

## STUDI PERBANDINGAN DESAIN KOLOM MENGGUNAKAN METODE SNI 03-2847-2013 DAN ACI 318-14

Muhammad Iqbal Wibowo<sup>1</sup>, Sarwidi<sup>2</sup>, dan Astriana Hardawati<sup>3</sup>

<sup>1</sup>Mahasiswa Program Studi Teknik Sipil, Fakultas Teknik Sipil dan Perencanaan, Universitas Islam Indonesia

Email: [14511349@students.uii.ac.id](mailto:14511349@students.uii.ac.id)

<sup>2</sup>Dosen Program Studi Teknik Sipil, Fakultas Teknik Sipil dan Perencanaan, Universitas Islam Indonesia

Email: [sarwidi@uui.ac.id](mailto:sarwidi@uui.ac.id)

<sup>3</sup>Dosen Program Studi Teknik Sipil, Fakultas Teknik Sipil dan Perencanaan, Universitas Islam Indonesia

Email: [harda.astriana@uui.ac.id](mailto:harda.astriana@uui.ac.id)

**Abstract :** *The structural concrete regulations currently used by Indonesia are SNI 03-2847-2013 which refers to ACI 318-11. However, in 2014, ACI released the latest regulations on structural concrete (ACI 318-14) which replaced the previous regulations, so that SNI 03-2847-2013 became not up to date. Therefore the authors conducted a comparative study of the two standards. In this study, a case was taken on the JIH Solo Hospital Project. The building plan and dimensions are simplified and remodeling using SAP2000. The building consists of 10 floors and uses SRPMK reinforced concrete structures. The loading plan uses PPPURG 1987 regulations and SNI 1726-2012. Re-modeling is done to see SAP verification which refers to SNI 1726-2012. The study was conducted by taking the compressive strength strength of  $f'_c$  concrete at 30 MPa and 71 MPa, where the quality of 30 MPa is the value of  $f'_c$  of the existing building, and 71 MPa is taken from the formula requirements of  $ACI > 70$  MPa related to column restraints. Based on the analysis results, the quality of 30 MPa and 71 MPa between SNI and ACI produced the same design. That is because the ACI 14 formula is required to fulfill 2 conditions, namely 1)  $P_u > 0,3A_g f'_c$  and 2)  $f'_c > 70$  MPa. In the SAP design results of the existing building, the largest  $P_u$  column (600x800) amounted to 7262,5 kN where the results did not exceed the first requirement ( $7262,5 \text{ kN} < 10224 \text{ kN}$ ). To see the significance of the difference, a column dimension was re-designed, so that the largest  $P_u$  re-design column (400x600) was obtained at 7004,939 kN ( $7004,939 > 5112 \text{ kN}$ ). From the  $P_u$ , the design of the restraint needs was done using SNI and ACI. So that the number of restraints in SNI 4,5P13-100, and ACI 5P13-100 obtained.*

**Keyword :** *Column design, Comparison, SNI-2013, ACI-14*

### 1. Pendahuluan

Indonesia merupakan salah satu negara yang memiliki banyak peraturan mengenai perencanaan struktur bangunan yang diterbitkan oleh Badan Standardisasi Nasional (BSN). Salah satunya yaitu standar yang digunakan dalam perencanaan dan pelaksanaan struktur beton untuk bangunan gedung, atau struktur bangunan lain pada SNI 03-2847-2013 (Persyaratan Beton Struktural Untuk Bangunan Gedung) yang mengacu pada ACI 318-11 (*Building Code Requirements for Structural Concrete*). Pada

tahun 2014, Amerika merilis peraturan terbaru mengenai beton struktural yaitu ACI 318M-14 yang menggantikan peraturan sebelumnya. Dengan adanya ACI 318-14, maka SNI 03-2847-2013 menjadi tidak *up to date*.

Kolom merupakan salah satu elemen struktur yang memegang peranan penting dari suatu bangunan, sehingga keruntuhan pada suatu kolom merupakan lokasi kritis yang dapat menyebabkan runtuhnya lantai yang bersangkutan dan mengakibatkan runtuh total seluruh struktur. Oleh karena

itu, penelitian mengenai kolom penting untuk dilakukan.

Berdasarkan paparan di atas, perlu dilakukan studi perbandingan mengenai ke dua standar tersebut. Studi yang dilakukan dengan cara mendesain elemen kolom pada sebuah proyek pembangunan yaitu proyek pembangunan Rumah Sakit JIH yang berada di Jalan Adi Sucipto No.118, Jajar, Laweyan, Surakarta.

## 2. Landasan Teori

### 2.1 PPPURG 1987

Pada umumnya, penentuan besarnya beban hanya merupakan suatu estimasi. Pada penelitian ini, diambil nilai beban mati dan beban hidup berdasarkan PPPURG 1987.

Menurut PPPURG 1987, beban hidup adalah semua beban yang terjadi akibat penghunian atau penggunaan suatu gedung, dan ke dalamnya termasuk beban-beban pada lantai yang berasal dari barang-barang yang dapat berpindah, mesin-mesin serta peralatan yang tidak merupakan bagian yang tak terpisahkan dari gedung dan dapat diganti selama masa hidup dari gedung itu, sehingga mengakibatkan perubahan dalam pembebanan lantai dan atap tersebut. Dapat dilihat pada Tabel 1.

**Tabel 1 Beban Hidup**

| Penggunaan  | Beban                 |
|---|-----------------------|
| a. Lantai dan tangga rumah tinggal sederhana dan gudang-gudang tidak penting yang bukan untuk toko, pabrik atau bengkel | 125 kg/m <sup>2</sup> |
| b. Lantai sekolah, ruang kuliah, kantor, toko, toserba, restoran, hotel, asrama, dan rumah sakit                        | 250 kg/m <sup>2</sup> |
| c. Tangga, bordes tangga dan gang dari yang disebut dalam b   | 300 kg/m <sup>2</sup> |
| d. Atap/bagiannya yang dapat dicapai orang, termasuk kanopi   | 100 kg/m <sup>2</sup> |

Beban mati adalah berat dari semua bagian dari suatu gedung yang bersifat tetap,

termasuk segala unsur tambahan, mesin-mesin serta peralatan tetap yang merupakan bagian yang tak terpisahkan dari gedung itu. Beban mati yang dipakai yaitu;

1. Beton bertulang
2. Pasir keadaan jenuh air
3. Spesi
4. Penutup lantai dari ubin, dan
5. Plafon/ langir-langit

### 2.2 SNI 1726-2012

Dalam perencanaan beban gempa statik ekuivalen dapat diperoleh dari:

$$V = C_s \cdot W \quad (1)$$

dengan  $V$  = gaya geser dasar seismik,  $C_s$  = koefisien respon seismik,  $W$  = berat seismik bangunan.

Sedangkan dalam perencanaan beban gempa respon spektrum didesain dengan:

$$T_0 = 0,2 \cdot \frac{S_{D1}}{S_{DS}} \quad (2)$$

$$T_s = \frac{S_{D1}}{S_{DS}} \quad (3)$$

1. Untuk  $T < T_0$  digunakan persamaan berikut

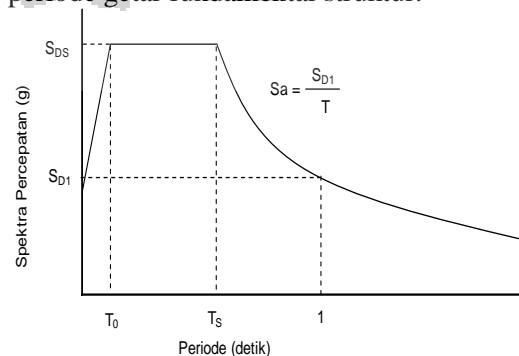
$$S_a = S_{DS} \left( 0,4 + 0,6 \frac{T}{T_0} \right) \quad (4)$$

2. Untuk periode yang lebih besar dari  $T_0$  tetapi lebih kecil dari  $T_s$  maka  $S_a = S_{DS}$

3. Untuk periode lebih besar dari  $T_s$  digunakan berikut

$$S_a = \frac{S_{DS}}{T} \quad (5)$$

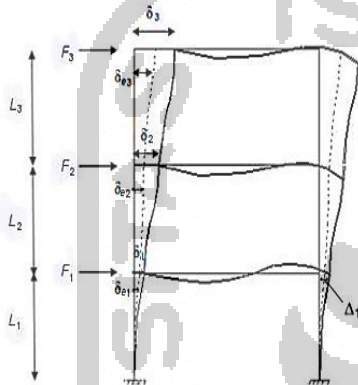
dengan keterangan  $S_{DS}$  = parameter respon spektral percepatan desain pada periode pendek,  $S_{D1}$  = parameter respon spektral percepatan desain pada periode 1 detik,  $T$  = periode getar fundamental struktur.



**Gambar 1 Kurva Respon Spektrum**

Gaya geser dasar yang diakibatkan oleh respon spektrum harus lebih besar 85% yang diakibatkan oleh statik ekuivalen. Selain itu jumlah ragam bangunan sebesar paling sedikit 90% dari massa aktual masing-masing arah horizontal orthogonal dari respon yang ditinjau oleh model.

Struktur harus di klarifikasi besar simpangan antar lantai terhadap simpangan izinnnya. Dapat dilihat pada Gambar 2.



**Gambar 2 Simpangan Antar Lantai**

Penentuan simpangan antar lantai didapat dari:

1. Tingkat 1

$$\delta_1 = \frac{C_d \delta_{e1}}{I_e} \quad (6)$$

$$\Delta_1 = \delta_1 \leq \Delta_a \quad (7)$$

2. Tingkat 2, dan seterusnya

$$\delta_2 = \frac{C_d \delta_{e2}}{I_e} \quad (8)$$

$$\Delta_2 = \frac{(\delta_{e2} - \delta_{e1}) C_d}{I_e} \leq \Delta_a \quad (9)$$

Besarnya simpangan izin adalah:

$$\Delta_{izin} = 0,010 h_{sx} \quad (10)$$

dengan keterangan  $h_{sx}$  = tinggi antar lantai,  $\delta_n$  = perpindahan yang diperbesar lantai ke-n,  $C_d$  = faktor pembesaran defleksi, dan  $I_e$  = faktor keutamaan gempa.

### 2.3 SNI 2847-2013

Persyaratan beton struktural menggunakan SNI 2847-2013 yang mengacu pada ACI 318-11. Adapun rumus yang digunakan untuk mencari rasio luas tulangan pengekok diambil terbesar diantara dua persamaan berikut:

$$Ash_1 = 0,3 \left( \frac{s \cdot bc \cdot f'c}{f_y h} \right) \left( \frac{A_g}{A_{ch}} - 1 \right) \quad (11)$$

$$Ash_2 = 0,09 \left( \frac{s \cdot bc \cdot f'c}{f_y h} \right) \quad (12)$$

dengan keterangan  $s$  = spasi antar tulangan,  $A_{sh}$  = kebutuhan area/ luas tulangan pengekok,  $b_c$  = lebar kolom dihitung dari luar ke luar tulangan pengekok,  $A_g$  = luas bruto beton,  $A_{ch}$  = luas beton terkekok.

### 2.4 ACI 318-14

Pada edisi terbaru ACI 318-14, ACI memasukkan pengaruh gaya aksial, pengaruh beton mutu tinggi, dan kait seismik ke dalam rumus penentuan rasio tulangan pengekok seperti yang ditunjukkan sebagai berikut:

1. Untuk kondisi  $P_u \leq 0,3 A_g \cdot f'c$  dan  $f'c \leq 70$  MPa; diambil nilai terbesar antara persamaan (11) dan (12).
2. Untuk kondisi  $P_u > 0,3 A_g \cdot f'c$  dan  $f'c > 70$  MPa; diambil nilai terbesar antara persamaan (11), (12), dan (13).

$$Ash_3 = 0,2 s \cdot b_c K_f \cdot K_n \frac{P_u}{f_{yt} \cdot A_{ch}} \quad (13)$$

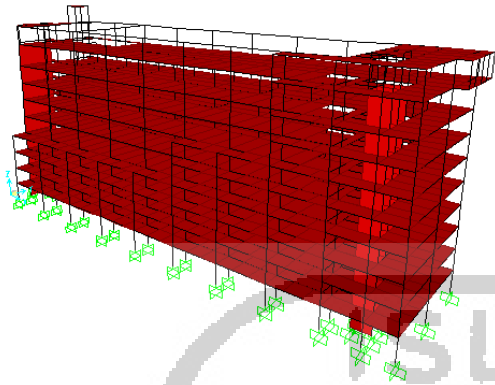
dengan keterangan  $P_u$  = gaya aksial terfaktor,  $K_f$  = faktor kuat tekan beton  $\left( \frac{f'c}{175} + 0,6 \geq 1,0 \right)$ ,  $K_n$  = faktor keefektifan pengekok  $\left( \frac{n_1}{n_1 - 2} \right)$ ,  $n_1$  = jumlah tulangan longitudinal yang terkekok lateral (kait 135°/sudut).

### 3. Tahapan Penelitian

#### 3.1 Pengumpulan Data

Penelitian ini berupa perbandingan dua standar yaitu SNI 2847-2013 dan ACI 318-14 yang ditinjau dari desain kolomnya. Perhitungan yang dilakukan berupa gaya gempa, verifikasi SAP2000, desain balok, kontrol momen kolom, desain kolom mutu 30 MPa dan 71 MPa, serta desain mutu tinggi. Dengan data yang diperoleh dari konsultan sebagai berikut.

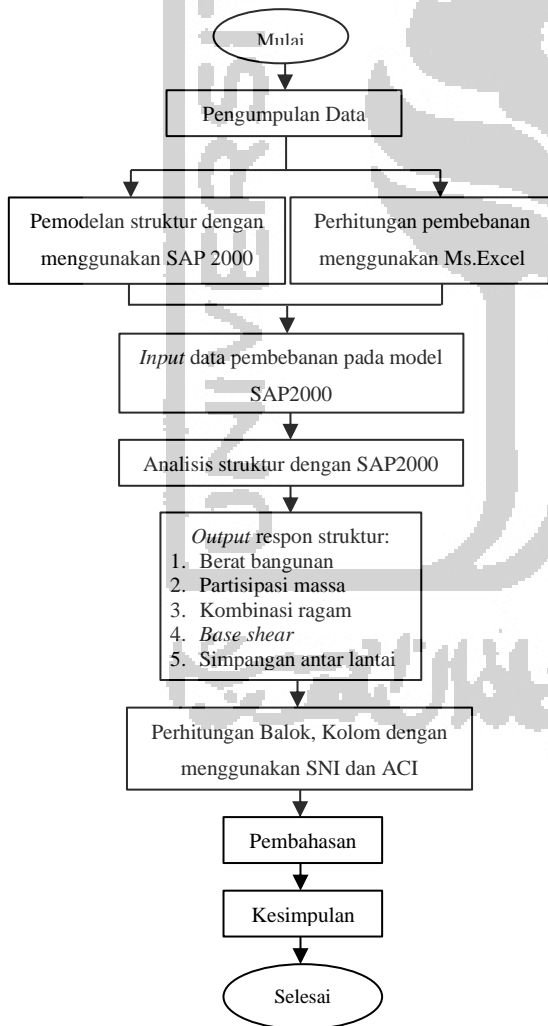
1. Fungsi bangunan = Rumah sakit
2. Jenis tanah = Tanah Lunak
3. Jumlah tingkat = 10 Lantai
4. Jenis struktur utama = Beton bertulang
5. Mutu beton = 30 MPa
6. Tulangan utama  $f_y$  = 400 MPa
7. Tulangan sengkang  $f_y$  = 240 MPa



**Gambar 3** Pemodelan struktur SAP2000

### 3.2 Bagan Alir Penelitian

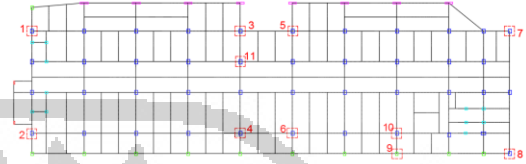
Bagan alir yang digunakan dalam penelitian ini dapat dilihat pada Gambar 4.



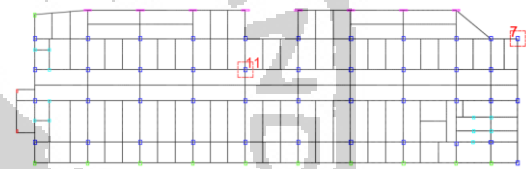
**Gambar 4** Bagan Alir Penelitian

### 3.3 Ilustrasi Titik-Titik Yang Ditinjau

Ilustrasi yang digunakan dalam perhitungan analisis simpang (Gambar 5), desain balok, kontrol momen kolom, dan desain kolom dapat dilihat pada Gambar 6.



**Gambar 5** Ilustrasi Titik Tinjauan Simpangan

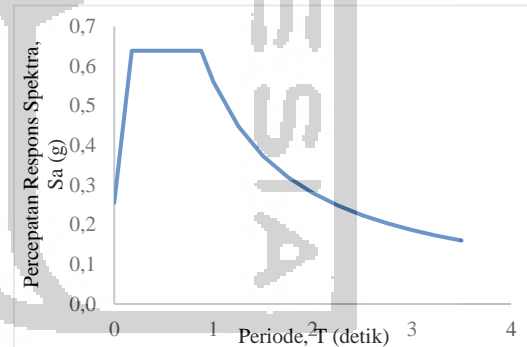


**Gambar 6** Ilustrasi Titik Tinjauan Kolom

## 4. Hasil Dan Pembahasan

### 4.1 Respon Spektrum

Gambar 7 menunjukkan grafik respon spektrum dengan nilai  $S_1$ ,  $S_s$ ,  $T_0$ ,  $T_s$  berturut-turut adalah 0,3g ; 0,8g; 0,1754 detik; 0,8772 detik.



**Gambar 7** Respon Spektrum

Bangunan gedung yang diteliti memiliki nilai  $S_{DSR} = 0,6384g$  dan nilai  $S_{DIR} = 0,56g$ . Hasil dari penentuan kategori desain seismik dapat dilihat pada Tabel 2.

**Tabel 2** Kategori Desain Seismik

|                         |        |
|-------------------------|--------|
| Kategori Resiko         | IV     |
| Faktor Keutamaan        | 1,5    |
| $S_1$                   | 0,3    |
| $S_{DSR}$               | 0,6384 |
| $S_{DIR}$               | 0,56   |
| Kategori Desain Seismik | D      |

## 4.2 Partisipasi Massa

Disyaratkan analisis menggunakan respon spektrum harus memenuhi minimal 90% partisipasi massa. Hasil analisis partisipasi massa dapat dilihat pada Gambar 8.

| OutputCase Text | StepType Text | StepNum Unitless | SumUX Unitless | SumUY Unitless |
|-----------------|---------------|------------------|----------------|----------------|
| MODAL           | Mode          | 1                | 0.66137        | 0.00028        |
| MODAL           | Mode          | 2                | 0.66185        | 0.57132        |
| MODAL           | Mode          | 3                | 0.66185        | 0.66313        |
| MODAL           | Mode          | 4                | 0.84623        | 0.66329        |
| MODAL           | Mode          | 5                | 0.84628        | 0.83543        |
| MODAL           | Mode          | 6                | 0.91255        | 0.8355         |
| MODAL           | Mode          | 7                | 0.9129         | 0.89565        |
| MODAL           | Mode          | 8                | 0.94622        | 0.89629        |
| MODAL           | Mode          | 9                | 0.94647        | 0.9803         |
| MODAL           | Mode          | 10               | 0.99343        | 0.98045        |

Gambar 8 Partisipasi Massa

Hasil analisis tentang partisipasi massa bangunan telah memenuhi persyaratan. Pada mode ke-6 untuk arah X dan mode ke-9 untuk arah Y, nilai *SumUX* dan *SumUY* sudah mencapai 90% partisipasi massa.

## 4.3 Base Shear

Disyaratkan analisis menggunakan respon spektrum, gaya gesernya harus lebih besar atau sama dengan 85% dari gaya geser dengan menggunakan analisis statik ekuivalen.

$C_s$  pakai = 0,05937

$$V_s = C_s \cdot W_{\text{seismik efektif bangunan}}$$

$$= 12356,28023 \text{ kN}$$

Gaya geser dasar minimal struktur dengan analisis respon spektrum,

$$V_{\min} = 0,85 \cdot V_s$$

$$= 10502,83819 \text{ kN}$$

Besarnya gaya geser dinamik ( $V_d$ ) dapat dilihat pada Gambar 9.

| OutputCase Text | CaseType Text | GlobalFX KN | GlobalFY KN |
|-----------------|---------------|-------------|-------------|
| RSX             | LinRespSpec   | 10586.736   | 454.767     |
| RSY             | LinRespSpec   | 446.53      | 12436.077   |

Gambar 9 Gaya Geser Dinamik

Dari hasil diatas dapat dilihat bahwa  $V_D$  arah x dan  $V_D$  arah y sudah melebihi dari 0,85 $V_s$  sehingga telah memenuhi persyaratan dan tidak perlu dilakukan skala ulang.

## 4.4 Analisis Simpangan

Analisis simpangan hanya meninjau beberapa yang dianggap mewakili. Simpangan yang ditinjau yaitu simpangan

arah X dan simpangan arah Y. Data rekapitulasi yang ditampilkan hanya pada Kolom Kode 7 dan Kolom Kode 11 (Gambar 5). Hasil analisis simpangan dapat dilihat sebagai berikut.

Tabel 3 Kolom Kode 7

| Arah X |              |       |       |              |          |            |          |
|--------|--------------|-------|-------|--------------|----------|------------|----------|
| Lantai | $\delta$ (m) | $C_d$ | $I_e$ | $\Delta$ (m) | $H_{sx}$ | $\Delta a$ | Cek      |
| 1      | 0,00327      | 5,5   | 1,5   | 0,01200      | 4        | 0,04       | Memenuhi |
| 2      | 0,00942      | 5,5   | 1,5   | 0,02256      | 4        | 0,04       | Memenuhi |
| 3      | 0,01713      | 5,5   | 1,5   | 0,02824      | 4        | 0,04       | Memenuhi |
| 4      | 0,02629      | 5,5   | 1,5   | 0,03361      | 4        | 0,04       | Memenuhi |
| 5      | 0,03606      | 5,5   | 1,5   | 0,03580      | 4        | 0,04       | Memenuhi |
| 6      | 0,04586      | 5,5   | 1,5   | 0,03596      | 4        | 0,04       | Memenuhi |
| 7      | 0,05539      | 5,5   | 1,5   | 0,03495      | 4        | 0,04       | Memenuhi |
| 8      | 0,06446      | 5,5   | 1,5   | 0,03325      | 4        | 0,04       | Memenuhi |
| 9      | 0,07520      | 5,5   | 1,5   | 0,03937      | 5        | 0,05       | Memenuhi |
| 10     | 0,08016      | 5,5   | 1,5   | 0,01819      | 4        | 0,04       | Memenuhi |
| Arah Y |              |       |       |              |          |            |          |
| Lantai | $\delta$ (m) | $C_d$ | $I_e$ | $\Delta$ (m) | $H_{sy}$ | $\Delta a$ | Cek      |
| 1      | 0,00382      | 5,5   | 1,5   | 0,01401      | 4        | 0,04       | Memenuhi |
| 2      | 0,01018      | 5,5   | 1,5   | 0,02332      | 4        | 0,04       | Memenuhi |
| 3      | 0,01785      | 5,5   | 1,5   | 0,02813      | 4        | 0,04       | Memenuhi |
| 4      | 0,02655      | 5,5   | 1,5   | 0,03190      | 4        | 0,04       | Memenuhi |
| 5      | 0,03575      | 5,5   | 1,5   | 0,03371      | 4        | 0,04       | Memenuhi |
| 6      | 0,04505      | 5,5   | 1,5   | 0,03410      | 4        | 0,04       | Memenuhi |
| 7      | 0,05422      | 5,5   | 1,5   | 0,03362      | 4        | 0,04       | Memenuhi |
| 8      | 0,06306      | 5,5   | 1,5   | 0,03242      | 4        | 0,04       | Memenuhi |
| 9      | 0,07352      | 5,5   | 1,5   | 0,03835      | 5        | 0,05       | Memenuhi |
| 10     | 0,07938      | 5,5   | 1,5   | 0,02151      | 4        | 0,04       | Memenuhi |

Tabel 4 Kolom Kode 11

| Arah X |              |       |       |               |          |               |          |
|--------|--------------|-------|-------|---------------|----------|---------------|----------|
| Lantai | $\delta$ (m) | $C_d$ | $I_e$ | $\Delta$ (mm) | $H_{sx}$ | $\Delta$ ijin | Cek      |
| 1      | 0,00326      | 5,5   | 1,5   | 0,01195       | 4        | 0,04          | Memenuhi |
| 2      | 0,00939      | 5,5   | 1,5   | 0,02248       | 4        | 0,04          | Memenuhi |
| 3      | 0,01708      | 5,5   | 1,5   | 0,02820       | 4        | 0,04          | Memenuhi |
| 4      | 0,02622      | 5,5   | 1,5   | 0,03351       | 4        | 0,04          | Memenuhi |
| 5      | 0,03596      | 5,5   | 1,5   | 0,03571       | 4        | 0,04          | Memenuhi |
| 6      | 0,04574      | 5,5   | 1,5   | 0,03586       | 4        | 0,04          | Memenuhi |
| 7      | 0,05525      | 5,5   | 1,5   | 0,03487       | 4        | 0,04          | Memenuhi |
| 8      | 0,06429      | 5,5   | 1,5   | 0,03318       | 4        | 0,04          | Memenuhi |
| 9      | 0,07501      | 5,5   | 1,5   | 0,03928       | 5        | 0,05          | Memenuhi |
| Arah Y |              |       |       |               |          |               |          |
| Lantai | $\delta$ (m) | $C_d$ | $I_e$ | $\Delta$ (mm) | $H_{sy}$ | $\Delta$ ijin | Cek      |
| 1      | 0,00213      | 5,5   | 1,5   | 0,00781       | 4        | 0,04          | Memenuhi |
| 2      | 0,00567      | 5,5   | 1,5   | 0,01298       | 4        | 0,04          | Memenuhi |
| 3      | 0,00998      | 5,5   | 1,5   | 0,01580       | 4        | 0,04          | Memenuhi |
| 4      | 0,01491      | 5,5   | 1,5   | 0,01806       | 4        | 0,04          | Memenuhi |
| 5      | 0,02021      | 5,5   | 1,5   | 0,01944       | 4        | 0,04          | Memenuhi |
| 6      | 0,02563      | 5,5   | 1,5   | 0,01990       | 4        | 0,04          | Memenuhi |
| 7      | 0,03103      | 5,5   | 1,5   | 0,01977       | 4        | 0,04          | Memenuhi |
| 8      | 0,03626      | 5,5   | 1,5   | 0,01918       | 4        | 0,04          | Memenuhi |
| 9      | 0,04246      | 5,5   | 1,5   | 0,02276       | 5        | 0,05          | Memenuhi |

Dari hasil diatas, dapat dilihat bahwa semua kolom tinjauan sudah memenuhi persyaratan ( $\Delta_i < \Delta$  ijin).

#### 4.5 Perhitungan Kuat Tekan 30 MPa dan 71 MPa

Perencanaan dilakukan dua kali dengan menghitung kuat tekan pada 30 MPa dan 71 MPa. Nilai kuat tekan 30 MPa diambil dari, sedangkan nilai 71 MPa diambil dari persyaratan rumus ACI 318-14  $>70$  MPa.

Rekapitulasi dari perencanaan balok, kelangsingan kolom, tulangan pokok kolom, kontrol momen kolom, dan tulangan transversal kolom dapat dilihat pada tabel-tabel berikut ini.

**Tabel 5 Rekapitulasi Tulangan Pokok Kolom 30 MPa**

| Kolom        | Tinjauan | $P_n$ Baru (kN) | $M_n$ Baru (kNm) | Tul Pokok | Rasio Tulangan |         |
|--------------|----------|-----------------|------------------|-----------|----------------|---------|
| K7 Lantai 1  | Arah X   | 10463,03        | 986,4898         | 5         | 18D25          | 1,8408% |
|              | Arah Y   | 9860,85         | 932,1636         | 6         |                |         |
| K7 Lantai 4  | Arah X   | 8098,98         | 979,7964         | 4         | 16D25          | 1,9635% |
|              | Arah Y   | 7073,11         | 865,6174         | 6         |                |         |
| K11 Lantai 1 | Arah X   | 12513,85        | 535,6234         | 6         | 20D25          | 2,0453% |
|              | Arah Y   | 12290,38        | 514,2548         | 6         |                |         |
| K11 Lantai 4 | Arah X   | 9590,78         | 678,9274         | 4         | 16D25          | 1,9635% |
|              | Arah Y   | 8936,87         | 638,0421         | 6         |                |         |

**Tabel 6 Rekapitulasi Tulangan Geser Kolom 30 MPa**

| Kolom        | Tinjauan | $P_u$ (kN) | $V_u$ (kN) | Tulangan Geser |               |                   |               |
|--------------|----------|------------|------------|----------------|---------------|-------------------|---------------|
|              |          |            |            | Sendi Plastis  | Panjang $l_o$ | Non Sendi Plastis | Panjang $l_l$ |
| K7 Lantai 1  | Arah X   | 4892,79    | 1145,464   | 2P13-100       | 740           | 2P13-150          | 2220          |
|              | Arah Y   |            | 2236,037   | 1,5P13-100     | 600           | 2P13-150          | 2400          |
| K7 Lantai 4  | Arah X   | 3509,557   | 242,650    | 2P13-100       | 740           | 2P13-150          | 1920          |
|              | Arah Y   |            | 601,505    | 1,5P13-100     | 540           | 2P13-150          | 2120          |
| K11 Lantai 1 | Arah X   | 7262,50    | 1264,726   | 2P13-100       | 740           | 2P13-150          | 2170          |
|              | Arah Y   |            | 992,061    | 1,5P13-100     | 620           | 2P13-150          | 2460          |
| K11 Lantai 4 | Arah X   | 4722,74    | 329,803    | 2P13-100       | 740           | 2P13-200          | 1820          |
|              | Arah Y   |            | 242,650    | 1,5P13-100     | 570           | 2P13-200          | 2260          |

**Tabel 7 Rekapitulasi Tulangan Pokok Kolom 71 MPa**

| Kolom        | Tinjauan | $P_n$ Baru (kN) | $M_n$ Baru (kNm) | Tul Pokok | Rasio Tulangan |         |
|--------------|----------|-----------------|------------------|-----------|----------------|---------|
| K7 Lantai 1  | Arah X   | 20323,88        | 1914,0309        | 5         | 18D25          | 1,8408% |
|              | Arah Y   | 18366,77        | 1732,6332        | 6         |                |         |
| K7 Lantai 4  | Arah X   | 15332,06        | 1836,0693        | 4         | 16D25          | 1,9635% |
|              | Arah Y   | 12580,41        | 1517,0443        | 6         |                |         |
| K11 Lantai 1 | Arah X   | 25474,62        | 1060,3563        | 5         | 18D25          | 1,8408% |
|              | Arah Y   | 24469,04        | 1021,5599        | 6         |                |         |
| K11 Lantai 4 | Arah X   | 19036,25        | 1338,4753        | 4         | 16D25          | 1,9635% |
|              | Arah Y   | 16783,87        | 1184,6395        | 6         |                |         |

**Tabel 8 Rekapitulasi Tulangan Geser Kolom 71 MPa**

| Kolom        | Tinjauan | $P_u$ (kN) | $V_u$ (kN) | Tulangan Geser |               |                   |               |
|--------------|----------|------------|------------|----------------|---------------|-------------------|---------------|
|              |          |            |            | Sendi Plastis  | Panjang $l_o$ | Non Sendi Plastis | Panjang $l_l$ |
| K7 Lantai 1  | Arah X   | 4892,79    | 2224,495   | 4,5P13-100     | 740           | 2P13-150          | 2220          |
|              | Arah Y   |            | 3301,261   | 3,5P13-100     | 600           | 2P13-150          | 2400          |
| K7 Lantai 4  | Arah X   | 3509,557   | 471,392    | 4,5P13-100     | 740           | 2P13-150          | 1920          |
|              | Arah Y   |            | 850,872    | 3,5P13-100     | 540           | 2P13-150          | 2120          |
| K11 Lantai 1 | Arah X   | 7262,50    | 1968,661   | 4,5P13-100     | 740           | 2P13-150          | 2170          |
|              | Arah Y   |            | 1677,645   | 3,5P13-100     | 620           | 2P13-150          | 2460          |
| K11 Lantai 4 | Arah X   | 4722,74    | 490,755    | 4,5P13-100     | 740           | 2P13-150          | 1820          |
|              | Arah Y   |            | 395,823    | 3,5P13-100     | 570           | 2P13-150          | 2260          |

Dari tabel tulangan pokok kuat tekan 30 dan 71 MPa, ada satu perbedaan yaitu pada K11 lantai 1, jumlah  $n$  pakai lebih sedikit dibandingkan dengan  $f'c$  30 MPa, hal tersebut menandakan bahwa semakin tinggi kuat tekannya maka jumlah tulangan akan semakin sedikit, dan nilai  $Mn-Pn$  yang dihasilkan akan semakin besar.

Dari tabel rekapitulasi tulangan geser, dapat dilihat bahwa penggunaan mutu beton  $f'c$  yang semakin tinggi akan menghasilkan rasio luas tulangan pengekang yang semakin besar, hal ini menyebabkan  $n$  jumlah kaki akan semakin banyak, serta nilai  $Vu$  yang semakin besar juga menyebabkan jarak tulangan sengkang yang semakin rapat.

#### 4.6 Desain Kolom Mutu Tinggi

Untuk melihat signifikansi perbedaan antara SNI dan ACI, digunakan mutu kuat tekan 71 MPa dan dicoba nilai  $Pu$  bervariasi antara  $0,1Ag.f'c - 0,6Ag.f'c$ , dapat dilihat pada Tabel 9.

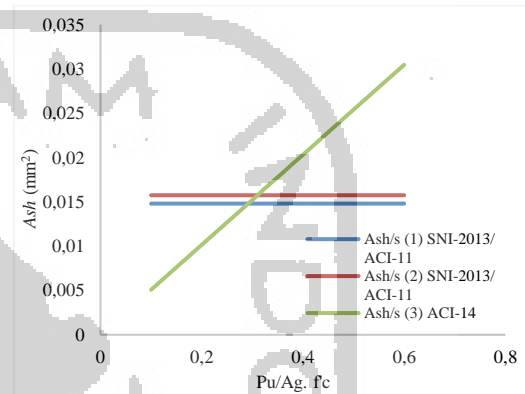
**Tabel 9 Luas Pengekang SNI dan ACI**

| Koefisien | $Pu$ (kN) | $Ash_1$ (mm <sup>2</sup> ) | $Ash_2$ (mm <sup>2</sup> ) | $Ash_3$ (mm <sup>2</sup> ) |
|-----------|-----------|----------------------------|----------------------------|----------------------------|
| 0,1       | 3408      | 1061,8596                  | 1129,4325                  | 364,0662                   |
| 0,2       | 6816      | 1061,8596                  | 1129,4325                  | 728,1323                   |
| 0,3       | 10224     | 1061,8596                  | 1129,4325                  | 1092,1985                  |
| 0,31      | 10564,8   | 1061,8596                  | 1129,4325                  | 1128,6051                  |
| 0,32      | 10905,6   | 1061,8596                  | 1129,4325                  | 1165,0117                  |
| 0,34      | 11587,2   | 1061,8596                  | 1129,4325                  | 1237,8249                  |
| 0,36      | 12268,8   | 1061,8596                  | 1129,4325                  | 1310,6382                  |
| 0,38      | 12950,4   | 1061,8596                  | 1129,4325                  | 1383,4514                  |
| 0,4       | 13632     | 1061,8596                  | 1129,4325                  | 1456,2646                  |
| 0,5       | 17040     | 1061,8596                  | 1129,4325                  | 1820,3308                  |
| 0,6       | 20448     | 1061,8596                  | 1129,4325                  | 2184,3969                  |

Dari tabel diatas menunjukkan bahwa rasio kekangan ( $Ash/s$ ) (1) dan (2) SNI 2847-2013, dengan tingkatan gaya aksial yang berbeda tidak menunjukkan perbedaan. Sedangkan pada ( $Ash/s$ ) (3) ACI 318-14, gaya aksial yang semakin tinggi akan menyebabkan rasio kekangan yang semakin besar. Dapat dilihat bahwa pada variasi  $Pu$   $0,32Ag.f'c$  rasio kekangan ACI sudah lebih besar dibanding SNI. Hal tersebut

membuktikan bahwa rumus yang digunakan ACI,  $Pu > 0,3Ag.f'c$  adalah benar.

Dari tabel tersebut dapat dibikin sebuah grafik (Gambar 11) yang menunjukkan signifikansi perbedaan rasio kekangan pada SNI 2847-2013 dan ACI 318-14 sebagai berikut.



**Gambar 11 Grafik Rasio Ash/s SNI dan ACI**

Dari gambar diatas, dapat dilihat bahwa ACI 318-14 dengan rumus barunya akan memberikan signifikansi perbedaan dari SNI 2847-2013 terkait rasio kekangan kolom jika  $Pu > 0,3Ag.f'c$  dan kuat tekan beton  $>70$  MPa.

#### 4.6 Re-desain Dimensi Kolom

Perbedaan desain antar kedua standar tersebut dapat dilihat jika dilakukan desain ulang dengan merubah dimensi kolom agar mencapai  $Pu$  yang diinginkan ( $Pu > 0,3Ag.f'c$ ), dapat dilihat pada Tabel 10.

**Tabel 10 Dimensi Kolom Re-desain**

| Kodefikasi | Desain Awal |             | Desain Baru |             |
|------------|-------------|-------------|-------------|-------------|
|            | Lebar (mm)  | Tinggi (mm) | Lebar (mm)  | Tinggi (mm) |
| K1a        | 600         | 800         | 400         | 600         |
| K1b        | 500         | 800         | 400         | 500         |
| K2         | 500         | 700         | 400         | 600         |
| K3         | 1500        | 300         | 1500        | 300         |
| K4         | 250         | 600         | 250         | 400         |
| K5         | 500         | 500         | 400         | 400         |
| K6         | 400         | 150         | 300         | 150         |

Dengan adanya perubahan pada dimensi kolom, maka besarnya gaya aksial dan *drift ratio* yang terjadi juga mengalami perubahan. Diambil tabel perhitungan pada kolom Kode 11, sebagai berikut.

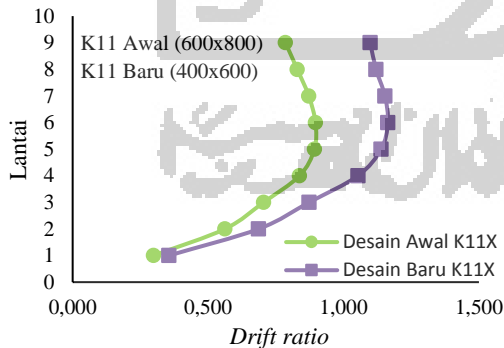
**Tabel 11 Pu Baru Hasil Re-desain Kolom**

| Lantai | Kolom Kode 7       | Kolom Kode 11      |
|--------|--------------------|--------------------|
|        | Gaya Aksial P (kN) | Gaya Aksial P (kN) |
| 1      | 4102,795           | 7004,939           |
| 2      | 3754,868           | 6173,575           |
| 3      | 3369,757           | 5345,96            |
| 4      | 2973,755           | 4572,717           |
| 5      | 2570,113           | 3812,941           |
| 6      | 2158,519           | 3051,113           |
| 7      | 1746,89            | 2291,375           |
| 8      | 1337,92            | 1531,748           |
| 9      | 948,806            | 771,332            |
| 10     | 421,761            | -                  |

**Tabel 12 Drift ratio Perbedaan Desain Lama dan Desain Baru Kolom Kode 11**

| Lantai | Desain Awal K11 Arah X |         |         | Desain Baru K11 Arah X |         |         |
|--------|------------------------|---------|---------|------------------------|---------|---------|
|        | Defleksi X             | Δ (m)   | Δn/Δa   | Defleksi X             | Δ (m)   | Δn/Δa   |
| 1      | 0.00326                | 0.01195 | 0.29865 | 0.00388                | 0.01421 | 0.35530 |
| 2      | 0.00939                | 0.02248 | 0.56201 | 0.01137                | 0.02746 | 0.68658 |
| 3      | 0.01708                | 0.02820 | 0.70492 | 0.02089                | 0.03493 | 0.87313 |
| 4      | 0.02622                | 0.03351 | 0.83774 | 0.03239                | 0.04214 | 1.05362 |
| 5      | 0.03596                | 0.03571 | 0.89265 | 0.04481                | 0.04556 | 1.13896 |
| 6      | 0.04574                | 0.03586 | 0.89650 | 0.05751                | 0.04655 | 1.16371 |
| 7      | 0.05525                | 0.03487 | 0.87175 | 0.07008                | 0.04612 | 1.15298 |
| 8      | 0.06429                | 0.03318 | 0.82940 | 0.08230                | 0.04481 | 1.12026 |
| 9      | 0.07501                | 0.03928 | 0.78569 | 0.09729                | 0.05493 | 1.09861 |

Dari Tabel 12, dapat dilihat pada desain kolom baru nilai *drift ratio* lebih besar dibandingkan desain awal, hal tersebut dikarenakan dimensi kolom yang kecil dengan beban yang tetap, menyebabkan kekakuan kolom semakin kecil sehingga terjadi *drift ratio* yang besar. Dapat dilihat pada Gambar 12.



**Gambar 12 Drift ratio Desain Awal K11x dan Desain Baru K11x**

Dengan nilai *Pu* yang sudah memenuhi syarat pada Kolom Kode 11 Lantai 1 dan,

dilakukan desain penulangan transversal pada kedua standar.

1. SNI 2847-2013

$$Ash_1 = 0,3 \left( \frac{s. bc. f'c}{f_{yh}} \right) \left( \frac{A_g}{A_{ch}} - 1 \right)$$

$$= 0,3 \left( \frac{100. 507. 71}{400} \right) \left( \frac{240000}{166400} - 1 \right)$$

$$= 1194,13 \text{ mm}^2$$

$$Ash_2 = 0,09 \left( \frac{s. bc. f'c}{f_{yh}} \right)$$

$$= 0,09 \left( \frac{100. 507. 71}{400} \right)$$

$$= 809,933 \text{ mm}^2$$

Sehingga pada SNI 2847-2013 diambil yang terbesar yaitu  $Ash_1$ .

Jumlah kaki sengkang yang digunakan pada SNI sebanyak:

$$n \text{ kaki} = \frac{Ash \text{ pakai}}{A_{sh}}$$

$$= \frac{A_{1D}}{Ash_1}$$

$$= \frac{1}{4} \pi D^2$$

$$= \frac{1194,13}{\frac{1}{4} \pi \cdot 13^2}$$

$$= 8,996 \approx 9 \text{ kaki}$$

Dengan demikian jumlah tulangan pengeang pada SNI sebanyak 4,5P13-100.

2. ACI 318-14

$$Ash_1 = 0,3 \left( \frac{s. bc. f'c}{f_{yh}} \right) \left( \frac{A_g}{A_{ch}} - 1 \right)$$

$$= 0,3 \left( \frac{100. 507. 71}{400} \right) \left( \frac{240000}{166400} - 1 \right)$$

$$= 1194,13 \text{ mm}^2$$

$$Ash_2 = 0,09 \left( \frac{s. bc. f'c}{f_{yh}} \right)$$

$$= 0,09 \left( \frac{100. 507. 71}{400} \right)$$

$$= 809,933 \text{ mm}^2$$

$$Ash_3 = 0,2 s. bc. K_f \cdot K_n \frac{P_u}{f_{yt} \cdot A_{ch}}$$

$$= 0,2 \cdot 100. 507. 1,0057 \cdot 1,2 \cdot \frac{7004,94 \cdot 10^3}{400. 166400}$$

$$= 1287,91 \text{ mm}^2$$

Sehingga pada ACI 318-14 diambil yang terbesar yaitu  $Ash_3$ .

Jumlah kaki sengkang yang digunakan pada ACI sebanyak:

$$n \text{ kaki} = \frac{Ash \text{ pakai}}{A_{sh}}$$

$$= \frac{A_{1D}}{Ash_3}$$

$$= \frac{1}{4} \pi D^2$$

$$= \frac{1287,91}{\frac{1}{4} \pi \cdot 13^2}$$

$$= 9,703 \approx 10 \text{ kaki}$$



Dengan demikian jumlah tulangan pengekang daerah sendi plastis pada ACI sebanyak 5P13-100.

#### 4.6 Pembahasan

Dengan adanya re-desain dimensi kolom, nilai  $P_u$  sudah mencapai dengan yang diinginkan ( $P_u > 0,3A_g f'_c$ ). Namun dengan mengecilkan dimensi kolom, nilai simpangan dan *drift ratio* akan semakin besar.

Penggunaan rumus ACI dan SNI yang diimplementasikan pada penulangan transversal terdapat sedikit perbedaan, yaitu: SNI 2847-2013 : 4,5P13-100

ACI 318-14 : 5P13-100

Kenaikan kebutuhan tulangan pengekang yang signifikan tersebut harus menjadi perhatian *engineer* dalam mendesain kolom terutama dalam hal *detailing*. Tulangan yang terlalu padat dapat menyebabkan terjadinya keropos beton (*honeycomb*) pada saat pengecoran. Hal tersebut menunjukkan bahwa aturan baru yang ditetapkan ACI belum dapat digunakan di Indonesia.

### 5. Kesimpulan Dan Saran

#### 5.1 Kesimpulan

Berdasarkan analisis dan pembahasan yang telah dilakukan, diperoleh kesimpulan sebagai berikut.

1. Pada Kasus Rumah Sakit JIH Solo, dengan mutu perencanaan beton 30 MPa dan 71 MPa, desain kolom menggunakan SNI 1847-2013 dan ACI 318-14 adalah sama, atau tidak terdapat perbedaan.
2. Desain kolom ACI akan memberikan perbedaan yang signifikan dibanding desain kolom SNI apabila menggunakan beton mutu tinggi ( $>70$  MPa) dan gaya aksial  $P_u > 0,3A_g f'_c$ .
  - a. Pada dimensi kolom *existing*, kolom kode K11 (600x800) dan kolom kode K7 (500x700) memiliki nilai  $P_u$  yang tidak lebih dari  $0,3A_g f'_c$ , sehingga tidak terjadi perbedaan desain antara SNI dan ACI.
  - b. Pada dimensi re-desain, kolom kode K11 (400x600) memiliki nilai  $P_u > 0,3A_g f'_c$  sedangkan kolom kode K7

(400x600) memiliki nilai  $P_u < 0,3A_g f'_c$ . Sehingga pada kolom kode K11 terdapat perbedaan jumlah kebutuhan tulangan pengekang antara SNI dan ACI, yaitu:

1) SNI 2847-2013 : 4,5P13-100

2) ACI 318-14 : 5P13-100

#### 5.2 Saran

Berdasarkan penelitian yang dilakukan, dapat diberikan beberapa saran sebagai berikut.

1. Pembebanan untuk beban mati dan hidup agar menggunakan SNI 1727-2013, sehingga mendapatkan hasil yang lebih detail dari setiap fungsi ruangan yang ada.
2. Analisis ketidakberaturan bangunan dan pengaruh p-delta perlu dilakukan.
3. Perencanaan balok agar dapat dilakukan menyeluruh sehingga mendapatkan momen terbesar setiap kodefikasi baloknya dari keseluruhan denah.
4. Perencanaan desain kolom sebaiknya membandingkan lebih dari 2 peraturan.

#### Daftar Pustaka

- ACI 318-14. 2014. *Building Code Requirements for Structural Concrete*. American Concrete Institute.
- PPPURG-1987. 1987. *Pedoman Perencanaan Pembebanan Untuk Rumah dan Gedung*. Departemen Pekerjaan Umum.
- SNI-1726-2012. 2012. *Tata Cara Perencanaan Ketahanan Gempa untuk Struktur Bangunan Gedung dan Non Gedung*. Jakarta : Badan Standardisasi Nasional.
- SNI 2847-2013. 2013. *Persyaratan Beton Struktural Untuk Bangunan Gedung*. Jakarta : Badan Standardisasi Nasional