

PENGARUH PEMILIHAN PENEBALAN PELAT ATAU PENAMBAHAN BALOK ANAK TERHADAP BIAYA PADA STRUKTUR BETON BERTULANG

Ni LM. Maesa Werdantari¹⁾, I Wayan Intara²⁾, I Nyoman Ardika³⁾

¹⁾Jurusan Teknik Sipil, Politeknik Negeri Bali, Jalan Kampus Bukit, Jimbaran, Kuta Selatan, Badung, Bali.

^{2),3)}Dosen Jurusan Teknik Sipil, Politeknik Negeri Bali, Jalan Kampus Bukit, Jimbaran, Kuta Selatan, Badung, Bali.

E-mail: maesawerdantari17@gmail.com

Abstract

In the implementation of structural work, structural component problems are often encountered. Some of these problems occur in the slab and beam components. This study aims to design floor slabs and beams for general spans in the field. The structural model analyzed is a 2-story school building located in the Jimbaran area, Nusa Dua. The floor slab is designed as a 2-way slab. The loading is adjusted to SNI 1727-2013 and the design of reinforced concrete structures is adjusted to SNI 2847-2012. From the planning results, the thickness of the slab without beams in general spans is 8x8 meters, which is 31 cm, 6x6 meters is 22 cm, 4x4 meters is 15 cm and 3x3 meters is 12 cm. While the thickness of the 12 cm plate is determined to produce the dimensions and number of beams in the general span, namely 8x8 meters, which is 25/50 cm, totaling 2 in the vertical direction, 6x6 meters, namely 20/35 cm in the vertical and horizontal directions, 4x4 meters in the 20/30 cm, one in the horizontal direction.

Keywords: Slab, Beam, Analysis, Structure, Budget.

Abstrak

Dalam pelaksanaan pekerjaan struktur sering dijumpai permasalahan komponen struktur. Beberapa permasalahan tersebut terjadi pada komponen pelat dan balok. Penelitian ini bertujuan untuk mendesain pelat lantai dan balok anak pada bentang umum di lapangan. Model struktur yang dianalisis adalah gedung sekolah 2 lantai yang berlokasi di daerah Jimbaran, Nusa Dua. Pelat lantai direncanakan sebagai pelat 2 arah. Pembebanan disesuaikan dengan SNI 1727-2013 dan perencanaan struktur beton bertulangan disesuaikan dengan SNI 2847-2012. Dari hasil perencanaan tersebut diperoleh tebal pelat

tanpa balok anak pada bentang umum yaitu 8x8 meter yaitu sebesar 31 cm, 6x6 meter yaitu 22 cm, 4x4 meter yaitu 15 cm dan 3x3 meter yaitu 12 cm. Sedangkan pada tebal pelat 12 cm yang ditetapkan menghasilkan dimensi dan jumlah balok anak pada bentang umum yaitu 8x8 meter yaitu sebesar 25/50 cm berjumlah 2 searah vertikal, 6x6 meter yaitu 20/35 cm arah vertikal dan horizontal, 4x4 meter yaitu 20/30 cm berjumlah satu searah horizontal.

Kata Kunci: *Pelat, Balok, Analisis, Struktur, Biaya.*

PENDAHULUAN

Dunia konstruksi di Indonesia mengalami perkembangan pesat terhadap pembangunan konstruksi gedung. Pesatnya pembangunan konstruksi membuat meningkatnya permintaan kekuatan struktur pada suatu gedung. Dalam pelaksanaan pekerjaan struktur sering dijumpai permasalahan komponen struktur. Beberapa permasalahan tersebut terjadi pada komponen pelat dan balok.

Ketebalan pelat beton dipengaruhi oleh bentangan maksimum dari struktur tersebut, jika tebal pelat tidak sesuai dengan bentangan maksimum maka tentu akan terjadi getaran pada pelat tersebut. Ketebalan minimum pelat beton bertulang non-prategang di dalam Persyaratan Beton Struktural untuk Bangunan Gedung (SNI 2847:2013) diatur dalam Pasal 9.5.3. Pada kondisi di lapangan, umumnya ketebalan pelat ditetapkan yaitu 12 cm dengan luas tidak lebih dari 12 m²^[1].

METODE PENELITIAN

Penelitian ini dilakukan dengan rancangan deskriptif eksperimental dengan metode analisis permodelan struktur pada pelat dan balok anak ditinjau dari lendutan pelat untuk mendapatkan tebal pelat dan jumlah balok anak pada suatu bentang umum yaitu bentang $L_y=L_x$, 3 meter x 3 meter, 4 meter x 4 meter, 6 meter x 6 meter, dan 8 meter x 8 meter terhadap biaya yang dibutuhkan untuk menyelesaikan penebalan pelat atau penambahan balok anak pada struktur beton bertulang. Penelitian ini menggunakan gedung sekolah yang berlokasi di Jalan Raya Kampus Udayana, Jalan Taman Ambengan No 9, Jimbaran. Penelitian ini tersusun atas variabel bebas, populasi dan sampel. Variabel bebas dari penelitian ini yaitu tebal pelat, balok anak serta perhitungan rencana anggaran biaya. Populasi yang dipergunakan dalam penelitian adalah seluruh komponen struktur pada gedung sekolah yang dijadikan sampel analisa. Sampel yang digunakan seluruh atau sebagian dari komponen struktur dari gedung sekolah tersebut.

Penelitian ini akan menggunakan proses analisa dengan program struktur SAP 2000.v.14 sesuai dengan data gedung. Data pembebanan mengacu pada SNI 1727-2013^[2] dan PPIUG 1983^[3]. Analisa tentunya mengacu pada syarat lendutan pelat untuk kontrol masing-masing dimensi yang memenuhi syarat, serta dilakukan nya perhitungan penulangan keseluruhan komponen struktur. Rencana anggaran biaya akan diperhitungkan setelah dihasilkan gambar struktur dari analisa struktur yang sudah diperhitungkan dan biaya akan disesuaikan dengan alternatif dari pemilihan penebalan pelat atau penambahan balok anak.

HASIL DAN PEMBAHASAN

1. Hasil Perhitungan Tebal Pelat Lantai

Diambil salah satu contoh perhitungan dari masing-masing alternatif.

Direncanakan :

$$f'c = K-250 \text{ Kg/cm}^2 = 20,75 \text{ MPa}$$

$$f_y \emptyset = 240 \text{ MPa}$$

$$f_y D = 400 \text{ MPa}$$

Modulus Elastisitas Beton (E_c)

$$E = 4700 \times \sqrt{f'c}$$

$$= 21.410 \text{ MPa}$$

Modulus Elastisitas Baja (E_s)

$$E = 200.000 \text{ MPa}$$

Ditentukan tebal pelat sebesar 150

Menentukan tebal pelat lantai dengan bentang $L_y=L_x = 4000 \times 4000 \text{ mm}$

$$\frac{L_y}{L_x} = \frac{4000}{4000} = 1$$

Maka ditetapkan sebagai pelat 2 arah, $1 < 2,5$

1. Analisa Kontrol Lendutan Maksimum Pelat :

Keseluruhan permodelan dilakukan dengan metode perhitungan seperti dibawah ini untuk analisa kontrol lendutan maksimum pelat.

Syarat batas lendutan maksimum yang diijinkan

$$\frac{L_x}{240} = 16,6667$$

Momen inersia bruto pada penampang pelat

$$I = \frac{1}{12} \times b \times h^3 = 281250000 \text{ mm}^3$$

Modulus keruntuhan lentur beton

$$f_r = 0,7 \times \sqrt{f_c} = 3,18865175 \text{ MPa}$$

Nilai perbandingan modulus elastisitas

$$n = \frac{E_s}{12} = 9,81$$

Jarak garis netral terhadap sisi atas beton

$$c = n \times A_s \times b = 6,50967005 \text{ mm}$$

Momen inersia penampang retak beton

$$I_{cr} = \left(\frac{1}{3} \times b \times c^3\right) + (n \times A_s \times (d - c)^2) = 281250000 \text{ mm}^3$$

yt (setengah tebal pelat)

$$\begin{aligned} y_t &= h \times \frac{1}{2} \\ &= 75 \text{ mm} \end{aligned}$$

Momen retak beton

$$\begin{aligned} M_{cr} &= f_r \times I_g / y_t \\ &= 11957444 \text{ Nmm} \end{aligned}$$

Momen maksimum tanpa beban terfaktor

$$\begin{aligned} M_a &= \left(\frac{1}{8} \times Q \times L^2\right) \\ &= 14100000 \text{ Nmm} \end{aligned}$$

Perhitungan inersia efektif untuk lendutan pelat

$$\begin{aligned} I_e &= \left(\frac{M_{cr}}{M_a}\right)^3 \times I_g + \left[1 - \left(\frac{M_{cr}}{M_a}\right)^3\right] \times I_{cr} \\ &= 203419007 \text{ mm}^4 \end{aligned}$$

Perhitungan lendutan elastis jangka pendek akibat beban mati dan beban hidup

$$\begin{aligned} \delta &= \frac{5}{383} \times Q \times L^4 / (E_c \times I_e) \\ &= 5,39596874 \text{ mm} \end{aligned}$$

Maka syarat yang berlaku yaitu

$$\delta = \frac{Lx}{240}$$

$$= 16,6667$$

Maka $5,39596874 < 16,6667$, syarat lendutan memenuhi.

Dengan demikian dipakai tebal pelat lantai 150 mm.

2. Analisa Pembebanan Pelat

Berdasarkan hasil perhitungan kontrol lendutan pelat dilanjutkan dengan tahap membuat permodelan SAP 2000.v.14 dengan dilakukannya input pembebanan yang berupa beban mati dan beban hidup sesuai dengan SNI 1727-2013 dan PPIUG 1983.

Beban Mati (*Dead Load*)

Berat sendiri plat lantai (kN/m³) = Berat Jenis Beton x Tebal Pelat

$$24 \times 0,15$$

$$3,6 \text{ kN/m}^2$$

Berat finishing lantai (kN/m²) = Berat Jenis Beton x Tebal finishing lantai

$$22 \times 0,05$$

$$1,1 \text{ kN/m}^2$$

Berat Plapon & Rangka (kN/m²) = 0,18 kN/m²

Berat Instalasi MEP (kN/m²) = 0,25 kN/m²

Total Beban (QD) = 5,13 kN/m²

Beban Hidup (*Live Load*)

Beban Ruang Kelas berdasarkan SNI 1727-2013 = 1,92 kN/m²

Perhitungan beban rencana terfaktor

$$Q_u = 1.2 \times Q_D + 1.6 \times Q_L$$

$$Q_u = 1.2 \times 11.13 + 1.6 \times 1.92 = 9,228 \text{ kN/m}^2$$

Tabel 1 Beban Hidup (Live Load)

| No. | Penggunaan | Beban Merata (kN/m ²) | Beban Terpusat (kN) |
|-----|--|--------------------------------------|------------------------|
| 1. | Ruang makan dan restoran | 4,79 | - |
| 2. | Atap - Atap datar, berbumbung, dan lengkung | 0,96 | - |
| 3. | Gudang penyimpanan dan pekerja - Berat | 11,97 | - |
| 4. | Tangga dan jalan keluar | 4,79 | 1,33 |
| 5. | Garasi / Parkir - Mobil Penumpang | 1,92 | - |

Sumber : SNI 1727-2013

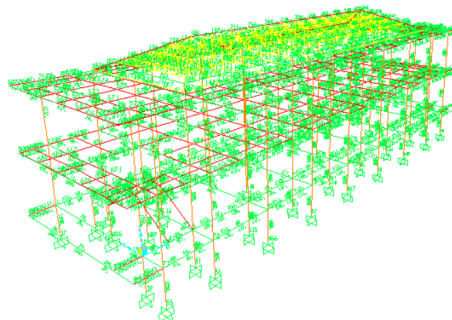
3. Kombinasi Pembebanan

Kombinasi pembebanan yang digunakan dalam analisa ini hanya menggunakan kombinasi terhadap beban terfaktor pada kombinasi kedua yaitu kombinasi terhadap beban hidup dan beban mati saja

$$\text{Kombinasi} = 1,2 \times \text{DL} + 1,6 \text{ LL}$$

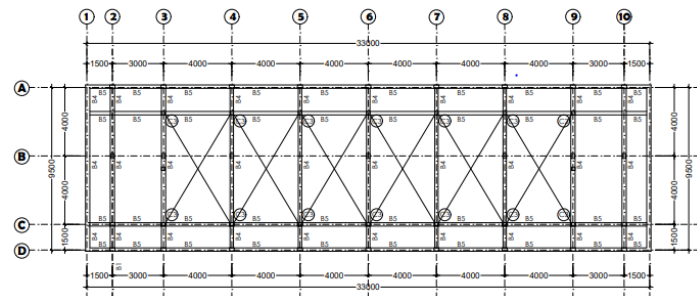
4. Analisa Hasil SAP 2000 Tahap 1

Hasil analisa dengan alternatif penebalan pelat diperoleh seperti berikut sesuai dengan input data-data yang sudah diperhitungkan sebelumnya.



Gambar 1 Output SAP 2000

Permodelan terselesaikan maka dilanjutkan tahap untuk penggambaran gambar denah struktur dan detail struktur, berikut salah satu gambar struktur dari hasil SAP 2000.v.14

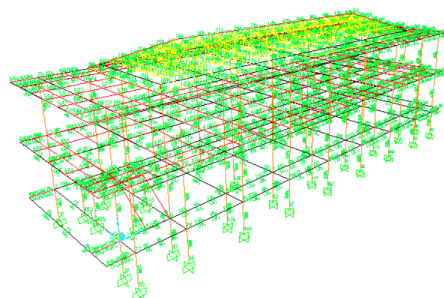


Gambar 2 Denah Balok

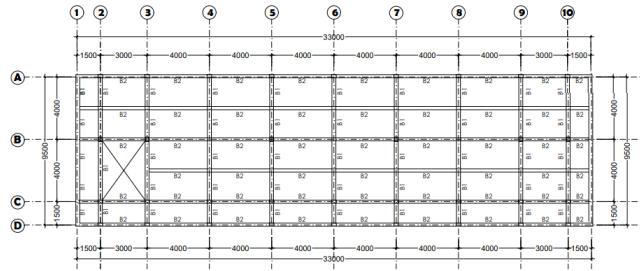
Berdasarkan analisis perhitungan struktur dengan menggunakan SAP 2000 dan perhitungan manual mengenai perhitungan pelat yaitu untuk perhitungan syarat lendutan yaitu didapatkan tebal pada masing-masing bentang umum yang sudah diperhitungkan bahwa tebal tersebut sudah memenuhi syarat lendutan. Pada bentang 4 meter x 4 meter didapatkan tebal yang memenuhi syarat lendutan pelat yaitu sebesar 15 cm.

5. Analisa Hasil SAP 2000 Tahap 2

Hasil analisa dengan alternatif penambahan balok anak diperoleh seperti berikut sesuai dengan input data-data yang sudah diperhitungkan sebelumnya.



Gambar 3 Output SAP 2000



Berdasarkan analisis perhitungan struktur dengan menggunakan SAP 2000 dan perhitungan manual mengenai perhitungan pelat yaitu untuk perhitungan syarat lendutan yaitu didapatkan tebal pada masing-masing bentang umum yang sudah diperhitungkan bahwa tebal tersebut sudah memenuhi syarat lendutan. Pada bentang 4 meter x 4 meter didapatkan tebal yang memenuhi syarat lendutan pelat yaitu sebesar 12 cm dengan balok anak 200/300 mm berjumlah 1 kearah horizontal.

6. Analisa Rencana Anggaran Biaya

Berikut analisa harga satuan dari masing-masing pekerjaan struktur.

Tabel 2 Analisa Harga Pekerjaan Beton

| NO. | URAIAN PEKERJAAN SAT. | KOEFISIEN | HARGA SATUAN | JUMLAH HARGA |
|-----|---|-----------|---------------------|-----------------|
| 1. | Pekerjaan Beton mutu $f'c = 21,7$ Mpa (K.250), slump (12 ± 2) | | | |
| A | TENAGA | | | |
| | Pekerja | OH | 1,65 Rp | 95.000,00 Rp |
| | Tukang Batu | OH | 0,275 Rp | 110.000,00 Rp |
| | Kepala Tukang | OH | 0,0275 Rp | 110.000,00 Rp |
| | Mandor | OH | 0,083 Rp | 120.000,00 Rp |
| | | | JUMLAH TENAGA KERJA | Rp 199.985,00 |
| B | BAHAN | | | |
| | Semen Portland | Kg | 384 Rp | 1.380,00 Rp |
| | Pasir Beton | Kg | 692 Rp | 164,11 Rp |
| | Kerikil (Maks 30 mm) | Kg | 1039 Rp | 207,30 Rp |
| | Air | Liter | 215 Rp | 42,00 Rp |
| | | | JUMLAH HARGA BAHAN | Rp 867.892,99 |
| C | PERALATAN | | | |
| | | | JUMLAH HARGA ALAT | Rp - |
| D | Jumlah (A+B+C) | | | Rp 1.067.877,99 |
| E | Overhead & Profit | | 0,1 | Rp 106.787,80 |
| F | Harga Satuan Pekerjaan (D+E) | | | Rp 1.174.665,79 |

Tabel 3 Analisa Harga Pekerjaan Pembesian

| NO. | URAIAN PEKERJAAN | SAT. | KOEFISIEN | HARGA SATUAN | JUMLAH HARGA |
|-----|--|------|---------------------|---------------|---------------|
| 2. | Pekerjaan Pembesian 10 kg dengan besi polos atau besi ulir | | | | |
| A | TENAGA | | | | |
| | Pekerja | OH | 0,07 Rp | 95.000,00 Rp | 6.650,00 |
| | Tukang Besi | OH | 0,07 Rp | 110.000,00 Rp | 7.700,00 |
| | Kepala Tukang | OH | 0,007 Rp | 110.000,00 Rp | 770,00 |
| | Mandor | OH | 0,004 Rp | 120.000,00 Rp | 480,00 |
| | | | JUMLAH TENAGA KERJA | Rp | 15.600,00 |
| B | BAHAN | | | | |
| | Besi Beton (polos/ ulir) | Kg | 10,5 Rp | 11.000,00 Rp | 115.500,00 |
| | Kawat Beton | Kg | 0,15 Rp | 19.443,00 Rp | 2.916,45 |
| | | | JUMLAH HARGA BAHAN | Rp | 118.416,45 |
| C | PERALATAN | | | | |
| | | | JUMLAH HARGA ALAT | Rp | - |
| D | Jumlah (A+B+C) | | | | Rp 134.016,45 |
| E | Overhead & Profit | | | 0,1 | Rp 13.401,65 |
| F | Harga Satuan Pekerjaan (D+E) | | | | Rp 147.418,10 |

Tabel 4 Analisa Harga Pekerjaan Bekisting

| NO. | URAIAN PEKERJAAN | SAT. | KOEFISIEN | HARGA SATUAN | JUMLAH HARGA |
|-----|---|----------------|---------------------|-----------------|---------------|
| 3. | Pekerjaan Pemasangan 1 m ² bekisting untuk kolom | | | | |
| A | TENAGA | | | | |
| | Pekerja | OH | 0,66 Rp | 95.000,00 Rp | 62.700,00 |
| | Tukang Kayu | OH | 0,33 Rp | 110.000,00 Rp | 36.300,00 |
| | Kepala Tukang | OH | 0,033 Rp | 110.000,00 Rp | 3.630,00 |
| | Mandor | OH | 0,033 Rp | 120.000,00 Rp | 3.960,00 |
| | | | JUMLAH TENAGA KERJA | Rp | 106.590,00 |
| B | BAHAN | | | | |
| | Kayu Kelas III | m ³ | 0,04 Rp | 4.130.188,00 Rp | 165.207,52 |
| | Paku 5 - 12 cm | Kg | 0,4 Rp | 14.500,00 Rp | 5.800,00 |
| | Minyak Bekisting | Liter | 0,2 Rp | 17.250,00 Rp | 3.450,00 |
| | Balok Kayu Kelas II | m ³ | 0,015 Rp | 4.130.188,00 Rp | 61.952,82 |
| | Plywood tebal 9 mm | Lbr | 0,35 Rp | 134.760,00 Rp | 47.166,00 |
| | Dolken kayu galam ø 8-10cm panjang 4 m | Batang | 2 Rp | 25.750,00 Rp | 51.500,00 |
| | | | JUMLAH HARGA BAHAN | Rp | 335.076,34 |
| C | PERALATAN | | | | |
| | | | JUMLAH HARGA ALAT | - | |
| D | Jumlah (A+B+C) | | | | Rp 441.666,34 |
| E | Overhead & Profit | | | 0,1 | Rp 44.166,63 |
| F | Harga Satuan Pekerjaan (D+E) | | | | Rp 485.832,97 |

Masing-masing analisa harga satuan diatas akan dikalikan dengan volume pada pekerjaan setiap alternatif. Hasil dari rencana anggaran biaya pada masing-masing alternatif dicantumkan dengan merekap keseluruhan.

Tabel 5 Rekapitulasi Biaya Setiap Alternatif

| NO. | URAIAN PEKERJAAN | JUMLAH HARGA (Rp.) |
|-----|---|-----------------------|
| A. | BENTANG 8 m x 8 m PEKERJAAN STRUKTUR | |
| 1. | ALTERNATIF PENEBALAN PELAT | 1.404.121.083,00 |
| 2. | ALTERNATIF PENAMBAHAN BALOK ANAK | 1.015.840.587,00 |
| B. | BENTANG 6 m x 6 m PEKERJAAN STRUKTUR | |
| 1. | ALTERNATIF PENEBALAN PELAT | 1.039.243.800,00 |
| 2. | ALTERNATIF PENAMBAHAN BALOK ANAK | 922.559.114,00 |
| C. | BENTANG 4 m x 4 m PEKERJAAN STRUKTUR | |
| 1. | ALTERNATIF PENEBALAN PELAT | 1.368.727.913,00 |
| 2. | ALTERNATIF PENAMBAHAN BALOK ANAK | 1.393.379.346,00 |
| D. | BENTANG 3 m x 3 m PEKERJAAN STRUKTUR | |
| 1. | ALTERNATIF PENEBALAN PELAT | 5.876.322.583,00 |

SIMPULAN

1. Pada bentang 8 meter x 8 meter didapatkan tebal yang memenuhi syarat lendutan pelat yaitu 31 cm tanpa adanya balok anak, bentang 6 meter x 6 meter didapatkan tebal yang memenuhi syarat lendutan pelat yaitu sebesar 22 cm, bentang 4 meter x 4 meter didapatkan tebal yang memenuhi syarat lendutan pelat yaitu sebesar 15 cm, lalu pada bentang terkecil yang diteliti yaitu bentang 3 meter x 3 meter didapatkan tebal yang memenuhi syarat lendutan pelat yaitu sebesar 12 cm.
2. Alternatif kedua yaitu dengan penambahan balok pada bentang 8 meter x 8 meter didapatkan dimensi balok anak 250/500 mm jumlah 2, bentang 6 meter x 6 meter didapatkan dimensi balok anak 200/350 mm jumlah 1 dan 200/300 mm jumlah 1, bentang 4 meter x 4 meter didapatkan dimensi balok anak 200/300 mm jumlah 1, lalu pada bentang terkecil yang diteliti yaitu bentang 3 meter x 3 meter tidak diperlu ditambahkan balok anak dikarenakan pada bentang tersebut sudah mencapai tebal minimum, sehingga sudah memenuhi syarat lendutan dengan tebal 12 cm tidak perlu penambahan balok anak.
3. Hasil total biaya yaitu pada bentang 8 meter x 8 meter dengan penambahan pelat didapatkan biaya sebesar Rp.1.404.121.083,00, jika pada penambahan balok anak didapatkan

biaya sebesar Rp. 1.015.840.587,00. Pada bentang 6 meter x 6 meter dengan penambahan pelat didapatkan biaya sebesar Rp. 1.039.243.800,00, jika pada penambahan balok anak didapatkan biaya sebesar Rp. 922.559.114,00. Pada bentang 4 meter x 4 meter dengan penambahan pelat didapatkan biaya sebesar Rp. 1.368.727.913,00, jika pada penambahan balok anak didapatkan biaya sebesar Rp. 1.393.379.346,00. Sehingga dapat disimpulkan dari segi volume yang sudah diperhitungkan bahwa penebalan pelat memiliki biaya lebih tinggi dari penambahan balok anak jika dianalisa dengan perbandingan volume. Namun pada bentang 4 meter x 4 meter didapatkan alternatif yang lebih efisien yaitu dengan penebalan pelat. Maka alternatif penambahan balok anak lebih efisien dibandingkan dengan penebalan pelat pada bentang 8 meter x 8 meter dan 6 meter x 6 meter, namun pada bentang 4 meter x 4 meter lebih efisien dengan penebalan pelat.

DAFTAR PUSTAKA

[1] Badan Standarisasi Nasional, *SNI 03-2847-2013 Tata Cara Perhitungan Struktur Beton untuk Bangunan Gedung*. Bandung: Badan Standarisasi Nasional, 2013.

[2] Badan Standarisasi Nasional, *SNI 03-2847-2013 Tata Cara Perhitungan Struktur Beton untuk Bangunan Gedung*. Bandung: Badan Standarisasi Nasional, 2013.

Direktorat Penyelidikan Masalah Bangunan, *Peraturan Pembebanan Indonesia Untuk Gedung 1983*. Bandung, Yayasan Lembaga Penyelidikan Masalah Gedung, 1983