

STUDI KOMPARASI PERHITUNGAN STRUKTUR BANGUNAN DENGAN MENGGUNAKAN SNI 03-2847-2013 DAN BRITISH STANDARD 8110-1-1997

Priscillia Engelin Ester Ticoalu

Jorry D. Pangouw, Servie O. Dapas

Fakultas Teknik Jurusan Sipil Universitas Sam Ratulangi Manado

Email: priscillia.ticoalu@gmail.com

ABSTRAK

Pada perencanaan struktur bangunan khususnya bangunan bertingkat, banyak hal yang perlu dipertimbangkan agar tercapainya mutu bangunan yang berkualitas. Untuk itu desain tersebut harus memenuhi persyaratan fungsional, struktural dan estetika. Pada perencanaan struktur bangunan bertingkat terdapat banyak peraturan standar. Di Indonesia kita menggunakan Persyaratan Beton Struktural Untuk Gedung SNI 03-2847-2013. Sedangkan untuk luar negeri juga terdapat standar masing-masing negaranya sendiri. Seperti ACI, CSA, EUROCODE, dan BRITISH STANDARD.

Penelitian ini akan memaparkan komparasi perhitungan struktur bangunan diantaranya balok, kolom dan juga plat lantai dengan dihitung menggunakan dua metode yaitu SNI dan BRITISH STANDARD. Dan setelah dikomparasi ternyata didapati ada beberapa perbedaan dalam perhitungan struktur bangunan dengan menggunakan metode SNI dan metode British Standard. Dari beberapa contoh perhitungan yang telah dihitung, dapat kita simpulkan bahwa kemungkinan besar SNI memiliki desain yang lebih ekonomis dibandingkan dengan British Standard.

Kata kunci : komparasi, SNI, BRITISH STANDARD, balok, kolom, plat

PENDAHULUAN

Latar Belakang

Pada zaman yang semakin maju ini, kebutuhan akan pembangunan semakin meningkat seiring dengan pertumbuhan ekonomi dan semakin berkurangnya lahan tanah untuk pembangunan, keadaan seperti inilah yang mengilhami para investor untuk membangun gedung-gedung bertingkat banyak.

Kelayakan bangunan ditinjau dari segi keamanannya, dengan kata lain sebagai seorang perencana dituntut untuk menciptakan suatu konstruksi bangunan yang daktil, yaitu bangunan yang mampu menahan respon inelastik yang diakibatkan oleh beban-beban yang dipikulnya.

Dalam perencanaan struktur bangunan terdapat banyak peraturan standar. Di Indonesia kita menggunakan Persyaratan Beton Struktural Untuk Bangunan Gedung SNI 03-2847-2013. Sedangkan untuk luar negeri juga terdapat banyak standar perencanaan yang berlaku sesuai dengan letak dimana bangunan itu berada. Seperti ACI, CSA, EUROCODE, dan BRITISH STANDARD (BS).

Perumusan Masalah

Mengingat bahwa saat ini di Negara kita sudah banyak investor dan juga kontraktor asing,

maka penulis ingin untuk mengkomparasikan metode yang mereka gunakan dari negara mereka dengan metode yang kita gunakan yaitu SNI 03-2847-2013 dengan BRITISH STANDARD 8110-1-1997 DESIGN & CONSTRUCTION.

Batasan Masalah

1. Perhitungan struktur bangunan yang dimaksud adalah elemen struktur Balok elemen struktur Kolom dan elemen plat saja.
2. Tidak Menghitung tulangan geser
3. Untuk perhitungan balok, kolom, dan plat yang akan dihitung hanya akan dihitung dengan mengambil beberapa contoh perhitungan saja untuk SNI maupun untuk British Standard dan tidak untuk keseluruhan bangunan

Tujuan Penelitian

Tujuan dari penulisan skripsi ini adalah untuk mengetahui perbandingan perhitungan struktur bangunan dengan mengkomparasikan metode SNI 03-2847-2013 dengan British Standard 8110-1-1997.

Manfaat Penelitian

Sebagai suatu bahan masukan bagi kita semua khususnya kita yang berada di bidang keteknikan yang berhubungan dengan

perencanaan ataupun perhitungan struktur bangunan

LANDASAN TEORI

Definisi Gedung Bertingkat

Bangunan bertingkat adalah bangunan yang lantainya lebih dari satu lantai secara vertikal. Gedung bertingkat dibangun karena keterbatasan lahan pada daerah perkotaan yang mahal.

Komponen Struktur Gedung Bertingkat

Pada struktur gedung bertingkat umumnya terbagi atas dua bagian utama yaitu struktur atas dan struktur bawah. Dalam struktur atas gedung bertingkat, komponen utamanya meliputi kolom, balok, pelat, tangga, pengaku (dinding geser, dll), dan konstruksi atap. Tetapi pada penelitian ini konstruksi gedung yang akan kita tinjau hanya sebatas pada kolom, balok, dan plat lantai saja.

Struktur Kolom Menurut SNI

Kolom merupakan elemen struktur yang dibebani dengan gaya aksial tekan yang menumpu balok. SNI mendefinisikan kolom sebagai komponen struktur bangunan dengan rasio tinggi terhadap dimensi lateral terkecil melebihi 3 yang digunakan terutama untuk mendukung beban aksial tekan. Dalam penggunaannya kolom tidak hanya menahan beban aksial vertikal, definisi kolom diperluas dengan mencakup juga untuk menahan kombinasi beban aksial dengan momen lentur akibat eksentrisitas tertentu.

Struktur kolom Menurut SNI

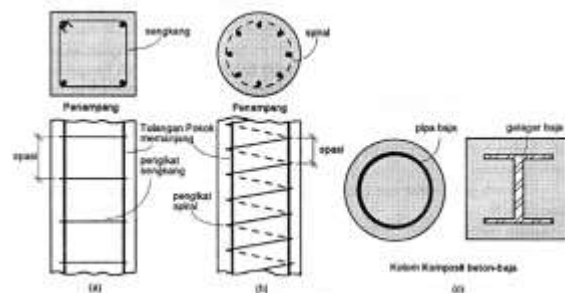
Kolom merupakan elemen struktur yang dibebani dengan gaya aksial tekan yang menumpu balok. SNI mendefinisikan kolom sebagai komponen struktur bangunan dengan rasio tinggi terhadap dimensi lateral terkecil melebihi 3 yang digunakan terutama untuk mendukung beban aksial tekan. Dalam penggunaannya kolom tidak hanya menahan beban aksial vertikal, definisi kolom diperluas dengan mencakup juga untuk menahan kombinasi beban aksial dengan momen lentur akibat eksentrisitas tertentu.

Dengan fungsi tersebut, kolom memegang peranan penting sebagai bagian struktur bangunan. Kegagalan kolom dapat menyebabkan keruntuhan menyeluruh suatu struktur bangunan.

Maka dalam merencanakan struktur kolom harus diperhitungkan secara cermat.

Secara garis besar ada tiga jenis kolom beton bertulang, yaitu:

- Kolom menggunakan pengikat sengkang lateral. Kolom ini merupakan kolom beton yang ditulangi dengan batang tulangan pokok memanjang, yang pada jarak tertentu diikat dengan pengikat sengkang ke arah lateral. Sengkang tersebut berfungsi untuk mengurangi bahaya pecah (*splitting*) beton yang dapat mempengaruhi daktilitas kolom tersebut.
- Kolom menggunakan pengikat spiral. Bentuknya sama dengan pengikat lateral, hanya saja sebagai pengikat tulangan pokok memanjang adalah tulangan spiral yang dililitkan keliling membentuk heliks menerus di sepanjang kolom. Lilitan melingkar atau spiral memberikan tekanan kekang (*confine*) di sekeliling penampang.
- Struktur kolom komposit. Merupakan komponen struktur tekan yang diperkuat pada arah memanjang dengan gelagar baja profil atau pipa, dengan atau tanpa diberi tulangan pokok memanjang.



Gambar 1 Jenis-Jenis Kolom
Sumber : Resmi, 2010

Perencanaan Kolom Menurut *British Standard*

Kolom Terkekang/ Tidak Terkekang

Kolom dikatakan terkekang apabila gaya lateral pada sepanjang kolom yang ditinjau diahan oleh dinding yang sangat kuat untuk menahan gaya lateral itu. Apabila tidak ada system penahan gaya lateral tersebut maka kolom dikatakan tidak terkekang

Kolom Panjang Dan Kolom Pendek

Menurut standar di *Inggris* kolom pendek ditunjukkan oleh persyaratan :

l_{ex} / h dan $l_{ey} / b < 15$ untuk kolom terkekang

L_{ex} / h dan $L_{ey} / b < 10$ untuk kolom tidak terkekang Dengan

L_{ex} = panjang efektif kolom terhadap sumbu x (utama)

L_{ey} = panjang efektif kolom terhadap sumbu y
b dan h adalah lebar dan tinggi kolom

Panjang efektif ini dipengaruhi pula oleh kemungkinan adanya deformasi puntiran sehingga :

1. Untuk kolom terkekang L_0 yaitu jarak bersih diantara ujung kolom harus $< 60b$
2. Untuk kolom tidak terkekang $L_0 \leq 100 b^2/h$

Struktur Balok Menurut SNI

Balok adalah salah satu elemen struktur portal dengan bentang yang arahnya horizontal. Beban yang bekerja pada balok biasanya beban lentur, beban geser, maupun torsi, sehingga perlu baja tulangan untuk menahan beban-beban tersebut. Berikut bentuk penampang balok persegi dengan distribusi tegangan dan regangan.



Gambar 2 Distribusi Regangan dan Tegangan pada Balok Beton Bertulang
Sumber : Asroni, 2010

Keruntuhan Lentur

Jenis keruntuhan pada balok lentur bergantung pada sifat-sifat penampang balok. Keruntuhan tersebut dibedakan menjadi 3 jenis, sebagai berikut:

Keruntuhan Tekan (*brittle failure*)

Pada keadaan penampang beton dengan keruntuhan tekan, beton hancur sebelum baja tulangan leleh. Hal ini berarti regangan tekan beton sudah melampaui regangan batas $0,003 (\epsilon_c = \epsilon_{cu})$, tetapi regangan tarik baja tulangan belum mencapai leleh ($\epsilon_s < \epsilon_y$). Balok yang mengalami keruntuhan seperti ini terjadi pada penampang dengan rasio tulangan (ρ) yang besar, dan disebut *over-reinforced*. Pada saat beton mulai hancur baja tulangannya masih kuat sehingga lendutan pada balok relative tetap. Jika di atas balok ditambah beban yang besar, maka baja tulangan akan meleleh dan dapat terjadi keruntuhan secara mendadak tanpa ada tanda – tanda/peringatan tentang lendutan yang membesar pada balok.

Keadaan demikian sangat membahayakan kelangsungan hidup manusia, sehingga system perencanaan beton bertulang yang dapat mengakibatkan *over-reinforced* tidak diperbolehkan.

Keruntuhan Seimbang (*balance*)

Pada penampang beton dengan keruntuhan seimbang, keadaan beton hancur dan baja tulangan leleh terjadi bersamaan. Hal ini berarti regangan tekan beton mencapai regangan batas $0,003 (\epsilon_c = \epsilon_{cu})$, dan regangan tarik baja tulangan mencapai leleh ($\epsilon_s = \epsilon_y$) pada saat yang sama. Keruntuhan seperti ini terjadi pada penampang beton dengan rasio tulangan seimbang (*balance*). Rasio tulangan *balance* diberi notasi dengan ρ_b . Karena beton dan baja tulangan mengalami kerusakan pada saat yang sama, maka kekuatan beton dan baja tulangan dapat dimanfaatkan sepenuhnya, sehingga penggunaan material beton dan baja tersebut menjadi hemat. System perencanaan beton bertulang yang demikian merupakan sistem perencanaan yang ideal, tetapi sulit dicapai karena dipengaruhi oleh beberapa faktor, misalnya ketidaktepatan mutu baja dengan mutu baja rencana, ketidaktepatan mutu beton dalam pelaksanaan pembuatan adukan dengan mutu beton rencana, maupun kekurangan-telitian pada perencanaan hitungan akibat adanya pembulatan – pembulatan.

Keruntuhan Tarik (*ductile failure*)

Pada keadaan penampang beton bertulang dengan keruntuhan tarik, baja tulangan sudah leleh sebelum beton hancur. Hal ini berarti regangan tarik baja tulangan sudah mencapai titik leleh ($\epsilon_s = \epsilon_y$) tetapi regangan tekan beton belum mencapai regangan batas ($\epsilon_c < \epsilon_{cu}$). Keruntuhan seperti ini terjadi pada penampang dengan rasio tulangan (ρ) yang kecil, dan disebut *under-reinforced*. Pada balok yang mengalami keruntuhan tarik, pada saat baja tulangan mulai leleh, betonnya masih kuat, sehingga dapat terjadi lendutan pada balok. Keadaan demikian menguntungkan karena ada peringatan tentang lendutan sebelum runtuh, sehingga sistem perencanaan beton bertulang yang *under-reinforced* lebih aman dan diperbolehkan.

Sistem Perencanaan yang Digunakan

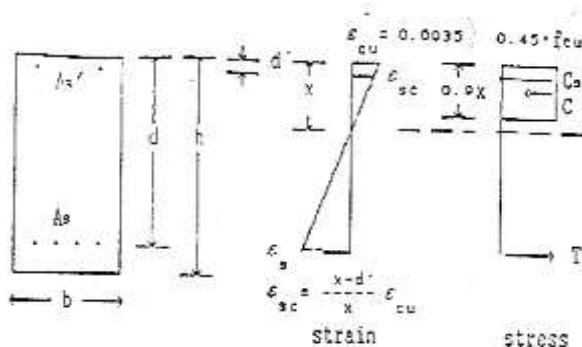
Untuk perencanaan penampang beton bertulang sangat dihindari terhadap keruntuhan tekan (*over-reinforced*), karena sistem ini dapat berakibat runtuhnya balok secara mendadak. Sistem perencanaan penampang beton bertulang

terhadap keruntuhan seimbang (*balance*) merupakan kondisi yang sangat ideal tetapi sulit dan tidak akan pernah dicapai. Sedangkan sistem perencanaan penampang beton bertulang dengan kondisi keruntuhan tarik (*under-reinforced*) boleh digunakan karena mudah dicapai dan dapat dijamin keamanan asalkan baja tulangan yang digunakan jangan terlalu kecil atau sedikit. Dari penjelasan di atas dapat dipahami bahwa sistem perencanaan yang baik dan aman pada penampang beton ialah dengan menggunakan sistem perencanaan *under-reinforced* yang mendekati keadaan seimbang.

Struktur Balok Menurut British Standard

Tulangan Rangkap

Maximum momen imbang (*balance*) yang dapat didukung oleh suatu balok tulangan tunggal dinyatakan dalam persamaan $M_u = 0,156 \cdot f_{cu} \cdot b \cdot d^2$ atau $M_u = k' \cdot f_{cu} \cdot b \cdot d^2$. Apabila momen kerja melebihi nilai momen imbang tulangan tekan dan tarik harus disediakan



Gambar 3 Gambar Diagram Tegangan Regangan Untuk Tulangan Rangkap
Sumber : Priyosulistyo

Perhitungan Plat Lantai Menurut SNI

Pelat Dua Arah

Pelat dua arah adalah pelat yang didukung pada keempat sisinya, sehingga lenturan terjadi dalam dua arah. Persyaratan jenis pelat lantai dua arah jika perbandingan dari benang panjang terhadap bentang pendek kurang dari 2

Persyaratan tebal pelat lantai 2 arah

1. Tebal minimum pelat tanpa balok
 - Pelat tanpa penebalan (*drop panel*) = 120 mm
 - Pelat dengan penebalan = 100 mm
2. Tebal minimum pelat dengan balok
Tebal pelat tidak boleh lebih dari:

$$h = \frac{\ln\left(0,8 + \frac{f_y}{1500}\right)}{36}$$

Tebal pelat tidak boleh kurang dari

$$h = \frac{\ln\left(0,8 + \frac{f_y}{1500}\right)}{36 + 9\beta}$$

Tebal pelat lantai dengan balok dihitung dengan rumus

$$h = \frac{\ln\left(0,8 + \frac{f_y}{1500}\right)}{36 + 5\beta\left[\alpha_m - 0,12\left(1 + \frac{1}{\beta}\right)\right]}$$

l_n = bentang bersih terbesar antara kedua arah
 β = perbandingan bentang bersih terpanjang dengan bentang bersih terpendek pada panel yang ditinjau

Penulangan Plat

Penempatan tulangan pada sistem plat dua arah, sesuai dengan sifat beban dan kondisi tumpuannya, harus memenuhi ketentuan yang ada pada SNI-2013

1. **Luas tulangan plat** pada masing-masing arah dari sistem pelat dua arah ditentukan dengan meninjau momen-momen pada penampang kritis tapi tidak boleh kurang daripada yang disyaratkan.
2. **Spasi tulangan** pada penampang kritis tidak boleh lebih daripada *dua kali tebal plat* kecuali untuk bagian plat yang berada pada daerah rongga atau rusuk.
3. **Tulangan momen positif** yang tegak lurus tepi tak-menerus harus diteruskan hingga mencapai tepi plat dan ditanam, dapat dengan kaitan, minimum sepanjang 150 mm ke dalam balok tepi, kolom, atau dinding.
4. **Tulangan momen negatif** yang tegak lurus tepi tak-menerus harus dibengkokan atau diangkur pada balok tepi, kolom, atau dinding, sesuai dengan ketentuan mengenai panjang penanaman.
5. Bila plat tidak memiliki balok tepi atau dinding pada tepi tak-menerus, atau pada plat yang membentuk kantilever pada tumpuan maka pengankuran tulangan harus dilakukan didalam pelat itu sendiri.

Bila plat tidak memiliki balok tepi atau dinding pada tepi tak-menerus, atau pada plat yang membentuk kantilever pada tumpuan maka pengankuran tulangan harus dilakukan didalam pelat itu sendiri

Perencanaan Plat British Standard

Plat beton bertulang digunakan untuk lantai rumah, atap, dan lantai jembatan. Plat dapat ditumpu satu arah atau dua arah oleh dukungan sederhana, menerus ataupun jepit. Plat lebih

berkelakuan sebagai elemen lentur dan dirancang seperti halnya pada balok menahan lentur. Sifat-sifat plat secara umum :

1. Tegangan geser relative kecil, kecuali dibebani oleh beban terpusat yang besar.
2. tulangan tekan jarang diperlukan
3. masalah Indutan merupakan hal yang penting dan perhitungannya serupa dengan balok.

Plat Satu Arah

Bila nilai banding antara bentang panjang dan bentang pendek lebih besar dari 3 maka dianggap plat didukung pada arah bentang pendek saja. Momen dihitung melalui koefisien dengan penjabaran seperti berikut. Walaupun koefisien-koefisien tersebut pemakaiannya dibatasi namun dapat digunakan sebagai contoh yang bagus dari suatu pendekatan yang *intuitive* pada penyelesaian masalah plat. Suatu pendekatan elastik pada plat yang dibebani secara tebagi rata dan kadang disebut sebagai metode rankine-grashof.

Jenis Pembebanan Menurut SNI

Dalam merencanakan struktur suatu bangunan bertingkat, beban merupakan faktor utama dalam perencanaan. Besar dan macam beban yang bekerja pada struktur tergantung dari jenis struktur.

Berdasarkan arah pembebanannya, beban pada gedung bertingkat dibagi menjadi dua yaitu:

Beban Vertikal

Beban vertial merupakan beban yang bekerja akibat adanya gravitasi. Beban vertikal pada konstruksi gedng dibagi secara umum menjadi dua jenis beban vertikal yaitu

a. Beban mati (qd)

beban mati adalah berat dari semua bagian dari suatu gedung yang bersifat tetap, termasuk segala unsur tambahan, penyelesaian-penyelesaian , mesin-mesin serta peralatan tetap yang merupakan bagian tak terpisahkan dari gedung itu. Untuk merencanakan gedung ini, beban mati yang terdiri dari berat sendiri bahan bangunan dan komponen gedung.

b. Beban hidup (ql)

Beban hidup adalah semua beban yang terjadi akibat penghuni atau pengguna suatu gedung , termasuk beban – beban pada lantai yang berasal dari barang- barang yang dapat berpindah, mesin – mesin serta peralatan yang merupakan bagian yang tidak terpisahkan dari gedung dan dapat diganti selama masa hidup dari gedung itu , sehingga mengakibatkan perubahan

pembebanan lantai dan atap tersebut . khususnya pada atap , beban hidup dapat termasuk beban yang berasal dari air hujan.

Beban hidup yang bekerja pada bangunan ini disesuaikan dengan rencana fungsi bangunan tersebut

Pembebanan

Pada perhitungan struktur bangunan ini akan diberikan kombinasi pembebanan sesuai dengan SNI 1726 : 2012. Beban yang bekerja berupa beban gravitasi. Beban gravitasi berupa beban mati dan beban hidup.

Beban Gravitasi

Beban gravitasi pada struktur terdiri dari beban mati (*dead load*), beban hidup (*live load*), dan beban mati tambahan (*super imposed dead load*).

- Beban mati (*dead load*),. Beban mati struktur terdiri atas, berat balok, pelat, dan kolom.
- Beban hidup (*live load*) pada pelat lantai, bergantung pada fungsi bangunan. Karena bangunan didesain untuk perkantoran, maka beban hidupnya yaitu sebesar, $LL = 250 \text{ Kg/m}^2$.
- Beban mati tambahan (*super imposed dead load*), dengan rincian sebagai berikut:
 - Screed (adukan stebal 20 mm) = 42 kg/m^2
 - Finising (keramik 10 mm) = 24 kg/m^2
 - Peggantung dan penutup plafond = 18 kg/m^2
 - Mekanikal dan Elektrikal = 20 kg/m^2
 - Dinding (pasangan $\frac{1}{2}$ bata merah) = $250 \text{ kg/m}^2 + \text{SDL} = 354 \text{ Kg/m}^2$

METODOLOGI PENELITIAN

Tahapan Pelaksanaan Penelitian

Adapun tahapan-tahapan penelitian adalah sebagai berikut :

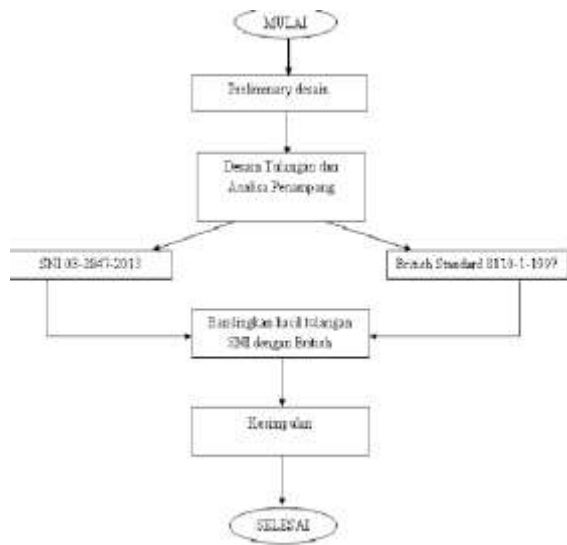
1. Studi Kepustakaan (Literatur)

Literatur atau bahan acuan yang digunakan dalam penyelesaian tugas akhir ini antara lain, Persyaratan Beton Struktural untuk bangunan gedung SNI 03-2847-2013, *British Standard 8110 - 01 – 1997 Design and construction*, SNI 1726:2012 Tata Cara Perencanaan Ketahanan Gempa untuk Gedung, Peraturan pembebanan berdasarkan Peraturan Pembebanan Indonesia untuk rumah dan Gedung 1983, dan jurnal – jurnal dan buku – buku yang berkaitan dengan analisis perhitungan struktur bangunan gedung bertingkat.

Data Analisis

Metode Analisis dalam tugas akhir ini meliputi penyusunan, perhitungan, dan penarikan kesimpulan beserta saran. Tahap-tahap prosedur Studi komparasi Perhitungan Struktur Bangunan Dengan Menggunakan Metode Perbandingan Antara SNI 03 – 2847 – 2013 dan British Standard 8110 – 1- 1997 ini seperti pada bagan berikut :

Bagan Alir Penelitian



HASIL DAN PEMBAHASAN

Perhitungan Balok Menurut SNI

- Diketahui :
 - h = 500 mm
 - b = 300 mm
 - d = 50 mm
 - f'c = 30 MPa
 - fy = 240 MPa
 - Es = 200000 MPa
 - β₁ = 0,85 (untuk f'c ≤ 30 MPa)
 - LL = 250 kg/m²
- Menghitung beban mati
 - berat sendiri balok = 50 x 30 x 240 = 360000 = 360 kg/m²
 - beban mati tambahan = 354 kg/m²
 - beban mati total = 360 + 354 = 714 kg/m²
- Menghitung kombinasi pembebanan
 - qU = 1,2 DL + 1,6 LL
 - = 1,2 x 714 + 1,6 x 250
 - = 125,68 kN/m
- Menghitung momen ultimate

$$Mu = \frac{qU \cdot l^2}{8}$$

$$Mu = \frac{125,68 \cdot 6^2}{8}$$

$$Mu = 565,56 \text{ kNm} = 565580000 \text{ Nmm}$$

- Menghitung g
 - $Rn = \frac{Mu}{\phi \cdot 0,85 \cdot b \cdot d^2}$
 - $Rn = \frac{565580000}{0,80 \cdot 0,85 \cdot 30 \cdot 300 \cdot 450^2}$
 - $Rn = 0,456$
 - $\omega n = \sqrt{1 - 2(Rn)}$
 - $\omega n = 0,29539$
 - $\rho = \frac{\omega n \cdot 0,85 \cdot f'c}{fy}$
 - $\rho = 0,0313$
- Kontrol rasio tulangan maksimum dan minimum

$$\rho_{min} = \frac{1,4}{fy}$$

$$\rho_{min} = 0,0058333$$

kontrol = ρ ≥ ρ_{min} ... ok !!

$$\rho_b = \left(\frac{0,85 x f'c \cdot \beta_1}{fy} \right) \left(\frac{600}{600 + fy} \right)$$

$$\rho_b = 0,06450893$$

$$\rho_{max} = 0,75 x \rho_b$$

$$\rho_{max} = 0,0483817$$

kontrol = ρ < ρ_{max} ... ok !!

$$As = \rho b d$$

$$As = 0,0313 \cdot 300 \cdot 450 = 4225,5 \text{ mm}^2$$

- Dipakai tulangan diameter 25

$$As = 8 x \frac{\pi d^2}{4}$$

$$As = 3926,99 \text{ mm}^2$$

$$a = \frac{As \cdot fy}{0,85 \cdot f'c \cdot b}$$

$$a = 123,199 \text{ mm}^2$$

- Menghitung momen rencana

$$Mn = As \cdot fy \cdot \left(d - \frac{a}{2} \right)$$

$$Mn = 545592429 \text{ Nmm}$$

- Menghitung regangan

$$\epsilon_y = fy / Es = \frac{240}{200000} = 0,0012$$

$$\begin{aligned}\varepsilon_c' &= \frac{a}{\beta_1 \cdot d - a} \cdot \varepsilon_y \\ &= \frac{123,199}{0,85 \times 450 - 123,199} \times 0,0012 \\ &= 0,00057\end{aligned}$$

- Kontrol regangan ($\varepsilon_c' \leq 0,003$)
 $0,00057 \leq 0,003$ (Ok)

Perhitungan Balok Menurut British Standard

d = 500 mm
b = 300 mm
d' = 50 mm
f^{cu} = 30 mpa
f_y = 240 mpa
beban mati total = 714 kg/m²
beban hidup = 250 kg/m²
kombinasi pembebanan
q_u = 1.4 DL + 1.6 LL
= 1.4 (714) + 1.6 (250)
= 1399,6 kg/m² = 139,96 kNm

$$\begin{aligned}Mu &= \frac{q_u \cdot l^2}{8} \\ &= \frac{139,96 \cdot 6^2}{8} \\ &= 629,8 \text{ kNm}\end{aligned}$$

$$\begin{aligned}D_{\min} &= \sqrt[3]{\frac{2 \cdot Mu}{k' \cdot f_{cu}}} \\ &= \sqrt[3]{\frac{2 \cdot 698000000}{0,156 \cdot 30}} \\ &= 645,65 \text{ mm}\end{aligned}$$

D ≥ D_{min}

$$\begin{aligned}k &= \frac{Mu}{f_{cu} \cdot b \cdot d^2} \\ &= \frac{698000000}{30 \cdot 300 \cdot 500^2} \\ &= 0,280\end{aligned}$$

$$\begin{aligned}z &= d \left\{ 0,5 + \sqrt{\left(0,25 - \frac{k}{0,9}\right)} \right\} \\ &= 0,667 d = 333,33 \text{ mm}\end{aligned}$$

$$\begin{aligned}As &= \frac{Mu}{0,87 \cdot f_y \cdot z} \\ &= 5429,36 \text{ mm}^2\end{aligned}$$

Digunakan 5D36 = 5089,4 mm² ≥ 5429,36 mm²

$$\begin{aligned}As' &= \frac{f_{cu} \cdot b \cdot d^2 (k - k')}{0,87 \cdot f_y \cdot (d - d')} \\ &= 1781,609 \text{ mm}^2\end{aligned}$$

$$As = \frac{k' \cdot f_{cu} \cdot b \cdot d^2}{0,87 \cdot f_y \cdot z} + As'$$

Dicoba tulangan tarik 2D36 = 2035,75 > 1781,60

$$\begin{aligned}x &= 2,15 \cdot f_y \cdot As1 (f_{cu} \cdot b) \\ &= 316,079 \text{ mm} \geq d/2\end{aligned}$$

Tulangan tarik mungkin tidak leleh

- Hitungan didasarkan pada batas $x = \frac{d}{2} = 250$ mm

$$\frac{d'}{x} = \frac{50}{250} = 0,20 \leq 0,43$$

$$\begin{aligned}Mu &= 0,45 \cdot f_{cu} \cdot b \cdot 0,9 \left(d - \frac{0,9 \cdot x}{2} \right) \\ &\quad + 0,87 \cdot f_y \cdot As' (d - d') \\ &= 490,95 \text{ kNm}\end{aligned}$$

- Kita hitung kembali tulangan yang digunakan menggunakan 4D36 = 4071,5 mm²

$$\begin{aligned}x &= \frac{2,15 \cdot f_y \cdot As1}{f_{cu} \cdot b} \\ &= 96,88 \text{ mm} \leq d/2\end{aligned}$$

- Tulangan tarik leleh

$$\frac{d'}{x} = \frac{50}{96,88} = 0,52 \geq 0,43 \rightarrow \text{tulangan tekan tidak leleh}$$

$$\begin{aligned}f_{sc} &= E_s \cdot \frac{x-d'}{x} \cdot \varepsilon_{cu} \\ &= 200000 \cdot \frac{96,88-50}{96,88} \cdot 0,0035 \\ &= 338,73\end{aligned}$$

$$\begin{aligned}Mu &= 0,45 \cdot f_{cu} \cdot b \cdot 0,9x \left(d - \frac{0,9x}{2} \right) \\ &\quad + f_{sc} \cdot As' (d - d') \\ &= 620,78 \text{ kNm}\end{aligned}$$

Contoh 1. Perencanaan Plat SNI

- Beban hidup pelat = 2,5 kN/m²
- Tebal pelat = 120 mm
- Beban finishing = 0,8 kN/m²
- Lebar balok = 250 mm
- Mutu Beton = 20 MPa
- Mutu baja = 400 MPa

Diminta:

1. Kontrol ketebalan pelat
2. Hitung momen-momen pelat
3. Hitung momen pelat pada momen terbesar

Penyelesaian

Perbandingan sisi panjang dengan sisi pendek

$$= \frac{4,5}{3} = 1,5 < 2$$

tergolong pelat 2 arah

Tebal pelat tidak boleh lebih dari:

$$h = \frac{ln \left(0,8 + \frac{fy}{1500} \right)}{36} = \frac{4250 \left(0,8 + \frac{400}{1500} \right)}{36} = 125,93 \text{ mm}$$

Tebal pelat tidak boleh kurang dari

$$h = \frac{ln \left(0,8 + \frac{fy}{1500} \right)}{36 + 9\beta} = \frac{4250 \left(0,8 + \frac{400}{1500} \right)}{36 + 9 \frac{4250}{2750}} = 90,83 \text{ mm}$$

Tebal pelat diketahui 120 mm OK

Beban Pelat

1. Beban mati

$$\begin{aligned} \text{Berat sendiri pelat} &= 0,12 \cdot 24 = 2,88 \text{ kN/m}^2 \\ \text{Beban finishing} &= 0,8 \text{ kN/m}^2 \\ \text{Beban mati total} &= 3,68 \text{ kN/m}^2 \end{aligned}$$

2. Beban hidup

Beban hidup tergantung pada fungsi bangunan misalnya untuk ruang pertemuan 250 kg/m²

$$qu = 1,2 qD + 1,6 qL = 1,2 \cdot 3,68 + 1,6 \cdot 4 = 10,816 \text{ kN/m}^2$$

$$\frac{ly}{lx} = \frac{4,5}{3} = 1,5$$

$$\begin{aligned} Mlx &= 0,001 \cdot qu \cdot lx^2 \cdot X = 0,001 \cdot 10,816 \cdot 3^2 \cdot 38 \\ &= 3,7964 \text{ kNm} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} Mly &= 0,001 \cdot qu \cdot ly^2 \cdot X = 0,001 \cdot 10,816 \cdot 3^2 \cdot 15 \\ &= 1,4612 \text{ kNm} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} Mtx &= - 0,001 \cdot qu \cdot lx^2 \cdot X = - 0,001 \cdot 10,816 \cdot 3^2 \cdot 79 \\ &= - 7,6902 \text{ kNm} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} Mty &= - 0,001 \cdot qu \cdot ly^2 \cdot X = - 0,001 \cdot 10,816 \cdot 3^2 \cdot 57 \\ &= - 5,5486 \text{ kNm} \end{aligned}$$

Momen terbesar adalah Mtx = - 7,6902 kNm

$$dx = 120 - 20 - 8 - \frac{16}{2} = 88 \text{ mm}$$

$$Mu = 7,6902 \text{ kNm}$$

$$Mn = \frac{Mu}{\phi} = \frac{7,6902}{0,8} = 9,6127 \text{ kNm}$$

$$Rn = \frac{Mn}{b_e d^2} = \frac{9,6127 \cdot 10^6}{1000 \cdot 88^2} = 1,2413$$

$$m = \frac{fy}{0,85 f'c} = \frac{400}{0,85 \cdot 20} = 23,53$$

$$\rho = \frac{1}{m} \left(1 - \sqrt{1 - \frac{2Rn \cdot m}{fy}} \right)$$

$$\begin{aligned} \rho &= \frac{1}{23,53} \left(1 - \sqrt{1 - \frac{2 \cdot 1,2413 \cdot 23,53}{400}} \right) \\ &= 0,0032 \end{aligned}$$

$$\rho_{min} = \frac{1,4}{fy} = \frac{1,4}{400} = 0,0035$$

$$As = \rho b d = 0,0035 \cdot 1000 \cdot 88 = 308 \text{ mm}^2$$

Contoh 2. Perencanaan Plat British Standard

- Beban hidup = 2,5 kN/m²
- F'c = 30 mpa
- Fy = 240 mpa

Perbandingan sisi panjang dengan sisi pendek

$$= \frac{4,5}{3} = 1,5 < 2$$

tergolong plat dua arah

Anggap 1,5% Ac → 1,5

Bentang pendek 3000 mm

$$heff = \frac{3000}{26 \cdot 1,5} = 76,92$$

lindungan beton + $\frac{1}{2}$ diameter tulangan = 25 mm

total tebal plat = $76,92 + 25 = 101,9$ mm
= 110 mm

berat sendiri = $0,12 \cdot 24 = 2,88$ kN/m²

beban rencana = $1,4 \cdot 2,88 + 1,6 \cdot 2,5 = 8,03$ kN/m²

Untuk $l_y/l_x = 1,5$

a. Arah pendek

$M_{x-} = 0,078 \cdot 8,03 \cdot 3,5^2 = 7,6$ kNm

$M_{x+} = 0,059 \cdot 8,03 \cdot 3,5^2 = 5,803$ kNm

$$k = \frac{m_{x-}}{f_{cu} \cdot b \cdot d}$$

$$= 0,035 < 0,156$$

$$Z = 0,9 \cdot d = 76,50 \text{ mm}$$

$$A_{s-} = \frac{m_{x-}}{0,87 \cdot f_y \cdot z}$$

$$= 475,796 \text{ mm}^2$$

b. Arah panjang

$M_{x+} = 0,059 \cdot 8,03 \cdot 3,5^2 = 5,803$ kNm

$$k = \frac{m_{x+}}{f_{cu} \cdot b \cdot d^2}$$

$$= 0,0267 < 0,156$$

$$Z = 0,9 \cdot d = 76,50 \text{ mm}$$

$$A_{s+} = \frac{m_{x+}}{0,87 \cdot f_y \cdot z}$$

$$= 363,92 \text{ mm}^2$$

Dapat kita lihat dari hasil perhitungan di atas bahwa SNI maupun *British Standard* memiliki beberapa asumsi-asumsi yang

digunakan. Untuk asumsi-asumsi tersebut juga diantaranya memiliki perbedaan seperti:

- Faktor beban . Kombinasi pembebanan dari SNI berbeda dari kombinasi Pembebanan dari *British Standard*
- Faktor reduksi, Untuk faktor reduksi juga terdapat perbedaan antara SNI maupun *British Standard*, hal ini dikarenakan tinjauan mereka agak berbeda.
- Selain itu untuk hubungan antara tegangan dan regangan juga berbeda. Hal itu dapat dilihat dari grafik hubungan diagram tegangan dan regangan.

PENUTUP

Kesimpulan

1. Dari hasil Perhitungan didapat bahwa metode SNI menghasilkan desain yang lebih ekonomis dibandingkan dengan metode *British Standard*
2. Dari hasil perhitungan balok, kolom dan plat diperoleh dimensi tulangan untuk balok, kolom, dan juga Plat lantai yang berbeda baik untuk SNI dan Untuk *British Standar*

Saran

Saran yang dapat diberikan melalui karya tulis ini adalah sebagai berikut : Studi-studi komparasi yang berkaitan dengan kode-kode (Standar) perlu meninjau berbagai aspek yang mendasari perhitungan untuk masing-masing kode tersebut.

DAFTAR PUSTAKA

- Asroni, A. 2010. *Balok dan Pelat Beton Bertulang*. Graha Ilmu, Yogyakarta.
- Badan Standardisasi Nasional. 2002. *Tata Cara Perhitungan Struktur Beton untuk Bangunan Gedung (SNI-03-2847-20013)*. Jakarta.
- British Standard* , 2002, BS 8110 - 01 – 1997 *Design and Construction*.
- McCormac, J. C. 2000. *Desain Beton Bertulang Jilid 1 edisi Kelima*. Erlangga, Jakarta.
- Resmi, B. M. 2010. *Modul Kuliah struktur Beton Bertulang 1*. Universitas Mercu Buana.
- Dipohusodo, istimawan 1994. *Struktur Beton Bertulang*. Gramedia pustaka utama.Jakarta
- Pamudji, Ganjar, dkk. 2004. *Diktat Kuliah Struktur Beton II*. Universitas Jenderal Soedirman
- McCormac, J. C. 2002. *Desain Beton Bertulang*. Erlangga, Jakarta
- Sembiring, T. J. 2002. *Beton Bertulang. Rekayasa Sains*. Bandung.

Priyosulistyo, HRC. *Diktat Kuliah Perencanaan Struktur Beton* . Universita Gadjah Mada.
Yogyakarta

Wee, Dan Yap Tin. *Reiforced Concrete Design To BS 8110*.

Extracts from British standards for students of structural design, BSI Education , PP 7312 2nd edition.
March. 1986