

STUDI PERENCANAAN STRUKTUR ARNAVA HOTEL DAN APARTEMEN DENGAN METODE BAJA – BETON KOMPOSIT

Ramadhannu Tri Putra Herdianto¹⁾, Warsito²⁾, Bambang Suprpto³⁾

¹⁾ Fakultas Teknik Jurusan Sipil Universitas Islam Malang, email : dannuputra16@gmail.com

²⁾ Fakultas Teknik Jurusan Sipil Universitas Islam Malang, email : warsito@unisma.ac.id

³⁾ Fakultas Teknik Jurusan Sipil Universitas Islam Malang, email : bambang.suprpto@unisma.ac.id

ABSTRAKSI

Kota Batu merupakan kota yang saat ini tengah berkembang pesat sebagai kota dengan pariwisatanya yang sangat beragam. Karena faktor itulah banyak investor baik dalam negeri maupun luar negeri melihat peluang dan tertarik untuk berinvestasi berupa hunian seperti villa, hotel dan apartemen di kota Batu. Berlokasi di daerah dataran tinggi, Arnav Hotel & Apartemen yang dibangun secara bertingkat dengan memiliki 6 lantai dan 1 basement. Berdasarkan informasi yang didapat dan telah diuraikan, dalam tugas akhir ini direncanakan ulang struktur Arnav Hotel dan Apartemen menggunakan struktur komposit baja-beton sebagai alternatif perencanaan yang semula menggunakan beton bertulang. Penulisan tugas akhir ini berpedoman peraturan yang meliputi SNI 1726:2012, SNI 1729:2002, SNI 2847:2013 dan Peraturan Pembebanan Indonesia Untuk Gedung 1983. Dari perencanaan struktur komposit menghasilkan pelat lantai dengan tebal 12,5 cm menggunakan *wiremesh* M9-150, balok anak dengan WF 350.175.7.11 dan balok induk dengan WF 400.200.8.13 dan kolom komposit WF 400.400.13.21 dengan tulangan longitudinal 4Ø14 dan diselubungi beton. Pondasi menggunakan pondasi tiang dengan dimensi tiang 50 cm dan tulangan pokok 16D22.

Kata Kunci : Struktur, Komposit, Baja-Beton, Arnav.

PENDAHULUAN

Latar Belakang

Arnav Hotel dan Apartemen yang saat ini dibangun di kota Batu merupakan salah satu bukti bahwa pihak investor baik dalam negeri maupun luar negeri melihat peluang untuk berinvestasi berupa hunian seperti villa, hotel dan apartemen. Berlokasi di daerah dataran tinggi, Arnav Hotel & Apartemen yang dibangun secara bertingkat dengan memiliki 6 lantai dan 1 basement. Pembangunan Arnav Hotel dan Apartemen menggunakan beton konvensional yaitu struktur beton bertulang dan dicor ditempat. Dalam merencanakan bangunan bertingkat perlu diperhatikan dan mempertimbangkan keamanan, kekuatan, dan efisiensi rencana dalam menahan beban rencana maupun gaya-gaya yang diterima.

Berdasarkan informasi yang didapat dan telah diuraikan diatas, sebagai studi perencanaan, penulis merencanakan ulang struktur Arnav Hotel dan Apartemen menggunakan struktur komposit baja-beton sebagai alternatif perencanaan yang semula menggunakan beton bertulang.

Rumusan Masalah

Berdasarkan identifikasi masalah diatas, maka rumusan – rumusan masalah adalah sebagai berikut :

1. Berapa dimensi dan penulangan pada pelat lantai?
2. Berapa dimensi balok komposit agar mampu menahan gaya-gaya yang bekerja?
3. Berapa dimensi kolom komposit agar mampu memikul beban vertikal dan gaya lateral yang bekerja?
4. Berapa kedalaman dan dimensi pondasi yang akan digunakan pada gedung?

Tujuan dan Manfaat

Adapun tujuan penulisan tugas akhir iniyaitu:

1. Untuk mengetahui berapa dimensi struktur komposit yang direncanakan dan memenuhi persyaratan kuat, aman, dan efektif sesuai fungsi bangunan.
2. Mengimplementasikan ilmu dan peraturan yang berlaku untuk merencanakan suatu struktur komposit.

Manfaat dari penulisan tugas akhir ini adalah:

1. Sebagai salah satu syarat untuk memperoleh gelar sarjana
2. Sebagai pembelajaran dalam perencanaan struktur bangunan komposit.
3. Sebagai bahan referensi tambahan terhadap peneliti atau para perencana di bidang sipil.

TINJAUAN PUSTAKA

Umum

Tujuan utama struktur adalah memberi kekuatan untuk menopang beban-beban dan gaya yang bekerja pada suatu bangunan. Beban yang mempengaruhi suatu struktur yaitu beban mati, beban hidup, beban angin dan beban akibat gempa.

Struktur komposit baja-beton pada era sekarang banyak digunakan selain efisiensi waktu dan proses pelaksanaannya yang tidak terlalu rumit, komposit baja-beton dirasa lebih efektif dalam memikul beban dan bersifat kaku yang sesuai jika diimplementasikan pada bangunan bertingkat.

Teori Pembebanan

1. Beban mati

Berdasarkan SNI 1727:2013, beban mati adalah berat seluruh bahan konstruksi bangunan gedung yang terpasang, termasuk dinding, lantai, atap, plafon, tangga, dinding partisi tetap, finishing, klading gedung dan komponen arsitektural dan struktural lainnya serta peralatan layan terpasang lain termasuk berat keran.

2. Beban Hidup

Sesuai dengan SNI 1727:2013, beban hidup adalah beban yang diakibatkan oleh pengguna dan penghuni bangunan gedung atau struktur lain yang tidak termasuk beban konstruksi dan beban lingkungan, seperti beban angin, beban hujan, beban gempa, beban banjir, atau beban mati.

Pelat Lantai

Pelat lantai adalah struktur bidang (permukaan) yang lurus (datar) yang tebalnya lebih kecil dibanding dengan dimensi struktur lain. Fungsi dari pelat untuk menyalurkan beban kepada elemen struktur pendukung yaitu balok dan kolom. Berdasarkan geometrinya, pelat lantai beton bertulang yang ditumpu balok pada keempat sisinya dibagi menjadi dua, yaitu pelat satu arah dan pelat dua arah.

Struktur Komposit

Berdasarkan SNI baja 2002, komponen-komponen struktur komposit terdiri dari :

1. Kolom komposit yang terbuat dari profil baja gilas atau baja tersusun atau baja pipa atau baja berongga dan beton yang bekerja bersama – sama dalam memikul beban.
2. Balok baja yang memikul pelat beton bertulang dan bekerja bersama – sama dengan pelat tersebut sebagai satu kesatuan dalam memikul lentur.
3. Balok komposit sederhana atau menerus dengan penghubung geser, atau profil baja yang diberi selubung beton, baik yang dibangun dengan atau tanpa penumpu sementara (perancah)

Aksi Komposit

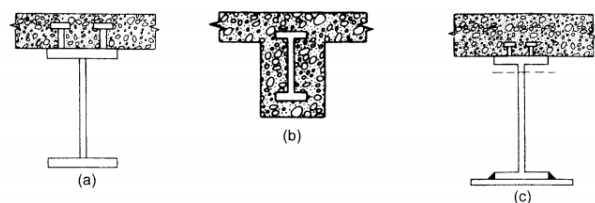
Aksi komposit terjadi apabila dua batang struktural pemikul beban seperti pada pelat beton dan balok baja sebagai penyangganya dihubungkan secara menyuluruh dan mengalami defleksi dalam satu kesatuan.

Pelat Deck Baja

Pelat baja (plat steel deck) adalah panel baja yang berfungsi sebagai cetakan maupun tulangan positif bagi beton yang terletak di atasnya. Pada pembangunan struktur baja maupun komposit plat deck baja gelombang sering juga berfungsi sebagai bekisting saat penuang beton untuk pelat lantai atau atap.

Balok Komposit

Balok komposit adalah sistem konstruksi yang memiliki interaksi dari kedua bahan yang tidak sama.



Gambar 1. Jenis – jenis Balok Komposit
(Sumber: Charles G. Salmon, 1991)

- Kuat lentur positif rencana $\phi_b M_n$

Untuk $\frac{h}{t_w} \leq \frac{1680}{\sqrt{f_y f}}$ dengan $\phi_b = 0,85$

M_n dihitung berdasarkan distribusi tegangan plastis pada penampang komposit. (SNI 1729:2002)

Lebar Efektif Balok Komposit

Konsep lebar efektif sangat berguna dalam proses desain suatu komponen struktur komposit, terutama ketika proses desain harus dilakukan terhadap suatu elemen yang mengalami distribusi tegangan yang tidak seragam. (Agus Setiawan, 2008)

Kolom Komposit

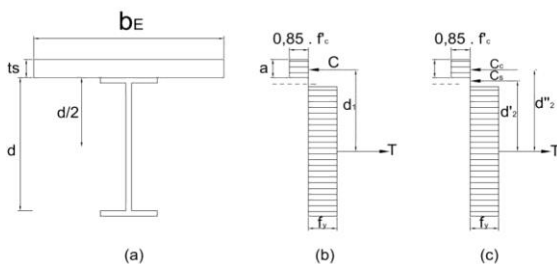
Kolom adalah struktur penting yang berfungsi sebagai pendukung beban aksial dan momen – momen yang bekerja, untuk diteruskan ke dasar melalui pondasi. Jika terjadi retakan atau kerusakan pada kolom, maka bisa mengakibatkan keruntuhan pada struktur bangunan tersebut.

- Perhitungan kuat rencana kolom

$$N_u = \phi_c \cdot N_n \quad (\text{SNI 1729:2002})$$

Kekuatan Batas Penampang Komposit

Kekuatan batas penampang komposit bergantung pada kekuatan leleh dan sifat penampang balok baja kekuatan plat beton. Untuk menentukan kapasitas momen batas bergantung pada garis netral dengan cara memotong plat beton atau balok baja. Perhitungan menggunakan persamaan berikut : (Charles G. Salmon, 1991)



Gambar 2. Kuat Batas Penampang Komposit

(Sumber : Agus Setiawan, 2008)

Pondasi

Pondasi adalah bagian struktur bawah dari suatu konstruksi yang berfungsi sebagai penyalur beban vertikal dari kolom dan beban horizontal dari tanah. (Joshep E. Bowlees, 1991)

Pondasi dibagi menjadi dua jenis, yaitu :

1. Pondasi dangkal
2. Pondasi dalam

- Daya dukung total tiang

$$Q_{tiang} = \frac{A_{tiang} \cdot q_c}{3} + \frac{JHP \cdot k}{5}$$

- Perhitungan jumlah tiang pancang

$$N = \frac{P_{total}}{Q_{total}}$$

- Efisiensi satu tiang dalam kelompok adalah

Metode Converse - Labarre

$$\eta = 1 + \left[\frac{(n-1)m + (m-1)n}{90mn} \right] \theta$$

- Gaya yang bekerja pada tiang

$$P = \frac{\sum v}{n} \pm \frac{M_y \cdot M_{max}}{n y \cdot \sum x^2}$$

METODOLOGI

Pengolahan Data

Data Teknis

Berdasarkan data teknis yang didapat dihitung untuk pembebanan pada pelat lantai. Kemudian dilakukan perhitungan pembebanan untuk perhitungan statika portal. Setelah didapat hasil dari statika portal dilanjutkan untuk perhitungan balok, apabila sudah memenuhi kontrol lendutan dilanjutkan dengan perhitungan penghubung geser. Kemudian ke perhitungan kolom komposit, jika kontrol kuat aksial kolom. Lalu dilanjutkan untuk perhitungan pondasi.

Data Tanah

Dari data tanah yang didapat yaitu data sondir dilakukan dimensi pondasi dan efisiensi tiang dalam satu poer. Setelah diperoleh dimensi dan jumlah tiang pondasi dilakukan kontrol daya dukung pondasi. Jika sudah memenuhi kontrol selanjutnya digambar.

PEMBAHASAN

Data Perencanaan

Data Umum Bangunan

- Fungsi : Hotel dan Apartemen
- Lokasi : Jl. Raya Tlekung, Junrejo, Batu
- Jumlah lantai : 6 lantai + 1 basement
- Luas bangunan : ±1.120m²

Data Bahan

- Kolom : Baja WF selubung beton
- Balok : Baja WF
- Mutu Tulangan 240 Mpa
- Mutu Wiremesh 500 Mpa
- Mutu Beton 300 Mpa
- Mutu Baja BJ37fy 370 mPa

Pelat Lantai

Pelat Lantai Ground sampai Lantai 5

Tipe A = 300 x 700 cm

Tipe B = 250 x 700 cm

Tebal pelat lantai Tipe A yang direncanakan 12,0 cm,

$$h = \frac{\ln(0,8 + \frac{f_y}{1500})}{36 + 5\beta(am - 0,2)}$$

$am = 0,12$, $am < 2,0$ maka tebal pelat memenuhi syarat kontrol tebal pelat sesuai SNI 2847:2013 untuk pelat lantai tidak kurang dari 125 mm.

Penulangan Pelat Lantai Arah X

Mtx/Mu = 631,084 kgm
 Mn_{plat komposit} = 3018,240 kgm
 Rn = 0,788 Mpa
 m = 9,411
 dipakai $\rho_{min} = 0,0058$
 $As_{perlu} = \rho \cdot b \cdot d$
 $= 0,0058 \times 1000 \times 100 = 583 \text{ mm}^2$
 Direncanakan tulangan $\emptyset 10 - 100$
 $As' = 116 \text{ mm}^2$
 Dipakai tulangan pokok $\emptyset 10-100$
 Dipakai tulangan bagi $\emptyset 10-200$

Penulangan Pelat Lantai Arah Y

Mty/Mu = 433,395 kgm
 Rn = 0,668 Mpa
 m = 9,411
 dipakai $\rho_{min} = 0,0058$
 $As_{perlu} = \rho \cdot b \cdot d$
 $= 0,0058 \times 1000 \times 100 = 583 \text{ mm}^2$
 Direncanakan tulangan $\emptyset 10 - 100$
 $As' = 116 \text{ mm}^2$
 Dipakai tulangan pokok $\emptyset 10-100$
 Dipakai tulangan bagi $\emptyset 10-200$

Konversi Tulangan ke Wiremesh

$A_{tul. konvensional} = 785 \text{ mm}^2$
 $A_{tul. wiremesh} = As \times fy/fyw = 785 \times 2400/5000$
 $= 376,8 \text{ mm}^2$
 Direncanakan tulangan wire mesh M9 – 150
 $= \frac{1}{4} \times \pi \times d^2 \times 1000/S$
 $= 423,9 \text{ mm}^2 > 376,8 \text{ mm}^2$
 ❖ Pelat menggunakan Wiremesh M9-150 dengan bondek 0,75 cm

Perencanaan Balok Anak

Tipe A-A heq = 1,41
 Tipe B-B heq = 1,20
 $qU / Wu = 2444,77 \text{ kg/m}$
 $M_{tum} = 11979,38 \text{ kgm}$
 $M_{lap} = 10890,35 \text{ kgm}$
 $Vu = 8556,70 \text{ kg}$
 Pemilihan profil BJ 37, $f_y = 370 \text{ mPa}$
 Dipakai profil WF 350.175.7.11
 $I_x = 13600 \text{ cm}^4$

Kontrol terhadap kestabilan

$hc = h - 2 \cdot tf$
 $hc = 35 - 2 \cdot 1,1 = 32,8 \text{ cm}$

$$\frac{hc}{tw} \leq \frac{1680}{\sqrt{fy}} \rightarrow 46,86 \leq 87,34 \dots \text{ penampang kompak}$$

Modulus elastisitas beton (E_c)

$$E_c = 0,041 \times (2400)^{1,5} \times \sqrt{30} = 26403,49 \text{ Mpa}$$

Modulus elastisitas baja (E_s)

$$E_{baja} = 200000 \text{ Mpa}$$

Elastisitas baja beton (n)

$$n = \frac{E_s}{E_c} = 7,578 \rightarrow 8$$

Lebar penampang komposit (b_{tr})

$$b_{tr} = \frac{be}{n} = \frac{175}{8} = 21,88 \text{ cm}$$

Luas penampang komposit (A_{tr})

$$A_{tr} = t_s \times b_{tr} = 273,438 \text{ cm}^2$$

Tabel 1. Hasil Perhitungan Letak Garis Netral

Elemen	Luas A	Lengan M y	A.y
Plat	273.438	6.25	1708.984
WF	63.14	30.0	1894,2
Total	336.578		3603.184

Letak Garis Netral

$$y = \frac{\sum A \cdot y}{\sum A} = 10,705 \text{ cm}$$

Tabel 2. Momen Inersia

Elemen	Io	d	Io+Ad ²
Plat	3560.38	4.4554	8988.19
WF	13600	19.2946	37105.95
Inersia komposit		ltr	46094.14

Desain Momen positif

$$a = \frac{As \cdot fy}{0,85 \times fc \times be} = 5,24 \text{ cm} < t_{pelat} = 12,5 \text{ cm}$$

Kuat Lentur Rencana

$$Mn = 63970,288 \text{ kgm}$$

$$\emptyset Mn = 0,85 \times Mn$$

$$= 54375,745 \text{ kgm} \geq Mu = 11979,38 \text{ kgm}$$

Kontrol Terhadap Gaya Geser

$$Vn = 54390 \text{ kg}$$

$$\emptyset Vn = 46231,50 \text{ kg} \geq Vu = 8556,70 \text{ kg}$$

Kontrol lendutan

- Lendutan ijin

$$\Delta = \frac{L}{fy} = \frac{700}{370} = 1,892 \text{ cm}$$

- Lendutan beban mati

$$\Delta_{DL} = \frac{5 \times qd \times L^4}{384 \times E \times I_x} = 1,4964 \text{ cm}$$

- Lendutan beban hidup

$$\Delta_{LL} = \frac{5 \times ql \times L^4}{384 \times E \times I_{tr}} = 0,1870 \text{ cm}$$

- Lendutan total

$$\Delta = \Delta_{DL} + \Delta_{LL}$$

$$\Delta = 1,4964 + 0,1870 = 1,6834 \text{ cm}$$

Cek:

$$\bar{\Delta} = 1,6834 \text{ cm} < \Delta = 1.892 \text{ cm} \dots \text{OK}$$

Penghubung geser (Shear Connector)

Stud $\frac{3}{4}$ ". Diameter yang diijinkan,
 $2,5 \times t_f = 2,5 \times 11 = 27,5 \text{ mm} > \frac{3}{4}" = 19,05 \text{ mm}$

$$A_{SC} = \frac{\pi \cdot 19,05^2}{4} = 284,878 \text{ mm}^2 = 2,848 \text{ cm}^2$$

$$Q_n = 0,5 \times A_{SC} \times \sqrt{f_c \times E_c}$$

$$= 12677,129 \text{ kgcm}$$

Daya dukung shear connector

$$q_1 = \frac{d1.S}{I_{tr}} = 799,293 \text{ kg/cm}$$

$$q_2 = \frac{d2.S}{I_{tr}} = 599,470 \text{ kg/cm}$$

$$q_3 = \frac{d3.S}{I_{tr}} = 399,647 \text{ kg/cm}$$

$$q_4 = \frac{d4.S}{I_{tr}} = 199,824 \text{ kg/cm}$$

Jarak shear connector

$$S_1 = \frac{Q_n}{q_1} = 15,86 \text{ cm} \sim 16 \text{ cm}$$

$$S_2 = \frac{Q_n}{q_2} = 21,15 \text{ cm} \sim 21 \text{ cm}$$

$$S_3 = \frac{Q_n}{q_3} = 31,72 \text{ cm} \sim 32 \text{ cm}$$

$$S_4 = \frac{Q_n}{q_4} = 63,44 \text{ cm} \sim 63 \text{ cm}$$

Perencanaan Balok Induk

Tipe A-A $heq = 1,41$

Tipe B-B $heq = 1,20$

$qU / Wu = 3787,90 \text{ kg/m}$

Dari hasil STAADPro didapat nilai maksimum :

$Mu/Mz = 16420,91 \text{ kgm}$

$Vu/Fy = 13795,33 \text{ kg}$

Pemilihan profil BJ 37, $f_y = 370 \text{ mPa}$

Dipakai profil WF 400.200.8.13

$I_x = 13600 \text{ cm}^4$

Kontrol terhadap kestabilan

$hc = h - 2 \cdot tf$

$hc = 35 - 2 \cdot 1,1 = 32,8 \text{ cm}$

$\frac{hc}{tw} \leq \frac{1680}{\sqrt{f_y}} \rightarrow 46,86 \leq 87,34 \dots$ penampang kompak

Modulus elastisitas beton (E_c)

$E_c = 0,041 \times (2400)^{1,5} \times \sqrt{30} = 26403,49 \text{ Mpa}$

Modulus elastisitas baja (E_s)

$E_{baja} = 200000 \text{ Mpa}$

Elastisitas baja beton (n)

$n = \frac{E_s}{E_c} = 7,578 \rightarrow 8$

Lebar penampang komposit (b_{tr})

$b_{tr} = \frac{be}{n} = \frac{175}{8} = 21,88 \text{ cm}$

Luas penampang komposit (A_{tr})

$A_{tr} = t_s \times b_{tr} = 288,788 \text{ cm}^2$

Tabel 3. Hasil Perhitungan Letak Garis Netral

Elemen	Luas A	Lengan M y	A.y
Plat	288.788	6.25	1804.9261
WF	84.1	32.5	2733.25
Total	372.888		4538.1761

Letak Garis Netral

$$y = \frac{\sum A.y}{\sum A} = 12,170 \text{ cm}$$

Tabel 4. Momen Inersia

Elemen	I_o	d	$I_o + Ad^2$
Plat	3760.263	5.920	13882.41
WF	2370	20.3297	58458.11
Inersia komposit		I_{tr}	72340.53

Desain Momen positif

$$a = \frac{A_s \cdot f_y}{0,85 \times f_c \times b_e} = 6,97 \text{ cm} < t_{\text{pelat}} = 12,5 \text{ cm}$$

Kuat Lentur Rencana

$M_n = 90281,312 \text{ kgm}$

$\phi M_n = 0,85 \times M_n$

$= 76739,115 \text{ kgm} \geq M_u = 16420,91 \text{ kgm}$

Kontrol Terhadap Gaya Geser

$V_n = 71040 \text{ kg}$

$\phi V_n = 60384 \text{ kg} \geq V_u = 13795,33 \text{ kg}$

Kontrol lendutan

- Lendutan ijin

$$\Delta = \frac{L}{f_y} = \frac{700}{370} = 1,892 \text{ cm}$$

- Lendutan beban mati

$$\Delta_{DL} = \frac{5 \times q_d \times L^4}{384 \times E \times I_x} = 1,6333 \text{ cm}$$

- Lendutan beban hidup

$$\Delta_{LL} = \frac{5 \times q_l \times L^4}{384 \times E \times I_{tr}} = 0,1102 \text{ cm}$$

- Lendutan total

$$\Delta = \Delta_{DL} + \Delta_{LL}$$

$$\Delta = 1,6333 + 0,1102 = 1,7435 \text{ cm}$$

Cek:

$$\bar{\Delta} = 1,7435 \text{ cm} < \Delta = 1.892 \text{ cm} \dots \text{OK}$$

Penghubung geser (Shear Connector)

Stud $\frac{3}{4}$ ". Diameter yang diijinkan,
 $2,5 \times t_f = 2,5 \times 11 = 27,5 \text{ mm} > \frac{3}{4}" = 19,05 \text{ mm}$

$$A_{SC} = \frac{\pi \cdot 19,05^2}{4} = 284,878 \text{ mm}^2 = 2,848 \text{ cm}^2$$

$$Q_n = 0,5 \times A_{SC} \times \sqrt{f_c \times E_c}$$

$$= 12677,129 \text{ kgcm}$$

Daya dukung shear connector

$$q_1 = \frac{d1.S}{I_{tr}} = 1089,324 \text{ kg/cm}$$

$$q_2 = \frac{d2.S}{I_{tr}} = 817,006 \text{ kg/cm}$$

$$q_3 = \frac{d3.S}{I_{tr}} = 544,671 \text{ kg/cm}$$

$$q_4 = \frac{d^4 \cdot S}{I_{tr}} = 272,336 \text{ kg/cm}$$

Jarak shear connector

$$S_1 = \frac{Q_n}{q_1} = 11,63 \text{ cm} \sim 12 \text{ cm}$$

$$S_2 = \frac{Q_n}{q_2} = 15,51 \text{ cm} \sim 16 \text{ cm}$$

$$S_3 = \frac{Q_n}{q_3} = 23,27 \text{ cm} \sim 24 \text{ cm}$$

$$S_4 = \frac{Q_n}{q_4} = 46,55 \text{ cm} \sim 47 \text{ cm}$$

Perencanaan Kolom

Dari hasil *STAADPro* didapat nilai maksimum :

$$M_z = 73613,92 \text{ kgm}$$

$$N_u = F_x = 250758,05 \text{ kg}$$

$$F_y \text{ (Shear Along) / } V_u = 24958,16 \text{ kg}$$

Mutu Beton $f_c = 30 \text{ Mpa}$

Pemilihan profil

BJ 37, $f_y = 370 \text{ mPa}$

Dipakai profil WF 400.400.13.21

$$I_x = 66600 \text{ cm}^4$$

$$\text{Luas beton, } A_c = 55 \times 55 = 3025 \text{ cm}^2$$

$$\text{Luas profil, } A_s = 218,7 \text{ cm}^2$$

Pemeriksaan terhadap syarat luas minimum profil baja

$$(A_s / A_c) \times 100\% = 7,230\% > 4\% \text{ (SN/1729:2002)}$$

Pemeriksaan syarat tulangan sengkang

Tulangan sengkang : $\varnothing 10 - 250$

$$A_r = \frac{1}{4} \cdot 3,14 \cdot 1^2 = 0,785 \text{ cm}^2$$

$$A_{r_{perlu}} = 0,018 \text{ cm}^2 / 1 \text{ cm} \times 34 = 0,450 \text{ cm}^2$$

$$0,450 \text{ cm}^2 < 0,785 \text{ cm}^2$$

Pemeriksaan syarat tulangan longitudinal

Tulangan : 4 $\varnothing 14$

Jarak antar tulangan longitudinal

$$= 50 - (2 \times 4) - (2 \times 1) - 1,4 = 38,6 \text{ cm}$$

$$A_r = \frac{1}{4} \cdot 3,14 \cdot 1,4^2 = 1,5386 \text{ cm}^2$$

$$A_{r_{perlu}} = 0,6948 \text{ cm}^2 > A_r = 1,5386 \text{ cm}^2$$

Analisa tekuk kolom komposit

$$\lambda_c = \frac{k_c \cdot L}{r_m \cdot \pi \sqrt{f_{my}}} = 0,32125$$

$$\omega = 1,033$$

$$f_{cr} = 5858,5897 \text{ kg/cm}^2$$

$$N_n = A_s \times f_{cr} = 1281273,572 \text{ kg}$$

Kuat nominal kolom

$$Z_x = (b_f \cdot t_f) \cdot (d - t_f) + 1/4 t_w \cdot (d - 2t_f)^2 = 3600,133 \text{ cm}^3$$

$$M_n = f_{my} \cdot Z_x = 217877,2836 \text{ kgm}$$

Kombinasi tekan dan lentur

$$N_u = 250758,050 \text{ kg}$$

$$N_n = 1281273,572 \text{ kg}$$

$$\text{Untuk } \frac{N_u}{\phi N_n} = 0,1882 < 0,2$$

$$\text{Maka, } \frac{N_u}{2\phi N_n} + \left(\frac{M_{us}}{\phi_b M_n} \right) \leq 1,0 = 0,409 \leq 1,0$$

Penyaluran beban

Kuat rencana kolom

$$P_n = N_n = 1281273,572 \text{ kg}$$

$$\phi P_n = 1089082,536 \text{ kg}$$

Kekuatan aksial profil

$$\phi P_{ns} = 0,85 \cdot A_s \cdot f_y = 687811,5 \text{ kg}$$

Beban tekan aksial pada beton

$$\phi P_{nc} = \phi P_n - \phi P_{ns}$$

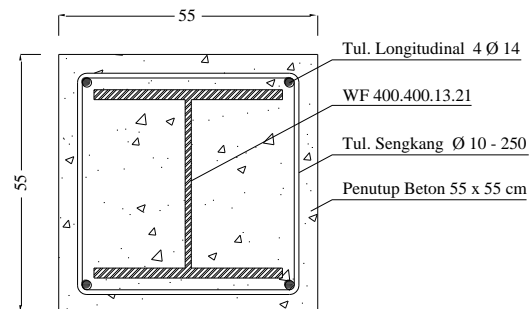
$$= 401271,036 \text{ kg}$$

Luas beton penumpu

$$\phi P_{nc} \leq 1,7 \cdot \phi_c \cdot f'_c \cdot A_b \rightarrow \phi_c = 0,6$$

$$A_b = 1430,556 \text{ cm}^2$$

$$A_c = 2800,146 \text{ cm}^2 \geq A_b = 1430,556 \text{ cm}^2$$



Gambar 3. Penampang Kolom Komposit

Perencanaan Pondasi

Data Statika dari *STAADPro*

$$M_u = 73613,92 \text{ kgm}$$

$$P_u = 250758,05 \text{ kg}$$

Dari data sondir pada titik S1 dikedalaman 4,6 m didapat nilai $q_c = 110 \text{ kg/cm}^2$

Data Perencanaan

Dimensi kolom = 55 x 55 cm

Dimensi poer :

B = 200 cm, L = 200 cm, T = 50 cm

Kedalaman poer = 50 cm

Dimensi tiang $\varnothing = 50 \text{ cm}$

Luas Tiang

$$A = \pi r^2 = 1962,5 \text{ cm}^2$$

Keliling Tiang

$$k = 2\pi r = 157 \text{ cm}$$

Perhitungan Pembebanan

$$P_{tot} = 258700,93 \text{ kg}$$

Perhitungan Nilai q_c rata-rata

Dari data sondir pada titik S1 nilai q_c rata-rata diperoleh :

$$Q_c = \frac{\sum q_c}{\text{jumlah titik}} = 78,34 \text{ kg/cm}^2$$

Perhitungan Daya Dukung Terhadap Gesekan

$$JHP = \sum l \cdot C = 1710 \text{ kg}$$

Daya dukung total tiang

$$Q_{\text{tiang}} = \frac{A_{\text{tiang}} \cdot Q_c}{3} + \frac{JHP \cdot k}{5}$$

$$= 104941,416 \text{ kg}$$

Perhitungan Jumlah Tiang

$$N = \frac{P_{\text{total}}}{Q_{\text{tiang}}} = 4 \text{ tiang}$$

- ❖ m = 2 baris
- n = 2 tiang

Jarak Antar Tiang

$$S \leq \frac{1,57 \cdot D \cdot m \cdot n}{m + n - 2}$$

Jarak tiang = 150 cm

Perhitungan Efisiensi Tiang

Menggunakan metode CONVERSE – LABARRE

$$\eta = 1 - \left[\frac{(n-1)m + (m-1)n}{90mn} \right] \theta$$

$$\theta = \tan^{-1}(D/s) = 18,43$$

$$\eta = 0,795$$

Daya Dukung 1 Tiang dalam Kelompok

$$P_{\text{tiang}} = \eta \cdot n \cdot Q_{\text{tiang}} = 83428,43 \text{ kg}$$

Beban yang Dipikul Oleh Tiang Tunggal Maksimum

$$P_{\text{max}} = \frac{\sum V}{N} \pm \frac{M_y \cdot X_{\text{max}}}{n_x \times \sum x^2}$$

$$= 76944,22 \text{ kg}$$

Cek :

$$P_{\text{max}} = 76944,22 \text{ kg} \leq P_{\text{tiang}} = 83428,43 \text{ kg}$$

Perhitungan Penulangan Poer Pondasi

Data perencanaan :

$$M_u = 73613,92 \text{ kgm}$$

$$\phi_{\text{pokok}} = 23 \text{ mm}$$

$$\phi_{\text{bagi}} = 14 \text{ mm}$$

$$\text{Tebal} = 500 \text{ mm}$$

Tegangan Poer

$$\sigma = \frac{P}{A} \pm \frac{M_u}{W}$$

$$= 64675,23 \pm 55210,44$$

$$\sigma_{\text{maks}} = 119885,67 \text{ kg/cm}^2$$

$$\sigma_{\text{min}} = 9464,80 \text{ kg/cm}^2$$

$$X_1 = 0,5 \text{ m}$$

$$X_2 = 0,667 \text{ m}$$

$$\sigma_y = 55,2104 \text{ ton/m}^2$$

$$\sigma_x = 64,6752 \text{ ton/m}^2$$

$$Q_1 = 32,3376 \text{ ton}$$

$$Q_2 = 18,4127 \text{ ton}$$

- ❖ Momen yang terjadi

$$M = 28,5401 \text{ tonm} = 284,501 \text{ kNm}$$

Penulangan Poer

$$R_n = 1,85 \text{ Mpa}$$

$$m = 14,51$$

dipakai $\rho = 0,0052$

$$A_{s\text{perlu}} = \rho \cdot b \cdot d = 2280,20 \text{ mm}^2$$

$$\Sigma_{\text{tulangan}} = \frac{A_{s\text{perlu}}}{\frac{1}{4} \pi d^2} = 5,49 \sim 6$$

$$S_{\text{tulangan}} = \frac{1000}{6} = 166,66 \text{ mm} = 167 \text{ mm}$$

$$A_{s\text{ada}} = 2486,62 \text{ mm}^2$$

Cek:

$$A_{s\text{ada}} = 2486,62 \text{ mm}^2 > A_{s\text{perlu}} = 2280,20 \text{ mm}^2$$

- ❖ Dipakai tulangan pokok D23 – 167 mm

Tulangan tekan direncanakan $\phi 14$ mm

$$A_{s\text{tekan}} = 20\% \times A_{s\text{perlu}} = 456,04 \text{ mm}^2$$

$$\Sigma_{\text{tulangan}} = \frac{A_{s\text{tekan}}}{\frac{1}{4} \pi d^2} = 2,96 \sim 3$$

$$S_{\text{tulangan}} = \frac{1000}{3} = 333 \text{ mm} = 335 \text{ mm}$$

$$A_{s\text{ada}} = 459,28 \text{ mm}^2$$

Cek:

$$A_{s\text{ada}} = 459,28 \text{ mm}^2 > A_{s\text{tekan}} = 456,04 \text{ mm}^2$$

- ❖ Dipakai tulangan pokok D14 – 335 mm

Penulangan Tiang Pondasi

Diasumsikan seperti perhitungan kolom bulat.

Direncanakan

$$P_{\text{max}} = 76944,22 \text{ kg}$$

$$\text{Faktor } \phi = 0,8$$

$$\phi_{\text{tiang}} = 500 \text{ mm}$$

$$\phi_{\text{tul pokok}} = 22 \text{ mm}$$

$$\phi_{\text{tul sengkang}} = 12 \text{ mm}$$

$$p = 50 \text{ mm}$$

Penulangan Pokok

$$A_{\text{tiang}} = 196250 \text{ mm}^2$$

Direncanakan penulangan pokok 3% dari luas tiang

$$A_{st} = 5887,5 \text{ mm}^2$$

$$\Sigma_{\text{tulangan}} = \frac{A_{st}}{\frac{1}{4} \pi d^2} = 15,495 \sim 16$$

$$A_{s\text{ada}} = 6079,04 \text{ mm}^2$$

Cek:

$$A_{s\text{ada}} = 6079,04 \text{ mm}^2 > A_{st} = 5887,5 \text{ mm}^2$$

Digunakan tulangan pokok 16D22 mm

Penulangan Spiral

$$\phi_{\text{tul spiral}} = 12 \text{ mm}$$

$$A_{s\text{spiral}} = 113,04 \text{ mm}^2$$

Diameter inti tiang

$$D_c = 400 \text{ mm}$$

Luas penampang inti

$$A_c = 125600 \text{ mm}^2$$

Maka,

$$\rho = 0,45 \times \left(\frac{A_{\text{tiang}}}{A_c} \right) \times \left(\frac{f_c}{f_y} \right) = 0,0205$$

Jarak spasi tulangan spiral

$$S = \frac{4 \cdot A_{spiral} \cdot (Dc - d)}{Dc^2 \cdot \rho} = 53,48 \text{ mm} \sim 55 \text{ mm}$$

PENUTUP

Kesimpulan

1. Pelat lantai Ground hingga atap diperoleh tebal 12,5 cm, dengan menggunakan wiremesh M9 – 150 dan Steel deck.
2. Balok Anak menggunakan profil WF 350.175.7.11 dan shear connector menggunakan head stud $\varnothing \frac{3}{4}$ ". Balok Induk menggunakan profil WF 400.200.8.13 dan penghubung geser menggunakan shear connector head stud $\varnothing \frac{3}{4}$ " dengan jarak stud untuk setengah bentang per 0,875 m yaitu 16 cm, 22 cm, 33 cm, 65 cm.
3. Dari perhitungan kolom didapat dimensi kolom 55 x 55 cm dengan inti baja profil WF 400.400.13.21 , tulangan longitudinal 4 \varnothing 14 dan tulangan sengkang \varnothing 10 – 250.
4. Pondasi Straus dengan dimensi poer 200 cm x 200 cm x 50 cm dengan tulangan tekan \varnothing 14 - 335 dan tulangan tarik \varnothing 23 – 167. Dimensi tiang \varnothing 50 cm sebanyak 4 tiang dalam satu pondasi dengan jarak antar tiang 150 cm. Untuk tulangan pondasi digunakan tulangan longitudinal 16D22 dan tulangan spiral \varnothing 12 – 55

Saran

1. Perhitungan pelat dapat menggunakan beton bertulang .
2. Pada perencanaan struktur dapat juga menggunakan metode Precast atau Beton Pratekan.
3. Analisa perhitungan statika dapat juga menggunakan aplikasi ETABS dan SAP2000.

DAFTAR PUSTAKA

- Anonim. 2002. *Tata Cara Perencanaan Struktur Baja Untuk Bangunan Gedung* , SNI 1729:2002. Bandung. Badan Standardisasi Nasional.
- Anonim. 2013. *Beban Minimum untuk Perancangan Bangunan Gedung dan Struktur lain*, SNI 1726:2013. Jakarta. Badan Standardisasi Nasional.
- Anonim. 2013. *Persyaratan Beton Struktural Untuk Bangunan Gedung*, SNI 2847:2013. Jakarta. Badan Standardisasi Nasional.

Agus Setiawan. 2008. *Perencanaan Struktur Baja dengan Metode LRFD, (Sesuai SNI 03-1729-2002)*. Jakarta. Erlangga.

Charles G. Salmon & John E. Johnson. 1991. *Struktur Baja Desain Dan Perilaku Jilid 1 Edisi Kedua*. Jakarta. Erlangga.

Istimawan Dipohusodo. 1993. *Struktur Beton Bertulang*. Jakarta. Departemen Pekerjaan Umum..

Joshep E Bowles. 1991, *Analisa Dan Desain Pondasi Jilid 2 Edisi Keempat*. Jakarta. Erlangga.

Sardjono HS. 1996. *Pondasi Tiang Pancang (Untuk : Universitas dan Umum)*. Surabaya. Sinar Wijaya.