana perbedaan dengan munculnya peraturan terbaru apakah masih aman atau tidak.

Evaluasi bangunan diperoleh melalui metode analisis statik ekuivalen dengan program ETABS. Setelah pembebanan gempa sesuai peraturan SNI 1726:2012 didistribusikan ke struktur bangunan, kemudian tentukan defleksi maksimum masing-masing lantai untuk mendapatkan nilai simpangan antar lantai pada struktur bangunan tersebut. Berdasarkan analisis program ETABS untuk berbagai macam kombinasi pembebanan gempa dan gravitasi, didapatkan gaya dalam untuk masing-masing elemen struktur bangunan. Beberapa gaya dalam pada kolom tersebut yang nantinya akan dievaluasi kekuatan dan persyaratan detailing tulangannya berdasarkan SNI 2847:2013.

Hasil penelitian menunjukkan bahwa seluruh simpangan antar tingkat untuk gedung hotel 7 lantai di Pekalongan (Δ) < Δ_a/ρ . Evaluasi elemen kolom eksisting memenuhi persyaratan geometri struktur kolom. Kekuatan lentur dan aksial kolom memenuhi persyaratan yaitu gaya luar berfaktor (P_u-M_u) masuk dalam diagram interaksi P_n-M_n , sehingga $P_u < \phi P_n$ dan $M_u < \phi M_n$. Kekuatan geser nominal (V_n) pada kolom untuk semua kondisi memenuhi persyaratan $V_e < \phi V_n$. Persyaratan detailing tulangan memanjang kolom memenuhi syarat $0,01A_g < A_{st} < 0,06A_g$. Pada tulangan transversal untuk jarak spasi sengkang pada l_o maupun di luar l_o memenuhi persyaratan detailing dan panjang l_o tulangan transversal juga memenuhi persyaratan detailing. Spasi pengikat silang atau kaki-kaki sengkang persegi pada l_o memenuhi persyaratan detailing $h_x < 350$ mm, sedangkan di luar l_o lebih dari persyaratan detailing $h_x > 350$ mm. Panjang sambungan lewatan untuk tulangan memanjang memenuhi persyaratan detailing sesuai SNI 2847:2013.

Kata kunci : Evaluasi kekuatan, Detailing Tulangan Kolom, Tahan Gempa.

PENDAHULUAN

Indonesia merupakan daerah yang rawan gempa, hal ini dikarenakan Kepulauan Indonesia terletak pada pertemuan 3 lempeng utama dunia yaitu Lempeng Australia, Eurasia, dan Pasifik. Kondisi tatanan tektonik seperti inilah negara ini selalu dan selalu dilanda gempa tektonik. Gempa tektonik ini terkadang menjadi pemicu terjadinya gempa vulkanik, yang diakibatkan oleh pergeseran lempeng bumi. Pekalongan merupakan salah satu kota yang rawan dilanda akan gempa tersebut.

Berdasarkan hal tersebut di atas, di kota Pekalongan harus direncanakan bangunan dengan struktur yang kuat dan tahan gempa terutama pada struktur kolomnya. Apabila bangunan gempa tidak direncanakan dengan baik dapat mengakibatkan kerugian jiwa dan materi yang sangat besar, sehingga bangunan gedung harus direncanakan sesuai peraturan yang berlaku seperti SNI gempa dan SNI beton. Sering terjadinya perkembangan ilmu dan teknologi dikarenakan kondisi di lapangan, maka peraturan-peraturan bangunan seperti SNI gempa dan SNI beton juga sering terjadi perubahan. Berdasarkan hal tersebut, evaluasi gedung-gedung yang direncanakan menurut SNI terdahulu perlu dievaluasi ulang untuk mengetahui bagaimana perbedaan dengan munculnya peraturan terbaru apakah masih aman atau tidak.

Analisis permasalahan dirumuskan sebagai berikut :

1. Mampukah gedung hotel 7 lantai di Pekalongan ini menahan defleksi maksimum yang diakibatkan oleh beban gempa apabila simpangan antar tingkat pada setiap lantai diperhitungkan?
2. Apakah kuat lentur dan aksial dari kolom eksisting mampu menahan beban rencana?
3. Apakah kuat geser mampu menahan beban rencana?
4. Apakah detailing tulangan elemen kolom beton bertulang yang terpasang di hotel 7 lantai di Pekalongan sesuai dengan persyaratan SNI 1726:2012 dan SNI 2847:2013 ?

METODE

Metode yang digunakan pada skripsi ini adalah metode analisis yaitu kajian secara analisis terhadap kekuatan detailing struktur kolom berdasarkan Sistem Rangka Pemikul Momen Khusus (SRPMK). 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. Hasil analisis akibat beban gravitasi dan beban gempa kemudian akan dievaluasi untuk mengetahui kekuatan penampang nominal pada kolom eksisting ketika menerima beban rencana. Setelah itu mengevaluasinya apakah penerapan di lapangan sesuai dengan peraturan yang berlaku yaitu (SNI 1726:2012) Tata Cara Perencanaan Ketahanan Gempa untuk Gedung dan (SNI 2847:2013) Persyaratan Beton Struktural untuk Bangunan Gedung.

Tabel 1. Deskripsi Gedung

| Deskripsi Gedung | Keterangan |
|------------------------------------|------------------------------------|
| Fungsi bangunan | Tempat Hunian / Hotel/ Apartemen |
| Lokasi Bangunan | Pekalongan |
| Jenis tanah | Lunak |
| Sistem Struktur | Sistem Rangka Pemikul Momen Khusus |
| Jumlah Lantai | 7 Lantai |
| Tinggi lantai Typical | 3,2 m |
| Tinggi lantai <i>basement</i> | 4,5 m |
| Elevasi tertinggi gedung | 23,60 |
| Mutu Beton (f'_c) | 25 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 | 0,6 |
| SD1 | 0,5 |
| T0 | 0,16 |
| Ts | 0,83 |
| Koefisien Modifikasi respon | R = 0,8 |

HASIL EVALUASI

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 | 23.6 | 536.44 | 12659.98 |
| Atap | 20.5 | 2610.98 | 53525.06 |
| 5 | 17.3 | 3590.77 | 62120.35 |
| 4 | 14.1 | 3590.77 | 50629.88 |
| 3 | 10.9 | 3590.77 | 39139.41 |
| 2 | 7.7 | 3630.52 | 27954.97 |
| 1 | 4.5 | 4524.51 | 20360.31 |
| Σ | | 22074.76 | 266389,96 |

Pembuatan grafik respon spektrum gempa rencana menggunakan peta gempa berdasarkan SNI 1726-2012. Pada peta tersebut didapatkan bahwa bangunan mempunyai nilai S_1 0,25 g dan S_s 0,60 g. Selanjutnya berdasarkan Tabel 4 dan 5 SNI 1726-2012 didapatkan nilai F_a 1,5 dan F_v 3.

$SDS = 2/3 \times F_a \times S_s$
[1]

$SD1 = 2/3 \times F_v \times S_1$
[2]

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

$T_0 = 0,2(SD1/ SDS)$

$T_s = (SD1/ SDS)$

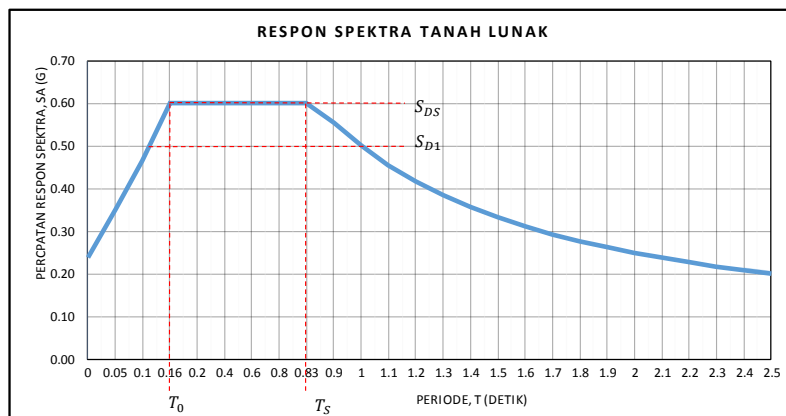
Sa untuk nilai $T = 0$, $S_a = 0,4 SDS$

Sa untuk saat di $T_0 \leq T \leq T_s$, $S_a = SDS$

Sa untuk nilai $T < T_0$, $S_a = SDS (0,4 + 0,6 (T/T_0))$

Sa untuk nilai $T > T_s$, $S_a = (SD1/ T)$

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

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

$C_t = 0,0466$ (Table 15 SNI 1726-2012)

$x = 0,9$ (Table 15 SNI 1726-2012)

$h_n = 23,6 \text{ m}$ (Tinggi gedung)

Berdasarkan persamaan 9, nilai $T_a \text{ minimum}$ adalah 0,802 detik.

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

$C_u = 1,4$ (Table 14 SNI 1726-2012)

Berdasarkan persamaan 10, nilai $T_a \text{ maksimum}$ adalah 1,123 detik.

-Periode getar arah x

Nilai periode getar alami bangunan dari program ETABS pada arah T_c adalah 0,886 detik. Karena $T_a < T_c < T_a.C_u$, maka T_a yang digunakan adalah $T_a = T_c$ yaitu 0,886 detik.

-Periode getar arah y

Untuk nilai $T_a \text{ minimum}$ dan $T_a \text{ maksimum}$ pada arah y sama dengan nilai pada arah x.

$T_a \text{ minimum} = 0,802 \text{ detik}$

$T_a \text{ maksimum} = 1,123 \text{ detik}$

Nilai periode getar alami bangunan dari program ETABS pada arah y adalah 0,847 detik. Karena $T_a < T_c < T_a.C_u$, maka T_a yang digunakan adalah $T_a = T_c$ yaitu 0,847 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

$C_s \text{ minimum} = 0,044 S_{DS} I_e \geq 0,01$ [11]

$S_{DS} = 0,60$

$I_e = 1,00$ (Tabel 2 SNI 1726-2012)

Berdasarkan persamaan 11, nilai $C_s \text{ minimum}$ adalah 0,264

$C_s \text{ maksimum} = \frac{R}{T}$ [12]

$S_{D1} = 0,5$

$R = 8$ (Tabel 9 SNI 1726-2012)

$T = 0,847 \text{ detik}$

Berdasarkan persamaan 12, nilai $C_s \text{ maksimum}$ adalah 0,0738

$C_s \text{ hitungan} = \frac{R}{T}$ [13]

Berdasarkan persamaan 13, nilai $C_s \text{ hitungan}$ adalah 0,075. Karena $C_s \text{ hitungan}$ bernilai lebih dari C_s pada batas maksimal, maka C_s yang dipakai adalah $C_s \text{ maksimum}$ yaitu 0,0738.

- C_s arah y

Gedung pada arah y sama-sama bersistem rangka pemikul momen, sehingga nilai R adalah 8 sama pada arah x.

Nilai $T = 0,886$. Jadi nilai $C_s \text{ minimum}$ berdasarkan persamaan 11 adalah 0,264, nilai $C_s \text{ maksimum}$ berdasarkan persamaan 12 adalah 0,0705, dan $C_s \text{ hitungan}$ berdasarkan persamaan 13 adalah 0,075. Karena $C_s \text{ hitungan}$ bernilai lebih dari C_s pada batas maksimal, maka C_s yang dipakai adalah $C_s \text{ maksimum}$ yaitu 0,0705.

Gaya Geser Dasar Seismik

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

$V = C_s \cdot W_t$ [14]

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

$V_{ux} = 1572,245 \text{ kN}$ dan $V_{uy} = 1645,839 \text{ kN}$

Gaya Lateral Ekuivalen

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

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 $K_x = 1,193$ dan $K_y = 1,173$.

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 & Lift | 23.6 | 536.44 | 12659.98 | 23302.64 | 1572.25 | 82.89 | 25.76 |
| Atap | 20.5 | 2610.98 | 53525.06 | 95879.48 | 1572.25 | 341.07 | 106.30 |
| 5 | 17.3 | 3590.77 | 62120.35 | 107690,34 | 1572.25 | 383.08 | 119.80 |
| 4 | 14.1 | 3590.77 | 50629.88 | 84373.52 | 1572.25 | 300.14 | 94.24 |
| 3 | 10.9 | 3590.77 | 39139.41 | 62063.69 | 1572.25 | 220.78 | 69.68 |
| 2 | 7.7 | 3630.52 | 27954.97 | 41452.59 | 1572.25 | 147.46 | 46.87 |
| 1 | 4.5 | 4524.51 | 20360.31 | 27217.89 | 1572.25 | 96.82 | 31.10 |
| 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 & Lift | 23.6 | 536.44 | 12659.98 | 21874.94 | 1645.84 | 24.87 | 85.87 |
| Atap | 20.5 | 2610.98 | 53525.06 | 90259.02 | 1645.84 | 102.32 | 354.32 |
| 5 | 17.3 | 3590.77 | 62120.35 | 101722.22 | 1645.84 | 114.93 | 399.32 |
| 4 | 14.1 | 3590.77 | 50629.88 | 80024.28 | 1645.84 | 90.04 | 314.15 |
| 3 | 10.9 | 3590.77 | 39139.41 | 59168.29 | 1645.84 | 66.23 | 232.27 |
| 2 | 7.7 | 3630.52 | 27954.97 | 39794.39 | 1645.84 | 44.24 | 156.22 |
| 1 | 4.5 | 4524.51 | 20360.31 | 26411.33 | 1645.84 | 29.05 | 103.68 |
| 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 | Statik Ekuivalen <i>Displacement</i> (mm) |
|----|--------|---------|--|
| | | | |

| | | (m) | Arah x | Arah y |
|---|--------------------|-------|--------|--------|
| 1 | Atap Tangga & Lift | 23.6 | 21.6 | 23.5 |
| 2 | Atap | 20.5 | 22 | 22.9 |
| 3 | 5 | 17.3 | 20.7 | 21.2 |
| 4 | 4 | 14.1 | 18.6 | 18.5 |
| 5 | 3 | 10.9 | 15.6 | 15.2 |
| 6 | 2 | 7.7 | 12 | 11.2 |
| 7 | 1 | 4.5 | 8.1 | 7.1 |

Tabel 7. Simpangan Antar Tingkat yang Dihasilkan oleh Beban Gempa Arah x

| Lantai Ke | H (mm) | δx_e (mm) | $\delta x = 5.5 \delta x_e$ (mm) | Δ (mm) | $\Delta a /$ (mm) | $\Delta \leq \Delta a /$ |
|----------------------|-----------|----------------------|-------------------------------------|------------------|----------------------|--------------------------|
| Atap tangga dan Lift | 23600 | 21.6 | 118.80 | 2.20 | 47.69 | ok |
| Atap | 20500 | 22 | 121.00 | 7.15 | 49.23 | ok |
| 5 | 17300 | 20.7 | 113.85 | 11.55 | 49.23 | ok |
| 4 | 14100 | 18.6 | 102.30 | 16.50 | 49.23 | ok |
| 3 | 10900 | 15.6 | 85.80 | 19.80 | 49.23 | ok |
| 2 | 7700 | 12 | 66.00 | 21.45 | 49.23 | ok |
| 1 | 4500 | 8.1 | 44.55 | 44.55 | 69.23 | ok |

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

| Lantai Ke | H (mm) | δx_e (mm) | $\delta x = 5.5 \delta x_e$ (mm) | Δ (mm) | $\Delta a /$ (mm) | $\Delta \leq \Delta a /$ |
|----------------------|-----------|----------------------|-------------------------------------|------------------|----------------------|--------------------------|
| Atap tangga dan Lift | 23600 | 23.5 | 129.25 | 3.30 | 47.69 | ok |
| Atap | 20500 | 22.9 | 125.95 | 9.35 | 49.23 | ok |
| 5 | 17300 | 21.2 | 116.60 | 14.85 | 49.23 | ok |
| 4 | 14100 | 18.5 | 101.75 | 18.15 | 49.23 | ok |
| 3 | 10900 | 15.2 | 83.60 | 22.00 | 49.23 | ok |
| 2 | 7700 | 11.2 | 61.60 | 22.55 | 49.23 | ok |
| 1 | 4500 | 7.1 | 39.05 | 39.05 | 69.23 | ok |

Evaluasi Kekuatan Penampang Terhadap Lentur dan Axial Pemilihan Struktur Kolom

Berdasarkan banyaknya tulangan yang terpasang, dimensi yang paling besar dan tinggi kolom juga mempertimbangkan gaya axial terbesar, maka kolom yang dievaluasi adalah kolom K1 (kode kolom C11) berada di lantai dasar (pada As B dan As 4) mempunyai dimensi 450 mm x 700 mm, dan tinggi L = 4500 mm.

Cek Apakah Kolom K1 (C11) Memenuhi Definisi Komponen Struktur Lentur dan Axial

- Gaya aksial terfaktor maksimum $P_u > 0,1 A_g F_c = 0,1 \times 450 \text{ mm} \times 700 \text{ mm} \times 30 \text{ MPa} = 945 \text{ kN} \dots$ (Terpenuhi)
- Sisi terpendek penampang kolom tidak kurang dari 300mm. $b > 300 \text{ mm}$ ($b = 450 \text{ mm} > 300 \text{ mm}$).....(Terpenuhi)
- Rasio dimensi penampang tidak kurang dari 0,4. b/h ($450/700 = 0,643$) Ratio $> 0,4$(Terpenuhi)

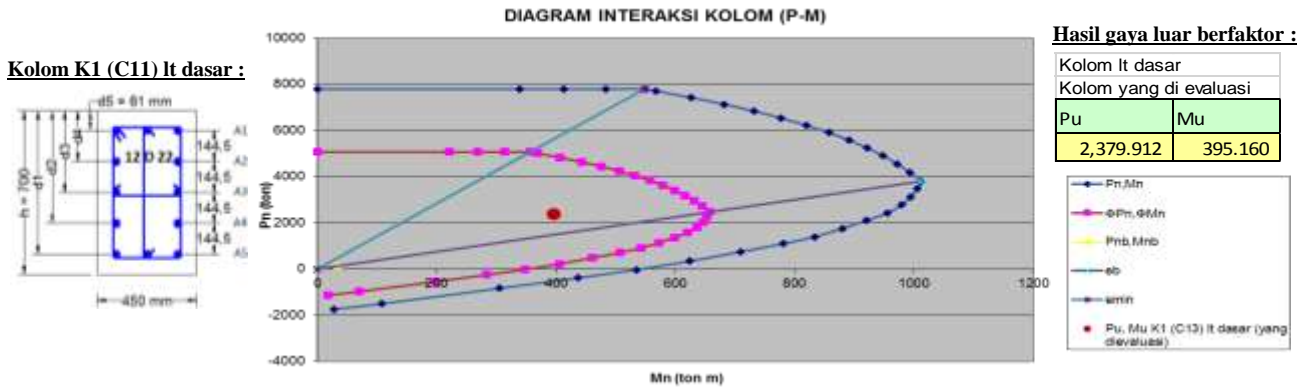
Cek Kekuatan Momen Nominal (M_n) Lentur dan Axial Nominal (P_n) Kolom

..... [16]

..... [17]

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

Berdasarkan persamaan 16 dan 17 diperoleh diagram interaksi (Mn-Pn) kolom dan (Mu-Pu) kolom yang di plot dalam diagram interaksi berikut :



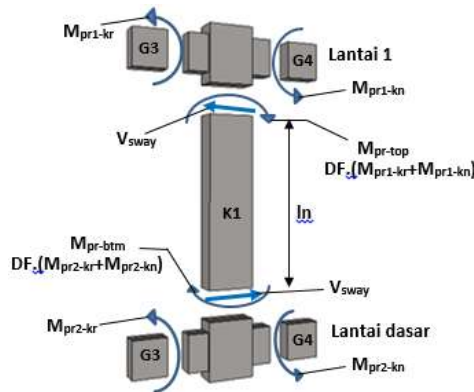
Gambar 2. Diagram Interaksi Pn-Mn

Titik kolom K1 (C11) lantai dasar masuk dalam diagram interaksi, maka $M_u < \dots$ dan $P_u < \dots$ (Terpenuhi)

Cek Kekuatan Geser Nominal (Vn) pada kolom

Hitung Probable Momen Capacities (Mpr)

Menentukan V_e pada kolom harus menghitung *probable moment capacities* (M_{pr}) kolom terlebih dahulu. Berikut ilustrasi gambar *Free-body* diagram kolom di bawah ini.



Gambar 3. *Free-body* Diagram Kolom (Goyangan Arah ke Kiri)

Menentukan *probable moment capacities* (M_{pr}) kolom dibutuhkan *moment capacities* (M_{pr}) ujung balok yang merangka ke kolom. Kapasitas momen ujung-ujung balok dapat di tentukan sebagai berikut :

Tabel 9. Konfigurasi penulangan dan kapasitas momen penampang balok yang merangka ke kolom K1

| No | Lokasi | Arah Gempa | Reinforcing | As (mm ²) | Mpr(kNm) | |
|----|----------------------|-----------------------|-------------|-----------------------|----------|---------------------------------|
| 1 | Balok di atas kolom | Kanan Kolom (Negatif) | Kiri | 7D19 | 1984,701 | 440,889 (counter-clock wise) |
| | | Kiri Kolom (Positif) | Kiri | 3D19 | 850,586 | 217,711 (counter-clock wise) |
| 2 | Balok di bawah kolom | Kanan Kolom (Negatif) | Kiri | 7D19 | 1984,701 | 440,889 (counter-clock wise) |
| | | Kiri Kolom (Positif) | Kiri | 3D19 | 850,586 | 217,711 (counter-clock wise) |

$V_u = 150,978 \text{ kN}$

$V_{sway} = \dots = 168,872 \text{ kN} \dots \dots \dots [20]$

Ve tidak perlu lebih besar dari V_{sways} , tapi Ve tidak boleh lebih kecil dari gaya geser terfaktor hasil analisis (V_u), maka dapat diambil $\rightarrow V_e = V_{sway} = 168,872 \text{ kN}$

V_c dapat diambil = 0, bilamana keduanya terjadi yaitu jika V_e akibat gempa lebih besar dari $\frac{1}{2} V_u$ dan gaya aksial terfaktor pada kolom tidak melampaui $0,05 A_g f_c$. Selain itu, V_c dapat diperhitungkan. Kenyataannya, pada kolom yang didesain, gaya aksial terfaktornya melampaui $0,05 A_g f_c$. Jadi, V_c boleh dihitung:

Pada bentang l_o , $V_c = \dots \cdot b_w \cdot d \dots \dots \dots [21]$

Bentang di luar l_o , $V_c = \dots \dots \dots [22]$

$\dots \dots \dots [23]$

$\dots \dots \dots [24]$

Kuat nominal Lentur $\dots \dots \dots [25]$

Berdasarkan persamaan 25 didapatkan nilai geser nominal yang dapat dilihat pada tabel 10.

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

| No | Lokasi | Arah Gempa | Reinforcing | V_e (kN) | ϕV_n (kN) |
|----|-----------------------------|------------|-------------|------------|-----------------|
| 1 | Bentang l_o (ujung kolom) | kiri | D10-100 | 168,872 | 648,554 |
| 2 | Luar l_o (tengah bentang) | kiri | D10-100 | 168,872 | 530,762 |

Berdasarkan tabel di atas, maka $\dots \dots \dots$ (Terpenuhi)

Cek Persyaratan Detailing Tulangan SRPMK Sesuai SNI-2847-2013

Persyaratan detailing tulangan memanjang untuk semua kondisi, luas tulangan memanjang memenuhi persyaratan yaitu $0,01 A_g < A_{st} < 0,06 A_g$. Tulangan transversal yang terpasang pada l_o D10-100 dipasang sejauh $1/4 L$ (978 mm), tulangan tersebut sudah memenuhi detailing $978 \text{ mm} > h$ (700 mm), $978 \text{ mm} > 1/6 l_n$ (650 mm), dan $978 \text{ mm} > (450 \text{ mm})$. Pada tulangan transversal untuk jarak spasi sengkang pada l_o memenuhi persyaratan detailing $100 \text{ mm} < b/4$ (112,5 mm), $100 \text{ mm} < 6d_b$ (132 mm), dan $100 \text{ mm} < S_x$ (106,3 mm) sedangkan di luar l_o juga memenuhi persyaratan detailing $100 \text{ mm} < 6d_b$ (132 mm), dan $100 \text{ mm} < (150 \text{ mm})$. Spasi pengikat silang atau kaki-kaki sengkang persegi pada l_o memenuhi persyaratan detailing, sedangkan di luar l_o lebih dari persyaratan detailing yaitu maksimal h_x adalah 350 mm. Panjang sambungan lewatan (*class B*) untuk tulangan memanjang memenuhi persyaratan detailing yaitu panjang sambungan lewatan $1274 \text{ mm} > 0,8, 1, 3, l_d = 1139 \text{ mm}$ dan sambungan lewatan dipasang di tengah bentang.

SIMPULAN

Kesimpulan dari hasil penelitian evaluasi kekuatan dan detailing tulangan kolom beton bertulang sesuai SNI 2847:2013 dan SNI 1726:2012 (Studi Kasus : Hotel 7 Lantai di Pekalongan) adalah sebagai berikut :

1. Hasil penelitian menunjukkan bahwa seluruh simpangan antar tingkat untuk gedung hotel 7 lantai di pekalongan $(\Delta) < \Delta_a$.
2. Hasil perhitungan kekuatan lentur dan aksial kolom memenuhi persyaratan yaitu gaya luar berfaktor ($P_u - M_u$) masuk dalam diagram interaksi $P_n - M_n$, sehingga $P_u < \dots$ dan $M_u < \dots$.
3. Hasil perhitungan geser nominal (V_n) pada kolom untuk semua kondisi memenuhi persyaratan $V_e < \phi V_n$.
4. Tulangan yang terpasang dilapangan, sebagian besar memenuhi persyaratan detailing SNI 2847: 2013.

UCAPAN TERIMA KASIH

Terima kasih kepada semua pihak yang telah membantu dalam penyusunan laporan ini, semoga dapat bermanfaat bagi siapapun yang membutuhkan.

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.
- Badan Standarisasi Nasional (2014). “*Baja Tulangan Beton (SNI 2052-2014)*”, BSN, Jakarta, Indonesia.
- Direktorat Penyelidikan Masalah bangunan (1983). “*Peraturan Pembebanan Indonesia Untuk Gedung (PPIUG 1983)*”, Bandung Indonesia.
- Habibullah, A. (1998). “*ETABS-Nonlinear, Three Dimensional Analysis and Design of Building Systems*”, Computer and Structures, Inc., Berkeley, California, USA.
- 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.
- Purwono, Rachmat (2010). “*Perencanaan Struktur Beton Bertulang Sesuai SNI 1726 dan SNI-2847 Terbaru*”, ITS, Surabaya, Indonesia.