

**Studi Tebal Minimum Pelat Beton Bertulang Terletak pada Lantai Pelat
Atap Gedung Type Dua Lantai**
**Study of Minimum Thickness of Reinforced Concrete Slabs Located
On the Roof Plate Floor of a Two-Story Type Building**

Achmad Bagus Subkhi¹⁾, Pujo Priyono²⁾, Ilanka Cahya Dewi³⁾

¹⁾Mahasiswa Prodi Teknik Sipil, Fakultas Teknik, Universitas Muhammadiyah Jember
Email : achmadbagus219@gmail.com¹

²⁾Dosen Fakultas Teknik Universitas Muhammadiyah Jember
Email : pujopriyono@unmuhjember.ac.id²

³⁾Dosen Fakultas Teknik Universitas Muhammadiyah Jember
Email : Ilankacahya@unmuhjember.ac.id³

Abstrak

Perencanaan pelat beton bertulang harus memperhatikan dua kategori desain, yakni kekuatan dan kelayanan, serta memastikan ketebalan pelat minimum untuk menekan efek penyusutan dan deformasi material. Menghitung deformasi lendutan material jangka pendek, harus lebih kecil dari lendutan yang diijinkan oleh peraturan beton. Penelitian ini dilakukan dengan cara menyederhanakan desain kategori kelayanan agar tebal plat beton memenuhi standar SNI 03-2847 2019, juga dari segi kekuatan agar men-dapatkan luas tulangan yang optimal dari bangunan Rumah Susun Yayasan Ponpes Nurul Chotib Al Qodiri Tipe Rembunai 2 Lantai. Analisa tebal pelat ukuran 130 mm pada bangunan dilakukan dan menunjukkan bahwa tebal tersebut belum memenuhi syarat lendutan sesuai perhitungan, apabila nilai α_m terletak melebihi 0,2. Oleh kare-nanya dilakukan cek lendutan izin sesaat yang menghasilkan nilai 0,63 mm dimana lebih kecil dari perhitungan lendutan yang diijinkan akibat beban mati dan hidup yakni 16,67 mm. Sehingga perlu di uji studi kembali dengan menggunakan tebal plat 95 mm yang menghasilkan nilai lendutan sebesar 6,31 mm dimana mendekati lendutan ijin.

Kata kunci : Lendutan, Tulangan Minimum, dan Minimum Pelat.

Abstract

The planning of reinforced concrete slabs must consider two design categories, namely strength and serviceability, and ensure the minimum slab thickness to suppress the effects of material shrinkage and deformation. Calculating the short-term deflection deformation of the material, it should be smaller than the deflection allowed by the concrete regulations. This research was conducted by simplifying the design of the service category so that the thickness of the concrete slab meets the SNI 03-2847 2019 standards, as well as in terms of strength in order to obtain the optimal reinforcement area of the 2-Storey Ponpes Nurul Chotib Al Qodiri Foundation Flat House building. Analysis of the 130 mm thick plate in the building was carried out and showed that the thickness has not met the deflection requirements according to the calculation, if the α_m value is located exceeding 0.2. Therefore, the instantaneous allowable deflection was checked which resulted in a value of 0.63 mm which is smaller than the calculation of the allowable deflection due to dead and live loads which is 16.67 mm. So it is necessary to test the study again using a plate thickness of 95 mm which produces a deflection value of 6.31 mm which is close to the allowable deflection.

Keywords: Deflection, Minimum Reinforcement, and Plate Minimum.

1. PENDAHULUAN

Bangunan secara keseluruhan terbagi menjadi dua struktur yaitu desain kerangka atas dan bawah. Desain kerangka atas adalah kerangka bangunan yang letaknya berada di atas permukaan tanah. Kerangka atas terdiri dari kerangka kolom, kerangka balok, kerangka pelat dan tangga. Perencanaan pembuatan pelat beton bertulang yang terletak di atas balok, menurut peraturan beton, harus memperhatikan dua kategori desain, yakni kekuatan dan kelayakan (Putri, dkk. 2023)

Pelat beton untuk tujuan kategori desain kekuatan adalah dengan melakukan desain luas tulangan yang diperlukan oleh suatu penampang pelat akibat beban yang dideritanya, yang mana berbanding lurus, yakni, semakin besar beban yang diderita maka semakin besar juga luas tulangan yang diperlukan. Secara sederhana berarti lendutan pelat secara pasti sudah memenuhi dari syarat batas lendutan yang diperbolehkan oleh peraturan beton (Salsabya, dkk. 2023)

Kontrol saat perencanaan pembuatan pelat beton perlu dilakukan terhadap kategori desain kekuatan yaitu para perancang dihadapkan pada dua batas yang harus dipenuhi. Desain layan tertentu yang memerlukan penentuan ketebalan pelat untuk memastikan lendutan mematuhi persyaratan yang telah ditetapkan di Syarat dan Ketentuan Standart Nasional Indonesia dan ini merupakan langkah desain yang ekonomis. (Ferguson, dkk, 1991)

Tantangan dalam menghitung defleksi yang disebabkan oleh beban jangka pendek atau sesaat, dan jangka panjang. Deformasi material ini harus lebih kecil dari defleksi yang diijinkan yang disyaratkan oleh peraturan beton. Langkah menghitung lendutan pelat beton bertulang, adalah langkah yang sangat melelahkan, karena begitu rumitnya dibanding hanya untuk tujuan kemampuan layan, yang memang tidak banyak diperhatikan oleh perencana yang tidak memandang bahwa fungsi kemampuan layan gedung adalah penting (Priyono and Muhtar 2023)

Permasalahan dari studi ini adalah Bagaimana membuat tuntunan atau format penyederhanaan desain kategori kelayakan agar tebal pelat atap yang masih bisa diterima oleh peraturan, juga dari segi desain kategori kekuatan juga mendapatkan luas tulangan yang opti-mal,

yakni minimal sama dengan luas tulangan minimum dalam rangka kendalikan rangkakan dan susut (Handayani, E. Y dkk, 2023)

Tujuan dari studi ini adalah melakukan studi terhadap pelat beton bertulang yang terletak di atas balok sehingga bisa membuat tuntunan atau format penyederhanaan desain kategori kelayakan agar tebal pelat atap gedung yang masih bisa diterima oleh peraturan, juga dari segi desain kategori kekuatan mampu dalam tahap uji analis/ mendapatkan luas tulangan yang optimal, yakni minimal sama dengan luas tulangan minimum dalam rangka kendalikan rangkakan dan susut.

2. TINJAUAN PUSTAKA

A. Asumsi Studi Desain

Menurut (Sudarmoko, 1996) saat menghitung beban lentur, beban aksial, atau kombinasi beban lentur dan aksial, asumsi berikut harus dibuat selama perencanaan:

- Diasumsikan bahwa jarak sumbu netral berbanding lurus dengan regangan pada tulangan dan beton.
- Perpanjangan maksimum yang diperbolehkan untuk serat beton terluar dianggap memiliki koefisien sebesar 0,003.
- Tegangan pada batang tulangan di bawah titik leleh F_y yang ditentukan untuk mutu batang tulangan..
- Hal ini diabaikan dan tidak digunakan saat menghitung kuat tarik beton.
- Asumsikan hubungan antara regangan beton dan distribusi tegangan tekan beton berbentuk persegi panjang.
- Distribusi tegangan beton persegi ekuivalen didefinisikan sebagai:
 - a. Diasumsikan tegangan beton sebesar $0,85 f'c$ terdistribusi sumbu netral pada jarak $a = dc$ dari serat tegangan tekan maksimum terbatas.
 - b. Jarak c dari serat dengan perpanjangan maksimum ke sumbu netral harus diukur dalam arah tegak lurus sumbu tersebut.
 - c. Untuk kuat tekan beton dapat diasumsikan sebagai berikut:
Jika $17 \text{ MPa} \leq f'c \leq 28 \text{ MPa}$:
 $\beta_1 = 0,85$(1)
Jika $f'c \leq 28 \text{ MPa}$: $\beta_1 = 0,85 - 0,05 (f'c) - 28/7$(2)
tidak boleh kurang dari 0,65.

B. Pembebanan

Bangunan bertingkat dilengkapi dengan struktur pendukung yang mampu menahan beban mati, gaya angin, beban hidup dan dirancang untuk menangani kondisi tersebut. Bagian ini menjelaskan beban mati, dan massa muatan, saja karena lendutan yang dicari hanya menghitung lendutan sesaat saja (Priyono 2020).

C. Beban Mati

Menurut 1 PPUPRG 1983, bagian permanen suatu bangunan, yang mencakup semua elemen lain dan peralatan permanen yang pada hakikatnya membentuk satu unit bangunan. Berat sendiri komponen yang terbuat dari bahan bangunan harus ditentukan. Tabel 1.

Tabel 1. Koefisien Bahan Bangunan

No	Bahan Bangunan	Berat Volume (Kg/M ³)
1	Koefisien berat baja	7850
2	Koefisien berat batu alam	2600
3	Koefisien berat batu belah, batu bulat, batu gunung, (berat tumpuk)	1500
4	Koefisien berat batu karang (berat tumpuk)	700
5	Koefisien berat batu pecah	1450
6	Koefisien berat besi tuang	7250
7	Koefisien berat beton	2200
8	Koefisien berat beton bertulang	2400
9	Koefisien berat kayu (kelas i)	1000
10	Koefisien berat kerikil, koral	1650

Sumber :PPUPRG, 1983

D. Beban Hidup

Menurut Pasal 1 PPUPRG 1983 adalah segala beban yang diakibatkan oleh penghunian gedung dan peralatan, serta segala beban pada lantai yang disebabkan oleh barang, mesin, atau sistem yang bergerak. Khusus pada atap, air hujan menjadi bagian beban melalui turunnya tekanan (energi kinetik) genangan air dan tetesan air. Tabel 2 berikut ini.

Tabel 2. Beban Hidup pada Lantai PPUPRG 1983

Huruf	Fungsi Lantai	Berat Volume (Kg/M ³)
a	Lantai dan tangga bangunan tempat tinggal, tidak termasuk yang ditentukan dalam (b).	200
b	Lantai dan tangga rumah sederhana dan gudang yang fungsinya kurang penting yang tidak digunakan sebagai toko, pabrik, dan bengkel	125
c	Lantai sekolah, auditorium, kantor, toko, department store, restoran, hotel, asrama, rumah sakit	250

Huruf	Fungsi Lantai	Berat Volume (Kg/M ³)
d	Lantai ruang olahraga cocok untuk olahraga intens	400
e	Lantai ruang dansa dengan berbagai komponen lainnya	500
f	Lantai dan balkon-dalam dari ruang-ruang untuk konferensi, termasuk masjid, gereja, ge-dung serba guna, dan ruang konferensi dengan lantai da-lam ruangan dan balkon, serta jenis kursi penonton tetap lain-nya.	400
g	"Platform bagi mereka yang tidak duduk diam/ beraktifitas.	500
h	Tangga, bordes tangga dan gang dari yang disebut dalam kolom c	300
i	Tangga, landasan, dan lorong tercantum pada kolom d, e, f, dan g	500

Sumber : PPUPRG, 1983

E. Pelat Satu Arah

Pelat satu arah merupakan panel beton bertulang yang perbandingan antara panjang dan lebarnya lebih besar 2,0. Menurut Syarat dan Ketentuan SNI 03-2847-2019 (Badan Standardisasi Nasional 2019)Tabel 8, tebal minimum pelat dan balok (h) untuk berbagai jenis keadaan adalah seperti Tabel 3.

Tabel 3. Tebal Minimum Balok Non-Pratekan /Pelat Satu Arah Bila Lendutan Tidak Dihitung

Desain Kerangka	Tebal minimum (h)			
	2 sokong sederhana	1 pucuk merasuk	Ke-2 pucuk merasuk	Kan-tile-ver
Pelat Padat, Pelat Pembawa Sekali Pakai, atau Pelat Berusuk.	Lendutan yang besar dapat terjadi pada komponen yang tidak ditopang atau dipasang pada partisi atau struktur lainnya.			
	$l / 20$	$l / 24$	$l / 28$	$l / 10$
	$l / 16$	$l / 18,5$	$l / 21$	$l / 8$

Sumber SNI, 2013

Ketentuan tebal pelat diatas berlaku apabila baja tulangan menggunakan BJTD 40 (kuat leleh baja tulangan, $F_y = 400$ Mpa.). Untuk itu nilai selain $F_y = 400$ Mpa, harus dilipat gandakan denngan faktor $(0,4 + f_y/700)$. Hitungan tebal pada Tabel 2.1 berlaku bila komponen struktur beton bertulang adalah beton normal ($\gamma_{beton}=2400$ kg/m³).

F. Pelat Dua Arah

SNI 03-2847-2019 mengamanatkan tebal minimum pelat, dengan balok penyangga pada semua sisinya, yang memenuhi persyaratan sebagai berikut:

a. Untuk α_m yang lebih besar 0,2 tapi tidak lebih dari 2,0, ketebalan pelat minimum harus memenuhi.

$$h = \frac{l_n \left\{ 0,8 + \frac{f_y}{1500} \right\}}{36 + 5\beta[\alpha_m - 0,2]} \dots \dots \dots (3)$$

dan tidak boleh kurang dari 125 mm.

- b. Untuk α_m lebih besar dari 2,0, ketebalan minimum tidak boleh kurang dari

$$h = \frac{l_n \left\{ 0,8 + \frac{f_y}{1500} \right\}}{36 + 9\beta} \dots\dots\dots(4)$$

dan tidak boleh kurang dari 90 mm.

Dimana $\alpha_m = \alpha_{rata-rata}$ dan $\beta = \frac{l_y}{l_x} = \frac{\text{bentang panel plat yang lebih panjang}}{\text{bentang panel plat yang lebih pendek}} \dots\dots\dots(5)$

Dan $\alpha = \frac{E_c I_b}{E_c I_s} = \frac{E_{cb} \left(\frac{b_w h^3}{12} \right) f}{E_{cs} \left(l_2 \frac{t^3}{12} \right)} = f \frac{b_w h^3}{l_2^3}$, bila

$$E_{cb} = E_{cs} \dots\dots\dots(6)$$

$$\text{Dan } f = 1 + (A - 1) B^3 \frac{3(1-B)^2 B(A-1)}{1+B(A-1)} \dots\dots\dots(7)$$

(Wang and Salmon 1979)

Lebar efektif balok T, b_e dapat ditentukan dengan perumusan sebagai berikut:

- untuk balok L atau Tepi,
 $b_e = b_w + (h-t) \leq b_w + 4t \dots\dots\dots(8)$

- untuk balok T atau tengah,
 $b_e = b_w + 2(h-t) \leq b_w + 8t \dots\dots\dots(9)$

G. Lendutan Penampang Elastis

Kajian struktur dilakukan apabila desain elemen mempunyai faktor kelangsingan yang besar. Lendutan struktur dihindari, berakibat korosi pada tulangan dengan infiltrasi air ke dalam beton melalui retakan (Nasution 2009).

Lendutan ijin bergantung dari berbagai faktor, antara lain tipe bangunan (gedung, sekolah, pabrik, dan hunian), terutama pada kekakuan elemen seperti lendutan yang di ijin kan oleh standart perhitungan sesuai dengan syarat lendutan ijin sesuai yang di tulis oleh (Wang and Salmon 1979).

Pada umumnya, lendutan maksimum dalam elemen elastis dinyatakan oleh standat peraturan sebagai berikut:

$$\Delta_{maksimum} = K \frac{M_k l^2}{E_c I_e} \dots\dots\dots(10)$$

Dengan:

M_k = momen lentur maksimum pada beban kerja

E_c = modulus elatisitas beton

K = konstanta bergantung beban dan kondisi tumpuan, yang mana untuk kasus-kasus sederhana di *ACI Design Handbook, Vol.1* (Committee 2005) dapat diperoleh.

I_e = momen inerti efektif

$$I_e = \left(\frac{M_{retak}}{M_k} \right)^3 I_g + \left(1 - \left(\frac{M_{retak}}{M_k} \right)^3 \right) I_{retak} \leq I_g \dots\dots\dots(11)$$

I_g = momen inerti penampang transformasi utuh

$$= \int_{A_e} y^2 dx dy \dots\dots\dots(12)$$

I_{retak} = momen inersia penampang transformasi retak

$$M_{retak} = \frac{f_r I_g}{Y_t} \dots\dots\dots(13)$$

$$f_r = 0,7,5 \sqrt{f_c} \text{ untuk beton } \dots\dots\dots(14)$$

H. Syarat Lendutan Ijin

Lendutan dimana menurut ketentuan dalam 11.5.2.2 hingga 11.5.2.5 SNI 03-2847-2019 yang dihitung tidak boleh melebihi nilai yang ditetapkan dalam Tabel 9 SNI 03-2847-2019, seperti terlihat pada Tabel 4.

Tabel 4. Lendutan Ijin Maksimum

Jenis komponen struktur	Lendutan yang diperhitungkan	Batas lendutan
Atap datar yang tidak ditopang secara struktural atau dihubungkan dengan elemen nonstruktural dapat terkena defleksi yang signifikan.	Lendutan seketika akibat beban hidup (L)	$l^2 a / 180$
Lantai yang tidak ditopang atau dihubungkan dengan komponen nonstruktural dapat rusak akibat lendutan yang besar.	Lendutan seketika akibat ban hidup (L)	$l / 360$

a. Batasan ini tidak dimaksudkan untuk mencegah kemungkinan terjadinya kerusakan, dengan mempertimbangkan efek jangka panjang dari beban konstan, ketahanan defleksi, toleransi struktur, dan kondisi sistem drainase.
 b. Dengan melakukan tindakan pencegahan terhadap kerusakan pada komponen atau sambungan penyangga, maka batas lendutan dapat terlampaui.

Sumber : SNI 2019

I. Tulangan Minimum

Menurut SNI 03-2847-2019, pada setiap penampang komponen memiliki pelat yang fleksibel, sehingga luas tulangan tarik minimum arah bentang harus memenuhi syarat tulangan susut dan suhu, serta perbandingan luas tulangan paling sedikit.

Total luas penampang beton adalah sebagai berikut, tetapi 0,0014: atau lebih ;

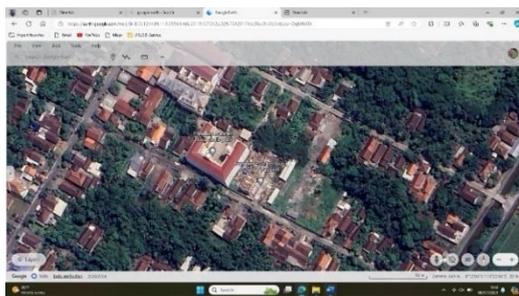
- Pelat yang menggunakan batang dengan tulangan ulir mutu 300 dan memiliki koefisien 0,0020
- Pelat yang menggunakan batang tulangan ulir atau Jaring kawat las (ulir atau polos) Mutu 400 dan memiliki koefisien 0,0018
- Pelat yang menggunakan tulangan dengan tegangan leleh melebihi 400 Mpa yang diukur pada regangan leleh sebesar 0,35% dan memiliki koefisien 0,0018 x 400Fy

- Menurut (Gideon 1993), pada pelat yang menggunakan tulangan polos mutu 240 dan memiliki koefisien 0,0025

3. METODE PENELITIAN

Dalam membuat analisa penyederhanaan suatu struktur bangunan, perlu adanya data dapat dikagorikan dalam dua jenis yaitu data primer diperoleh dari lapangan maupun hasil survey yang dapat langsung antara lain:

- Lokasi Penelitian
 Bangunan gedung yang terletak di kawasan Ponpes Nurul Chotib Al Qodiri yang beralamat desa Wringin Agung, Kecamatan Jombang, Kabupaten Jember.



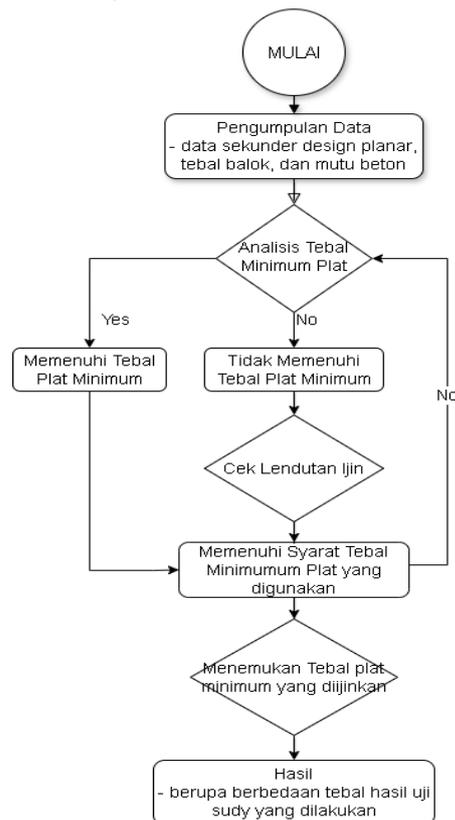
Gambar 1. Lokasi penelitian
 Sumber google earth, 2024

- Data Struktur yang digunakan dalam perencanaan ini memiliki spesifikasi bangunan dengan nama Rumah Susun Yayasan Ponpes Nurul Chotib Al Qodiri Tipe Rembunai 2 Lantai, dengan Panjang 33 meter, lebar 8,2 meter, tinggi total 9,9 meter, dan berbentuk persegi Panjang. Spesifikasi mutu bahan yang dipakai dalam perencanaan struktur gedung ini adalah mutu beton $f_c = 25$ Mpa ($K=420$).

Setiap jenis ukuran panel pelat, dibedakan atas berbagai macam nilai rasio α_m , yang memenuhi $0,12 \leq \alpha_m \leq 2,0$ dan $\alpha_m > 2,0$. Dari setiap jenis ukuran panel pelat dengan variasi dari nilai α_m , dengan ditentukan tulangan minimum sebagai tulangnya, akan didapatkan tebal pelat yang diperlukan Ukuran panel pelat dengan variasi dari nilai α_m , dengan ditentukan tulangan minimum sebagai tulangnya, akan didapatkan tebal pelat yang diperlukan. dan setiap hasil dicek apakah masih memenuhi dari syarat tebal minimum pelat yang dibutuhkan agar lendutan tidak perlu dikontrol.

Kesimpulan akan dibuat berdasarkan hasil kajian diatas yang akan bisa menjawab dari tujuan studi ilmiah ini.

Diagram Alir Penelitian



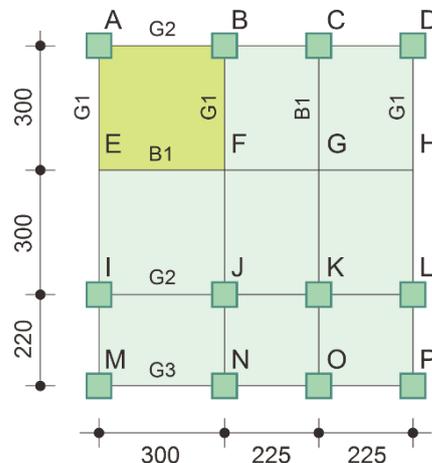
Gambar 2. Diagram alur penelitian
 Sumber : Data Penelitian, 2024

4. HASIL DAN PEMBAHASAN

A. Desain pelat dengan tebal 130 mm

Akan dihitung tebal pelat yang memenuhi syarat :

- Panel pelat dengan nilai $\alpha_m > 2,0$
- Mutu Beton $F'c$ 25
- Mutu Baja BJTD 40 ($F_y=400$ Mpa)



Gambar 3. Kasus Panar dan Panel Pelat dengan tebal 130 mm

Sumber : hasil penelitian, 2024

Dari gambar diatas dapat diketahui ukuran dan desain yang terencana/ terbangun pada suatu bangunan atap gedung sehingga dapat di Analisa bagaimana metode desain tebal minimum plat.

Tabel 5. Analisa Tebal Pelat Minimum Dengan Tebal 130 mm

No Panel	Fy (Mpa)	ln,y (mm)	ln,x (mm)	β	t (mm)	
1	400	3000	3000	1,000	71,1	
2	400	3000	2250	1,333	66,7	
3	400	3000	2250	1,333	66,7	
4	400	3000	3000	1,000	71,1	
5	400	3000	2250	1,333	66,7	
6	400	3000	2250	1,333	66,7	
7	400	3000	2200	1,364	66,3	
8	400	2250	2200	1,023	53,1	
9	400	2250	2200	1,023	53,1	
jadi t yang paling menentukan atau besar					=	80,0

Sumber : Arsip Peneliti,2024

Pada keadaan ini rumus yang digunakan $(l_n \{0,8 + f_y/1500\}) / (36 + 9\beta)$ apabila hasil yang diperoleh kurang dari 90 mm maka dilanjut dengan menganalisis lendutan yang masih diijinkan dengan tebal pelat 130 mm sebagai acuan perhitungan.

Analisa Tebal Pelat Minimum dan dilakukan sebagai berikut :

• Balok AB

$$\begin{aligned} bw &= 30 \text{ cm;} \\ be &= 30+(50-14) = 66 \text{ cm} \\ h &= 50 \text{ cm} \\ l2 &= 300/2 = 150 \text{ cm} \\ t/h &= 13/50 = 0,260 \\ -k &= 1,421 \\ be/bw &= 67/30 = 2,3 \\ bw/l2 &= 30/150 = 0,200 \\ (bw/l2)(h/t)^3k &= 0,2 \times 56,89 \times 1,42 = 16,16 \end{aligned}$$

• Balok BF :

$$\begin{aligned} bw &= 30 \text{ cm} \\ be &= 30+2 \times (55-13)=114 \text{ cm} \\ h &= 55 \text{ cm} \\ l2 &= (300+225)/2= 262,5 \text{ cm} \\ t/h &= 13/55= 0,236 \\ -k &= 1,734 \\ be/bw &= 114/30 = 3,8 \\ bw/l2 &= 30/262,5 = 0,114 \\ (bw/l2)(h/t)^3k &= 0,11 \times 75,72 \times 1,73 = 15,00 \end{aligned}$$

• Balok FE :

$$\begin{aligned} bw &= 30 \text{ cm;} \\ be &= 30+2(50-13) =104 \text{ cm} \\ h &= 50 \text{ cm} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} l2 &= (300+300)/2 = 300 \text{ cm} \\ t/h &= 13/50 = 0,260 \\ -k &= 1,685 \\ be/bw &= 104/30=3,47 \\ bw/l2 &= 30/300 = 0,100 \\ (bw/l2)(h/t)^3k &= 0,10 \times 56,89 \times 1,68 = 9,59 \end{aligned}$$

• Balok AE :

$$\begin{aligned} Bw &= 30 \text{ cm;} \\ be &= 30+(50-13) = 72 \text{ cm} \\ h &= 55 \text{ cm} \\ l2 &= (300+300)/2= 300 \text{ cm} \\ t/h &= 13/55= 0,236 \\ -k &= 1,453 \\ be/bw &= 72/30 = 2,4 \\ bw/l2 &= 30/300 = 0,100 \\ (bw/l2)(h/t)^3k &= 0,10 \times 75,72 \times 1,45 = 11,01 \\ Am &= 16,16 / 11,01 \\ &= 13,59 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} tmin &= \frac{lb(0,8 + \frac{fy}{1400})}{36+9\beta} \\ &= \frac{3257,14}{45} \\ &= 72,38 \text{ mm} < 90 \text{ mm} \\ &\text{(perlu di hitungan lendutan).} \end{aligned}$$

B. Perhitungan Pelat Lantai (SLAB) Dua Arah dengan tebal pelat 130 mm

1. Data Pelat Lantai

- Tebal plat lantai (h) 130 mm
- Panjang bentang plat x 3 m
- Panjang bentang plat y 3 m
- Koefisien plat (Ly/Lx) 1
- Tumpuan x 36
- Diameter tulangan 12 mm
- Tebal selimut beton 20 mm

2. Beban pelat lantai

Tabel 6. Beban Mati (dead load)

No	Jenis Beban Mati	Berat Satuan	Tebal (m)	Q (kN/ M ²)
1	Berat sendiri plat lantai (kN/m ³)	24,0	0,13	3,12
2	Berat finishing lantai (kN/m ³)	0,24	1	0,24
3	Berat plafon dan rangka (kN/m ²)	0,18	1	0,18
4	Berat pasir	0,80	1	0,80
5	Berat spesi (kN/m ²)	0,42	1	0,42
Total beban mati,			QD =	4,76

Sumber : excel, 2024

3. Beban Hidup (*live load*)

Beban hidup pada lantai bangunan asrama ini = 250 kg/m²

4. Momen Plat akibat beban mati

Momen tumpuan arah x

$$M_{uty} = C_{tx} * 0,001 * Q_u * Lx^2$$

$$= 35 \times 0,001 \times 4,76 \times 3^2$$

$$= 1,542 \text{ kN/m}$$

5. Momen Plat akibat beban hidup

Momen tumpuan arah x

$$M_{uty} = C_{tx} * 0,001 * Q_u * Lx^2$$

$$= 35 \times 0,001 \times 2,5 \times 3^2$$

$$= 0,810 \text{ kN/m}$$

6. Penulangan Plat

- Lendutan sesaat akibat beban mati.

Momen inersia brutto :

$$I_g = \frac{1}{12} (100) = 51177083,33 \text{ cm}^4$$

- Menggunakan rasio modulus elastisitas, letak garis netral penampang transformasi retak yaitu sebagai berikut perhitungannya:

$$(y) = \frac{\left(\frac{h}{2} * b * h + (n-1) * a_s * d\right)}{(b * h + (n-1) * a_s)}$$

$$= \frac{(65 \times 1000 \times 130 \times 7,51 \times 110)}{(1000 \times 130 \times 7,51 \times 785)}$$

$$= \frac{3995730,31}{90895,85}$$

$$= 43,96 \text{ mm}$$

$$I_{cr} = \frac{b \cdot y^2}{3} + n \cdot A_s (d - y)^2$$

$$= \frac{84948619,61}{3} + 6680,85 \times 442,70$$

$$= 28316206,53 + 2957648,48$$

$$= 31273855,02 \text{ mm}^4$$

- Momen inersia, I_e tergantung nilai momen lentur M_{cr} yang menyebabkan keretakan di serat tarik terluar.

$$F_r = 0,62 \cdot \gamma \cdot \sqrt{f'c}$$

$$= 0,62 \times 1 \times \sqrt{25}$$

$$= 3,10 \text{ Mpa}$$

Rumus momen retak $M_{cr} = \frac{F_r \cdot I_g}{y_t}$

$$= \frac{3,1 \times 18308333,3}{130/2}$$

$$= 4662916,66$$

- Dengan catatan y_t adalah $h/2$ untuk tinggi balok ketika digunakan penampang brutto tulangan di abaikan.

$$\frac{M_{cr}^3}{M_a} = 49,49$$

- Persamaan

$$I_e = \left(\frac{M_{cr}}{M_a}\right)^3 I_g + \left(1 - \frac{M_{cr}}{M_a}\right)^3 I_{cr}$$

$$= 140456,38 \text{ cm}^4$$

- Modulus Elastisitas $E_c = 4700 \sqrt{f'c}$
- $$= 4700 \sqrt{25} = 23500 \text{ Mpa}$$

- Menghitung Lendutan

Rumus Lendutan

$$(\Delta_i)D = \frac{M_{maks} D^2}{E_i}$$

$$= \frac{1073088000000}{15088434650395,7} = 0,35 \text{ mm}$$

Beban hidup dan mati

$$(\Delta_i)D = \frac{M_{maks} D^2}{E_i}$$

$$= \frac{1073088000000}{3765585815474,54} = 1,38 \text{ mm}$$

$$M_{mak,H} (\Delta_i)L = \frac{M_{maks} L^2}{E_i}$$

$$= \frac{1968300000000000}{180748119142778} = 4,93 \text{ mm}$$

Jumlah Total $(\Delta_i)D + (\Delta_i)L$

$$= 1,38 + 4,93$$

$$= 6,31 \text{ mm}$$

Jadi untuk menghitung beban hidup yang terjadi yaitu dengan menjumlah lendutan beban mati dan hidup dikurangi dengan jumlah lendutan beban mati

$$((\Delta_i)D + (\Delta_i)L) - (\Delta_i)D$$

$$= 6,31 \text{ mm} - 0,35 \text{ mm}$$

$$= 5,96 \text{ mm}$$

- Dengan mengasumsikan lantai tidak memikul elemen partisi/non struktural, lendutan sesaat ijin akibat beban hidup (Tabel 24.2.2, SNI 2847:2019) :

$$(\Delta_i)L = \frac{l}{360} = \frac{3000}{360} = 8,33 \text{ mm}$$

$$> 5,96 \text{ mm GO}$$

$$(\Delta_i)D+L = \frac{l}{180} = \frac{3000}{180} = 16,67 \text{ mm}$$

$$> 6,31 \text{ mm GO}$$

C. Deviasi Plat dengan table 130 mm dan 95 mm

Dari perhitungan yang telah dijabarkan diatas, ditemukan bahwa dengan tebal 130 mm plat masih diijinkan oleh peraturan SNI. Dilanjutkan dengan perhitungan serupa guna meminimalisir tebal palat yang masih bisa digunakan dan juga masih layak dari segi kelayanan dan kekuatan yang di ijinakan oleh peraturan. maka dari itu berikut adalah ringkasan dari perhitungan awal namun dengan tebal plat yang berbeda dan di sini penulis memberikan tabel deviasi dari perbandingan perhitungan dengan tebal plat 95 mm.

Tabel 7. Deviasi perhitungan pelat dengan tebal 130 mm dan 95 mm

Jenis	Tebal pelat 130 mm	Tebal pelat 95 mm	Deviasi
T	130,00	95,00	27%
Ma d	1,54	1,27	18%
Ma l+d	2,35	2,08	12%
As	260,00	172,50	34%

Sumber: Hasil penelitian, 2024

5. KESIMPULAN DAN SARAN

A. Kesimpulan

Dari hasil studi dan analisis yang dijelaskan di atas, dapat disimpulkan sebagai berikut:

- Dalam format penyederhanaan desain kategori kelayakan agar tebal plat atap gedung yang masih bisa diterima oleh peraturan pada studi ini adalah menggunakan tebal plat sebesar 95 mm. Menghasilkan nilai lendutan sesaat dari beban mati dan hidup sebesar 6,31 mm dimana lebih kecil dari lendutan yang diijinkan sebesar 16, 67 mm.
- Dalam kategori kekuatan dihasilkan tulangan minimum sebesar 0,0007 yang menghasilkan luas tulangan sebesar $172,5 \text{ mm}^2$. Dimana layak digunakan karena sudah memenuhi kebutuhan tulangan untuk susut dan suhu yang mana paling sedikit memiliki rasio luas tulangan terhadap luas bruto penampang beton SNI 03-2847 2019.

B. Saran

Dari Hasil studi yang telah dilakukan, penulis memberi saran untuk peneliti selanjutnya guna dalam perkembangan ilmu dalam dunia teknik sipil ini dapat terus berkembang, adapun saran penulis sebagai berikut :

- Perhitungan lendutan yang dilakukan hanya terhitung saat lendutan seketika terjadi, sehingga untuk kebutuhan jangka panjang perlu dihitung kembali guna keamanan bangunan dalam jangka panjang.
- Beban hidup yang dia sumsiikan yakni beban hidup yang di rujuk pada tabel SNI terdahulu, sehingga perlu dikajji ulang menggunakan beban hidup yang di syartkan pada peraturan SNI terbaru.

6. DAFTAR PUSTAKA

- Aghayere, Abi O., and Jason Vigil. n.d. 2024. Reinforced Concrete Design. in, *Mercury Learning and Information* Pp. 45–108.
- Badan Standardisasi Nasional. 2019. *Persyaratan Beton Struktural Untuk Bangunan Gedung. SNI 2847-2019* (8):720..Jakarta
- Committee, A. C. I. 2005. Building Code Requirements for Structural Concrete (ACI 318-05) and Commentary (ACI 318R-05). *American Concrete Institute*.
- Ferguson, Phil M., Henry J. Cowan, and Budianto Sutanto. 1991. *Dasar-Dasar Beton Bertulang: Versi SI*. Erlangga.
- Gideon, Kusuma. 1993. *Dasar-Dasar Perencanaan Beton Bertulang Berdasarkan SKSNI T-15-1991-03*.
- Handayani, E. Y., Priyono, P., & Manggala, A. S. 2023. Studi Redesain Struktur Atas Dengan Dilatasi Dan Tanpa Dilatasi Terhadap Denah Gedung Tidak Beraturan Bentuk U (Studi Kasus: Gedung Asrama SMAN 2 Taruna Bhayangkara, Genteng, Banyuwangi). *Jurnal Smart Teknologi*, 4(3), 338-348.
- Priyono, Pujo. 2020. Usulan Penyederhanaan Desain Tulangan Dan Analisis Kolom Beton Bertulang Pada Penampang Kondisi Kegagalan Tarik Disaat Tulangan Tekan Telah Leleh Sesuai SNI 2847: 2013. *Jurnal Rekayasa Infrastruktur Hexagon* 5(2):53–64.
- Priyono, Pujo, dan Muhtar Muhtar. 2023. “Studi Pengaruh Lendutan Terhadap Beton Ringan Yang Tetap Terjaga Berat Penampang. *Jurnal Smart Teknologi* 5(1):136–43.
- Regita, Putri Ajeng Pramesti. Priyono, Pujo dan Dewi, Ilanka Cahya. 2023. Optimasi Peningkatan Jumlah Lantai Rumah Susun Dengan Kondisi Yang Sudah Terbangun. *Jurnal Smart Teknologi* 4(6):794–800.
- Salsabya, Vitria. Priyono, Pujo. And Dewi, Ilanka Cahya. 2023. Studi Review Desain Gedung Bertingkat Tahan Gempa Dengan Memperhatikan Lokasi Jepitan Tiang Yang Panjang. *Jurnal Smart Teknologi* 4(5):590–96.
- Sudarmoko, 1996. Perencanaan Dan Analisis Balok Beton Bertulang. *Universitas Gadjah Mada, Yogyakarta*.
- Wang, Chu-Kia, and Charles G. Salmon. 1979. *Reinforced Concrete Design*. 3d ed. New York SE - ix, 918 pages : illustrations ; 24 cm.: T. Crowell.