

Analisis Struktur Plat Lantai Pada Gedung PT PLN Unit Pelaksana Pelayanan Pelanggan Subulussalam

Ellin Yoiko Handayani ⁽¹⁾, Dr. Ir. Eri Setia Romadhon, M.T ⁽²⁾

Program Studi Teknik Sipil, Fakultas Teknik Sipil dan Perencanaan, Universitas Jayabaya,
Jakarta, Indonesia

*Email: ellin.yoiko@gmail.com

ABSTRACT

Pelat lantai adalah bagian dari struktur bawah bangunan yang berfungsi untuk mentransfer beban dari bagian atas bangunan ke struktur bawah, seperti kolom atau dinding penopang. Beberapa masalah yang dapat terjadi pada pelat lantai antara lain adalah getaran, lendutan, dan kualitas beton yang rendah. Salah satu kasus yang terjadi adalah pada gedung PT PLN Unit Pelaksana Pelayanan Pelanggan (UP3) Subulussalam, dimana ditemukan adanya getaran dan lendutan pada pelat lantai dua yang mengakibatkan keretakan pada finishing lantai. Tujuan dari penelitian ini adalah untuk mengetahui besarnya lendutan pelat lantai dua gedung PLN UP3 Subulussalam dan metode perkuatan yang diterapkan. Data yang digunakan dalam penelitian ini meliputi data primer dan sekunder yang diperoleh dari pengamatan visual, hammer test, dan Ultrasonic Pulse Velocity Test. Metode pengolahan data meliputi analisis struktur pelat lantai dua arah dengan menggunakan metode koefisien momen dari PBI 1971 dan SNI 2847-2019. Hasil dari pengamatan visual menunjukkan ketebalan pelat lantai sebesar 80 mm, sedangkan ketebalan minimum yang disyaratkan untuk pelat lantai menurut SNI 2847-2019 adalah 125 mm. Lendutan yang diperoleh dari analisis struktur pelat lantai sebesar 111,82 mm, lebih besar dari lendutan yang diijinkan sebesar 18,75 mm.

Kata kunci: Pelat lantai, lendutan.

Pendahuluan

Plat lantai digunakan untuk menyalurkan beban – beban dari struktur atas bangunan ke struktur bawah, digunakan plat lantai untuk menahan beban mati dan beban hidup. Kinerja plat lantai sangat bergantung pada desain, material, dan teknik konstruksi yang digunakan. Permasalahan yang dapat terjadi pada plat lantai, diantaranya adalah adanya getaran, lendutan, dan rendahnya mutu beton. Adanya permasalahan tersebut dapat disebabkan karena pemilihan material dan dimensi plat lantai seperti ketebalan yang kurang, jarak antara penopang yang terlalu besar, serta perencanaan dan pelaksanaan konstruksi.

Salah satunya Gedung PT PLN UP3 Subulussalam yang berlokasi di Jl.

Cut Meutia Rimo, Kecamatan Penanggalan, Kota Subulussalam, Provinsi Aceh yang mengalami kerusakan pada struktur seperti adanya getaran pada plat lantai 2 serta ditemukannya retakan pada bagian balok, kolom dan plat lantai.

Tujuan penelitian ini adalah untuk mengetahui kondisi eksisting gedung, kuat tekan beton, tingkat keamanan gedung berdasarkan nilai lendutan plat lantai yang diperoleh serta metode perbaikan yang akan dilakukan terhadap kerusakan yang terjadi.

Tinjauan Pustaka Kuat Tekan Beton

Pasal 19.2. SNI 2847-2019 menyatakan kekuatan tekan beton sebagai berikut:

Tabel. 1 Batasan nilai f_c'

Kegunaan	Jenis Beton	Nilai f_c' min	Nilai f_c' maks
Umum	Berat normal dan berat ringan	17	Tidak ada batasan
Sistem rangka pemikul momen khusus dan dinding struktural khusus	Berat normal	21	Tidak ada batasan
	Berat ringan	21	35

Sumber: SNI 2847-2019 Tabel 19.2.1.1

Plat Lantai

Plat beton bertulang adalah struktur yang dipasang secara horizontal pada suatu bangunan dan berfungsi sebagai lantai baik itu lantai bangunan, lantai atap maupun lantai jembatan. Tebal minimal plat lantai yang digunakan untuk perencanaan dengan balok di antara tumpuan pada setiap sisi berdasarkan SNI 2847-2019 tabel 8.3.1.2 adalah 125 mm. Dalam analisis struktur plat lantai dua arah terdapat empat metode dasar yang terdapat pada peraturan – peraturan standar antara lain metode koefisien momen PBI'71, metode perencanaan langsung, metode portal ekuivalen, dan metode garis leleh (*yield line theory*). Metode koefisien momen menggunakan tabel koefisien momen lentur PBI'71 untuk menghitung nilai momen untuk masing – masing arah.

Penulangan Plat

Perhitungan penulangan pada plat lantai menggunakan momen maksimum yang bekerja dan dapat mewakili perhitungan penulangan untuk keseluruhan. Sebelum melakukan perhitungan penulangan plat, nilai ρ yang diperoleh dari Mu/bd^2 harus ditentukan dan besarnya harus memenuhi syarat, yaitu $\rho_{min} < \rho_{maks}$. Nilai ρ_{min}

digunakan untuk perhitungan penulangan, dan jika nilai $\rho > \rho_{maks}$, maka desain plat harus direncanakan kembali. Kemudian gunakan rumus $As = \rho.b.d$ untuk mengetahui luas tulangan, serta diameter dan jumlah tulangan.

Lendutan

Lendutan atau defleksi adalah perubahan bentuk pada suatu struktur dalam arah y akibat adanya pembebanan vertikal yang diberikan pada struktur tersebut. Defleksi diukur dari permukaan netral awal ke posisi setelah terjadi deformasi.

Hal – hal yang mempengaruhi terjadinya defleksi yaitu:

- Kekakuan batang
- Jenis beban yang bekerja pada batang
- Besar kecilnya gaya yang diberikan pada batang

Lendutan ijin maksimum menurut SNI 2847-2019 dapat dilihat pada tabel berikut:

Tabel. 2 Lendutan ijin maksimum

Jenis komponen struktur	Kondisi	Lendutan yang diperhitungkan	Batas lendutan
Atap datar	Tidak memikul atau tidak disatukan dengan elemen-elemen nonstruktural yang mungkin akan rusak akibat lendutan yang besar	Lendutan seketika akibat L dan R maksimum	$l/180^{(1)}$
Lantai		Lendutan seketika akibat L	$l/360$
Atap atau lantai	Memikul atau disatukan dengan elemen-elemen nonstruktural	Mungkin akan rusak akibat lendutan yang besar	Bagian dari lendutan total yang terjadi setelah pemasangan elemen nonstruktural, yaitu jumlah dari lendutan jangka panjang akibat semua beban tetap dan lendutan seketika akibat penambahan beban hidup ⁽²⁾
	Tidak akan rusak akibat lendutan yang besar		$l/480^{(3)}$ $l/240^{(4)}$

Sumber: Tabel 24.2.2 SNI 2847-2019

Konsep Dasar Perkuatan dan Perbaikan Struktur

Perkuatan struktur dapat dicapai dengan cara mengganti material berkualitas buruk atau rusak dengan material berkualitas lebih baik, menempelkan material pemikul beban dan melakukan redistribusi beban. Material perkuatan biasanya berupa beton berkualitas tinggi, baja tulangan, pelat baja, karbon dan glass fiber dalam bentuk lembaran atau pelat, tulangan prategang pasca tarik, atau kombinasi dari material – material tersebut. Beberapa metode perkuatan struktur yang sering dijumpai dalam permasalahan kosntruksi antara lain:

- Memperpendek bentang antar struktur (*Span Shortening*), yaitu dengan cara menambah tumpuan baru pada struktur yang sudah ada bertujuan untuk mengurangi gaya dalam yang terjadi.
- Penyelubungan beton (*Concrete Jacketing*), yaitu menyelubungi beton eksisting dengan penambahan beton bertujuan untuk meningkatkan kapasitas beban, kekakuan dan daktilitas struktur.
- *Fiber Reinforced Polymer* (FRP), pada umumnya FRP diaplikasikan dengan cara ditempelkan pada permukaan luar struktur menggunakan bahan FRP yang terdiri dari serat sintetis (*fiber*), seperti kaca, aramid, atau karbon, yang digabungkan dengan zat matrik, seperti *epoxy* atau *polyester*.

Metodologi

Metode yang digunakan dalam penelitian ini antara lain:

Pengumpulan Data:

- Data Primer: *visual inspection* untuk memperoleh kondisi eksisting lapangan serta besarnya dimensi struktur.
- Data Sekunder: pengujian *Hammer Test* dan *Ultrasonic Pulse Velocity* (UPV) *Test*.

Analisis Data menggunakan analisis struktur plat lantai metode koefisien momen. Serta penentuan metode perbaikan dan perkuatan struktur.

HASIL DAN PEMBAHASAN

Hasil Investigasi Lapangan dapat dilihat pada tabel berikut:

Uraian	Hasil
<i>Visual Inspection</i>	- Dimensi Balok (30x55) cm - Tebal plat lantai 80 mm - Ditemukan adanya balok utama yang tidak terpasang

	sehingga bentang plat menjadi lebih besar
Hammer Test	Kuat tekan beton rata rata adalah 30 Mpa
UPV Test	Modulus elastisitas rata – rata adalah 34,34 Gpa

Analisis Struktur Plat Lantai

Analisis plat lantai dua arah menggunakan metode koefisien momen dilakukan dengan kombinasi PBI 1971 dan SI 2847-2019.

L_x (bentang arah x) : 4500 mm

L_y (bentang arah y) : 6000 mm

Tebal plat lantai (h) : 80 mm

Tebal Balok : 35 mm

Tinggi Balok : 50 mm

Selimut beton (t_s) : 0,02 m

Diameter tulangan ($\emptyset$) : 0,01 m

Mutu beton (f_c') : 30 Mpa

Mutu baja BJ 37 (f_y) : 240 Mpa

Berat jenis beton : 24 kN/m³

Berat finishing lantai : 22 kN/m³

Berat plafon dan rangka : 0,2 kN/m³

Berat instalasi ME : 0,5 kN/m³

Beban yang bekerja pada plat lantai:

$$Q_u = 1,2.D + 1,6.L = (1,2 \times 3,72) + (1,6 \times 2,4) = 8,304 \text{ kN/m}^2$$

Momen plat akibat beban

$$M_{t_x} = -0,001.69.8,304.4,5^2 = -11,6 \text{ kNm/m}$$

$$M_{l_x} = 0,001.31.8,304.4,5^2 = 5,21 \text{ kNm/m}$$

$$M_{l_y} = 0,001.19.8,304.4,5^2 = 3,195 \text{ kNm/m}$$

$$M_{t_y} = -0,001.57.8,304.4,5^2 = -9,59 \text{ kNm/m}$$

$$M_u = 11,603 \text{ kNm/m}$$

Penulangan Plat

$D_x = 80 - 20 - 1/2 \times 10 = 55 \text{ mm}$
 $M_{lx} = 11,603 \text{ kNm}$
 Momen nominal rencana, faktor reduksi kekuatan lentur $\phi = 0,80$
 $M_n = \frac{M_u}{\phi} = \frac{11,603}{0,8} = 14,504 \text{ kNm}$
 Rasio tulangan minimum:
 $\rho_{min} = \frac{1,4}{f_y} = \frac{1,4}{240} = 0,00583$
 Rasio tulangan maksimum:
 Karena nilai $f_c' > 28 \text{ Mpa}$, sesuai Tabel 22.2.2.4.3 SNI 2847 tahun 2019 nilai faktor bentuk distribusi tegangan beton (β_1) diperoleh menggunakan rumus
 $\beta_1 = 0,85 - \frac{0,05 \times (f_c' - 28)}{7} = 0,85 - \frac{0,05(240 - 28)}{7} = 0,8357$
 $\rho_{max} = \frac{0,85 \beta_1 f_c'}{f_y} \left(\frac{600}{600 + f_y} \right) = \frac{0,85 \times 0,8357 \times 30}{240} \times \left(\frac{600}{600 + 240} \right) = 0,06342$
 Faktor tahanan momen maksimum
 $R_{max} = 0,75 \cdot \rho_{max} \cdot f_y \cdot \left[\frac{1 - \frac{1}{2} \cdot 0,75 \cdot \rho_{max} \cdot f_y}{0,85 \cdot f_c'} \right]$
 $R_{max} = 0,75 \times 0,0634 \times 240 \times \left[\frac{1 - \frac{1}{2} \cdot 0,75 \cdot 0,06342 \cdot 240}{0,85 \cdot 30} \right] = 8,86$
 Rasio tulangan perlu:
 $R_n = \frac{M_n}{b d^2} = \frac{14,504 \times 10^6}{1000 \times 55^2} = 4,795 < R_{max} = 8,86 \rightarrow \text{OK}$
 $\rho = \frac{0,85 \cdot f_c'}{f_y} \cdot \left(1 - \sqrt{1 - \frac{2 \cdot R_n}{0,85 \cdot f_c'}} \right)$
 $\rho = \frac{0,85 \cdot 30}{240} \times \left(1 - \sqrt{1 - \frac{2 \times 4,795}{0,85 \times 30}} \right) = 0,0223$
 $0,00583 < 0,0223 < 0,0647$, pakai ρ
 Luasan tulangan yang diperlukan
 $A_s = \rho \cdot b \cdot d = 0,0224 \times 1000 \times 55 = 1277,71 \text{ mm}^2$
 Jarak antar tulangan yang diperlukan
 $s = \frac{\pi}{4} \phi^2 \frac{b}{A_s} = \frac{\pi}{4} 10^2 \frac{1000}{1279} = 79,19 \text{ mm}$
 Jarak tulangan maksimum
 $s_{max} = 2h = 2 \times 80 = 160 \text{ mm}$, Digunakan tulangan $\phi 10 - 150 \text{ mm}$

Lendutan Plat

Modulus elastisitas beton
 $(E_c) = 4700 \sqrt{f_c'} = 4700 \sqrt{30} = 25.743 \text{ Mpa}$
 Modulus elastis baja tulangan
 $(E_s) = 210.000 \text{ Mpa}$
 Beban merata (tak terfaktor) pada plat,
 $Q = Q_D + Q_L = 6,12 \frac{\text{kN}}{\text{mm}}$
 Panjang bentang plat (L_x) = 4500 mm
 Batas lendutan maksimum yang diijinkan
 $\frac{L_x}{240} = \frac{4500}{240} = 18,75 \text{ mm}$
 Momen inersia brutto penampang plat
 $I_g = \frac{1}{12} b h^3 = \frac{1}{12} \cdot 1000 \cdot 80^3 = 42.666.666,67 \text{ mm}^4$

Modulus keruntuhan lentur beton

$f_r = 0,7 \sqrt{f_c'} = 0,7 \sqrt{30} = 3,83 \text{ Mpa}$
 Nilai perbandingan modulus elastisitas

$$n = \frac{E_s}{E_c} = \frac{210.000}{25.743} = 8,16$$

Jarak dari garis netral terhadap sisi atas beton

$$c = n \frac{A_s}{b} = 8,16 \times \frac{1227,711}{1000} = 10,02 \text{ mm}$$

Momen inersia penampang retak:

$$I_{cr} = \frac{1}{3} b c^3 + n \cdot A_s \cdot (d - c)^2$$

$$I_{cr} = \frac{1}{3} 1000 \times 10,02^3 + 8,16 \times 1227,711 \times (55 - 10,02)^2 = 20.601.864 \text{ mm}^4$$

$$y_t = \frac{h}{2} = \frac{80}{2} = 40 \text{ mm}$$

Momen retak

$$M_{cr} = f_r \frac{I_g}{y_t} = 3,83 \times \frac{42.666.666,67}{40} = 4.089.662 \text{ Nmm}$$

Momen maksimum akibat beban (tanpa faktor beban):

$$M_a = \frac{1}{8} Q L_x^2 = \frac{1}{8} \times 6,12 \times 4500^2 = 15.491.250 \text{ Nmm}$$

Inersia efektif untuk perhitungan

lendutan

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

$$I_e = \left\{ \left(\frac{4.089.662}{15.491.250} \right)^3 \times 42.666.666,67 \right\} + \left\{ 1 - \left(\frac{4.089.662}{15.491.250} \right)^3 \right\} \times 20.601.864$$

$$I_e = 21.007.843,16 \text{ mm}^4$$

Lendutan elastis seketika

$$\delta_e = \frac{\frac{5}{384} Q L_x^4}{E_c I_e} = \frac{\frac{5}{384} 6,12 \times 4500^4}{25.743 \times 21.007.843,16} = 60,42 \text{ mm}$$

Faktor ketergantungan waktu (waktu > 5 tahun), $\xi = 2,0$

$$\lambda = \frac{\xi}{(1 + 50\rho)} = \frac{2,0}{1 + (50 \times 0,0238)} = 0,9451$$

Lendutan jangka panjang akibat rangkai dan susut

$$\delta_g = \lambda \frac{\frac{5}{384} Q L_x^4}{E_c I_e} = 0,9451 \times \frac{\frac{5}{384} 6,12 \times 4500^4}{25.743 \times 21.007.843,16} = 57,11 \text{ mm}$$

Lendutan total

$$\delta_{tot} = \delta_e + \delta_g = 60,42 + 57,11 = 117,53 \text{ mm}$$

$$\text{Syarat } \delta_{tot} \leq \frac{L_x}{240} = 117,53 > 18,75 \rightarrow \text{Bahaya}$$

(Tidak Aman)

Analisis lendutan yang dihitung dengan tebal plat lantai eksisting 80 mm akibat beban mati dan beban hidup sebesar 60,42 mm. Dimana batas lendutan yang diizinkan dalam SNI 2847-2019 yaitu sebesar $L_x/240$ adalah 18,75 mm. Adapun lendutan yang akan terjadi kedepannya akibat pembebanan jangka panjang rangkai dan susut dapat menyebabkan lendutan hingga 117,53 mm. Sehingga berdasarkan analisis struktur pada plat lantai, diperoleh bahwa plat lantai tidak aman dan perlu dilakukan perkuatan struktur pada plat tersebut, sehingga memiliki kekuatan untuk menopang beban bekerja dan sesuai dengan standar yang berlaku. Berdasarkan penelitian ini dapat diketahui penyebab adanya getaran dan lendutan pada plat lantai adalah karena tebal plat lantai yang tidak memenuhi ketebalan minimum yang disyaratkan pada SNI 2847-2019 yaitu sebesar 125 mm.

Besarnya nilai lendutan pada plat lantai disebabkan karena ketebalan plat lantai yang tidak sesuai dengan syarat ketebalan minimum plat pada SNI 2847-2019 dan besarnya bentang plat arah x dan y yang menyebabkan kekakuan plat menurun. Adapun upaya perkuatan yang dilakukan yaitu sebagai berikut:

- Memperkecil bentang plat arah y, dimana plat dengan bentang terbesar yaitu plat dengan ukuran 4 x 6 m dan ukuran 4,5 x 6 m, dengan cara menambah balok di bagian plat lantai dengan metode *span shortening* di arah bentang y sehingga panjang bentang menjadi 3 m.
- Menambah ketebalan plat lantai sebesar 50 mm dengan ketebalan total plat lantai menjadi 130 mm untuk memenuhi syarat ketebalan minimum plat lantai sesuai SNI 2849-2019 dengan metode penyelubungan beton (*concrete jacketing*).

Berdasarkan dari metode perkuatan tersebut, dilakukan analisis struktur ulang

pada plat lantai di seluruh ukuran bentang yang bervariasi untuk memperoleh aman atau tidaknya lendutan yang terjadi setelah penambahan ketebalan plat lantai sebagai berikut:

Plat	Lendutan Total	Syarat $\delta_{tot} < L_x/240$
Bentang 1 (4x4,5)	13,11	Aman
Bentang 2 (4x4) m	13,56	Aman
Bentang 3 (3x4) m	0,88	Aman
Bentang 4 (4x5,5) m	12,33	Aman
Bentang 5 (3x4,5) m	0,86	Aman

Kesimpulan

Berdasarkan hasil penelitian diperoleh kesimpulan sebagai berikut:

1. Secara pengamatan visual diperoleh adanya balok utama yang tidak terpasang antar kolom, ketebalan plat lantai 80 mm, dan bentang plat lantai tidak seragam.
2. Hasil Hammer Test menunjukkan nilai kuat tekan beton rata – rata sebesar 30 Mpa dimana persyaratan kuat tekan beton minimal menurut SNI 2847-2019 adalah 21 Mpa. Hasil pengujian Ultrasonic Pulse Velocity menunjukkan nilai modulus elastisitas beton sebesar 34,34 Gpa dimana nilai modulus elastisitas beton di bawah 20 Gpa telah mengalami retak internal.
3. Besarnya lendutan yang diperoleh dengan menggunakan ketebalan plat lantai 80 mm adalah mm dan lendutan jangka panjang 117,53 mm tidak sesuai dengan lendutan yang diijinkan yaitu 18,75 mm.
4. Metode perkuatan yang dilakukan adalah pada plat lantai dengan panjang bentang arah y sepanjang 6 m dilakukan *span shortening* dengan menambahkan balok di tengah

bentang sehingga panjang bentang menjadi 3 m, serta penambahan ketebalan plat lantai 2 menjadi 130 mm dengan metode concrete jacketing.

Kabupaten Sumbawa.
A]Samawa, Sumbawa

Universitas

Daftar Pustaka

Asroni, Ali. (2017). *Teori dan Desain Balok Plat Beton Bertulang*. Muhammadiyah University Press. Surakarta

Datri Cahyati, Siti, dkk. (2024). *Memahami Pekerjaan Elemen Struktur Gedung (Pile Cap, Tie Beam, Kolom, Balok & Plat Lantai Beton Bertulang)*. CV. Idebuku. Yogyakarta

Enggartiaso, Lintang, dkk. (2023). *Pemeriksaan Struktur Eksisting Gedung Satuan Polisi Pamong Praja Provinsi Jawa Tengah*. Universitas Semarang

Fakhruddin. (2023). *Perbaikan dan Perkuatan Struktur Beton Bertulang*. PT. Nas Media Indonesia. Yogyakarta

Irawan, Joni, dkk. (2016). *Perbaikan Struktur Plat Lantai Bangunan Pasar Tanjung Kabupaten Tabalong*. Jurusan Teknik Sipil Politeknik Negeri Banjarmasin.

Masdar, Astuti, dkk. (2024). *Penilaian Kelayakan Struktur Gedung Kuliah Sekolah Tinggi Teknologi Payakumbuh*. Program Studi Teknik Sipil, Sekolah Tinggi Teknologi Payakumbuh.

M. Hanafie, Isnaeny, dkk. (2022). *Struktur Beton I*. PT Nas Media Indonesia. Yogyakarta

Nofita Dewi, Ratih, dkk. (2021). *Analisis Struktur Plat Lantai Pada Gedung Aula Dinas Pendidikan dan Kebudayaan*