

ANALISIS ELEMEN STRUKTUR BALOK DAN KOLOM BETON BERTULANG (STUDI KASUS GEDUNG DEALER HONDA ASTRA KOTA SAMARINDA)

Indra Ariani¹⁾, Muhammad Rangga Aditya²⁾, Mardewi Jamal³⁾

¹Pengajar Program Studi Teknik Sipil, Fakultas Teknik, Universitas Mulawarman, Jl.Sambaliung No.9
Kampus Gunung Kelua,Samarinda
e-mail: indraariani.37@gmail.com

²Mahasiswa Program Studi Teknik Sipil, Fakultas Teknik, Universitas Mulawarman, Jl.Sambaliung No.9
Kampus Gunung Kelua,Samarinda
e-mail: adityarangga295@gmail.com

³Pengajar Program Studi Teknik Sipil, Fakultas Teknik, Universitas Mulawarman, Jl.Sambaliung No.9
Kampus Gunung Kelua,Samarinda
e-mail: wie jamal@gmail.com

Abstrak

Perencanaan struktur merupakan hal yang penting dalam suatu konstruksi bangunan ditinjau dari segi kekuatan, keamanan dan keekonomiannya. Struktur bangunan secara keseluruhan terdiri dari struktur atas berupa lantai, balok, kolom, dinding dan atap; sedangkan struktur bawah terdiri dari pondasi dan balok sloof. Elemen struktur terpenting dalam struktur adalah kolom dan balok sehingga dimensi yang direncanakan dan penggunaan tulangan pada kolom dan balok perlu diketahui agar sesuai dengan persyaratan dalam kategori aman. Studi yang dilakukan dengan menganalisis tulangan balok dan kolom menurut SNI-2847-2019 berdasarkan persyaratan beton struktural untuk bangunan gedung. Kesimpulan dari penelitian yaitu tulangan utama pada balok dengan dimensi penampang 600 x 300 (tulangan atas 7D19; tulangan bawah 4D19) dan kolom dimensi 600 x 600 (tulangan utama 20D19) telah memenuhi persyaratan yang ditentukan. Adapun tulangan geser pada balok dimensi 600 x 300 (sengkang tumpuan D10-100 dan sengkang lapangan D10-150) dan kolom dengan dimensi 600 x 600 (tumpuan sengkang D10-100 dan sengkang lapangan D10-150) serta pengait D10-300 telah memenuhi persyaratan yang ditentukan.

Kata Kunci: Beton bertulang, Struktur, Kolom, Balok

Abstract

Structural planning is important in a building construction in terms of strength, safety and economy. The overall building structure consists of superstructures in the form of floors, beams, columns, walls and roofs; while the lower structure consists of foundations and sloof beams. The most important structural elements in the structure are the columns and beams so that the planned dimensions and the use of reinforcement in the columns and beams need to be known to comply with the requirements in the safe category. The study was conducted by analyzing beam and column reinforcement according to SNI-2847-2019 based on structural concrete requirements for buildings. The conclusion of the study is that the main reinforcement in beams with cross-sectional dimensions of 600 x 300 (upper reinforcement 7D19; under reinforcement 4D19) and column dimensions of 600 x 600 (main reinforcement 20D19) have met the specified requirements. The shear reinforcement in beams with dimensions of 600 x 300 (hoops D10-100 and field hoops D10-150) and columns

with dimensions of 600 x 600 (hooks D10-100 and hoops D10-150) and hooks D10-300 meet the requirements which is determined.

Keywords: Concrete Reinforcement, Structure, Column, Beam

PENDAHULUAN

Latar Belakang

Seiring dengan berkembang pesatnya ilmu pengetahuan dan teknologi, mahasiswa dituntut untuk tidak hanya memiliki nilai akademis yang bagus, tetapi juga harus memiliki wawasan dan skill yang memadai di bidang perkuliahan, sehingga dapat menjadi sarjana yang kompeten dan mampu bersaing di dunia kerja. Salah satu cara yang dapat ditempuh untuk mengasah skill dan wawasan adalah dengan melakukan Praktik Kerja Lapangan (PKL). Praktik Kerja Lapangan (PKL) untuk mahasiswa Teknik Sipil dilakukan pada sebuah perusahaan yang bergerak di bidang pelaksanaan/pembangunan suatu proyek konstruksi bangunan maupun jalan dan jembatan. Pada saat Praktik Kerja Lapangan (PKL), mahasiswa melakukan pengamatan terhadap proyek di lapangan, seperti mengetahui kegiatan di lapangan secara langsung dan mampu mengaitkannya dengan teori dan praktik yang didapat di bangku kuliah, melihat permasalahan – permasalahan nyata yang terjadi di lapangan yang dapat meningkatkan wawasan keterampilan dan profesionalisme kinerja.

Rumusan Masalah

Berdasarkan latar belakang masalah yang telah diuraikan sebelumnya, maka rumusan masalah dalam laporan ini adalah sebagai berikut:

1. Bagaimana analisis tulangan utama pada kolom dan balok?
2. Bagaimana analisis tulangan Geser pada kolom dan balok?

Tujuan

Tujuan dilaksanakannya kegiatan Praktik Kerja Lapangan ini adalah:

1. Mengetahui analisis tulangan utama pada kolom dan balok
2. Mengetahui analisis tulangan Geser pada kolom dan balok

LANDASAN TEORI

Pengertian Konstruksi

Konstruksi bangunan merupakan bahan bangunan yang disusun sedemikian rupa sehingga dapat menahan beban dan menentukan pola bangunan. Pada umumnya kegiatan konstruksi diawasi oleh manager proyek, insinyur disain, atau arsitek proyek. Pada perencanaan suatu konstruksi bangunan gedung diperlukan beberapa teori-teori, analisa struktur, dan metode perhitungan sebagai pedoman untuk menyelesaikan perhitungan tersebut.

Pengertian Struktur

Suatu sistem struktur kerangka terdiri dari rakitan elemen struktur. Dalam sistem struktur konstruksi beton bertulang, elemen balok, kolom, atau dinding geser membentuk struktur kerangka yang disebut juga sistem struktur portal. Sistem struktur yang tidak dibedakan unsur elemennya, seperti pelat, cangkang, atau tangki dinamakan sistem struktur kontinum. Setiap elemen-elemen struktur mempunyai fungsi dan karakteristik yang berbeda. Pada suatu sistem struktur, elemen-elemen struktur mempunyai suatu mekanisme penyaluran beban dari atas ke tanah (sistem fondasi) (Nasution, 2009).

Struktur Bawah

Struktur bawah atau *sub structure* merupakan bagian struktur yang mempunyai fungsi meneruskan beban ke dalam tanah pendukung. Perancangan struktur bagian bawah harus benar-benar terjamin keamanannya sehingga

keseimbangan struktur secara keseluruhan dapat terjamin dengan baik.

Beberapa perencanaan struktur bagian bawah ialah:

a. Galian Tanah

Galian tanah untuk pondasi dan galian-galian lainnya harus dilakukan menurut ukuran dalam, lebar, dan sesuai dengan gambar. Semua bekas-bekas pondasi bangunan lama dan akar-akar pohon yang terdapat pada bagian pondasi yang akan dilaksanakan harus dibongkar dan dibuang. Begitu juga dengan bekas-bekas pipa saluran yang tidak dipakai harus disumbat.

b. Pondasi

Pondasi merupakan bagian dari struktur bawah yang menghubungkan bangunan atau gedung dengan tanah. Pondasi bekerja membantu-beban dari semua unsur bangunan yang dipikulkan kepadanya ke dasar tanah. Pondasi harus diperhitungkan sedemikian rupa sehingga dapat menjamin kestabilan bangunan terhadap beban berat sendiri, beban bangunan, dan gaya-gaya luar seperti tekanan angin, gempa bumi dan lain-lain.

c. Sloof

Sloof merupakan struktur dari bangunan yang terletak berada di atas pondasi yang memiliki fungsi untuk meratakan beban pondasi. Selain itu sloof juga memiliki fungsi lain yaitu sebagai pengunci dinding agar apabila terjadi pergerakan tanah, dinding tidak roboh. Oleh karena itu, sloof sangat berperan penting terhadap kekuatan bangunan.

Struktur Atas

Sedangkan struktur atas atau *upper structure* merupakan bagian struktur yang berada di atas muka tanah. Pemilihan jenis struktur atas mempunyai hubungan yang kuat dengan sistem fungsional gedung. Oleh karena itu, untuk membuat desain struktur perlu mengetahui jenis-jenis struktur.

Perencanaan struktur bagian atas ialah:

a. Kolom

Kolom adalah struktur yang mendukung beban dari atap, balok dan berat sendiri yang diteruskan ke pondasi. Kolom biasanya didesain

untuk menahan beban aksial tekan dan dikombinasikan dengan momen lentur biaksial. Untuk meminimalisir dimensi kolom, biasanya digunakan beton dengan kuat tekan yang tinggi dan luas tulangan yang tinggi. Kegagalan kolom akan berakibat langsung pada runtuhnya komponen struktur lain yang berhubungan dengan kolom. Biasanya kegagalan kolom tidak memiliki tanda yang jelas, maka dari itu merencanakan struktur kolom harus diperhitungkan dengan cermat.

b. Balok

SNI 2847:2019 menjelaskan balok sepanjang perimeter struktur harus memiliki tulangan menerus melebihi panjang bentang yang melalui daerah yang dibatasi oleh tulangan longitudinal pada kolom yang terdiri dari:

1. Paling sedikit seperenam tulangan tarik yang diperlukan untuk momen negatif ditumpuan, tetapi tidak kurang dari 2 batang tulangan.
2. Paling sedikit seperempat tulangan tarik yang diperlukan untuk momen positif yang diperlukan di tengah bentang, tetapi tidak kurang dari dua batang tulangan.

c. Pelat

Pelat merupakan elemen struktur lantai di mana beban layan bekerja. Pelat adalah elemen struktur yang akan dikenai beban layan pertama kali sebelum terdistribusi ke elemen struktur yang lain. Elemen pelat mempunyai fungsi sebagai penopang langsung beban atau tumpuan beban.

Pelat sendiri terdiri dari 2 macam, yaitu:

1. Pelat 1 arah, pelat yang memiliki satu sisi panjang dan pendek di sisi lain yang dimana sistem dari pelat ini bila ditumpu pada kedua ujungnya disebut pelat sederhana dan bila ditumpu pada sisi panjangnya dan lebih dari dua tumpuan disebut pelat menerus.
2. Pelat 2 arah, pada pelat dua arah, tipe-tipe tumpuan pada keempat sisinya menentukan perhitungan momen lentur pada setiap arahnya. Tumpuan pada setiap sisi bisa merupakan tumpuan bebas (tidak ditumpu), sendi elastis atau terjepit penuh.

d. Portal

Portal terdiri dari kolom dan balok. Portal sendiri mempunyai kemampuan untuk menahan

beban lateral tergantung pada kekakuan dari sambungan balok-kolom dan kapasitas momen penahan dari masing-masing elemen. Sistem ini biasanya dikenal dengan portal kaku, karena pada masing-masing ujung elemen portal disambung kaku untuk memastikan semua elemen akan bergerak seragam jika bereaksi pada beban. Pada sistem yang menggunakan pelat, pelat akan menggantikan peran balok.

e. Atap

Atap adalah elemen struktur yang berfungsi melindungi bangunan beserta apa yang ada di dalamnya dari pengaruh panas dan hujan. Bentuk atap tergantung dari beberapa faktor, misalnya: iklim, arsitektur, modelitas bangunan, dan sebagainya dan menyerasikannya dengan rangka bangunan.

Beton

Beton merupakan bahan dari campuran antara portland cement, agregat halus (pasir), agregat kasar (kerikil), air dengan tambahan adanya rongga-rongga udara. Campuran bahan-bahan pembentuk beton harus ditetapkan sedemikian rupa, sehingga menghasilkan beton basah yang mudah dikerjakan, memenuhi kekuatan tekan rencana setelah mengeras dan cukup ekonomis.

Beton tidak dapat menahan gaya tarik melebihi nilai tertentu tanpa mengalami retak retak. Untuk itu, agar beton dapat bekerja dengan baik dalam suatu sistem struktur, perlu dibantu dengan memberinya perkuatan penulangan yang terutama akan mengemban tugas menahan gaya tarik yang bakal timbul didalam sistem (Dipohusodo, 1994).

Beton Bertulang

Beton bertulang merupakan beton yang ditulangi dengan luas dan jumlah tulangan yang tidak kurang dari nilai minimum, yang disyaratkan dengan atau tanpa prategang, dan direncanakan berdasarkan asumsi bahwa kedua material bekerja bersama-sama dalam menahan gaya yang bekerja.

Beton bertulang digunakan untuk meningkatkan kinerja beton yang lemah terhadap gaya tarik. Kemampuan menahan beban serta deformasi yang terjadi pada beton bertulang sebagai material komposit sangat dipengaruhi oleh perilaku elemen-elemennya, yaitu beton dan tulangan baja, juga

perilaku dan interaksi antara beton dan baja. Kinerja beton bertulang antara lain juga ditentukan oleh lekatan antara tulangan baja dan beton yang akan menghasilkan material komposit yang daktail sehingga mampu mnyalurkan gaya tarik. Seperti halnya pada beton, kurva tegangan-regangan baja sangat menentukan kinerja tulangan baja. Dalam kurva tegangan-regangan baja, dua parameter yang menjadi tolak ukur adalah titik leleh (yield point) yang umumnya identik dalam tekan maupun tarik, serta modulus elastisitas (E.).

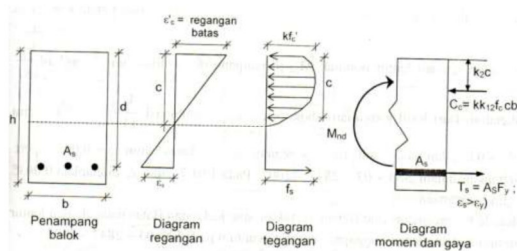
Beberapa perilaku beton bertulang secara mendasar dapat dijelaskan sebagai berikut:

1. Gaya dalam misalnya momen lentur, gaya geser, tegangan normal dan geser di setiap bagian elemen struktur memiliki keseimbangan dengan gaya eksternal pada bagian tersebut.
2. Regangan pada tulangan baja yang tertanam baik tarik maupun tekan adalah sama dengan regangan beton di sekitarnya. Diasumsikan bahwa terdapat lekatan sempurna antara tulangan baja dan beton sehingga tidak terjadi selip. Dengan demikian, bila salah satu materi berdeformasi, maka materi lain akan berdeformasi pula.
3. Penampang yang datar pada saat sebelum pembebanan akan tetap datar pada saat pembebanan.
4. Kuat tarik pada beton sangat kecil dibandingkan kuat tekannya sehingga pada bagian tarik biasanya terjadi retak. Pada elemen struktur yang didesain dengan baik, biasanya terjadi retak rambut yang tidak terlalu kasat mata. Namun kenyataan bahwa beton yang retak tidak dapat menahan tegangan tarik membawa kesimpulan umum bahwa beton tidak dapat menahan tarik. Sesungguhnya, kesimpulan ini tidak sepenuhnya benar, karena beton sebelum mengalami retak masih dapat menahan tarik meski dalam kapasitas yang amat kecil.
5. Teori ini didasarkan pada relasi tegangan-regangan aktual dan sifat-sifat dari kekuatan kedua bahan tersebut (beton dan baja) serta beberapa simplifikasi yang secara ekivalen cukup beralasan. Pada teori modern, perilaku non linier dikedepankan, dengan demikian beton akan menjadi sangat tidak efektif memikul gaya tarik. Dengan demikian,

lekatan antara beton dan baja akan menjadi sangat kompleks dalam perhitungan analisis. Analisis ini akan tampak jauh lebih menantang dibandingkan analisis dari elemen struktur beton bertulangan tunggal yang diasumsikan sebagai material elastis.

Analisis yang berdasar pada kelima perilaku di atas harus dikembangkan dengan penelitian dan uji eksperimental untuk mengakomodasi perilaku lekatan beton dan baja yang lebih rumit dan memerlukan kajian yang mendalam.

Ketentuan hubungan regangan-tegangan dengan beban batas/terfaktor pada penampang persegi empat dengan tulangan tunggal adalah seperti Gambar 2.1. Kekuatan maksimum pada serat beton dicapai bila regangan pada serat beton sama dengan regangan hancur E beton sebesar 0,003. Pada kondisi terjadi regangan hancur, regangan dalam baja tulangan A, dapat lebih kecil atau lebih besar dari regangan batas baja tulangan, bergantung pada luas tulangan baja. Untuk tulangan tarik yang dipasang berakibat tulangan akan leleh lebih dahulu sebelum keruntuhan beton (keruntuhan daktail atau tulangan lemah), maka SNI2847-2019 membatasi jumlah tulangan tarik untuk menjamin terjadi keruntuhan daktail.



Gambar 3. 1 Tegangan-Regangan Lentur Penampang Persegi Empat (Nasution Amrinsyah,2009)

Beban Statis

a. Beban Mati

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 yang tak terpisahkan dari gedung tersebut (PPPURG, 1987). Adapun beban mati yang

digunakan adalah sebagai berikut:

- Berat jenis beton = 2400 Kg/m³
- Dinding pasangan setengah bata merah = 250 Kg/m²
- Spesi lantai keramik = 21 Kg/m³
- Penutup lantai keramik = 24 Kg/m³
- Plafond + penggantung = 18 Kg/m²
- Berat Partisi = 200 Kg/m²
- Berat Waterproofing = 2200 Kg/m²
- Mekanikal – elektrik – plumbing = 20 Kg/m²

b. Beban Hidup

Beban hidup adalah semua beban yang terjadi akibat penghunian atau penggunaan suatu gedung, termasuk beban-beban pada lantai yang berasal dari barang-barang yang dapat berpindah dan termasuk beban akibat air hujan pada atap (PPPURG, 1987). Adapun beban hidup yang digunakan adalah sebagai berikut:

- Beban hidup lantai = 250 Kg/m²
- Beban hidup atap = 100 Kg/m²

METODOLOGI PENELITIAN

Pada Penelitian ini digunakannya acuan dari SNI 03-2847-2019 sebagai perhitungan penulangan kolom dan balok. Sebelum melakukan perhitungan penulangan kolom dan balok, maka perlu melakukan pengumpulan data sebagai bahan untuk membuat laporan.

a. Tulangan Utama Balok

Berdasarkan SNI 03-2847-2019, untuk nilai-nilai Tulangan utama balok yang harus ditentukan untuk mendapatkan dimensi tulangan tersebut adalah sebagai berikut:

1. Menentukan Mu (momen negatif max. di tumpuan)
2. Menentukan ρbalance

$$\rho_{balance} (\rho_b) = \frac{0,85 \times \beta \times f_c'}{f_y} \left(\frac{600}{600+f_y} \right) \quad (2.1)$$

3. Menentukan ρmin

$$\rho_{min} = \left(\frac{1,4}{f_y} \right) \quad (2.2)$$

4. Menentukan ρmax

$$\rho_1 = 0,5 \times \rho_b \quad (2.3)$$

5. Menentukan As min

$$As_{min} = \rho_{min} \times b \times d \quad (2.4)$$

6. Menentukan nilai a

$$a = As_{min} \times f_y / 0,85 \times f'_c \times B \quad (2.5)$$

7. Menentukan nilai Mn

$$Mn_{min} = As \times f_y d - a^2 \quad (2.6)$$

8. Menentukan Mn2

$$Mn_{perlu} = Mu - Mn1 \quad (2.7)$$

9. Cek tulangan tekan

$$\rho1 \geq \frac{0,85 \times \beta \times f'_c \times d'}{f_y \times d} \left(\frac{600}{600 - f_y} \right) \quad (2.8)$$

10. Menentukan As' perlu

$$As'_{perlu} = \frac{Mn2}{f_{s'}(d-d')} \quad (2.9)$$

11. Menentukan As perlu

$$As_{perlu} = As_{min} + As'_{perlu} \quad (2.10)$$

12. Menentukan Luas Tulangan

$$Luas\ Tulangan = 14\pi \times D \times t_{ul}^2 \quad (2.11)$$

13. Menentukan As Terpasang Tarik

$$As_{Terpasang\ Tarik} = \frac{Luas\ Tulangan}{Jumlah\ Tulangan} \quad (2.12)$$

14. Menentukan As Terpasang Tekan

$$As_{Terpasang\ Tekan} = \frac{Luas\ Tulangan}{Jumlah\ Tulangan} \quad (2.13)$$

Catatan: syarat As Terpasang > As perlu Memenuhi syarat!!!

Ada beberapa Syarat untuk balok yang perlu uji berdasarkan SNI 2847:2019 dalam gaya tekan aksial yang hasilnya bisa di dapat melalui simulasi SAP2000. persyaratan sebagai berikut.

$$Gaya\ Aksial\ Balok\ (Pu) < \frac{Ag \cdot f'_c}{10} \quad (2.14)$$

$$4 \times \text{Tinggi Efektif Balok } (d) < \text{Bentang bersih balok } (Ln) \quad (2.15)$$

$$B\ balok < (0,3 \times h) + 250\ mm \quad (2.16)$$

$$B\ balok < \text{Lebar Kolom} + (0,75 \times \text{panjang kolom}) \quad (2.17)$$

b. Tulangan Geser Balok

untuk nilai-nilai ttulangan geser balok yang harus ditentukan untuk mendapatkan dimensi tulangan tersebut adalah sebagai berikut :

a. Menentukan Vu

$$Vu = \frac{1}{2} (qu \cdot L) \quad (2.18)$$

b. Menentukan Vc

$$Vc = 0,17 \phi \sqrt{f'_c} \cdot b \cdot d \quad (2.19)$$

c. Menentukan zona

$$\text{Zona 2} \rightarrow \frac{1}{2} \cdot \phi \cdot Vc \leq Vu \leq \phi \cdot Vc \quad (2.20)$$

$$\text{Zona 3} \rightarrow \phi \cdot Vc \leq Vu \leq \phi \cdot (Vc + 0,33 \sqrt{f'_c} \cdot bw \cdot d) \quad (2.21)$$

$$\text{Zona 4} \rightarrow \phi \cdot (Vc + 0,33 \sqrt{f'_c} \cdot bw \cdot d) \leq Vu \leq \phi \cdot (Vc + 0,66 \sqrt{f'_c} \cdot bw \cdot d) \quad (2.22)$$

Catatan: syarat S Terpasang \geq S perlu Memenuhi syarat!!!

c. Tulangan Utama Kolom

untuk nilai-nilai Tulangan utama balok yang harus ditentukan untuk mendapatkan dimensi tulangan tersebut adalah sebagai berikut :

a. Mencari As Perlu:

$$As_{perlu} = p \cdot b \cdot d \quad (2.23)$$

b. Menentukan Luas Tulangan:

$$L\ Penampang\ Tulangan = \pi \cdot \frac{D^2}{4} \quad (2.24)$$

c. Menentukan As Terpasang:

$$As_{terpasang} = L\ penampang\ tulangan \cdot n\ tulangan \quad (2.25)$$

Catatan: syarat A_s Terpasang $>$ A_s perlu Memenuhi syarat!!!

Syarat-syarat untuk Kolom yang perlu di uji berdasarkan SNI 2847:2019 Pasal 18.4.3.6) dalam gaya aksial terfaktor maksimum tidak boleh melebihi dari rumus yang telah dijadikan syarat tersebut:

$$\text{Gaya Aksial} \geq b \cdot h \cdot f_c' / 10 \quad (2.26)$$

Dan Kolom juga harus memenuhi persyaratan sebagai berikut:

$$b \geq 300 \quad (2.27)$$

$$b/h \geq 0,4 \quad (2.28)$$

$$0,06 \geq \frac{A_s \text{ terpasang}}{b \cdot h} \geq 0,01 \quad (2.29)$$

d. Tulangan Geser Kolom

untuk nilai-nilai Tulangan utama balok yang harus ditentukan untuk mendapatkan dimensi tulangan tersebut adalah sebagai berikut :

a. Menentukan V_c :

$$V_c = \left(1 + \frac{N_u}{14 \cdot A_g}\right) \cdot \left(\frac{1}{6} \cdot \sqrt{f_c'}\right) \cdot b \cdot d \quad (2.30)$$

b. Menentukan Kuat Geser tereduksi beton:

$$\phi \cdot V_c \geq V_u \quad (2.31)$$

c. Menentukan V_s :

$$V_s = V_u - \phi \cdot V_c \quad (2.32)$$

d. Menentukan V_s terpasang:

$$A_v = 6 \cdot \frac{1}{4} \cdot \pi \cdot 10 \quad (2.33)$$

$$s = \frac{A_v \cdot f_y \cdot d}{V_s} \quad (2.34)$$

$$V_s \text{ terpasang} = \frac{A_v \cdot f_y \cdot d}{s} \quad (2.35)$$

Catatan: syarat V_s Terpasang $>$ V_s Memenuhi syarat!!!

ANALISA DAN PEMBAHASAN

Spesifikasi Balok dan Kolom

Salah satu contoh Spesifikasi balok dan kolom yang di analisis ada pada tabel 1 dan tabel 2 berikut.

Tabel 1 Spesifikasi balok

Posisi	Tumpuan	Lapangan	Tumpuan
Dimensi	300 x 600		
Atas	7D19	4D19	7D19
Bawah	4D19	7D19	4D19
Senggang	D10-100	D10-150	D10-100

Tabel 2 Spesifikasi Kolom

Posisi	Tumpuan	Lapangan	Tumpuan
Dimensi	600 x 600		
Tulangan utama	20D19		
Hook	D10-300		
Senggang	D10-100	D10-150	D10-100

Perhitungan Tulangan Utama dan Geser Balok

Bentang (L)	: 6000 mm
Bentang bersih balok (Ln)	: 5400 mm
P. kolom tegak lurus balok (cl)	: 600 mm
L. kolom tegak lurus balok (c2)	: 600 mm
Tebal Selimut	: 30 mm
Kuat tekan Beton (f_c)	: 400 Mpa
Kuat leleh baja tulangan (f_y)	: 29.05 Mpa
Gaya Aksial Balok (P_u)	: 41.882 mm
Koefisien Whitney (β_1)	: 0.8425
((Tabel 22.2.2.4.3) SNI 2847-2019)	
Faktor Reduksi momen (ϕ)	: 0.9 ((Tabel 21.2.1) SNI 2847-2019)
Faktor Reduksi Geser (ϕ)	: 0.75((Tabel 21.2.1) SNI 2847-2019)

Tulangan Utama Balok

Beban Mati berupa berat sendiri

$$q_{DL} = b \cdot h \cdot \text{Beban mati}$$

$$= 3.6108 \text{ KN/m}$$

Beban Ultimate,

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

$$= 8.33296 \text{ KN/m}$$

Momen Ultimate

$$= 249989 \text{ N}$$

$$\text{Mu} = \frac{1}{8} \cdot qu \cdot Ln^2$$

$$= 30.3736 \text{ KNm}$$

$$V_c = 0,17\phi\sqrt{f'c} \cdot b \cdot d$$

$$= 117511 \text{ N}$$

Hitung

$$\text{As}' = \text{As}2 = \frac{Mn_2}{f_{st} \cdot (d-d')}$$

$$= -457.6 \text{ mm}^2 \text{ (As' Perlu)}$$

$$\text{As} = \text{As}1 + \text{As}2 = 140.9 \text{ mm}^2 \text{ (As perlu)}$$

Menghitung As yang terpasang pada G2

$$\begin{aligned} \text{As terpasang Tulangan Tarik} \\ = \text{Luas tulangan} \times \text{Jumlah tulangan} \\ = 1701.9 \text{ mm} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \text{As terpasang tumpuan bawah} \\ = \text{Luas tulangan} \times \text{Jumlah tulangan} \\ = 850.93 \text{ mm} \end{aligned}$$

Syarat Aksial Bersarkan SNI 2847:2019 Pasal R18.6.1:
Gaya Aksial Balok

$$41882 < 522900 \quad \text{OK}$$

Syarat Tinggi Efektif Berdasarkan SNI 2478:2019 Pasal R18.6.1:
4 x Tinggi Efektif Balok (d) < Bentang bersih balok (Ln)

$$2280 < 5400 \quad \text{OK}$$

Syarat Lebar 1 SNI 2478:2019 Pasal 18.6.2.1:
b balok < (0.3 x h) + 250 mm

$$300 \text{ mm} < 430 \text{ mm} \quad \text{OK}$$

Syarat Lebar 2 SNI 2478:2019 Pasal 18.6.2.1:
b balok < Lebar kolom + (0,75 x Panjang Kolom)

$$300 \text{ mm} < 1050 \text{ mm} \quad \text{OK}$$

Tulangan Geser Balok

$$\begin{aligned} V_u &= \frac{1}{2} (qu \cdot L) \\ &= 24999 \text{ Kg/m} \end{aligned}$$

Syarat perlu di perhatikan:

- Zona III, Jika $\phi V_c < V_u < \phi(V_c + 0,33\sqrt{f'c} \cdot bw \cdot d)$ Tul geser minimum maka pakai tulangan geser
- $S1 \leq 0,5 d$
- $S2 \leq 600 \text{ mm}$

$$\begin{aligned} \phi(V_c + 0,33\sqrt{f'c} \cdot bw \cdot d) &= 316243,451 \text{ N} \\ \text{(Dipakai)} \\ \phi V_c &= 115207,086 \text{ N} \end{aligned}$$

Jadi, terletak pada zona III
maka menggunakan rumus di bawah ini:

- $S1 \leq 0,5 d$
- $S2 \leq 600 \text{ mm}$

Menghitung S perlu tulangan geser balok:

$$S1 \leq 285 \text{ mm}$$

Menghitung Spasi Max Tulangan geser balok:

$$S2 = 600 \text{ mm}$$

Catatan: syarat S Terpasang \geq S perlu Memenuhi syarat!!!

Spasi sengkang terpasang :

$$\begin{aligned} \text{Tumpuan} = 100 \text{ mm} &\leq \text{Spasi min} = 285 \\ \text{mm} \dots(\text{OK}) \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \text{Lapangan} = 150 \text{ mm} &\leq \text{Spasi min} = 285 \\ \text{mm} \dots(\text{OK}) \end{aligned}$$

Analisis Tulangan Utama Kolom

$$\begin{aligned} \text{Tinggi kolom (L)} &= 4.800 \text{ mm} = 480 \\ \text{cm} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \text{Sisi pendek kolom (b)} &= 600 \text{ mm} = 60 \text{ cm} \\ \text{Sisi panjang kolom (h)} &= 600 \text{ mm} = 60 \text{ cm} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \text{Beton Decking (ds)} &= 50 \text{ mm} \\ \text{Tebal Efektif (d)} &= 550 \text{ mm} \end{aligned}$$

$$A_g = 360.000 \text{ mm}^2$$

$$\text{Kaki tulangan sengkang} = 6$$

$$\text{Kuat tekan Beton (f'c)} = 29,05 \text{ Mpa}$$

$$\text{Kuat leleh baja tulangan (fy)} = 390 \text{ Mpa}$$

Gaya aksial (P_u) = 2.161,95 kN
(hasil analisis SAP2000)
Gaya geser (V_u) = 38,443 kN (hasil analisis SAP2000)
Gaya momen (M_u) = 198,982 kN/m
(hasil analisis SAP2000)

Mencari As perlu :

$$e_{o1} = \frac{M}{P} = \frac{1.180,29}{28.625,57} = 0,04 = 4,12 \text{ cm}$$

$$e_{o2} = \frac{1}{30} h = \frac{30}{30} = 1 \text{ cm}$$

$$e_o = e_{o1} + e_{o2} = 5,12 \text{ cm}$$

$$\frac{e_o}{h} = \frac{5,12}{30} = 0,17 \text{ cm}$$

$$C_2 = 7,24 \quad C_1 = 1 \text{ (1 kolom segi empat, 1.15 kolom bulat)}$$

$$e_1 = C_1.C_2 (L / 100.h)^2 . h = 1 . 7,24 (480 / 100 . 30)^2 . 30 = 5,559 \text{ cm}$$

$$e_2 = 0,15 . h = 4,50 \text{ cm}$$

$$e_u = e_o + e_1 + e_2 = 5,12 + 5,559 + 4,50 = 15,18 \text{ cm}$$

$$e_{au} = e_u + (1/2 . h) = 15,18 + 15 = 30,18 \text{ cm}$$

$$P.e_{au} = 28.625,57 . 30,18 = 863.976,55 \text{ kg.cm}$$

$$m = \frac{f_c}{(0,85 . f_y)} = \frac{390}{(0,85 . 29,05)} = 15,79$$

$$R_n = \frac{M}{(\phi . b . d^2)} = \frac{86.397.655}{(0,85 . 300 . 250 . 250)} = 5,421$$

$$p = \frac{(1/m) . (1 - \sqrt{(2 . R_n . m) / f_y})}{(1/15,79)} . (1 - \sqrt{(2 . 5,421 . 15,79) / 390}) = 0,01590$$

$$\text{As perlu} = p . b . d = 0,02394 . 600 . 550 = 7901,56 \text{ mm}^2$$

Perhitungan As terpasang pada kolom :

Dipasang tulangan 20 D 19

$$\text{Luas penampang tulangan} = \pi . D^2 / 4$$

$$= 22/7 . 19^2 / 4$$

$$= 283,642 \text{ mm}^2$$

$$\text{As terpasang} = L \text{ penampang tul} \times N \text{ tulangan}$$

$$= 283,642 . 20$$

$$= 7972,857 \text{ mm}^2$$

$$\text{Syarat As terpasang} \geq \text{As perlu} = 7972,857 \text{ mm}^2 \geq 7901,56 \text{ mm}^2 \text{ (OK)}$$

Syarat gaya dan geometri :

Gaya aksial terfaktor maksimum yang bekerja harus $\geq b . h . f_c' / 10$ (SNI 2847:2019 Pasal 18.4.3.6)

$$= P_u . 1000 = 2161,95 . 1000 = 2161950 \text{ N}$$

$$= b . h . f_c' / 10 = 600 . 600 . 29,05 / 10 = 1045800 \text{ N}$$

$$= P_u . 1000 \geq b . h . f_c' / 10 = 2.161.950 \text{ N} \geq 1045800 \text{ N (OK)}$$

Sisi terpendek penampang $\geq 300 \text{ mm}$ (SNI 2847:2019 Pasal 18.7.2.1)

$$= b \geq 300 = 600 \geq 300 \dots \text{(OK)}$$

Rasio dimensi penampang $\geq 0,4$ (SNI 2847:2019 Pasal 18.7.2.1)

$$= b / h \geq 0,4$$

$$= 600 / 600 \geq 0,4 \quad 1 \geq 0,4 \dots \text{(OK)}$$

Cek rasio tulangan :

$0,06 A_g \geq$ luas tulangan longitudinal $A_{st} \geq 0,01 A_g$ (SNI 2847:2019 Pasal 18.7.4.1)

$$A_{st} = \text{As terpasang} / b \times h = 7972,857 / 600 . 600 = 0,0221 A_g \dots \text{(OK)}$$

Analisis Tulangan Sengkang Kolom

Kuat geser nominal :

Rumus kuat geser nominal berdasarkan (SNI 2847:2019 Pasal 22.5.6.1)

$$V_c = (1 + N_u / (14 . A_g)) . (1/6 . \sqrt{f_c'}) b . d$$

$$V_c = (1 + 2161950 / (14 . 360000)) . (1/6 . \sqrt{29,05}) 600 . 550$$

$$= 423,599 \text{ kN}$$

Kuat geser tereduksi beton :

$$\phi . V_c = 0,75 . 423,599$$

$$V_c \geq V_u = 317,699 \text{ kN} \geq 38,443 \text{ kN} \dots \text{(OK)}$$

$$V_s = (V_u - V_c) / \phi$$

$$= (38,443 - 317,699) / 0,75$$

$$= 372,34 \text{ kN}$$

Digunakan tulangan diameter 10 mm

$$A_v = 6 . (1/4 . \pi . 10)$$

$$= 6 . (1/4 . 22/7 . 10)$$

$$= 471,42 \text{ mm}^2$$

$$s = (Av.fy.d) / V_s$$

$$= (471,42 \cdot 390 \cdot 550) / 372,34$$

$$= -271582,07 \text{ mm}^2$$

Rumus kekuatan geser tulangan badan (V_s) berdasarkan (SNI 2847:2019 Pasal 11.5.4.8)

$$V_s \text{ terpasang} = (Av.fy.d) / s$$

$$= (471,42 \cdot 390 \cdot 550) / -271582,07$$

$$= 674,142 \text{ kN}$$

$$\text{Syarat } V_s \text{ terpasang} \geq V_s = 674,142 \text{ kN} \geq 372,34 \text{ kN (OK)}$$

Cek spasi :

$$S1 = 16 \times 19 = 304 \text{ mm (16 x Diameter tulangan Longitudinal)}$$

$$S2 = 48 \times 10 = 480 \text{ mm (48 x Diameter tulangan Sengkang)}$$

$$S3 = 600 \text{ mm (Sisi terpendek penampang)}$$

$$\text{Spasi min} = 304 \text{ mm (Dipilih terpendek)}$$

Spasi sengkang terpasang :

$$\text{Tumpuan} = 100 \text{ mm} \leq \text{Spasi min} = 304 \text{ mm (OK)}$$

$$\text{Lapangan} = 150 \text{ mm} \leq \text{Spasi min} = 304 \text{ mm (OK)}$$

$$\text{Tul. Hook} = 300 \text{ mm} \leq \text{Spasi min} = 304 \text{ mm (OK)}$$

KESIMPULAN

Berdasarkan penelitian dan analisis yang telah dilakukan, dapat disimpulkan sebagai berikut:

1. Penulangan utama pada balok berdimensi penampang 600 x 300 dengan tulangan atas 7D19, tulangan bawah 4D19, dan pada kolom berdimensi 600 x 600 dengan tulangan utama 20D19 telah memenuhi syarat yang di tentukan.
2. Penulangan geser pada balok berdimensi 600 x 300 dengan sengkang tumpuan D10-100 dan sengkang lapangan D10-150; pada kolom berdimensi 600 x 600 dengan sengkang tumpuan D10-100, sengkang lapangan D10-150, dan Hook D10-300 telah memenuhi syarat yang di tentukan.

DAFTAR PUSTAKA

1. Badan Standardisasi Nasional. 2003. Standar Nasional Indonesia Tata Cara Perencanaan Ketahanan Gempa untuk Bangunan Gedung SNI-1726- 2003.
2. Departemen Pekerjaan Umum. 1983. Peraturan Pembebanan Indonesia Untuk Gedung (PPIUG 1983). Jakarta: Yayasan Badan Pekerjaan Umum
3. Departemen Pekerjaan Umum. 1987. Pedomann Perencanaan Pembebanan Indonesia Untuk Rumah Dan Gedung (PPPURG 1987). Jakarta: Yayasan Badan Pekerjaan Umum
4. Badan Standarisasi Nasional. 2019. SNI 2847:2019 Tentang Persyaratan beton Struktural untuk bangunan gedung. Jakarta: BSN
5. Dispohusodo, Istimawan. 1994. Struktur Beton Bertulang. Jakarta: Gramedia Pustaka Utama
6. Nasution, A.2009. Analisi dan Desain Struktru Beton Bertulang. Bandung: ITB