

**PERENCANAAN ULANG STRUKTUR BAJA-BETON KOMPOSIT PADA
GEDUNG RADIOLOGI DAN OK (*OPERATION KAMER*) DI RSUD
PAMEUNGPEUK KABUPATEN GARUT**

Agustina Heryanti Suwandy¹⁾, Herianto²⁾, Rosi Nursani³⁾

^{1,2,3}Jurusan Teknik Sipil Fakultas Teknik Universitas Siliwangi Tasikmalaya

e-mail : winasuwandy@gmail.com

Abstrak

Rumah sakit merupakan lembaga pelayanan kesehatan secara paripurna yang menyediakan pelayanan rawat inap, rawat jalan dan gawat darurat. Seiring dengan kompleksnya permasalahan kesehatan serta pesatnya pertumbuhan penduduk di Indonesia, khususnya di Kabupaten Garut yang merupakan salah satu kabupaten di Provinsi Jawa Barat. Hal tersebut menuntut adanya ketersediaan fasilitas kesehatan yang layak dan memadai. RSUD Pameungpeuk mengembangkan faslitasnya dengan membangun gedung radiologi dan OK (*Operation Kamer*) dengan kontruksi struktur baja *Square Tube* bertingkat 6 lantai dengan kapasitas tampung lebih banyak. Sebagai bahan studi perencanaan pada penelitian ini penulis merencanakan untuk mengubah perencanaan awal pada Gedung Radiologi dan OK (*Operation Kamer*) yang semula struktur baja *Square Tube* menjadi struktur baja beton komposit karena mengingat salah satu keuntungan dari penggunaan struktur komposit adalah kapasitas pemikul bebannya meningkat. Struktur komposit merupakan struktur yang memanfaatkan kelebihan dari beton dan baja yang bekerja bersama-sama satu kesatuan, dimana beton kuat terhadap tekan sedangkan baja kuat terhadap tarik. Dari hasil analisa dan perhitungan dengan menggunakan program bantu *ETABS* diperoleh hasil dimensi terhadap bangunan meliputi balok induk WF 500x200x10x16, profil balok anak WF 450x200x9x14, profil kolom K1 488x300x11x18, kolom K2 450x200x9x14, profil balok tangga utama 250x125x5x8, pelat lantai menggunakan dek baja gelombang dengan tebal 10 cm pada pelat atap dan 12 cm pada pelat lantai 1-6 serta sambungannya bervariasi sesuai dengan konvfigurasi rangka. Perencanaan ulang ini juga menggunakan dinding geser dengan tebal 25 cm yang berfungsi menahan 75% beban lateral. Perencanaan pondasi menggunakan bored pile dengan diameter 80 cm pada kedalaman 8 m.

Kata Kunci : Perencanaan, Gedung Radiologi dan OK, Komposit, Baja, Beton

Abstract

The hospital is a comprehensive health service institution that provides inpatient, outpatient and emergency services. Along with the complexity of health problems and the rapid population growth in Indonesia, especially in Garut Regency, which is one of the regencies in West Java Province. This requires the availability of proper and adequate health facilities. Pameungpeuk Hospital developed its facilities by building radiology and OK (Operation Kamer) buildings with 6-storey Square Tube steel structure construction with more capacity. As a planning study material in this research, the author plans to change the initial planning of the Radiology and OK (Operation Kamer) Building which was originally a Square Tube steel structure to a composite steel structure because considering that one of the advantages of using a composite structure is the increased load-bearing capacity. Composite structure is a structure that utilizes the advantages of concrete and steel that work together as a single unit, where concrete is strong in compression while steel is strong in tension. From the results of the analysis and calculations using the ETABS program, the dimensions of the building include the main beam WF 500x200x10x16, WF child beam profile 450x200x9x14, column profile K1 488x300x11x18, column K2 450x200x9x14, main ladder beam profile 250x125x5x8, floor slab using a thick corrugated steel deck. 10 cm on the roof slab and 12 cm on the floor slabs 1-6 and the connection varies according to the configuration of the frame. This redesign also uses a shear wall

with a thickness of 25 cm which serves to withstand 75% of the lateral load. Foundation planning using bored pile with a diameter of 80 cm at a depth of 8 m.

Keywords : Planning, Radiology and OK Building, Composites, Steel, Concrete

I. PENDAHULUAN

Rumah sakit merupakan lembaga pelayanan kesehatan secara paripurna yang menyediakan pelayanan rawat inap, rawat jalan dan gawat darurat. Seiring dengan kompleksnya permasalahan kesehatan serta pesatnya pertumbuhan penduduk di Indonesia, khususnya di Kabupaten Garut yang merupakan salah satu kabupaten di Provinsi Jawa Barat. Hal tersebut menuntut adanya ketersediaan fasilitas kesehatan yang layak dan memadai. RSUD Pameungpeuk mengembangkan faslitasnya dengan membangun gedung radiologi dan OK (*Operation Kamer*) dengan kontruksi struktur baja *Square Tube* bertingkat 6 lantai dengan kapasitas tampung lebih banyak.

Pada Penelitian ini penulis merencanakan untuk mengubah perencanaan awal pada Gedung Radiologi dan OK (*Operation Kamer*) yang semula struktur baja *Square Tube* menjadi struktur baja beton komposit karena mengingat salah satu keuntungan dari penggunaan struktur komposit adalah kapasitas pemikul bebannya meningkat. Struktur komposit merupakan struktur yang memanfaatkan kelebihan dari beton dan baja yang bekerja bersama-sama satu kesatuan, dimana beton kuat terhadap tekan sedangkan baja kuat terhadap tarik.

Dari latar belakang masalah tersebut, rumusan masalah yang akan dibahas dalam penelitian ini adalah :

1. Bagaimana merencanakan dan menganalisa pembebanan yang bekerja pada gedung radiologi dan OK (*Operation Kamer*) di RSUD Pameungpeuk ?
2. Bagaimana menganalisa gaya-gaya dalam yang bekerja pada struktur gedung radiologi dan OK (*Operation Kamer*) di RSUD Pameungpeuk ?
3. Bagaimana merencanakan struktur meliputi pelat lantai, dinding geser (*shear wall*), balok anak, balok induk dan kolom komposit baja beton berikut sambungan-

sambungannya serta tangga yang sesuai setelah gedung di rencanakan ulang ?

4. Bagaimana merencanakan pondasi yang sesuai dengan besarnya beban yang dipikul ?

Berdasarkan rumusan masalah diatas, maka yang menjadi tujuan dari penelitian ini diantaranya adalah :

1. Merencanakan dan menganalisa pembebanan yang bekerja pada gedung radiologi dan OK (*Operation Kamer*) di RSUD Pameungpeuk.
2. Menganalisa gaya-gaya dalam yang bekerja pada gedung radiologi dan OK (*Operation Kamer*) di RSUD Pameungpeuk.
3. Merencanakan struktur meliputi pelat lantai, dinding geser (*shear wall*), balok anak, balok induk dan kolom komposit baja berikut sambungan-sambungannya , serta tangga yang sesuai setelah gedung direncanakan ulang.
4. Merencanakan pondasi yang sesuai dengan besarnya beban yang dipikul.

Penelitian ini diharapkan dapat memberikan manfaat, antara lain sebagai berikut :

1. Mengetahui perencanaan struktur baja beton komposit pada gedung bertingkat yang memenuhi persyaratan keamanan struktur.
2. Memberi wawasan atau pengetahuan dalam bidang struktur khususnya struktur rangka baja komposit.
3. Memberikan referensi tentang perhitungan struktur baja beton komposit.

Pembatasan masalah dalam penelitian ini dilakukan karena dalam menyusun penelitian ini, peneliti menyadari keterbatasan kemampuan dan waktu, maka dilakukan pembatasan masalah untuk mengerucutkan pokok tujuan penelitian yang dilakukan. Adapun batasan masalah dalam penelitian ini adalah sebagai berikut :

1. Perencanaan tidak meliputi instalasi mekanikal, elektrikal dan *plumbing*.

2. Perencanaan tidak meninjau segi metode pelaksanaan, analisis biaya, arsitektural dan manajemen konstruksi.
3. Program bantu yang digunakan adalah *ETABS* dan *Autocad*.

II. BAHAN DAN METODOLOGI

Pembebanan

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 derek dan sistem pengangkut material ([8]).

Beban hidup adalah semua 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 ([8]).

Beban Gempa ([7])

Parameter Analisa Beban Gempa Dinamik :

- 1) Kategori Resiko Bangunan dan Faktor Kutamaan Gempa
- 2) Klasifikasi Situs
- 3) Parameter percepatan terpetakan
- 4) Koefisien Situs
- 5) Parameter respon spektral percepatan gempa maksimum yang dipertimbangkan resiko tertarget (MCE_R)

$$S_{MS} = Fa Ss$$

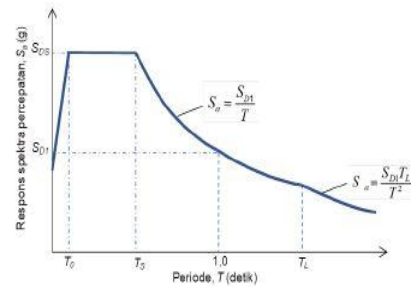
$$S_{M1} = Fv S1$$

- 6) Parameter percepatan spektral desain Parameter percepatan spektral desain untuk perioda pendek (SDS) dan perioda 1 detik (SD1), harus ditentukan dengan persamaan berikut:

$$S_{DS} = \frac{2}{3} S_{MS}$$

$$S_{D1} = \frac{2}{3} S_{M1}$$

- 7) Kategori Desain seismik
- 8) Koefisien modifikasi respons (R), faktor pembesaran defleksi (Cd), faktor kuat lebih sistem (Ω_0) dan batasan ketinggian struktur



Gambar 1. Spektrum Respon Desain Tertarget (MCE_R)

1. Kombinasi Pembebanan

Kombinasi pembebanan tersebut antara lain :

1. 1,4D
2. 1,2D + 1,6 L + 0,5(L_r atau S atau R)
3. 1,2D + 1,6(L_r atau S atau R) + (L atau 0,5W)
4. 1,2D + 1,0W + L + 0,5(L_r atau S atau R)
5. 1,2D + 1,0E + L + 0,2S
6. 0,9D + 1,0W
7. 0,9D + 1,0E

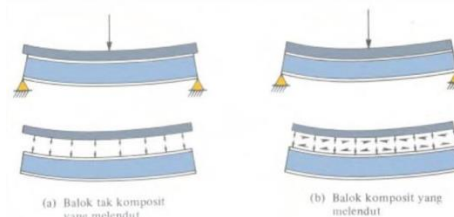
Metode Desain Load and Resistance Factor Design (LRFD)

Desain harus dilakukan sesuai dengan persamaan : $R_u \leq \phi \cdot R_n$

Faktor reduksi dalam perencanaan struktur berdasarkan metode LRFD, ditentukan dalam SNI 03-1729-2002.

Aksi Komposit

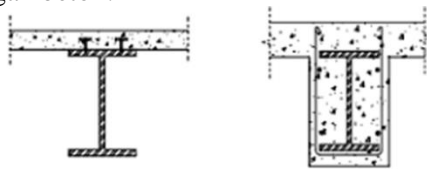
Aksi komposit terjadi apabila dua batang struktural pemikul beban, seperti pada pelat beton dan balok baja sebagai penyangganya, dihubungkan secara menyeluruh dan mengalami defleksi sebagai satu kesatuan ([12]).



Gambar 2. Perbandingan Balok yang Melendut Dengan dan Tanpa Aksi Komposit (Salmon & Johnson, 1991)

Balok Komposit

Balok komposit dapat dibentuk dari profil baja yang diberi penghubung geser (*shear connector*) pada sayap atas profil baja atau dapat pula dari profil baja yang dibungkus dengan beton.



a) Balok Komposit (tanpa deck) b) Balok baja diberi selubung beton

Gambar 3. Balok Komposit (Setiawan, 2008)

a. Kekuatan Balok Komposit dengan Penghubung Geser (SNI 03-1729-2002 pasal 12.4.2.1)

1) Kekuatan lentur positif (LRFD pasal 12.4.2.1)

Untuk penampang berbandan kompak

$$\frac{h}{tw} \leq \frac{1680}{\sqrt{fy}} \text{ dengan } \phi b = 0,85$$

Untuk penampang berbandan tidak kompak

$$\frac{h}{tw} \leq \frac{1680}{\sqrt{fy}} \text{ dengan } \phi b = 0,90$$

2) Kekuatan lentur negatif

Kekuatan lentur negatif dihitung dengan mengabaikan aksi komposit. Jadi kekuatan lentur negatif penampang komposit = kekuatan lentur negatif penampang baja saja. ($\phi b = 0,90$)

b. Lebar Efektif Balok Komposit

Besarnya lebar efektif dari suatu komponen struktur komposit dapat ditentukan sebagai berikut :

1) Untuk balok-balok interior (balok tengah)

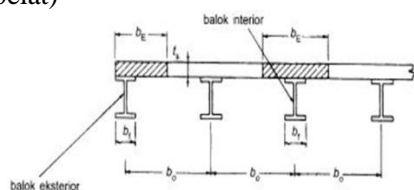
$$b_E \leq \frac{L}{4}$$

$$b_E \leq b_0$$

2) Untuk balok-balok eksterior (balok tepi)

$$b_E \leq \frac{L}{8} + (\text{jarak pusat balok ke tepi pelat})$$

$$b_E \leq \frac{1}{2} b_0 + (\text{jarak pusat balok ke tepi pelat})$$



Gambar 4. Lebar Efektif Balok Komposit

1. Menghitung Momen Nominal (M_n)

1. Menghitung momen nominal (M_n) positif

- Menghitung gaya tekan (C) pada beton $C = 0,85 \cdot f'c \cdot ts \cdot be$

- Menentukan gaya tarik (T) pada baja $T = A_s \cdot fy$

- Dipilih nilai yang terkecil dari kedua nilai diatas

- Menentukan tinggi balok tekan efektif $\alpha = \frac{A_s \cdot fy}{0,85 \cdot f'c \cdot beff}$

- Kekuatan momen nominal

$$M_n = C \cdot d1 \text{ atau } T \cdot d1$$

- Bila kekuatan nominal dinyatakan dalam bentuk gaya baja akan diperoleh: $M_n = A_s \cdot fy \left(\frac{d}{2} + ts - \frac{a}{2} \right)$

2. Menghitung momen nominal (M_n) negatif

- Menentukan lokasi gaya tarik pada balok baja $T = n \cdot A_r \cdot fy$

$$P_{yc} = A_s \cdot fy$$

Gaya pada sayap ;

$$P_f = b_f \cdot t_f \cdot fy$$

Gaya pada badan ;

$$P_w = \frac{P_{yc} - T}{2} - P_f$$

$$a_w = \frac{P_w}{tw \cdot fy}$$

- Menghitung jarak ke centroid

$$d1 = hr + tb - c$$

$$d2 = \frac{(P_f \cdot 0,5 \cdot t_f) + (P_w \cdot t_f + 0,5 \cdot a_w)}{P_f + P_w}$$

$$d3 = \frac{d}{2}$$

- Menghitung momen ultimit

$$M_n = T \cdot (d1 + d2) + P_{yc} \cdot (d3 - d2)$$

3. Kuat Geser Rencana Balok Komposit

Kuat geser rencana (ϕV_n) ditentukan berdasarkan kuat geser penampang baja saja. ($\phi b = 0,90$)

Bila :

$$\frac{h}{tw} \leq 1,10 \sqrt{\frac{kn \cdot E}{fy}} \rightarrow V_n = 0,6 \cdot fy \cdot A_w$$

Pelat badan leleh -> Plastis

Bila :

$$1,10 \sqrt{\frac{kn \cdot E}{fy}} < 1,37 \sqrt{\frac{kn \cdot E}{fy}} \rightarrow V_n = 0,6 \cdot fy \cdot A_w \times$$

$$\frac{1,10 \sqrt{\frac{kn \cdot E}{fy}}}{\frac{h}{tw}}$$

Pelat badan menekuk inelastik

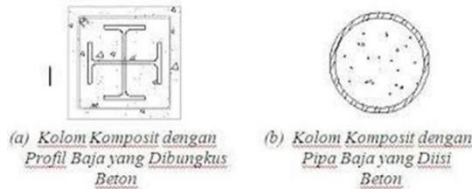
4. Penghubung Geser

Kekuatan penghubung geser jenis paku (LRFD Pasal 12.6.3)

$$Q_n = 0,5 \cdot A_{sc} (\sqrt{f'c} E_c) \cdot rs \leq A_{sc} \cdot fu$$

Kolom Komposit

Kolom komposit dapat dibentuk dari pipa baja yang diisi dengan beton polos atau dapat pula dari profil baja hasil gilas panas yang dibungkus dengan beton dan diberi tulangan baja serta sengkang, seperti halnya pada kolom beton biasa.



Gambar 5. Kolom Komposit (Setiawan, 2008)

1. Kuat Rencana Kolom Komposit

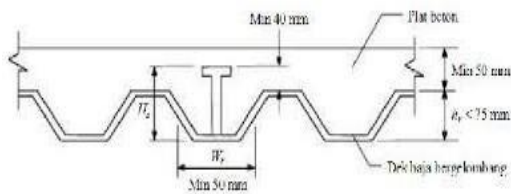
Untuk menghitung kuat rencana kolom komposit dihitung dengan rumus :

$$\phi_c N_n = 0,85 A_s f_{cr}$$

Kekuatan rencana kolom komposit yang menahan beban kombinasi aksial dan lentur (LRFD pasal 7.4.3.3)

- $N_u \phi_c N_n \geq 0,2$
- $\frac{N_u}{\phi N_n} + \frac{8}{9} \left(\frac{M_{ux}}{\phi b M_{nx}} + \frac{M_{ny}}{\phi b M_{ny}} \right) \leq 1,0$
- $N_u \phi_c N_n > 0,2$
- $\frac{N_u}{2\phi N_n} + \left(\frac{M_{ux}}{\phi b M_{nx}} + \frac{M_{ny}}{\phi b M_{ny}} \right) \leq 1,0$

Dek Baja Gelombang



Gambar 6. Penampang Melintang Dek Baja Gelombang

Persyaratan diatur dalam pasal 12.4.5.1 SNI 03-1729-2002. Dalam pasal ini diisyaratkan :

1. Tinggi maksimum dek baja, $h_r \leq 75$ mm, lebar rata-rata minimum dari dek baja gelombang, $w_r > 50$ mm
2. Pelat beton harus disatukan dengan balok baja melalui penghubung geser jenis paku yang di las, yang mempunyai diameter lebih dari 20 mm.

3. Ketebalan pelat beton diatas dek baja tidak boleh kurang dari 50 mm.

Sambungan

1. Klasifikasi Sambungan

Ada beberapa macam klasifikasi sambungan diantaranya:

- a. Sambungan kaku/*Rigid connection*
- b. Sambungan semi kaku/*Semi rigid connection*
- c. Sambungan sendi/*Simple connection*

2. Kekuatan Sambungan

Selanjutnya kuat batas sambungan adalah $R_n = \phi R_n$, dengan nilai faktor tahanan $\phi = 0,75$ untuk keseluruhan mekanisme keruntuhan yang ditinjau.

3. Sambungan Baut

- a) Kekuatan rencana geser baut
 $\phi V_n = \phi r 1. f_u A_b m$
- b) Kekuatan rencana tumpu baut dengan pelat
 $\phi f R_n = \phi f 2,4 d b. t_p. f_u$
- Baut mutu tinggi tipe gesek

4. Sambungan Las

- a) Las Tumpul
- b) Las Sudut

Dinding Geser (Shear Wall)

1. Pendimensian Dinding Geser

$$\text{Tebal Dinding Geser } (b_w) \geq \frac{1}{16} h_w$$

$$\text{Tebal Dinding Geser } (b_w) \geq \frac{1}{25} l_w$$

2. Perhitungan Tulangan Pada Dinding Geser

- a. Tentukan baja tulangan longitudinal dan transversal minimum yang diperlukan.

$$V_u > V_u \text{ ada} = \frac{1}{6} A_{cv} \sqrt{f'c}$$

Rasio distribusi tulangan minimum $\rho = 0,0025$ dan spasi maksimum 45 cm

- b. Tentukan baja tulangan yang diperlukan untuk menahan geser.

$$V_n \leq A_{cv} (ac \sqrt{f'c} + \rho n. f_y)$$

Tangga

1. Anak Tangga

Ukuran lebar anak tangga (*antride*) antara 20-33 cm, sementara tinggi anak tangga (*optride*) antara 15-18 cm. Idealnya $60 \leq (2t + i) \leq 65$ cm.

2. Kemiringan Tangga
 $z = y / x$
 z = koefisien kemiringan tangga
 y = tinggi tangga (cm)
 x = panjang tangga (cm)
3. Pagar dan Pegangan Tangga
4. Bordes
5. Anti Slip

Pondasi

Perencanaan Pondasi *Bored Pile*

Perhitungan daya dukung tanah adalah sebagai berikut:

- Daya dukung pondasi harus lebih besar dari pada beban yang dipikul oleh pondasi tersebut.
- Penurunan yang terjadi harus sesuai batas yang diizinkan (toleransi) yaitu 1” (2,54cm).

Metode Perhitungan :

- a. Metode Guy Sangrelat
- b. Metode Terzaghi

Daya Dukung Izin

$$\sigma_{all} = \frac{\sigma_u}{FS}$$

Jumlah tiang yang diperlukan

$$n = \frac{V_u}{P_{netto}}$$

Deskripsi Lokasi

RSUD Pameungpeuk berlokasi di Jalan Miramareu No. 99, Sirnabakti, Pameungpeuk, Kabupaten Garut.



Gambar 7. Peta Lokasi Gedung Radiologi dan OK

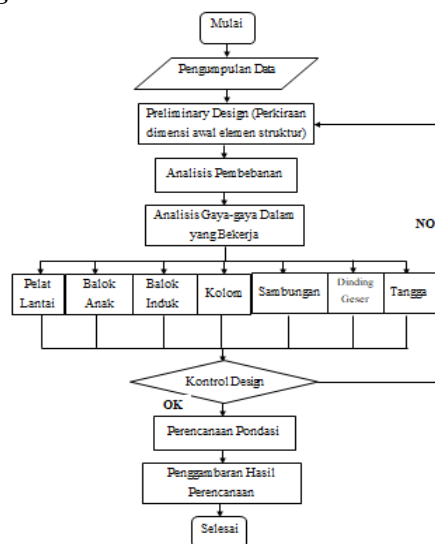
Studi Literatur

Adapun beberapa literatur serta peraturan gedung tersebut antara lain sebagai berikut :

- a. SNI 03-1729-2002 : “Tata Cara Perencanaan Struktur Baja Untuk Bangunan Gedung”

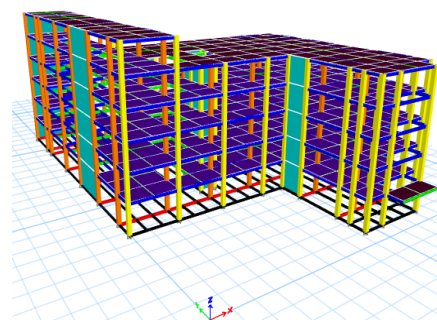
- b. SNI 1726-2019 : “Tata Cara Perencanaan Ketahanan Gempa Untuk Bangunan Gedung dan Non Gedung”
- c. Tabel Profil Baja “ Ir, V Sunggono Kh”
- d. SNI 1727-2020 : “Beban Desain Minimum dan Kriteria Terkait untuk Bangunan Gedung dan Struktur Lain.”
- e. Perencanaan Struktur Baja Dengan Metode Lrfd Edisi 1 & 2 : “Agus Setiawan”
- f. Desain Pondasi Tahan Gempa “Pamungkas & Erny, 2013.”
- g. SNI 1727-2013 : “Beban Minimum untuk Perancangan Bangunan Gedung dan Struktur Lain.”
- h. SNI 2847:2013 : “Desain Struktur Beton Bertulang Tahan Gempa.”

Bagan Alir



Gambar 8. Bagan Alir Perencanaan

III. HASIL DAN PEMBAHASAN Pemodelan Struktur



Gambar 1. Denah 3D Struktur RSUD Pameungpeuk

Beban Mati (Dead Load)

1. Sebelum Komposit

Berat pelat bondek = 0,1001 kN/m²
 Berat pelat beton = 0,10 x 24
 = 2,4 kN/m² +
 = 2,5001 kN/m²

2. Setelah Komposit

Pelat Atap :
 Waterproofing 0,02 m x 14 kN/m³ = 0,28 kN/m²
 Spacy 0,01 x 0,21 kN/m² = 0,0021 kN/m²
 Pasir 0,02 m x 16 kN/m³ = 0,32 kN/m²
 Instalasi MEP 1 = 0,15 kN/m² +
 Total = 0,75 kN/m²

Pelat Lantai :

Keramik 1 = 0,24 kN/m²
 Spacy 0,03 x 0,21 kN/m² = 0,0063 kN/m²
 Pasir 0,05 m x 16 kN/m³ = 0,8 kN/m²
 Instalasi MEP 1 = 0,25 kN/m²
 Plafond+Rangka 1 = 0,18 kN/m²
 ± Total = 1,48 kN/m²

Berat Sendiri :

Berat pelat bondek = 0,1001 kN/m²
 Berat pelat beton = 0,10 x 24 = 2,4 kN/m² +
 = 2,5001 kN/m²

Beban Pasangan dinding batako (HB 10) = 1.2 kN/m²

Beban Hidup (Live Load)

Ruang koridor, Ruang makan = 4.79 kN/m²
 Koridor diatas Lantai Pertama = 3.83 kN/m²
 Ruang/ Kamar Pasien = 1.92 kN/m²
 Kantor = 2.40 kN/m²
 Ruang Operasi = 2.87 kN/m²
 Atap = 0.96 kN/m²

Beban Gempa (Earthquake Load)

1. Arah Pembebanan

- a) 100% efektifitas untuk arah X dan 30% efektifitas arah Y
- b) 100% efektifitas untuk arah Y dan 30% efektifitas arah X

2. Parameter Respon Spectrum Rencana

Tabel 1. Distribusi Beban Gempa Respons Spektrum Dinamik

T (Detik)	Sa(g)	T (Detik)	Sa(g)
0,00	0,3680	8,00	0,083750
0,15	0,9200	9,00	0,066173
0,73	0,9200	10,00	0,053600
0,80	0,8375	11,00	0,044298
0,90	0,7444	12,00	0,037222
1,00	0,6700	13,00	0,031716
1,50	0,4467	14,00	0,027347
2,00	0,3350	15,00	0,023822
2,50	0,2680	16,00	0,020938
3,00	0,2233	17,00	0,018547
3,50	0,1914	18,00	0,016543
4,00	0,1675	19,00	0,014848
4,50	0,1489	20,00	0,013400
5,00	0,1340	21,00	0,012154
5,50	0,1218	22,00	0,011074

3. Faktor reduksi gempa (R)

faktor pembesaran defleksi (Cd) = 5,5
 nilai koefisien modifikasi respon (R) = 8
 nilai faktor kuat lebih sistem (Ω) = 3

4. Faktor keutamaan (I)

Pada SNI 03-1726-2019 bangunan ini termasuk kategori IV sehingga didapat nilai I = 1,5 .

5. Kontrol partisipasi massa

Tabel 2. Rasio Partisipasi Massa Gedung RSUD Pameungpeuk

Tabel Jumlah Ragam / Partisipasi Massa			
StepType	StepNum	SumUX	SumUY
Text	Unitless	Unitless	Unitless
Modal	1	0,3087	0,1255
Modal	2	0,5154	0,6288
Modal	3	0,6581	0,7255
Modal	4	0,6583	0,7256
Modal	5	0,7498	0,7282
Modal	6	0,7572	0,7286
Modal	7	0,7872	0,7453
Modal	8	0,788	0,7459
Modal	9	0,796	0,8109
Modal	10	0,812	0,8109
Modal	11	0,8253	0,8986
Modal	12	0,8271	0,9063
Modal	13	0,8286	0,9063
Modal	14	0,901	0,9115
Modal	15	0,9018	0,9217
Modal	16	0,9037	0,9217
Modal	17	0,9052	0,9296
Modal	18	0,9136	0,9353
Modal	19	0,9143	0,9431
Modal	20	0,9143	0,9454

Dari tabel diatas didapat partisipasi massa arah X sebesar 90,1 % pada modal ke 14 dan partisipasi massa arah Y sebesar 90,63 % pada modal ke 12.

6. Kontrol waktu getar alami fundamental

$C_t = 0,0724$ (Koefisien SNI)

$\alpha = 0,8$ (Koefisien SNI)

$h_n = 28,875$ m (Ketinggian Struktur)

maka :

$T = 0,0724 \times 28,875^{0,8} = 1,0669$ detik

Nilai C_u didapat dari tabel 17 SNI 03-1726-2019, untuk nilai $SD1 = 0,67$,

maka: $C_u \cdot T = 1,4 \times 1,0669 = 1,494$ detik

Dari hasil analisis ETABS didapat :

Tabel 3. Periode Struktur

MODE	Periode (T)
1	1,09
2	0,736
3	0,601
4	0,416
5	0,387
6	0,354
7	0,334
8	0,297
9	0,249
10	0,24
11	0,226
12	0,211
13	0,205
14	0,187
15	0,182
16	0,174
17	0,162
18	0,157
19	0,152
20	0,143

7. Kontrol nilai akhir respon spektrum

Berdasarkan SNI 03-1726-2019, Rumus gaya geser statik adalah :

$V = C_s \cdot W$

Dimana :

$C_s = \frac{SD_s}{T(\frac{R}{I_e})} = 0,1725$

Nilai C_s diatas nilainya tidak boleh diambil lebih besar dari :

$C_s = \frac{SD1}{T(\frac{R}{I_e})} = 0,1177 < 0,1725$ (NOT OK)

Dan tidak lebih kecil dari :

$C_s = 0,044 \cdot SDS \cdot I_e = 0,06072 < 0,1725$ (OK)

Maka diambil $C_s = 0,1725$

Dari program analisa struktur ETABS, didapat berat total struktur adalah 42925,8253 kN maka:

V statik = $C_s \cdot W = 0,1725 \times 42925,8253 = 7404,704864$ kN

Dari hasil analisis menggunakan program ETABS didapatkan nilai gaya geser dasar (*base shear*) sebagai berikut :

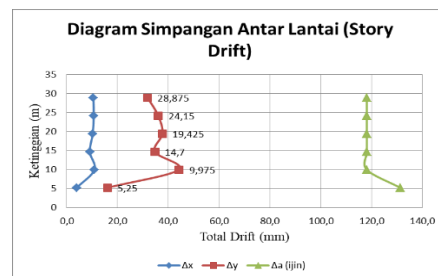
Kontrol :

Dinamik x Faktor Geser	Skala	Kontrol Vd > 100% Vs
12405		Memenuhi
18374		Memenuhi

8. Kontrol batas simpangan antar lantai (*drift*)

Tabel 4. Kontrol Simpangan Arah X dan Arah Y

Tinggi (m)	Δx	Δy	Δa (ijin)
5,25	3,96	16,06	131,25
9,975	10,9707	44,1063	118,125
14,7	9,1227	34,6757	118,125
19,425	10,2887	37,7007	118,125
24,15	10,6737	36,0690	118,125
28,875	10,556	31,8780	118,125

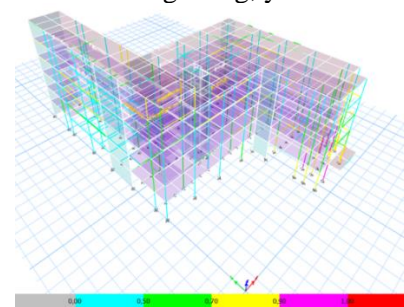


Gambar 2. Diagram Simpangan Antar Lantai (*Story Drift*)

Analisis Struktur

1. Analisis Struktur Portal menggunakan ETABS

Berikut ini hasil pengecekan struktur elemen gedung, yaitu :



Gambar 3. Semua Batang Aman

Hasil Gaya Dalam Elemen Struktur dapat di lihat pada tabel di bawah ini:

Tabel 5. Gaya Dalam Elemen Balok Sebelum Komposit Akibat Kombinasi Beban

KODE BALOK		P kN	V2 kN	V3 kN	T kN-m	M2 kN-m	M3 kN-m
BA	MAX	11,3	157,6	0,8	9,3	0,3	172,2
	MIN	-22,5	-126,5	-0,4	-9,0	-0,3	-105,2
B1	MAX	37,1	224,1	2,3	12,2	0,8	253,3
	MIN	-85,6	-207,3	-3,4	-12,7	-0,8	-130,2

Tabel 6. Gaya Dalam Elemen Balok Setelah Komposit Akibat Kombinasi Beban

KODE BALOK		P kN	V2 kN	V3 kN	T kN-m	M2 kN-m	M3 kN-m
BA	MAX	21,31	167,62	0,88	20,34	0,42	182,24
	MIN	-	-	-	-9,97	-	-
B1	MAX	47,07	234,07	3,32	22,24	0,90	263,30
	MIN	95,60	217,29	4,38	22,74	0,89	140,22

Tabel 7. Gaya Dalam Maksimum pada Elemen Kolom Akibat Kombinasi Beban

KODE KOLOM		P kN	V2 kN	V3 kN	T kN-m	M2 kN-m	M3 kN-m
K1	MAX	-48,4	71,8	79,0	3,5	177,0	175,1
	MIN	-3937,3	-83,2	-65,2	-3,0	-160,2	-198,4
K2	MAX	1,2	23,7	23,9	1,5	55,3	93,8
	MIN	-1275,1	-32,9	-24,0	-1,4	-55,8	-57,0

2. Analisis Struktur Pelat

• Pelat Lantai

Panjang bentang pelat arah x, (Lnx) = 4000 mm

Panjang bentang pelat arah y, (Lny) = 4000 mm

Tebal pelat lantai, (h) = 120 mm

Diameter tulangan yang digunakan = Ø10 mm

Tebal bersih selimut beton, (ts) = 20 mm

$$K = \frac{Ly}{Lx} = \frac{3,7}{3,7} = 1$$

Maka rumus momen sebagai berikut:

a. Momen lapangan arah x

$$Mulx = Clx \cdot 0,001 \cdot Qu \cdot Lx^2 = 3,305 \text{ kNm/m}$$

b. Momen lapangan arah y

$$Muly = Cly \cdot 0,001 \cdot Qu \cdot Lx^2 = 3,305 \text{ kNm/m}$$

c. Momen tumpuan arah x

$$Mutx = Ctx \cdot 0,001 \cdot Qu \cdot Lx^2 = 8,184 \text{ kNm/m}$$

d. Momen tumpuan arah y

$$Muty = Cty \cdot 0,001 \cdot Qu \cdot Lx^2 = 8,184 \text{ kNm/m}$$

• Pelat Atap

Panjang bentang pelat arah x, (Lnx) = 4000 mm

Panjang bentang pelat arah y, (Lny) = 4000 mm

Tebal pelat atap, (h) = 100 mm

Diameter tulangan yang digunakan = Ø10 mm

Tebal bersih selimut beton, (ts) = 20 mm

$$K = \frac{Ly}{Lx} = \frac{3,7}{3,7} = 1$$

Maka rumus momen sebagai berikut:

a. Momen lapangan arah x

$$Mulx = Clx \cdot 0,001 \cdot Qu \cdot Lx^2 = 1,778 \text{ kNm/m}$$

b. Momen lapangan arah y

$$Muly = Cly \cdot 0,001 \cdot Qu \cdot Lx^2 = 1,778 \text{ kNm/m}$$

c. Momen tumpuan arah x

$$Mutx = Ctx \cdot 0,001 \cdot Qu \cdot Lx^2 = 4,403 \text{ kNm/m}$$

d. Momen tumpuan arah y

$$Muty = Cty \cdot 0,001 \cdot Qu \cdot Lx^2 = 4,403 \text{ kNm/m}$$

3. Analisis Struktur Balok Induk dan Balok Anak

Direncanakan balok induk dan balok anak menggunakan profil WF 500x200x10x16 dan WF 450x200x9x14

a. Kondisi Balok Induk Sebelum Komposit

Pada kondisi sebelum komposit, berdasarkan hasil ETABS diperoleh gaya-gaya dalam maksimum sebagai berikut :

$$M \text{ max} = 253,3018 \text{ kNm (Lapangan)}$$

$$M \text{ min} = -130,217 \text{ kNm (Tumpuan)}$$

$$V \text{ max} = 224,0654 \text{ kN}$$

- Kontrol Kuat Geser

$$\frac{h}{tw} = \frac{428}{10} = 42,8 \quad \frac{1100}{\sqrt{fy}} = \frac{1100}{\sqrt{250}} = 69,570$$

$$\frac{h}{tw} \leq \frac{1100}{\sqrt{fy}} \text{ (Plastis)}$$

$$Vn = 0,6 \times fy \times Aw = 750000 \text{ N} = 750 \text{ kN}$$

$$\phi Vn = 0,9 \times Vn = 675 \text{ kN}$$

$$\text{Syarat } \phi Vn \geq Vu$$

$$675 \text{ kN} \geq 224,0654 \text{ kN} \dots \text{OK}$$

- Kontrol Kuat Momen Lentur

Tekuk Lokal (Buckling)

Sayap :

$$\frac{b}{2tf} = \frac{200}{2 \times 16} = 6,25 \quad \lambda p = \frac{170}{\sqrt{fy}} = \frac{170}{\sqrt{250}} = 10,75$$

$$\frac{b}{2tf} \leq \lambda p \quad \dots \text{OK}$$

Badan :

$$\frac{h}{tw} = \frac{428}{10} = 42,8 \quad \lambda p = \frac{1680}{\sqrt{fy}} = \frac{1680}{\sqrt{250}} = 106,25$$

$$\frac{h}{tw} \leq \lambda p \quad \dots \text{OK}$$

Penampang kompak, maka $M_n = M_p$.

- Tekuk Lateral (Lateral Buckling)

$$M_n = C_b [M_r + (M_p - M_r) \times \frac{L_r - L_b}{L_r - L_p}] < M_p$$

$$= 149,959388 \text{ kNm}$$

$$M_P = 513,8684 \text{ kNm}$$

$$M_n < M_p \quad 149,959388 \text{ kNm} < 513,8684 \text{ kNm}$$

...OK

Syarat : $\phi M_n \geq M_u$ ($\phi = 0,9$)

$$\phi M_n = 0,9 \times 149,96 = 134,963 \text{ kNm}$$

$$M_u = 130,217 \text{ kNm}$$

$$134,963 \text{ kNm} \geq 130,217 \text{ kNm} \quad \dots \text{OK}$$

- Kontrol Lentutan

Lentutan Ijin

$$\frac{L}{240} = \frac{800}{240} = 3,33 \text{ cm}$$

Lentutan yang terjadi :

$$f_o = \frac{5}{384} \times \frac{qD \times L^4}{E \cdot I_x} = 0,006687079 \text{ m} = 0,66870795 \text{ cm}$$

$$\text{Syarat : } f_o \leq f_{ijin} \quad 0,6687 \text{ cm} \leq 3,333 \text{ cm} \quad \dots \text{OK}$$

b. Kondisi Balok Induk setelah Komposit

Pada kondisi setelah komposit, berdasarkan hasil ETABS diperoleh gaya-gaya dalam maksimum sebagai berikut :

$$M_{\max} = 263,3018 \text{ kNm} \quad (\text{Lapangan})$$

$$M_{\min} = -325,217 \text{ kNm} \quad (\text{Tumpuan})$$

$$V_{\max} = 234,0654 \text{ kN}$$

$$\text{Panjang Bentang (L)} = 8 \text{ m}$$

a) Zona momen positif

- Kontrol kuat geser

$$\frac{h}{tw} = \frac{428}{10} = 42,8$$

$$1,1 \sqrt{\frac{kn \cdot E}{fy}} = 1,1 \sqrt{\frac{5,2 \times 10^5}{250}} = 69,57012$$

$$\frac{h}{tw} \leq 1,1 \sqrt{\frac{kn \cdot E}{fy}} \quad \text{Plastis } 42,8 \leq 69,57012$$

...OK

$$V_n = 0,6 \times fy \times A_w = 750000 \text{ N} = 750 \text{ kN}$$

$$\phi V_n = 0,9 \times V_n = 675 \text{ kN}$$

$$\text{Syarat } \phi V_n \geq V_u \quad 675 \text{ kN} \geq 234,0654 \text{ kN} \quad \dots \text{OK}$$

- Lebar Balok Efektif (balok interior)

$$b_{eff} < \frac{1}{4}L = 2 \text{ m}$$

$$b_{eff} < b_o = 8 \text{ m}$$

Jadi b_{eff} yang dipakai 2 m (terkecil)

- Kontrol Kuat Momen Lentur

Tekuk Lokal (Buckling)

Sayap :

$$\frac{b}{2tf} = \frac{200}{2 \times 16} = 6,25 \quad \lambda p = \frac{170}{\sqrt{fy}} =$$

$$\frac{170}{\sqrt{250}} = 10,75 \quad \frac{b}{2tf} \leq \lambda p \quad \dots \text{OK}$$

Badan :

$$\frac{h}{tw} = \frac{428}{10} = 42,8 \quad \lambda p = \frac{1680}{\sqrt{fy}} = \frac{1680}{\sqrt{250}} = 106,252$$

$$\frac{h}{tw} < \lambda p \quad \dots \text{OK}$$

Penampang kompak

- Menentukan gaya tekan yang terjadi pada pelat

$$C = 0,85 \times f'c \times t_{plat} \times b_{eff} = 6120000 \text{ N} = 6120 \text{ kN}$$

$$T = A_s \times fy = 285500 \text{ kg} = 2799,8 \text{ kN}$$

$T < C$, maka garis netral plastis terletak di beton.

- Menentukan jarak dari centeroid gaya yang bekerja

$$a = 0,466503268 \text{ cm}$$

$$d_1 = h_r + t_b - (a/2) = 11,76674837 \text{ cm}$$

$$d_2 = 0 \text{ (profil baja tidak mengalami tekan)}$$

$$d_3 = d/2 = 25 \text{ cm}$$

$$e = d_1 + d_2 + d_3 = 36,76674837 \text{ cm}$$

- Menghitung kekuatan nominal penampang komposit

$$M_n = T \times e = 1029,395 \text{ kNm}$$

$$\phi M_n = 0,9 \times 1029,395 \text{ kNm} = 926,455 \text{ kNm}$$

$$\text{Syarat : } \phi M_n > M_u \quad 926,4558787 \text{ kNm}$$

$$> 263,3018 \text{ kNm} \quad \dots \text{OK}$$

Menghitung luasan transformasi beton ke baja

$$E_c = 0,041 \times w_c^{1,5} \times \sqrt{f'c} = 26403,49 \text{ Mpa}$$

$$E_s = 200000 \text{ MPa}$$

$$b_{eff} = 200 \text{ cm}$$

$$n = \frac{E_s}{E_c} = 7,57$$

$$b_{tr} = \frac{b_{eff}}{n} = 26,408 \text{ cm}$$

$$A_{tr} = b_{tr} \times t_b = 26,408 \times 6,3 = 166,34 \text{ cm}^2$$

- Menentukan letak garis netral

$$Y_{na} = 16,929 \text{ cm}$$

- Menentukan nilai momen inersia penampang transformasi

$$I_{tr} = 17791159,05 \text{ cm}^4$$

- Kontrol lentutan

$$\frac{L}{240} = \frac{800}{240} = 3,333333333 \text{ cm}$$

Lentutan yang terjadi :

$$f_o = 0,014112636 \text{ m} = 1,411263598 \text{ cm}$$

$$\text{Syarat : } f_o \leq f_{ijin}$$

$$1,411263598 \text{ cm} \leq 3,333333333 \text{ cm} \quad \dots \text{OK}$$

- Kontrol Kuat Geser
 $\frac{h}{tw} = \frac{428}{10} = 42,8 \frac{1100}{\sqrt{fy}} = \frac{1100}{\sqrt{250}} = n69,57010852$
 $\frac{h}{tw} \leq \frac{1100}{\sqrt{fy}}$ (Plastis)
 $Vn = 0,6 \times fy \times Aw = 441253,0637 \text{ N} = 441,253 \text{ kN}$
 $\phi Vn = 0,9 \times Vn = 397,1277574 \text{ kN}$
 Syarat $\phi Vn \geq Vu$ $397,1277574 \text{ kN} \geq 234,0654 \text{ kN} \dots \text{OK}$

b) Zona Momen Negatif
 Dipasang tulangan 10 Ø19 disepanjang beff yang memiliki nilai tegangan leleh tulangan longitudinal (fyr) = 290 MPa. Batang tulangan menambah kekuatan tarik nominal pada pelat beton :

$n=10$ $fyr = 290 \text{ Mpa}$ $D=1,9 \text{ cm}$
 $T = n \times Ar \times fyr = 82223,33373 \text{ kg}$

- Gaya tekan nominal maksimum dalam penampang baja :

$Pyc = As \times fy = 285500 \text{ kg}$
 Karena $Pyc > T$,

maka garis netral terletak pada profil baja, berlaku persamaan :

$(Pyc-T) / 2 = 101638,3331 \text{ kg}$
 Gaya pada sayap :

$Tf = bf \times tf \times fy = 800000 \text{ N} = 80000 \text{ kg}$
 Gaya pada badan :

$Tw = \frac{Pyc}{2} - Tf = 21638,33314 \text{ kg}$

Jarak garis netral dari tepi bawah sayap :

$aw = \frac{Tw}{fy \cdot tw} = 8,655333255 \text{ cm}$

- Menentukan jarak-jarak dari centeroid gaya-gaya yang bekerja

$d2 = 1,891656615 \text{ cm}$
 $d3 = \frac{d}{2} = 25 \text{ cm}$
 $d1 = tp - c = 12 - 6,3 = 5,7 \text{ cm}$

- Perhitungan momen negatif :

$Mn = T(d1 + d2) + Pyc(d3 - d2) = 7221643,352 \text{ kgcm} = 72216,43352 \text{ kgm}$

Syarat : $\phi Mn > Mu$ ($\phi = 0,85$)
 $\phi Mn = 0,85 \times 72216,43352 = 61383,96849 \text{ kgm} = 601,971 \text{ kNm}$

$Mu = 325,217 \text{ kNm}$
 Syarat : $\phi Mn > Mu$ ($\phi = 0,85$) $601,971 \text{ kNm} > 325,217 \text{ kNm} \dots \text{OK}$

- Perencanaan penghubung geser
 Untuk penghubung geser yang dipakai adalah tipe stud dengan : $ds = 19 \text{ mm}$

- Cek koefisien reduksi (rs)

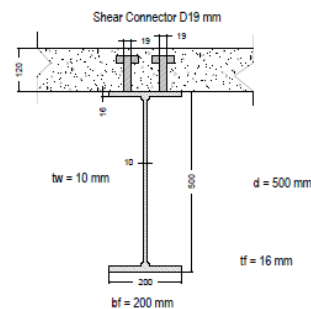
$hr = 57 \text{ mm}$
 $Hs = hr + 40 = 97 \text{ mm}$
 $Wr = 123 \text{ mm}$
 $Nr = 2$ (dipasang 2 stud pada setiap gelombang) = 2 buah
 satu baris :

$n = \frac{Pyc}{2 \cdot Qn \cdot rs} = 13,49198525 = 13 \text{ bh}$

Jumlah shear connector stud
 $2 \times n = 2 \times 13 = 26 \text{ bh}$

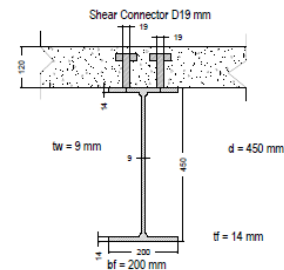
Jarak seragam (S) dengan stud masing-masing lokasi :

$S = \frac{L}{n} = \frac{800}{13} = 61,53846154 \text{ cm}$
 Jarak maksimum = 8 x tebal pelat = 96cm



DETAIL BALOK WF 500X200X10X16

Gambar 4. Detail Balok Induk



DETAIL BALOK WF 450X200X9X14

Gambar 5. Detail Balok Anak

3. Analisis Struktur Kolom Komposit K1 dan K2

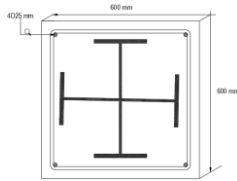
Dari hasil output ETABS diperoleh gaya-gaya dalam maksimum yang bekerja pada kolom adalah :

$Pu = 3937,2645 \text{ kN}$
 $Mux = 175,0727 \text{ kNm}$
 $Muy = 198,3827 \text{ kNm}$

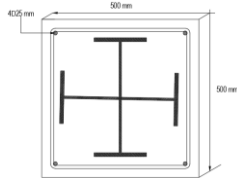
Kolom komposit direncanakan menggunakan profil K 488x300x11x18 dan K 450x200x9x14.

Dimana : BJ 41
 $fy = 250 \text{ Mpa}$ $fu = 410 \text{ Mpa}$

$f_r = 70 \text{ Mpa}$ $f_c = 30 \text{ Mpa}$



Gambar 6. Penampang Kolom Komposit K1



Gambar 7. Penampang Kolom Komposit K2

• Analisis Kolom K1

$Z_x = 3923509,00 \text{ mm}^3$
 $Z_y = 10634851 \text{ mm}^3$
 Selubung beton : $600 \times 600 \text{ mm}^2$
 $A_c = 600 \times 600 = 360000 \text{ mm}^2$
 $f_c = 30 \text{ Mpa}$
 Berat jenis beton : $w = 2400 \text{ kg/m}^3$
 Tulangan sengkang terpasang : $\varnothing 12 - 250$
 Tulangan utama : 4 D 25
 $A_r = 4 \times D = 1963,495408 \text{ mm}^2$
 Spasi $= (600-2) \times (40-2) \times (12-25) = 471 \text{ mm}$
 Batasan-batasan perhitungan kolom komposit

- Cek luasan penampang minimum profil baja :

$\frac{A_s}{A_c} = \frac{32700}{360000} = 0,090833333$
 $9,083\% > 4\% \dots \text{OK}$

- Cek jarak sengkang :

Cek $= \frac{2}{3} \times 600 = 400 \text{ mm}$

Cek $= 250 < \frac{2}{3} \times 600 \dots \text{OK}$

- Cek luas tulangan longitudinal :

$A_{st} = 490,8738521 \text{ mm}^2$
 $0,18 \times \text{spasi tulangan} = 84,78 \text{ mm}^2$
 $490,8738521 \text{ mm}^2 > 84,78 \text{ mm}^2 \dots \text{OK}$

- Cek mutu beton yang digunakan ($f_c = 30 \text{ MPa}$)

$21 \text{ MPa} \leq f_c \leq 55 \text{ MPa}$
 $21 \text{ MPa} \leq 30 \text{ MPa} \leq 55 \text{ MPa} \dots \text{OK}$

- Cek mutu baja tulangan ($f_y = 250 \text{ MPa}$)

$F_y < 380 \text{ MPa}$
 $250 \text{ MPa} < 380 \text{ MPa} \dots \text{OK}$

- Modifikasi tegangan leleh untuk kolom komposit

Luas total tulangan utama :

$A_{ut} = A_r = 1963,495408 \text{ mm}^2$

Luas bersih penampang beton :

$A_{cn} = A_c - A_s - A_{ut} = 325336,5046 \text{ mm}^2$

Untuk profil baja berselubung beton

$c_1 = 0,7$ $c_2 = 0,6$ $c_3 = 0,2$

$f_{my} = 439,5923174 \text{ Mpa}$

$E_c = 0,041 \times W_c^{1,5} \times \sqrt{f_c} = 26403,49 \text{ Mpa}$

$E_s = 200000 \text{ Mpa}$

$E_m = E + C_3 \times E_c \times \frac{A_{cn}}{A_s} = 252538,3447 \text{ Mpa}$

Jari-jari girasi modifikasi (r_m) :

$r_m = 0,3 \times b = 0,3 \times 600 = 18 \text{ cm}$

Panjang efektif K_x dalam rangka bidang ditentukan dengan menggunakan faktor-faktor kekangan (G).

K1 $488 \times 300 \times 11 \times 18$

$I_x = 71000 \text{ cm}^4$ $I_y = 8110 \text{ cm}^4$

$i_x = 20,84 \text{ cm}$ $i_y = 7,04 \text{ cm}$

$A_s = 327 \text{ cm}^2$

Balok induk : WF $500 \times 200 \times 10 \times 16$

$I_x = 47800 \text{ cm}^4$

$I_y = 2140 \text{ cm}^4$

Tekuk terhadap sumbu x : $I_c = I_x$ kolom

$GA = \frac{\sum (\frac{I_x}{L})_{\text{kolom}}}{\sum (\frac{I_x}{L})_{\text{balok}}} = \frac{2 \times (\frac{71000}{472,5})}{(\frac{47800}{800})} = 5,0297$

GB = 1 (kolom dengan perletakan jepit)

Jenis rangka bergoyang , sehingga dari nomogram didapatkan nilai K_{cx} ,

$K_{cx} = 1,7$

$L_{kx} = k_{cx} \times L = 803,25 \text{ cm}$

$\lambda_x = \frac{L_{kx}}{r_m} = 44,625$

Tekuk terhadap sumbu y : $I_c = I_y$ kolom

$GA = 12,8329$

GB = 1 (kolom dengan perletakan jepit)

Jenis rangka bergoyang , sehingga dari nomogram didapatkan nilai K_{cy}

$K_{cy} = 2$

$L_{ky} = k_{cy} \times L = 945 \text{ cm}$

$\lambda_y = \frac{L_{ky}}{r_m} = 52,5$

$\lambda_c = \frac{\lambda}{\pi} \sqrt{\frac{f_{my}}{E_m}} = 0,697221567$

$(0,25 < \lambda_c < 1,2)$ $(0,25 < 0,697 < 1,2)$ $\dots \text{OK}$

$\omega = \frac{1,43}{1,67 - 0,67\lambda_c} = 1,188831749$

$f_{cr} = \frac{f_{my}}{\omega} = 369,768 \text{ Mpa}$

- Kuat nominal kolom komposit :

$P_n = A_s \cdot f_{cr} = 12091,42403 \text{ kN}$

- Kuat rencana kolom komposit :
 $\phi .Pn = 0,9 \times Pn = 10277,711 \text{ kN}$
 $Pu = 3937,2645 \text{ kN}$
 Syarat : $\phi .Pn > Pu$
 $10277,711 \text{ kN} > 3937,2645 \text{ kN} \dots \text{OK}$
 Semua beban desain kolom ditopang oleh kolom komposit (terdiri dari profil baja dan beton).
- Persyaratan luas minimum penampang beton yang menahan beban desain kolom adalah :

Kemampuan profil baja menahan beban :
 $\phi Pns = 0,85 .As .fy = 6948,75 \text{ kN}$
 Kemampuan penampang beton menahan beban:
 $\phi .Pnc = \phi Pn - \phi Pns = 3328,960427 \text{ kN}$
 Syarat yang harus dipenuhi untuk luas penampang beton :

$$\phi .Pnc \leq 1,7 \phi f'c .Ab$$

$$Ab \geq \frac{\phi .Pnc}{1,7 \phi f'c} = 76792,62808 \text{ mm}^2$$

Luas penampang beton yang ada (Acn)
 $325336,5046 \text{ mm}^2 > 76792,62808 \text{ mm}^2 \dots \text{OK}$

Kuat nominal momen menurut Smith :

$$Mnc = fyZ + \frac{1}{3} (h2 - 2Cr) Ar .fyr + \left(\frac{h2}{2} - \frac{Aw .fy}{1,7 f'c .h1} \right) Aw .fy$$

Sehingga :

$$Mnx = 662431,0564 \text{ kNm}$$

$$Mny = 93431,05641 \text{ kNm}$$

Kontrol interaksi :

$$\frac{Pu}{\phi Pn} = \frac{3937,2645}{10277,711} = 0,383087705$$

Untuk $\frac{Pu}{\phi Pn} \geq 0,2$

$$\frac{Pu}{\phi Pn} + \frac{8}{9} \left(\frac{Mux}{\phi Mnx} + \frac{Muy}{\phi Mny} \right) \leq 1,0$$

$$0,385445822 \leq 1,0 \dots \text{OK}$$

Jadi, kolom komposit K1 488x300x11x18 dengan selimut beton 60cmx60cm dapat digunakan.

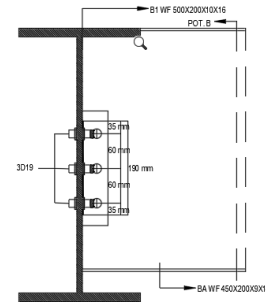
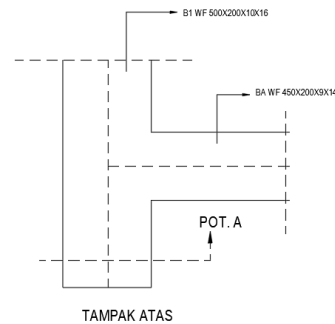
Perencanaan Sambungan

Tabel 8. Tipe dan Diameter Baut pada Sambungan

Sambungan	Tipe	Diameter
Balok anak dengan balok induk	Tipe tumpu dengan ulir	Ø19
Balok induk dengan kolom	Tipe A490	Ø22
	tanpa ulir	Ø31
		Ø33
Kolom dengan	Tipe A490	Ø28

kolom tanpa ulir

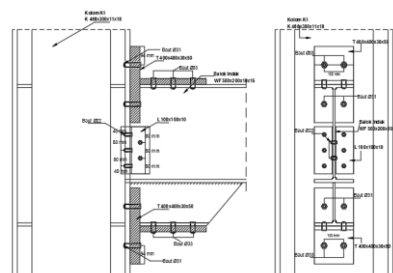
1. Sambungan Balok Anak dengan Balok Induk



POT. A

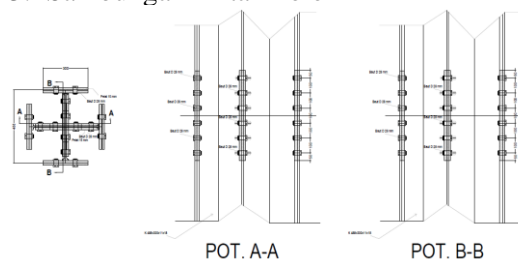
Gambar 8 Sambungan Balok Anak dengan Balok Induk

2. Sambungan Balok Induk dengan Kolom



Gambar 9. Sambungan Balok Induk dengan Kolom

3. Sambungan Antar Kolom



Gambar 10. Sambungan Antar Kolom

4. Desain Base Plate

Direncanakan beton dengan mutu ($f'c$) = 30 Mpa

Sambungan Las pada Base Plate

Direncanakan las dengan mutu FE_{90XX} dengan $t_e = 1,5$ cm

Perhitungan Base Plate

Direncanakan diameter baut 1 inch = 2,54 cm

Dimensi base plate :

H1 = 775 mm

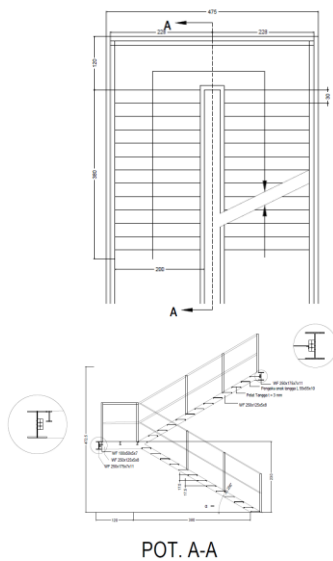
B1 = 775 mm

Jadi dipakai tebal pelat 4 cm.

Perencanaan Tangga

Struktur tangga direncanakan sebagai tangga darurat dengan menggunakan konstruksi dari baja. Data-data perencanaan Tangga

- Tinggi antar lantai :472,5 cm
- Tinggi bordes :227,5 cm
- Tinggi injakan (t) :17,5 cm
- Lebar injakan (i) :30 cm
- Jumlah tanjakan (Σt) :227,5/17,5= 13 buah
- Jumlah injakan (Σi) : $\Sigma t-1 = 12$ buah
- Lebar bordes :120 cm
- Panjang bordes :475 cm
- Lebar tangga :200 cm
- Sudut kemiringan (α) :arctan 17,5/30 = 30,256⁰



Gambar 11. Tampak Samping Tangga

Tabel 9 Hasil Perencanaan Item-item pada Tangga

Pelat Anak Tangga	3 mm
Pengaku Anak Tangga	Profil Siku 55x55x10
Pelat Bordes	8 mm
Balok Bordes	WF 100x50x5x7
Balok Tangga Utama	WF 250x125x5x8
Balok Penumpu Tangga	WF 250x175x7x11

Perencanaan Dinding Geser (Shear Wall)

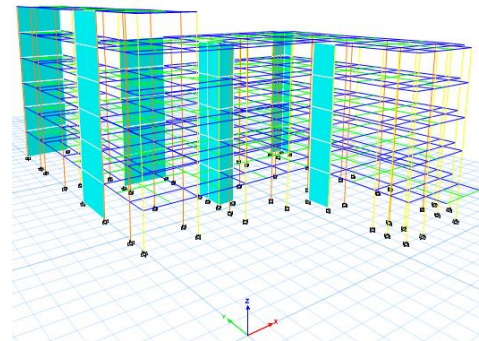
Untuk Dinding Geser :

$$K_{Ds} = \frac{Ex \cdot l_{eff}}{l}$$

→ 75% dari L_{total}

$$b = \frac{132392366757}{588410518,9} = 225 \text{ cm} = \frac{225}{11} = 20,45 \text{ cm}$$

Maka digunakan $b = 25$ cm untuk tebal dinding geser. Digunakan Tulangan 2D19 - 200 mm



Gambar 12. Tampak 3 dimensi dinding geser hasil penggambaran ETABS

Analisis Struktur Pondasi

Data penampang fondasi :

Kedalaman tiang, $z = 8$ m

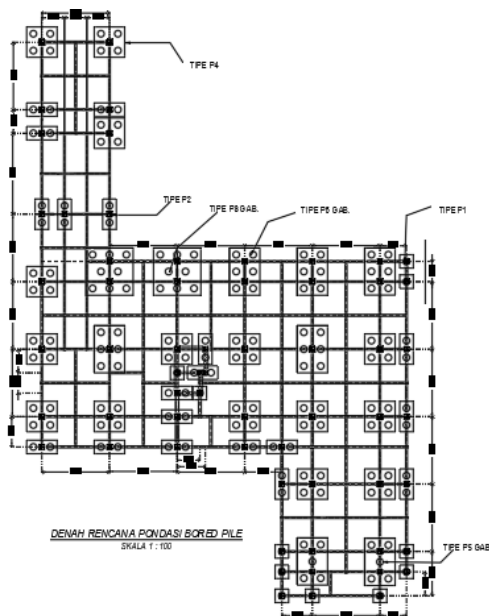
Diameter tiang, $d = 80$ cm

1. Perencanaan Pondasi Bored Pile

- Kapasitas izin total satu tiang $\sigma_a = 1102,847406$ kN
- $d = 0,8$ m
- Digunakan 6 Tipe Pondasi yang disesuaikan dengan kapasitas izin sesuai persyaratan yaitu P1, P2, P4, P5, P6, dan P8.
- Digunakan tulangan longitudinal 12D25 untuk tiang bored pile.
- Digunakan tulangan spiral diameter 10 mm dengan jarak antar tulangan 90 mm.

Tabel 10 Hasil Kapasitas Pondasi

Tahanan adhesi tiang dan tanah (P1)	126,883 kN					
Tahanan gesek tiang (P2)	132,642 kN					
Tahanan ujung tiang (P3)	939,83 kN					
Berat tiang (W)	96,509 kN					
Kapasitas izin total satu tiang (σa)	1102,847 kN					
Tipe Pondasi	P1	P2	P4	P5 (Gab)	P6 (Gab)	P8 (Gab)
Beban Struktur (Pu)	910,7 5 kN	1866, 1 kN	2889, 8 kN	3110,7 kN	3717, 9 kN	4744, 3 kN
Jumlah Tiang (n)	1 buah	2 buah	4 buah	5 buah	6 buah	8 buah
P max	973,5 1 kN	999,1 8 kN	775,5 9 kN	771,19 kN	884,6 7 kN	1069, 5 kN
Kontrol	OK	OK	OK	OK	OK	OK
P min	946,3 1 kN	977,5 4 kN	795,5 6 kN	768,76 kN	882,2 4 kN	1068, 9 kN
Kontrol	OK	OK	OK	OK	OK	OK
Efisiensi Kelompok Tiang (Qu)	1102, 8 kN	1938, 5 kN	3342, 7 kN	3733,2 kN	4747, 0 kN	5616, 9 kN
Kontrol Kapasitas Tiang	OK	OK	OK	OK	OK	OK



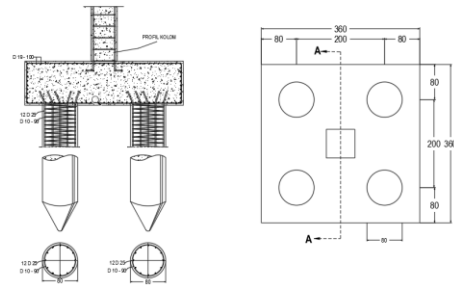
Gambar 13. Denah Pondasi Bored Pile

2. Perencanaan Pile Cap

Data penampang pile cap

- Bx = 360 cm
- By = 360 cm
- h = 100 cm
- d' = 80 cm

- Digunakan Tulangan Diameter 19 mm
- Jarak antar tulangan 100 mm



Gambar 14. Detail Penulangan Pondasi Bored Pile dan Pile cap

KESIMPULAN DAN SARAN

A. Kesimpulan

1. Pembebanan pada gedung dilakukan dengan teliti berdasarkan peraturan yang berlaku. Jenis beban yang dihitung terdiri dari beban hidup, beban mati, beban angin berdasarkan SNI 1727-2020 dan untuk beban gempa SNI 1726-2019 dengan kombinasi pembebanan yang berlaku pada SNI 03-1727-2020.
2. Bersarnya gaya dalam sangat dipengaruhi oleh hasil kombinasi pembebanan yang berlaku. Semua jenis beban yang berkerja pada struktur gedung tersebut sangat berpengaruh pada hasil gaya dalam yang dihasilkan tidak terkecuali berat beban struktur itu sendiri.
3. Analisis Struktur
 - 1) Pelat Lantai dan Pelat Atap

Struktur pelat direncanakan menggunakan dek baja gelombang (bondex) dengan data perencanaan awal tebal = 0,75 mm dan berat = 10,1 kg/m². Tebal pelat Lantai 120 mm, dan tebal pelat atap 100 mm mutu baja yang digunakan BJ-41 dan mutu beton yang digunakan f'c 30 MPa.

2) Dinding Geser

Dinding Geser direncanakan dengan tebal 25 cm, diameter tulangan horizontal D19-200 mm dan diameter tulangan Vertikal D25-150 mm.

3) Balok Induk dan Balok Anak

Elemen struktur komposit yang terpasang menggunakan baja dengan mutu BJ-41 dengan fy=250 MPa. Ada

dua tipe balok B1 profil WF 500x200x10x16 dan BA dengan Profil WF 450x200x9x14.. Agar menjadi elemen komposit maka dipasang *shear conecctor* dengan diameter 19 mm.

4) Kolom Komposit

Elemen kolom yang terpasang mempunyai beberapa tipe yaitu K1 dengan profil K 488x300x11x18 dengan selimut beton 600x600 mm dan K2 dengan profil K 450x200x9x14 dengan selimut beton 500x500 mm. Mutu baja yang digunakan merupakan BJ-41 dengan $f_y = 250$ MPa.

5) Sambungan

Sambungan *Rigid connection* digunakan untuk sambungan antara balok-kolom. *Simple connection* digunakan pada sambungan balok anak dengan balok induk.

6) Tangga

Profil Balok Tangga Utama menggunakan WF 250x125x5x8 dan Profil Balok Tangga Penumpu WF 250x175x7x11.

4. Pondasi yang digunakan merupakan pondasi sumuran tipe *bored pile* dengan bentuk bulat dengan Diameter 80 cm, dengan kedalaman 8 m. Digunakan 6 Tipe Pondasi yang disesuaikan dengan kapasitas izin sesuai persyaratan, tipe pondasi tersebut yaitu P1, P2, P4, P5, P6, dan P8. *Pile cap yang digunakan* sesuai tipe Pondasi seperti tipe P4 yaitu 360x360x100 cm dengan tulangan utama D19-100 dan *bored pile* berdiameter 80 cm, dengan tulangan utama 12D25, tulangan sengkang spiral D10-90.

B. Saran

1. Dalam perhitungan pembebanan dilakukan dengan sangat teliti dan benar, karena dapat berpengaruh pada gaya dalam yang dihasilkan, serta penampang yang dibutuhkan.
2. Diperlukan ketelitian dan ketepatan dalam menginput beban, bahan, dan dimensi tiap elemen pemodelan pada ETABS agar

menghasilkan gaya-gaya dalam yang lebih tepat.

3. Analisis Struktur

1) Elemen Pelat Lantai dan Atap perlu ketelitian dalam input beban tiap lantai, karena dapat berpengaruh pada elemen struktur lainnya.

2) Disarankan Perencanaan lebih efisien pada Dinding Geser agar mendapatkan hasil maksimal.

3) Disarankan perencanaan ulang untuk komponen Balok komposit agar mendapatkan hasil yang ekonomis dan maksimal.

4) Disarankan perencanaan ulang untuk komponen Kolom komposit agar mendapatkan hasil yang ekonomis dan maksimal. Selain itu referensi dan ketelitian sangat penting untuk ketepatan dalam menghitung elemen struktur primer ataupun struktur sekunder.

4. Untuk menghasilkan hasil perhitungan Pondasi disarankan menggunakan data penyidikan tanah yang lebih tepat dan lebih lengkap, karena sangat berpengaruh pada perhitungan kapasitas yang dibutuhkan.

DAFTAR PUSTAKA

- [1] Abdul. (2016). Perencanaan Ulang Gedung Fave Hotel Kali Rungkut Surabaya dengan Struktur Baja Beton Komposit. *Jurnal Ilmiah*.
- [2] Kusumowibowo, T.S., & Wahyuni, E. (2017). Modifikasi Perencanaan Gedung Rumah Sakit Umum Daerah (RSUD) Koja Jakarta dengan Metode Pracetak. *Jurnal Teknik ITS*, 6(1).
- [3] Maya Fitriana. (2017). Modifikasi Perencanaan Struktur Gedung Hotel Star. *Tesis, Institut Teknologi Sepuluh November*.
- [4] Muhammad Ali Akbar. (2015). Modifikasi Perencanaan Struktur Gedung Rumah Susun Sewa Sumur Welut Kota Surabaya Menggunakan Struktur Baja-Beton Komposit. *Tesis Institut Teknologi Sepuluh November*.
- [5] Pamungkas & Erny. (2013). *Desain Pondasi Tahan Gempa*. Yogyakarta: Andi.

- [6] Setiawan, A. (2008). *Perencanaan Struktur Baja dengan Metode LRFD (Berdasarkan SNI 03-1729-2002)*. Jakarta: Erlangga.
- [7] SNI 1726. (2019). *Tatacara Perencanaan Ketahanan Gempa untuk Struktur Bangunan Gedung dan Non Gedung*. Indonesia: Standar Nasional Indonesia.
- [8] SNI 1727. (2020). *SNI 1727 - 2020 Beban desain minimum dan kriteria terkait untuk bangunan gedung dan bangunan lain*. Indonesia: 2020.
- [9] SNI 1729. (2002). *Tentang Tata Cara Perencanaan Struktur Baja Untuk Bangunan Gedung*. Indonesia: SNI.
- [10] SNI 2847. (2013). *Desain Struktur Beton Bertulang Tahan Gempa*. Indonesia: Standar Nasional Indonesia.
- [11] Supriatna, B. B. (2011). *Studi Komparasi Desain Bangunan Tahan Gempa*. Bandung: ITB.
- [12] Widiarsa, I. B. (2007). Kuat Geser Baja Komposit dengan Variasi Tinggi Penghubung Geser Tipe-T Ditinjau dari Uji Geser Murni. *Jurnal Ilmiah Teknik Sipil*.