

PERENCANAAN ULANG STRUKTUR KOMPOSIT GEDUNG LABORATORIUM TEKNOLOGI TERPADU – PNP

Della Rifati¹⁾,

Universitas Bung Hatta

dillalrifalti@gmail.com

Khadavi²⁾

Universitas Bung Hatta

khadavi@bunghatta.ac.id

ABSTRAK

Penggunaan baja sebagai material struktur bangunan di Indonesia masih belum meluas seperti di negara-negara lain, khususnya di kota Padang. Bila menggunakan struktur baja biasa, penampang baja yang diperlukan akan lebih besar. Berbeda bila menggunakan struktur komposit, maka akan diperoleh penghematan berat baja. Dalam tulisan ini direncanakan struktur komposit dari sebuah gedung fasilitas pendidikan 5 lantai yang terletak di Jl. Limau Manis Kota Padang. Struktur komposit mencakup struktur atas (pelat lantai, balok dan kolom). Beban gempa dihitung dengan metoda respon spektrum dimana meninjau respon struktur terhadap beban dinamis dan sesuai dengan peraturan gempa terbaru, yaitu SNI 03-1726-2019. Dari peta respon spektra, diperoleh respon spektra periode pendek (S_s) = 1,1245 g dan periode 1 detik (S_1) = 0,5737 g, Kota Padang termasuk dalam kategori desain seismik “D”. Design Base Shear (V) diperoleh sebesar 4836,12 kN. Dari hasil perhitungan diperoleh ketebalan pelat 14 cm dengan memakai *union floordeck W-1000*, balok induk memakai profil IWF 400.200.8.13 dan balok anak IWF 350.175.7.11, dimensi kolom 600x600 mm dengan profil H-Beam 350.350.12.19 di dalamnya. Adapun struktur bawah digunakan sloof 40x80 cm, pondasi memakai 4 pondasi tiang $\Phi 40$ cm (per titik) dengan kedalaman 6 m dan pilecap 2,2 x 2,2 x 0,7 m.

Kata kunci : Struktur komposit, baja-beton, *floordeck*

ABSTRACT

The use of steel as a structural material in Indonesia is still not as widespread as in other countries particularly in the city of Padang. When using ordinary steel structures, steel section required will be larger. When using composite structures, it will obtain a weight saving of steel. In this paper, planned composite structure of a 5-story educational facility building is planned located on Jl. Limau Manis, Padang city. Composite structures include upper structures (floor slabs, beams and columns). Earthquake loads are calculated using the response spectrum method, which examines the structural response to dynamic loads and is in accordance with the latest earthquake regulations, that is SNI 03-1726-2019. From spectral respon map, obtained that the short period spectral respon (S_1) = 1,1245 g dan periode 1 detik (S_1) = 0,5737 g. Padang City classified seismic design category “D”. Design Base Shear (V) obtained 4836,12 kN. From the calculations, the plate thickness is 14 cm by using union floordeck W-1000, primary beam using IWF 400.200.8.13 and secondary beam using IWF 350.175.7.11 profile, dimensions of column is 600x600 mm with H-Beam profile 350.350.12.19 inside. The bottom structure is used sloof 40x80 cm, 4 pile

foundation $\Phi 40$ cm (per point) with 6 m depth and used pilecap $2.2 \times 2.2 \times 0,7$ m.

Keywords : *composite structure, steel-concrete, floordeck*

PENDAHULUAN

Penggunaan baja sebagai material struktur bangunan di Indonesia masih belum meluas seperti di negara-negara lain, khususnya di kota Padang. Perencanaan struktur baja umumnya masih menggunakan struktur baja konvensional.

Perpaduan antara baja profil dengan beton yang digabung bersama untuk memikul beban tekan dan lentur disebut struktur komposit. Keistimewaan yang nyata dari sistem komposit (*Charles G. Salmon, 1991*) adalah :

- 1) Penghematan berat baja
- 2) Penampang balok baja yang digunakan lebih kecil
- 3) Kekakuan lantai meningkat
- 4) Kapasitas menahan beban lebih besar
- 5) Panjang bentang untuk batang tertentu dapat lebih besar

Dalam tugas akhir ini akan dibuat contoh perencanaan sebuah gedung fasilitas pendidikan 5 lantai yang terletak di Jl. Limau Manis, Kota Padang dengan struktur baja komposit yang ditujukan dapat menahan beban gempa yang terjadi, sesuai dengan peraturan – peraturan dalam *SNI 03-1729-2019*.

Tujuan dari penyusunan Tugas Akhir ini adalah :

1. Mendesain ulang dimensi struktur atas bangunan dengan tipe balok komposit dan kolom komposit, serta pelat lantai komposit.
2. Menghitung dan menganalisa struktur komposit yang mampu menahan beban gempa dan memenuhi persyaratan keamanan struktur.

Adapun manfaat dari penulisan tugas akhir ini adalah sebagai berikut :

1. Dapat merencanakan struktur komposit yang memenuhi persyaratan keamanan struktur.
2. Hasil perencanaan ini dapat dijadikan acuan untuk perencanaan bangunan dengan struktur komposit selanjutnya.
3. Penelitian ini juga dapat menjadi acuan perbandingan dalam perencanaan bangunan antara beton bertulang dan beton komposit.

METODOLOGI PENULISAN

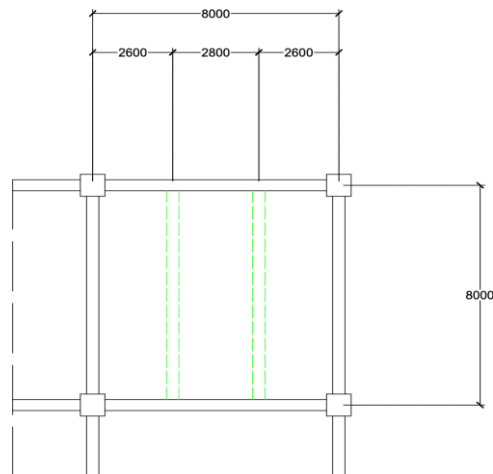
Metodologi penulisan dalam tugas akhir ini, yaitu dilakukan dengan metode survey lapangan, studi pustaka atau studi literatur dengan mengumpulkan informasi, data – data, dan keterangan dari buku-buku, standar, peraturan atau pedoman perencanaan yang relevan, ditambah dengan masukan dari dosen pembimbing.

HASIL

A. Pelat Komposit

Pelat komposit adalah struktur pelat beton yang memakai dek baja (*floordeck* atau *bonedek*), dimana dek baja berfungsi sebagai bekisting tetap sekaligus sebagai tulangan yang menahan momen positif. Pelat komposit ini biasanya digunakan pada proyek-proyek yang besar dan membutuhkan waktu penyelesaian yang cepat.

Dalam tugas akhir ini, pelat komposit direncanakan menggunakan Union floordeck W-1000 dari PT. Union Metal, Bekasi dengan tebal 0,7 mm.



Gambar 1. Denah Pelat

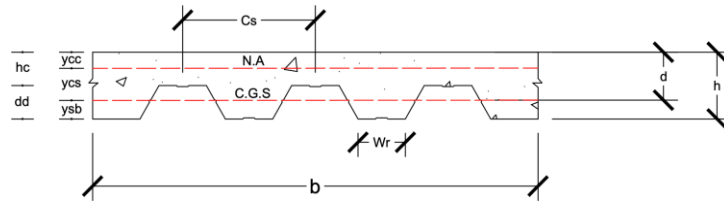
Berdasarkan SNI 03-1729-2020, tebal minimal beton di atas gelombang *floordeck* adalah 50 mm. Dalam tugas akhir ini, dicoba dengan ketebalan 90 mm, sehingga total tebal pelat komposit menjadi 140 mm.

Momen Inersia pelat komposit perlu dihitung untuk mengetahui kekuatan pelat komposit dalam menahan lendutan. Momen inersia pelat komposit yang dihitung adalah momen inersia *cracked section* (I_c) dan momen inersia *uncracked section* (I_u). Rata – rata dari keduanya merupakan momen inersia desain (I_d) yang digunakan dalam kontrol lendutan.

$$I_c = \frac{b}{3n}(y_{cc})^3 + A_s(y_{cs})^2 + I_s$$

$$I_u = \frac{b(h_c)^3}{12n} + \frac{bh_c}{n}(y_{uc} - 0.5h)^2 + \frac{w_r b d d}{nC_s} - \frac{(dd)^2}{12} + (h - y_{uc} - 0.5d)^2 / + I_s + A_s(y_{us})^2$$

$$I_d = \frac{I_c + I_u}{2}$$



Gambar 2. Penampang Pelat Komposit

Untuk mengetahui ketahanan pelat komposit dalam menahan momen yang terjadi, terlebih dahulu pelat komposit digolongkan pada pelat *under reinforce* atau pelat *over reinforce* yang tergantung pada rasio besarnya tekanan (c/d) dari pelat. Perbandingan tersebut adalah:

$$(c/d)_b = \frac{711(h - dd)}{(711 + f_y)d}$$

$$(c/d) = \frac{\phi_s A_s f_y}{\alpha_1 \phi_c f'_c d b \beta_1}$$

Hasil perhitungan menunjukkan bahwa pelat tergolong *under reinforce*. Adapaun hasil kontrol adalah sebagai berikut :

- Kontrol terhadap lendutan :

$$- \delta = 8,25 \text{ mm}$$

$$- \delta_{izin} = 22,22 \text{ mm}$$

Syarat :

$$\delta < \delta_{izin}$$

$$8,25 \text{ mm} < 22,22 \text{ mm} \dots\dots\dots \text{OK}$$

- Kontrol terhadap momen :

$$- M_u = 25,918 \text{ KNm}$$

$$- M_{ru} = 42,044 \text{ KNm}$$

Syarat :

$$\mu_u < \mu_{ru}$$

$$25,918 < 42,044 \dots \text{OK}$$

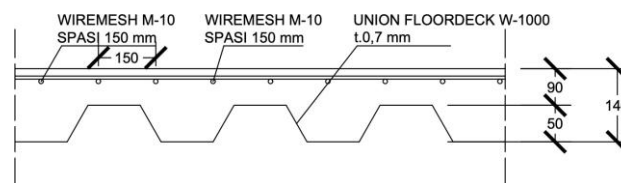
Tulangan pada pelat direncanakan menggunakan wiremesh. Untuk menghitungnya, pertama luas tulangan dengan perhitungan tulangan pelat konvensional. Setelah didapat luas tulangan yang diperlukan (A_s konvensional), selanjutnya dikonversikan ke luas tulangan wiremesh dengan formula berikut :

$$A_s \text{ JKBL Union (U-50)} = A_s \text{ Tulangan Biasa (U-24)} \times \frac{F_y(U-24)}{F_y(U-50)}$$

Dari hasil perhitungan diperoleh wiremesh yang dipakai :

- arah x : $\Phi 10 - 150$
- arah y : $\Phi 10 - 150$

Berikut ini adalah gambar hasil perhitungan pelat komposit :



Gambar 3. Pelat komposit dengan wiremesh

B. Struktur Aman Gempa

Beban gempa dalam tugas akhir ini dihitung dengan metode analisis respon spektrum yang berdasarkan SNI 03-1726-2019.

Dari analisa beban gempa diperoleh parameter – parameter sebagai berikut :

- Kategori resiko bangunan : IV
- Faktor keutamaan (I_e) : 1,50
- Klasifikasi situs : B
- Respon Spektra percepatan
 - Periode pendek (S_s) : 1,1245g
 - Periode 1 dt (S_1) : 0,5737g
- Koefisien Situs

- Periode pendek (F_a) : 0,9
- Periode 1 dt (F_v) : 0,8
- Parameter Respon Percepatan
 - Periode pendek (S_{MS}) : 1,0121g
 - Periode 1 dt (S_{M1}) : 0,4590g
- Parameter percepatan Spektral Desain
 - Periode pendek (S_Ds) : 0,6747g
 - Periode 1 dt (S_1) : 0,306g
- Kategori Desain Seismik : D
- Koefisien R , C_d , dan Ω_0
 - R : 8
 - C_d : 3
 - Ω_0 : 5,5
- Periode Struktur Fundamental (T) : 0,69dt
- Koefisien Respon Gempa (C_s) : 0,1265
- Design Base Shear (V) : 4836,12 kN
- Distribusi Gaya Lateral (F_x) dan gaya horizontal (V_{story}) :

Tabel 1. Distribusi gaya horizontal

Lantai	F_x (N)	V_{story} (N)
5	717.787,19	717.787,19
4	1.654.296,25	2.372.083,44
3	1.246.996,89	3.619.080,33
2	842.464,89	4.461.545,22
1	374.571,58	4.836.116,80

C. Balok Komposit

Aksi komposit terjadi apabila dua batang struktural pemikul pemikul beban seperti pada pelat beton dan balok baja sebagai penyangganya dihubungkan secara menyeluruh dan mengalami defleksi sebagai satu kesatuan. (Salmon & Johnson, 1991)

Dalam perencanaan balok komposit, ada beberapa tahapan yang perlu diperhatikan :

- 1) Preliminary Design
- 2) Kontrol Stabilitas Penampang
- 3) Kontrol Kekuatan Balok
 - Sebelum Komposit
 - Setelah Komposit

Preliminary design dilakukan dengan memilih profil baja yang direncanakan. Dalam hal ini, profil baja yang dipilih adalah:

- Balok anak : IWF 350.175.7.11
- Balok induk arah x
IWF 450.200.9.14
- Balok induk arah y
IWF 450.200.9.14

Kontrol stabilitas penampang dilakukan pada sayap dan web dari profil baja, dengan rumusan sebagai berikut :

a. Pada sayap

$$\lambda_p = \frac{170}{\sqrt{f_y}} \quad \lambda_f = \frac{b_f}{2t_f}$$

dimana,

b_f : lebar flens

t_f : tebal flens

Bila $\lambda_f < \lambda_p$, maka dikategorikan penampang kompak, bila $\lambda_f > \lambda_p$, dikategorikan penampang tak kompak. Berikut ini adalah hasil perhitungan dari balok yang direncanakan :

Tabel 2. Hasil kontrol stabilitas pada sayap

Elemen	λ_p	λ_f	Ket
Balok Anak	7,95	10,97	Penampang Kompak
Balok Induk			Penampang
Arah x	7,14	10,97	Kompak
Balok induk			Penampang
arah y	7,14	10,97	Kompak

b. Pada Web

$$\lambda_p = \frac{1680}{\sqrt{f_y}} \quad \lambda_w = \frac{b_w}{2t_w}$$

dimana,

 b_w : lebar web t_w : tebal web**Tabel 3. Hasil kontrol stabilitas pada web**

Elemen	λ_p	λ_w	Ket
Balok Anak	108,44	42,86	Penampang Kompak
Balok Induk			Penampang
Arah x	108,44	42,89	Kompak
Balok induk			Penampang
arah y	108,44	42,89	Kompak

Untuk mengontrol kekuatan balok sebelum komposit, maka balok dikontrol terhadap kuat lentur, kuat geser dan lendutan yang terjadi.

- Kuat lentur

$$M_p = Z_x \cdot f_y$$

$$\text{Syarat : } \frac{M_u}{\phi} \leq M_p$$

 ϕ **Tabel 4. Hasil kontrol kuat lentur balok**

Elemen	Mu/ϕ (Nmm)	Mp (Nmm)	Ket
Balok Anak	131.913.381	186.000.000	OK
Balok Induk	224.597.483	357.600.000	OK
Arah x			
Balok induk arah y	131.913.381	357.600.000	OK

- Kuat geser

$$V_n = 0,6 \cdot f_y \cdot A_w$$

$$\text{Syarat : } V_u \leq \phi V_n$$

Tabel 5. Hasil kontrol kuat geser balok

Elemen	V_u (N)	ϕV_n (N)	Ket
Balok Anak	11.736,20	272.160,00	OK
Balok Induk	223.326,05	450.230,40	OK
Arah x			
Balok induk arah y	223.326,05	450.230,40	OK

- Lendutan

$$\text{Syarat : } \delta \leq \delta_{izin}$$

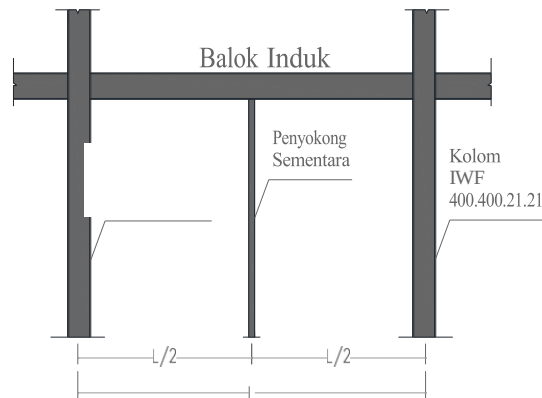
Hasil kontrol balok sebelum komposit dapat dilihat pada tabel berikut ini :

Tabel 6. Hasil kontrol lendutan balok sebelum komposit

Elemen	δ (mm)	δ_{izin} (mm)	Ket
Balok Anak	9,37	7,22	NOT OK
Balok Induk			
Arah x	3,60	22,22	OK

Balok induk arah y	3,50	22,22	OK
-----------------------	------	-------	----

Dari ketiga hasil di atas, ternyata balok tidak dapat menahan lendutan yang terjadi, maka balok diberi penyokong sementara di tengah – tengah bentang.



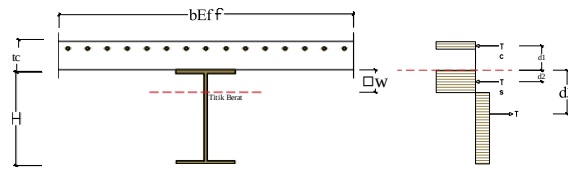
Gambar 4. Balok induk dengan diberi penyokong sementara

Penyokong sementara dipasang sampai beton mengeras, dan setelah beton mengeras maka penyokong sementara boleh dilepaskan. Berikut ini adalah hasil kontrol lendutan balok setelah diberi penyokong sementara :

Tabel 7. Hasil kontrol lendutan balok sebelum komposit dengan penyokong sementara

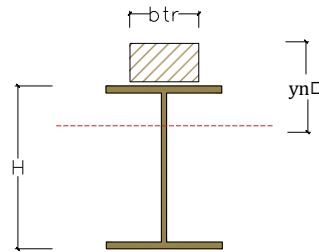
Elemen	δ	δ_{izin}	Ket
Balok Anak	2,34	3,61	OK
Balok Induk	3,60	22,22	OK
Arah x			
Balok induk	3,50	22,22	OK
arah y			

Momen nominal (M_n) balok komposit dihitung berdasarkan distribusi tegang plastis.



Gambar 5. Distribusi tegangan plastis balok komposit

$$M_n = A_s \cdot f_y \left[\frac{H}{2} + t_c - \frac{a}{2} \right]$$



Gambar 6. Penampang transformasi balok komposit

$$b_{tr} = \frac{b_{eff}}{n}$$

$$A_{tr} = b_{tr} \cdot t_c$$

$$y_{na} = \frac{\frac{A_{tr} \cdot t_c}{2} + A_s \left[t_c + \frac{H}{2} \right]}{A_{tr} + A_s}$$

Gaya geser yang terjadi antara pelat beton dan profil baja harus dipikul oleh sejumlah penghubung geser (stud connector) , sehingga tidak terjadi slip pada saat masa layan.

Perhitungan penghubung geser jenis paku untuk aksi komposit penuh dengan rumusan sebagai berikut :

Untuk aksi komposit penuh :

$$V_h = 0,85 \times f'_c \times a \times b_{eff}$$

$$Q_n = 0,5 \times A_{sc} \times \sqrt{f'_c E_c}$$

Syarat :

$$Q_n \leq A_{sc} \cdot f_u$$

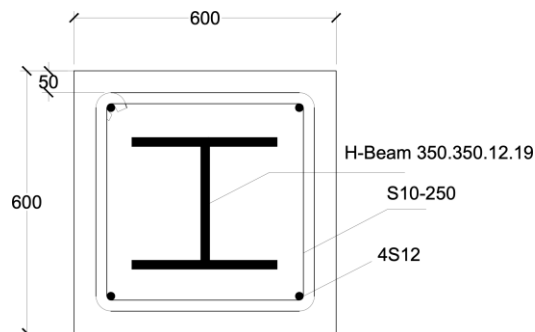
Jumlah stud yang diperlukan :

$$N = \frac{V_h}{Q_n}$$

D. Kolom Komposit

Kolom komposit didefinisikan sebagai “kolom baja yang dibuat dari potongan baja giling (rolled) built-up dan di cor di dalam beton struktural atau terbuat dari tabung atau pipa baja dan diisi dengan beton struktural (Salmon & Jonson, 1996).

Dari hasil perencanaan diperoleh dimensi kolom komposit 600 x 600 mm, dengan memakai profil baja IWF. 350.350.12.19. Penampang kolom seperti gambar berikut :



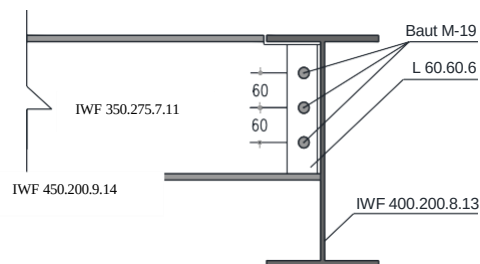
Gambar 7. Penampang Kolom Komposit

E. Desain Sambungan

Sambungan antara balok anak dengan balok induk direncanakan dengan sambungan biasa yang tidak memikul momen, dimana alat sambung yang digunakan adalah baut.

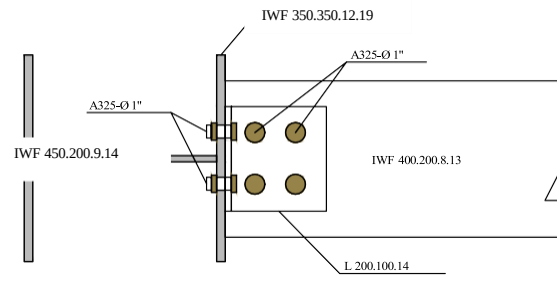
Hasil perencanaan sambungan adalah sebagai berikut :

- Sambungan balok anak dengan balok induk



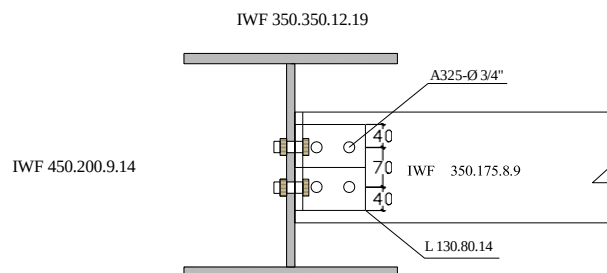
Gambar 8. Sambungan balok anak dengan balok induk

- Sambungan balok induk arah x dengan kolom



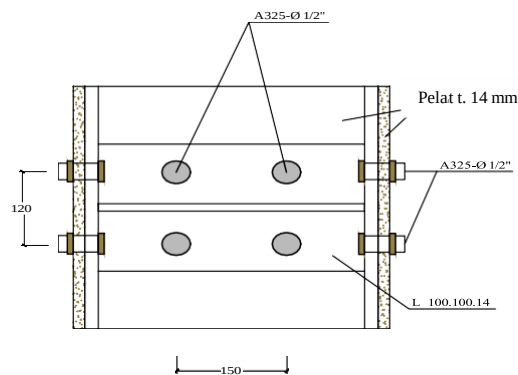
Gambar 9. Tampak atas sambungan balok arah x dengan kolom

- Sambungan balok induk arah y dengan kolom



Gambar 10. Tampak atas sambungan balok arah y dengan kolom

- Sambungan kolom dengan kolom



Gambar 11. Tampak Atas Sambungan Kolom-kolom

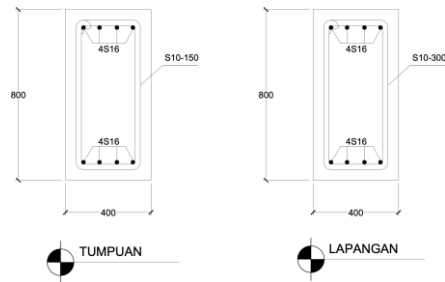
F. Desain Sloof

Sloof direncanakan dengan data – data sebagai berikut :

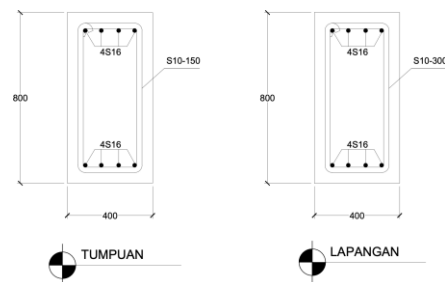
- Mutu beton (f_c') = 30 Mpa
- Mutu baja (f_y) = 400 Mpa

- Tebal Selimut beton = 40 mm

Dari hasil perhitungan dengan perencanaan beton bertulang konvensional diperoleh hasil sebagai berikut :



Gambar 12. Gambar Sloof Arah x



Gambar 13. Gambar Sloof Arah y

G. Desain Pondasi Tiang Pancang

Bangunan direncanakan berada di Jl. Limau Manis Kota Padang. Untuk mengetahui kedalaman tanah keras guna perencanaan pondasi, digunakan data pengujian sondir di lokasi tersebut.

Tiang pancang direncanakan pada kedalaman 6 m. Pondasi tiang pancang yang direncanakan dicoba dengan pondasi tiang pancang dengan penampang bulat, dengan data-data sebagai berikut :

Diameter tiang (D) = 40 cm

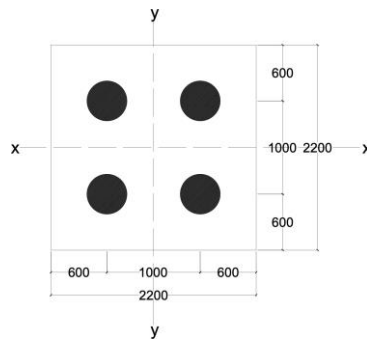
Keliling Tiang (O) = 1256 mm

Luas Tiang (A_{tiang}) = 125600 mm²

Mutu beton (f'_c) = 30 MPa

Berat jenis beton (σ) = 2400 Kg/cm³

Tiang direncanakan dengan susunan sebagai berikut :



Gambar 14. Susunan tiang pancang

Setelah dilakukan kontrol daya dukung tiang terhadap beban maksimum yang diterima oleh tiang, ternyata tiang yang direncanakan memenuhi syarat.

H. Pilecap

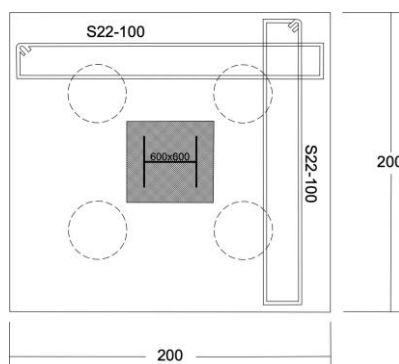
Pilecap direncanakan dengan data – data sebagai berikut :

Dimensi : 2200 mm x 2200 m x 700 mm

f'_c : 30 MPa

f_y : 400 MPa

Setelah dilakukan kontrol terhadap aksi geser satu arah dan dua arah, ternyata pilecap yang direncanakan memenuhi syarat. Berikut ini adalah gambar hasil perencanaan :



Gambar 15. Denah Pondasi dan Pilecap

KESIMPULAN

Setelah dilakukan perencanaan struktur gedung baja – beton komposit yang bertempat di Kampus Politeknik Negeri Padang, Jl. Limau Manis, Kota Padang dapat diambil kesimpulan sebagai berikut :

1. Dari hasil analisa struktur dan hasil perhitungan yang telah dilakukan, didapatkan hasil sebagai berikut :

a. Pelat komposit :

- Tebal pelat : 140 mm
- Jenis *floordeck* : Union floordeck W-1000, tebal 0,7 mm

b. Balok Anak

- Profil baja : IWF 350.175.7.11

c. Balok Induk

Balok Arah x

- Profil baja : IWF 400.200.8.13

Balok Arah y

- Profil baja : IWF 400.200.8.13

d. Kolom komposit

- Dimensi kolom : 600 x 600 mm
- Profil baja : H-Beam 350.350.12.19
- Tulangan pokok : 4 ϕ 12
- Sengkang : ϕ 10 – 250

e. Sambungan

- Balok Anak dengan balok induk : Baut M-19 (mutu normal)
- Balok induk – kolom (arah x) : Baut A325- ϕ 1” (mutu tinggi)
- Balok induk – kolom (arah y) : Baut A325- ϕ 3/4” (mutu tinggi)
- Kolom – kolom : Baut A325- ϕ 3/4” (mutu tinggi)

f. Balok Sloof

Balok Arah x

- Dimensi : 400 x 800 mm
- Tulangan pokok : Tumpuan : 4 ϕ 16

- Lapangan : 4 ϕ 16
- Sengkang : Tumpuan : ϕ 10 - 150
- Lapangan : ϕ 10 - 300

Balok Arah y

- Dimensi : 400 x 800 mm
- Tulangan pokok : Tumpuan : 4 ϕ 16
- Lapangan : 4 ϕ 16
- Sengkang : Tumpuan : ϕ 10 - 150
- Lapangan : ϕ 10 - 300

g. Pondasi Tiang Pancang

- Diameter tiang : ϕ 400 mm
- Jumlah tiang : 4 buah per titik kolom
- Kedalaman : 6 m

h. Pilecap

- Dimensi : 2200 x 2200 mm
- Tebal : 700 mm
- Tulangan arah x : ϕ 22 - 100
- Tulangan arah y : ϕ 22 - 100

DAFTAR PUSTAKA

- Alfirdaus, P. A., dkk., (2019). “Evaluasi
Teknis Penggunaan Kolom Komposit Baja Beton Pada Bangunan Bertingkat Banyak”.
Jurnal Sipil Statik, Vol 7 No 2: 285-290.
- A. Setiawan. 2008. *Perencanaan Struktur Baja dengan Metode LRFD (sesuai SNI 03-1729-2002)*. Penerbit: Erlangga, Semarang
- Badan Standarisasi Nasional. *Tata Cara
Perhitungan Struktur beton Untuk Bangunan Gedung SNI 2847:2002*, Jakarta: 2002.
- Badan Standarisasi Nasional. *Tata Cara
Perhitungan Struktur beton Untuk Bangunan Gedung SNI 2847:2019*, Jakarta: 2019.
- Badan Standarisai Nasional. *Tata Cara
Perencanaan Struktur Baja Untuk Bangunan Gedung SNI 1729:2002*, Jakarta: 2002.
- Badan Standarisasi Nasional. *Tata Cara
Perencanaan Struktur Baja Untuk Bangunan Gedung SNI 1729:2020*, Jakarta: 2020.
- Badan Standarisasi Nasional. *Tata Cara
Perencanaan Ketahanan Gempa untuk Bangunan Gedung SNI 1726:2019*, Jakarta: 2019.
- Badan Standarisasi Nasional. *Pedoman
Perencanaan Pembebanan Untuk Rumah dan Gedung SNI 1727:2020*, Jakarta: 2020.
- Canadian Sheet steel Building Institute. *Criteria for the Design of Composite Slabs CSSBI S3-2019*, Canada: 2019.
- G. Salmon, Charles & E.Johnson, John.,
(1991). “STruktur Baja Desain dan Perilaku” Jilid 1 Edisi Kedua. Diterjemahkan Oleh : Ir.
Wira M.S.CE. Penerbit Erlangga.