

**Studi Ekperimental Pengaruh Tebal Terhadap Kapasitas Dan Kekakuan Pelat Satu Arah
Beton Bertulang Tunggal**
*Experimental Study Of The Effect Of Thickness On The Capacity And Stiffness Of Single-
Reinforced Concrete One-Way Slabs*

Maulana Fikri¹, Muhtar², Adhitya Surya Manggala³

¹Mahasiswa Program Studi Teknik Sipil, Fakultas Teknik, Universitas Muhammadiyah Jember

Email : maulanafikri732@gmail.com

²Fakultas Teknik, Universitas Muhammadiyah Jember

Email : muhtar@unmuhjember.ac.id

³Fakultas Teknik, Universitas Muhammadiyah Jember

Email : adhityasm@unmuhjember.ac.id

Abstrak

Pelat satu arah adalah komponen struktur dengan bidang arah horizontal yang sangat tipis dengan dua tumpuan. Ketebalan pelat umumnya lebih kecil dibanding dengan balok. Dalam penerapannya, tebal pelat dilapangan masih bersifat sembarang atau tidak sesuai dengan ketebalan yang disyaratkan. Tujuan dari penelitian ini adalah untuk melihat pengaruh tebal pelat terhadap kapasitas dan kekakuan pelat. Benda uji berupa pelat satu arah yang terdiri dari 3 benda uji berdimensi (1000 mm x 400 mm) dengan ketebalan pelat yang divariasikan yaitu, pelat (T-80mm, T-100mm, dan T-120mm). Pengujian pelat menggunakan metode pembebanan tengah bentang. Hasil pengujian ekaperimen pelat menunjukkan kenaikan nilai kapasitas dan kekakuan berturut -turut sebesar 18,9%-30,3% untuk kapasitas dan 18%-72% untuk kekakuan dari tebal pelat (T-80mm, T-100mm, dan T-120mm). Beban kapasitas eksperimen lebih besar dari pada beban kapasitas teoritis, yaitu pelat (T-80mm) sebesar 18,9%, pelat (T-100mm) sebesar 9,4%, dan pelat (T-120mm) sebesar 16,7% dari hasil beban kapasitas eksperimen.

Kata Kunci : Variasi tebal pelat satu arah, kapasitas lentur, kekakuan.

Abstract

One-way slab is a member with a very thin horizontal plane with two supports. Plate thickness is generally smaller than that of beams. In its application, plate thickness in the field is still arbitrary or does not match the required thickness. The purpose of this study was to see the effect of plate thickness on the capacity and stiffness of the plate. The specimen is in the form of a one-way plate consisting of 3 specimens with dimensions (1000 mm x 400 mm) with varying plate thickness, namely plates (T-80mm, T-100mm, and T-120mm). The slab test uses the mid-span loading method. The plate experimental test results show an increase in capacity and stiffness values respectively of 18.9%-30.3% for capacity and 18%-72% for stiffness of plate thickness (T-80mm, T-100mm, and T-120mm) . The experimental capacity load is greater than the theoretical capacity load, namely the plate (T-80mm) is 18.9%, the plate (T-100mm) is 9.4%, and the plate (T-120mm) is 16.7% of the results experimental capacity load.

Keywords: Variation of one-way plate thickness, bending capacity, stiffness.

1. PENDAHULUAN

A. Latar Belakang

Pesatnya perkembangan teknologi khususnya dalam dunia konstruksi bangunan menuntut para peneliti untuk mengembangkan dengan berbagai macam cara, salah satunya berupa inovasi-inovasi dan bisa juga berupa studi eksperimental yang membandingkan fakta dilapangan dengan hasil analisa perhitungan. Pelat merupakan struktur yang tipis dengan bidang arah horizontal dengan beban yang tegak lurus bekerja pada bidang strukturnya. Beban yang terjadi pada pelat adalah beban gravitasi yang merupakan kombinasi antara beban mati dan beban hidup. Beban tersebut mengakibatkan terjadi momen lentur sehingga pelat tersebut juga direncanakan terhadap beban lentur. Kekakuan pelat sangat penting untuk keberhasilan struktur. Untuk mencegah konstruksi pelat membelok lebih dari yang diperlukan, pembatasan kekakuan sangat membantu. Jumlah gaya yang diperlukan untuk menghasilkan satu unit perpindahan dikenal sebagai kekakuan. Berdasarkan fakta dilapangan penggunaan pelat beton bertulang satu arah dalam penerapannya masih banyak yang melebihi ataupun mengurangi ketebalan yang disyaratkan, sehingga perlu adanya penelitian untuk mengetahui pengaruh tebal pelat terhadap kapasitas dan kekakuan lentur pelat satu arah beton bertulang tunggal.

B. Rumusan Masalah

Adapun rumusan masalah pada studi eksperimental pelat satu arah beton bertulang menggunakan agregat normal pada tugas akhir ini adalah :

1. Bagaimanakah pengaruh ketebalan pelat terhadap kapasitas Lentur pelat satu arah beton bertulang tunggal?
2. Bagaimanakah pengaruh ketebalan pelat terhadap kekakuan pelat satu arah beton bertulang tunggal?
3. Bagaimanakah perbandingan kapasitas lentur pelat satu arah beton bertulang tunggal hasil analisa teoritis dengan hasil eksperimen?

2. TINJAUAN PUSTAKA

A. Beton

Beton adalah suatu material buatan manusia yang didapat dari campuran beberapa material dasar, yaitu semen, agregat halus (pasir atau kerikil halus yang lolos saringan #4), agregat kasar (batu kerikil atau batu pecah), air dan zat additive (tambahan) bila diperlukan. Beton harus dicampur dan diaduk dengan benar dan merata agar dapat diperoleh mutu beton yang baik.

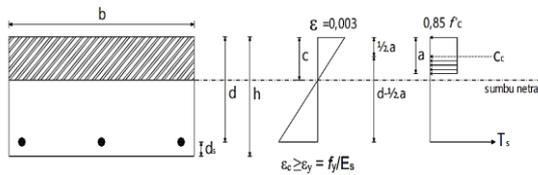
B. Pelat

Pelat adalah komponen dengan permukaan horizontal yang sangat tipis. Ketebalan dimensi panel umumnya lebih kecil dari ketebalan penyangga. Menurut Ari Asloni dalam buku Balok dan Pelat Beton Bertulang (2010), pelat beton bertulang berarti struktur tipis yang terbuat dari beton bertulang yang bidangnya tegak lurus terhadap bidang struktur. Dibandingkan dengan pelat beton bertulang dengan bentang lebar dan lebar, pelat memiliki ketebalan yang relatif kecil, kekakuan tinggi, dan orientasi horizontal yang dapat dilihat pada bangunan.

C. Kapasitas Lentur Pelat Beton Bertulang Satu Arah

Regangan yang disebabkan oleh beban eksternal inilah yang menyebabkan pelat lentur. Struktur akan mengalami deformasi dan regangan lebih banyak saat beban meningkat, yang menyebabkan retakan di sepanjang bentang pelat. Pada titik tertentu, ketika beban terus meningkat, dan pada akhirnya komponen struktur runtuh.

Dengan memperlakukan kondisi keseimbangan gaya/horizontal yang sama yang berlaku untuk penampang balok dan pelat satu arah memastikan bahwa gaya tarik tulangan baja (T_s) menyeimbangkan gaya tekan beton (C_c) dalam pelat satu arah. Persamaan berikut berlaku dalam kondisi batas karena kuat lentur tulangan baja pada pelat biasanya telah mencapai tegangan luluh ($=$), sehingga berlaku persamaan berikut ini (Dipohusodo, 1999).



Gambar 1. Diagram regangan dan gaya pada pelat penampang solid.
 (Sumber : Dipohusodo, I., 1999)

$$C_c = T_s \dots\dots\dots(1)$$

$$C_c = 0,85 \cdot f_c \cdot a \cdot b \dots\dots\dots(2)$$

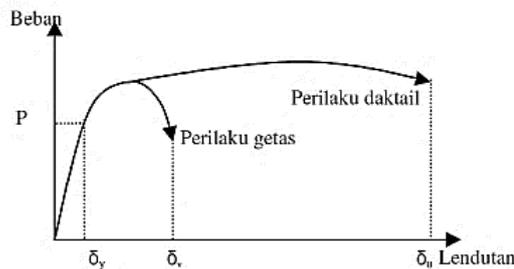
$$T_s = A_s \cdot f_s = A_s \cdot f_y \dots\dots\dots(3)$$

Dengan prinsip keseimbangan gaya $C_c = T_s$ dapat diperoleh nilai a . Kekuatan lentur nominal penampang adalah:

$$M_n = T_s (d - \frac{1}{2} \cdot a) = C_c (d - \frac{1}{2} \cdot a) = 0,85 \cdot f_c \cdot b \cdot a \cdot (d - \frac{1}{2} \cdot a) \dots\dots\dots(4)$$

D. Daktilitas

Daktilitas merupakan kemampuan dari suatu struktur untuk mengalami lendutan yang besar sebelum mengalami keruntuhan, seperti ditunjukkan dalam gambar 2.



Gambar 2. Grafik beban-lendutan pelat beton bertulang.
 (Sumber : Ujjianto, M. 2006).

Daktilitas pelat dihitung menggunakan rumus :

$$\mu = \frac{\delta_u}{\delta_y} \dots\dots\dots(5)$$

Keterangan :

- μ = Daktilitas
- δ_u = Lendutan maksimum (mm)
- δ_y = Lendutan saat struktur leleh (mm)

E. Kekakuan

Kekakuan struktural itu penting. Batas kekakuan membantu mencegah struktur melentur lebih dari yang diperlukan. Kekakuan adalah ukuran tegangan yang diperlukan untuk mengubah bentuk satuan suatu bahan. Ukuran kekakuan suatu bahan adalah modulusnya,

yang diperoleh dengan membagi tegangan satuan yang diserap oleh bahan dengan perubahan bentuk satuan dari bahan tersebut. Kami rumus berikut:

$$K = \frac{P}{\delta} \dots\dots\dots(6)$$

Keterangan :

- K = Kekakuan (kN/mm)
- P = Beban (kN)
- δ = Lendutan (mm)

F. Lendutan

Lendutan yang terjadi karena beban kerja merupakan salah satu faktor yang signifikan dalam struktur beton bertulang. Struktur beton bertulang yang mengalami lentur harus dirancang dengan kekakuan yang cukup untuk mencegah lendutan yang dapat mengurangi kekuatan atau kemampuan struktur untuk mendukung beban kerja. Defleksi akan menjadi signifikan dalam hal ini jika bentangnya panjang. Meningkatkan kekakuan bagian (EI) biasanya akan mengurangi defleksi.

Dengan persamaan differensial, persamaan diatas dapat dicari nilai lendutan di tengah bentang. Lendutan untuk pelat yang ditumpu oleh tumpuan sederhana dengan beban terpusat di tengah bentang adalah:

$$\Delta = V_{max} = \frac{PL^3}{48 \times EI} \dots\dots\dots(7)$$

G. Polas Retak

Mengacu pada SNI 03-2847-2002, bahwa pendekatan nilai kuat tarik beton digunakan suatu nilai yang disebut modulus of rupture (f_r) yang dapat dihitung dengan menggunakan persamaan sebagai berikut:

$$f_r = 0,7 \sqrt{f'_c} \dots\dots\dots(9)$$

Momen retak berdasarkan SNI 03-2847-2002, dapat dihitung dengan menggunakan persamaan sebagai berikut:

$$M_{crack} = \frac{I_g \cdot f_r}{y_t} \dots\dots\dots(10)$$

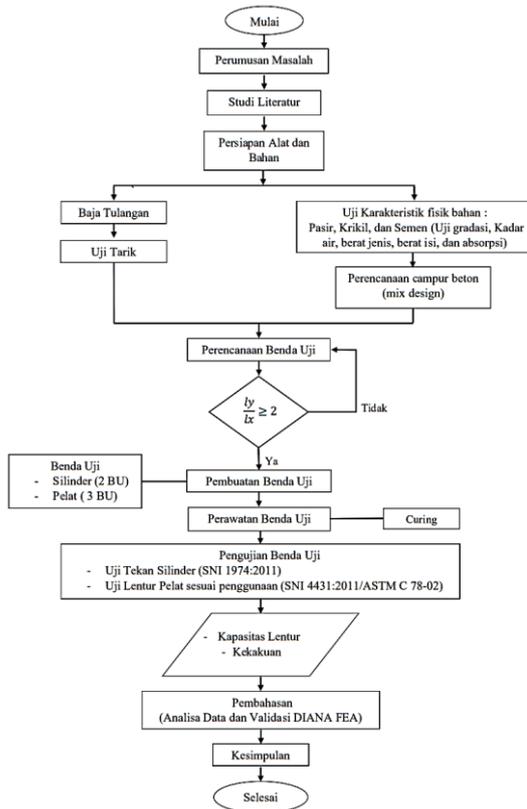
Dimana :

- I_g = Inersia gross penampang beton bertulang
- f_y = Modulus rupture

y_t = Jarak serat tarik terluar ke pusat berat penampang
 = $h/2$ (untuk penampang segiempat)

3. METODE PENELITIAN

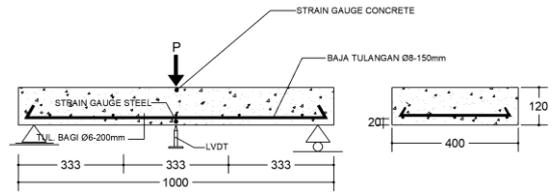
A. Diagram Alur



Gambar 3. Diagram Alur Penelitian.
 (Sumber : Penulis, 2022).

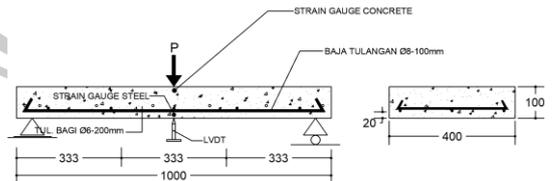
B. Penyiapan Benda Uji

Benda uji terdiri dari 3 Pelat satu arah dengan ukuran 400 mm × 1000 mm dengan ketebalan selimut pelat yang divariasikan yaitu: Tebal 120mm, 100mm, 80mm. Terdiri dari pelat satu arah beton bertulang baja. Tulangan baja dipasang sebagai tulangan tarik dengan luas tulangan 150,72 mm². Tulangan baja yang digunakan berdiameter 8 mm dengan luas AS = 50,24 mm². Geometri pelat satu arah dan detail tulangan pelat satu arah ditunjukkan pada Gambar 4, Gambar 5, dan Gambar 6



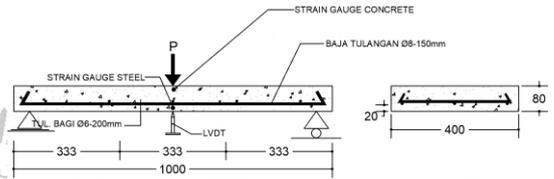
Gambar 4. Skema pembebanan benda uji (T-120 mm)

(Sumber : Penulis, 2022)



Gambar 5. Skema pembebanan benda uji (T-100 mm)

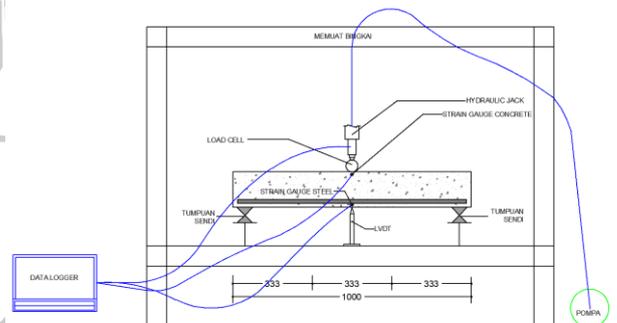
(Sumber : Penulis, 2022)



Gambar 6. Skema pembebanan benda uji (T-80 mm)

(Sumber : Penulis, 2022)

C. Set Up Pengujian



Gambar 7. Set up uji lentur Pelat.

(Sumber : Penulis, 2022)

Pengujian lentur Pelat Satu Arah di lakukan pada dua tumpuan yang diatur sedemikian rupa agar mempunyai perilaku sama dengan tumpuan sendi-sendi. Beban yang di berikan berupa beban terpusat berjarak 1/2L dari tumpuan dengan alat bantu besi pelat sebagai pelintang strain gauge beton. Strain gauge dipasang pada tulangan besi pada jarak 1/2L dari tumpuan untuk mengetahui regangan yang

terjadi. Kedua Strain gauge dihubungkan dengan digital strain meter berkapasitas 6 digit oleh kabel susun. Untuk mendeteksi lendutan yang terjadi pada plat uji dipasang LVDT pada jarak $1/2L$ dari tumpuan. Untuk memperoleh tahapan pembebanan dari nol sampai Pelat Satu Arah runtuh digunakan alat *hydraulic jack* dan *load cell* yang dihubungkan dengan alat load indicator. Pembebanan dilakukan berlahan-lahan dengan kecepatan $8 \text{ kg/cm}^2 - 10 \text{ kg/cm}^2$ permenit (SNI 4431:2011). Pembacaan beban pada *load indicator* dijadikan pengendali pompa *hydraulic jack*, Pembacaan lendutan, dan pembacaan regangan sesuai tahap pembebanan yang di rencanakan. Namun pada saat uji mencapai beban ultimate-nya pembacaan lendutan menjadi pengendali pembaca regangan maupun beban, sedangkan pemompaan *hydraulic jack* terus dilakukan secara berlahan-lahan sesuai komando pembaca lendutan. Pola keruntuhan diamati dan diidentifikasi melalui retakan yang terjadi, mulai saat retak pertama sampai pelat runtuh. *Crack detector microscope* digunakan untuk mengukur lebar retak.

4. PEMBAHASAN

A. Pengujian Agregat Kasar

Hasil uji material agregat kasar (Batu Pecah) yang dilakukan dilaboratorium Universitas Muhammadiyah Jember didapatkan hasil sebagai berikut:

Tabel 1 Hasil pengujian material agregat kasar (Batu Pecah)

Nama Pengujian	Hasil	Satuan
Berat Jenis SSD	2.59	-
Penyerapan Air	0.004	%
Kadar Air	0.002	%
Berat Volume	1.35	gr/cm ³
Susunan Besar Agregat	4	mm
Modulus Kehalusan	7,28	%
Sumber material	Batu pecah dari jember	-

(Sumber : Pengolahan data, 2022).

Dari tabel 1. hasil pengujian material agregat kasar, didapatkan berat jenis = 2.59, penyerapan air = 0,004%, kadar air = 0,002%, berat volume = 1,35 gr/cm³, modulus Kehalusan = 7,28%. Dan untuk hasil pengujian material agregat kasar ini kemudian akan diolah untuk menentukan proporsi campuran beton rencana.

B. Pengujian Agregat Halus

Hasil uji material agregat kasar (Batu Pecah) yang dilakukan dilaboratorium Universitas Muhammadiyah Jember didapatkan hasil sebagai berikut:

Tabel 2 Hasil pengujian material agregat halus (Pasir Lumajang)

Nama Pengujian	Hasil	Satuan
Berat Jenis SSD	2.41	-
Penyerapan Air	0.09	%
Kadar Air	0.06	%
Berat Volume	1.24	gr/cm ³
Modulus Kehalusan	2,87	%
Susunan Besar Agregat	Zone 2	-
Sumber material	Pasir Lumajang	-

(Sumber : Pengolahan data, 2022).

Berdasarkan tabel 2 hasil pengujian material agregat halus, didapatkan berat jenis = 2.41, penyerapan air = 0,09%, kadar air = 0,06%, berat volume = 1,24 gr/cm³, modulus kehalusan = 2,80% dan susunan besar agregat = zona 2. Dan untuk hasil pengujian material agregat halus ini kemudian akan diolah untuk menentukan proporsi campuran beton rencana.

C. Pengujian Tarik Baja Tulangan

Dalam uji tarik baja tulangan terdapat 2 sampel dengan diameter yang berbeda yaitu baja tulangan diameter 8mm dan baja tulangan diameter 6mm. Uji tarik dilakukan sebanyak 3 kali percobaan dalam setiap sampelnya. Berikut hasil dari uji tarik baja tulangan 8 mm dan baja tulangan 6 mm:

a. Hasil Uji Tarik Baja Tulangan 8 mm

Hasil uji tarik baja tulangan 8 mm dilaboratorium dapat dilihat pada Tabel 3.

Tabel 3. Hasil uji tarik baja tulangan 8 mm

No	Kode	Modulus (E)	Lower Yeild Strenght
		MPa	MPa
1	d8-1	203155,89	456,87
2	d8-2	202943,91	478,19
3	d8-3	208852,66	475,68
Rata-rata		204984,16	470,25

(Sumber : Pengolahan data, 2022).

Berdasarkan data uji tarik pada tabel 4.3 didapatkan nilai rata-rata Modulus (E) = 204984,16 MPa, Tensile Strenght = 646,32 MPa, dan Lower Yield Strenght = 470,25 MPa.

b. Hasil Uji Tarik Baja Tulangan 6 mm

Hasil uji tarik baja tulangan 6mm dilaboraturium dapat dilihat pada Tabel 4.

Tabel 4 Hasil uji tarik baja tulangan 6 mm

No	Kode	Modulus (E)	Lower Yeild Strenght
		MPa	MPa
1	d6-1	206897,14	546,97
2	d6-2	440059,65	541,73
3	d6-3	308123,18	565,38
Rata-rata		318359,99	551,36

(Sumber : Pengolahan data, 2022).

Berdasarkan data uji tarik pada tabel 4.4 didapatkan nilai rata-rata Modulus (E) = 318359,99 MPa, Tensile Strenght = 750,24 MPa, dan Lower Yield Strenght = 551,36 MPa.

D. Pengujian kuat tekan beton silinder

Dari hasil perencanaan *mix design* mutu beton (f'_c) 18,675 MPa, didapatkan proporsi campuran (1 semen : 1,7 pasir : 3 koral) dalam satuan berat. Setelah diketahui proporsi campuran beton, maka dilakukan pengecoran, perawatan beton, dan pengujian kuat tekan beton. Hasil pengujian kuat tekan beton dapat dilihat pada Tabel 5.

Tabel 5. Hasil uji tekan beton silinder

No	Kode	Berat Beton	Kuat Tekan
		Kg	MPa
1	K225 I	12,53	11,49
2	K225 II	12,54	13,81
Rata-rata			12,65

(Sumber : Pengolahan data, 2022).

Berdasarkan tabel 5 diatas didapatkan rata-rata (f_{cr}) mutu beton yang dari pengujian kuat tekan beton sebesar 12,65 MPa. Mutu beton ini tidak memenuhi hasil perencanaan mutu beton awal yaitu 18,675 MPa dikarenakan permukaan benda uji beton silinder tidak rata, sehingga terjadi konsentrasi tegangan yang terjadi ketika pengujian dilakukan.

E. Kapasitas Lentur Pelat Satu Arah

Pengujian lentur pelat satu arah dengan variasi tebal dilakukan secara bertahap dari tebal 80mm, 100mm, dan 120mm. Hasil perhitungan kapasitas lentur secara teoritis akan dibandingkan dengan hasil pengujian eksperimen.

a. Hasil Perhitungan Teoritis Kapasitas Lentur Pelat Satu Arah

Perhtungan teoritis kapasitas pelat dihitung berdasarkan peraturan SNI 03-2847-2002. Kapasitas hasil perhitungan teoritis dapat dilihat pada Tabel 6.

Tabel 6. Kapasitas $P_{retak\ awal}$ dan $P_{ultimate}$ teoritis

No	Tebal Pelat (mm)	Mutu Beton MPa	$P_{retak\ awal}$ (kN)	$P_{ultimate}$ (kN)
1	120	18.675	14.34	31.66
2	100	18.675	10.38	23.54
3	80	18.675	6.23	17.61

(Sumber : Pengolahan data, 2022).

Tabel 6. Menunjukkan hasil perhitungan kapasitas $P_{retak\ awal}$ dan $P_{ultimate}$ teoritis pelat (T-80mm, T-100mm, dan T-120mm), dimana kapasitas pelat (T-80mm) lebih kecil dari kapasitas pelat (T-100mm), dan kapasitas pelat (T-100mm) lebih kecil dari kapasitas pelat (T-

120mm). Hal ini disebabkan ketebalan pelat yang semakin meningkat.

b. Hasil Pengujian Eksperimen Kapasitas Lentur Pelat Satu Arah

Kapasitas pelat hasil pengujian eksperimen dapat dilihat pada Tabel 7.

Tabel 7. Kapasitas $P_{retak\ awal}$ dan $P_{ultimate}$ eksperimen

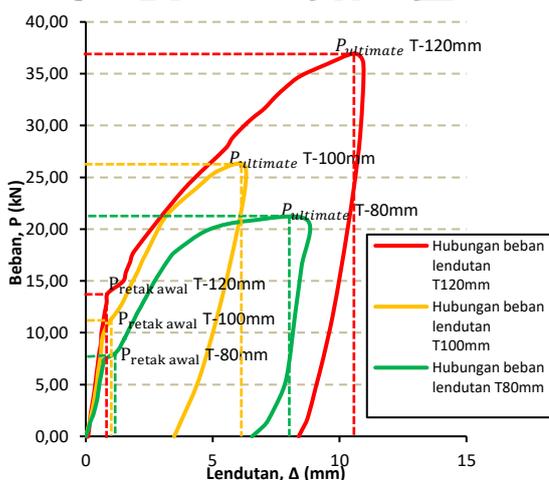
No	Tebal pelat (mm)	$P_{retak\ awal}$ (kN)	$P_{ultimate}$ (kN)
1	120	13,82	36,96
2	100	10,90	25,74
3	80	7,93	20,88

(Sumber : Pengolahan data, 2022).

Tabel 7. Menunjukkan hasil perngujian eksperimen kapasitas pelat. Dimana Pelat (T-80mm) mendapatkan hasil $P_{retak\ awal} = 7,93$ kN dan $P_{ultimate} = 20,88$ kN, pelat (T-100mm) mendapatkan mendapatkan hasil $P_{retak\ awal} = 10,90$ kN dan $P_{ultimate} = 25,68$ kN, dan pelat (T-120mm) mendapatkan hasil $P_{retak\ awal} = 13,82$ kN dan $P_{ultimate} = 36,96$ kN. semakin naik ketebalan pelat, semakin naik kapasitasnya.

Adapun grafik hubungan beban dan lendutan pelat dari pengujian eksperimen dapat dilihat pada Gambar 8.

Hubungan beban lendutan pelat eksperimen

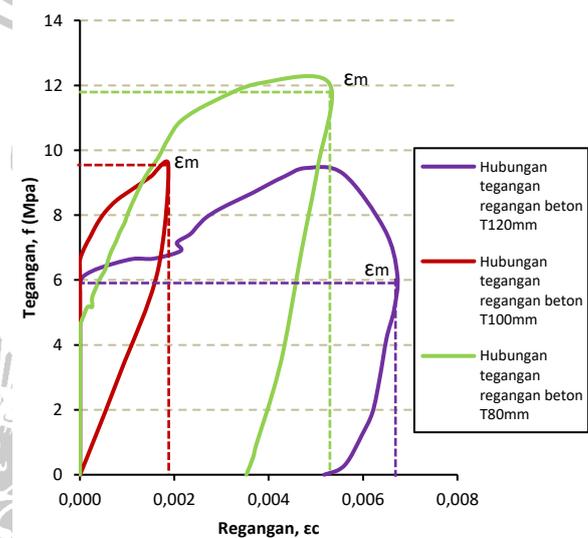


Gambar 8. Gabungan grafik hubungan beban dan lendutan pelat (Eksperimen) (Sumber : Pengolahan data, 2022).

Pada saat awal pengujian sampai $P_{retak\ awal}$, lendutan ketiga pelat (T-80mm, T-100mm, dan T-120mm) berjalan linier dengan meningkatnya beban, namun pada saat setelah terjadi $P_{retak\ awal}$ sampai $P_{ultimate}$ lendutan pelat (T-80mm, T-100mm, dan T-120mm) tidak bejalan linier dengan mingkatnya beban.

Adapun grafik tegangan dan regangan beton dari pengujian eksperimen dapat dilihat pada Gambar 9.

Hubungan tegangan dan regangan beton pelat

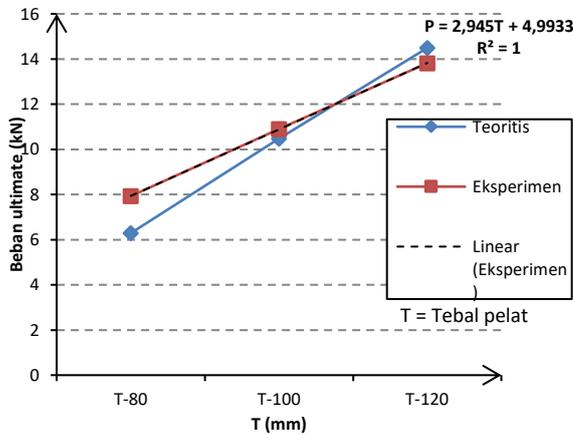


Gambar 9. Gabungan grafik hubungan tegangan dan regangan beton pelat (Eksperimen) (Sumber : Pengolahan data, 2022).

Gambar 9. Merupakan grafik hubungan tegangan dan regangan beton hasil pengujian eksperimen. Regangan beton terjadi pada saat setelah terjadinya $P_{retak\ awal}$, dimana untuk pelat (T-80mm) mendapatkan nilai regangan beton = 0,000073, pelat (T100mm) = 0,000096, dan pelat (T-120mm) = 0,000086. Sedangkan pada saat $P_{ultimate}$, dimana untuk pelat (T-80mm) mendapatkan nilai regangan beton = 0,0052, pelat (T-100mm) mendapatkan nilai regangan beton = 0,0018, dan pelat (T-120mm) mendapatkan nilai regangan beton = 0,0065. Pada saat awal pengujian sampai $P_{ultimate}$, regangan beton ketiga pelat (T-80mm, T-100mm, dan T-120mm) tidak berjalan linier dengan meningkatnya beban.

F. Beban Retak Awal Pelat Satu Arah

Perbandingan hasil perhitungan analitis dengan hasil pengujian eksperimen beban retak awal dapat dilihat pada Gambar 10.



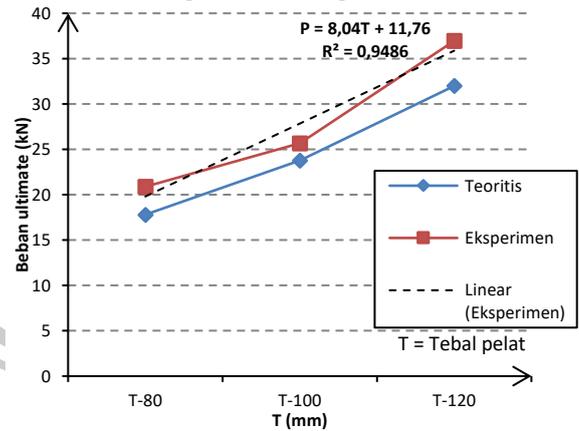
Gambar 10. Diagram perbandingan beban retak awal hasil teoritis dan eksperimen (Sumber : Pengolahan data, 2022).

Gambar 10. Menunjukkan beban retak awal hasil teoritis pelat (T-80mm, T-100mm, dan T-120mm) yang tidak jauh berbeda nilainya dibandingkan dengan beban retak awal eksperimen. Namun, pada benda uji (T-120mm) mendapatkan nilai beban retak awal eksperimen lebih kecil dibandingkan dengan nilai teoritisnya. Hal ini disebabkan pencampuran adukan beton yang dilakukan beberapa kali pada pelat (T-120mm), sehingga mutu beton tidak sama. Sedangkan untuk nilai koefisien determinasinya menunjukkan $R^2 = 1$ atau 100%, angka tersebut menunjukkan bahwa ketebalan pelat mempunyai pengaruh terhadap kapasitas pelat, semakin naik ketebalan pelat, semakin naik kapasitasnya.

G. Beban Kapasitas Pelat Satu Arah

Perbandingan hasil perhitungan analitis dengan hasil pengujian eksperimen beban

maksimum dapat dilihat pada Gambar 11.



Gambar 11. Diagram perbandingan beban kapasitas hasil teoritis dan eksperimen (Sumber : Pengolahan data, 2022).

Gambar 11. Menunjukkan $P_{ultimate}$ perhitungan teoritis pelat (T-80mm, T-100mm, dan T-120mm) tidak jauh berbeda nilainya dibandingkan dengan $P_{ultimate}$ eksperimen. Hasil $P_{ultimate}$ pengujian eksperimen lebih besar dari hasil perhitungan teoritis. Sedangkan untuk nilai koefisien determinasinya menunjukkan $R^2 = 0,9486$ atau 94,86%, angka tersebut menunjukkan kenaikan beban kapasitas dipengaruhi oleh tebal pelat sedangkan sisanya 5,14% dipengaruhi oleh factor lain. Ketebalan pelat mempunyai pengaruh terhadap kapasitas pelat, semakin naik ketebalan pelat, semakin naik kapasitasnya.

H. Lentutan

Lentutan pelat hasil eksperimen pada saat terjadi retak awal dapat dilihat pada Tabel 8.

Tabel 8. Perbandingan lentutan pelat pada saat $P_{retak\ awal}$

No	Tebal pelat (mm)	Lentutan (mm)	
		teoritis	eksperimen
1	120	0,25	0,87
2	100	0,30	0,88
3	80	0,37	1,11

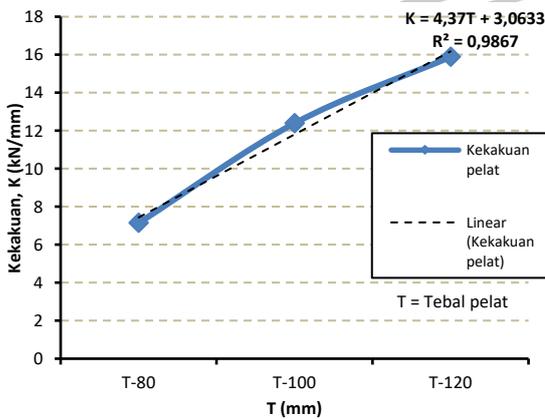
(Sumber : Pengolahan data, 2022).

Tabel 8. Menunjukkan lentutan terjadi pada kondisi beban retak awal tengah bentang. Pada saat beban retak awal pelat (T-80mm) lentutan sebesar 1,11mm, pelat (T-100mm) mengalami

lendutan sebesar 0,88mm, dan pelat (T-120mm) mengalami lendutan sebesar 0,87mm. Hasil dari perhitungan lendutan secara teoritis pada pelat (T-80mm) mengalami lendutan sebesar 0,37mm, pelat (T-100mm) mengalami lendutan sebesar 0,32mm, dan pelat (T-120mm) mengalami lendutan sebesar 0,37mm.

I. Kekakuan Lentur Pelat Satu Arah

Kekakuan pelat hasil eksperimen pada saat sebelum terjadi retak awal dapat dilihat pada Gambar 12.

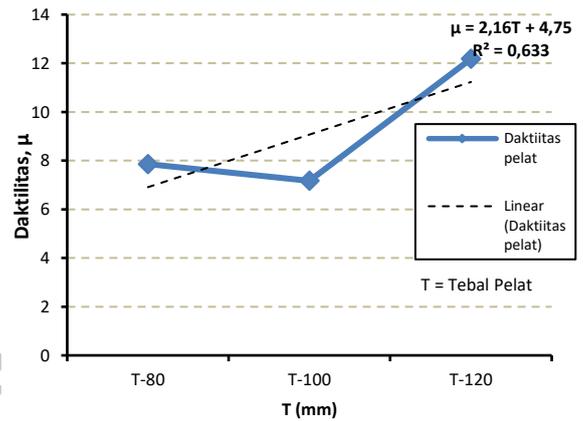


Gambar 12. Diagram kekakuan pelat eksperimen (Sumber : Pengolahan data, 2022).

Dari gambar 12. Grafik kekakuan pelat diatas menunjukkan koefisien determinasi $R^2 = 0,986$ atau 98,6%, angka tersebut menunjukkan kenaikan kekakuan dipengaruhi oleh tebal pelat sedangkan sisanya 1,4% dipengaruhi oleh factor lain. Kekakuan lentur pelat (T-80mm) memiliki selisih 72% dari pelat (T-100mm), dan pada pelat (T-100mm) memiliki selisih kekakuan lentur sebesar 28% dari pelat (T-120mm), hal tersebut dikarenakan ketebalan pelat yang semakin meningkat.

J. Daktilitas Pelat Satu Arah

Daktilitas pelat hasil eksperimen dapat dilihat pada Gambar 13.



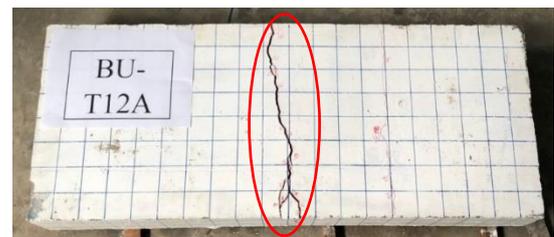
Gambar 13. Diagram daktilitas pelat eksperimen (Sumber : Pengolahan data, 2022).

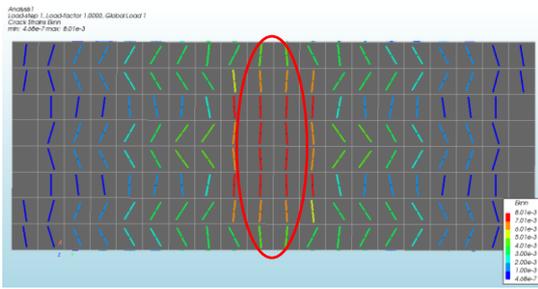
Dari gambar 13. Grafik daktilitas diatas menunjukkan koefisien determinasi $R^2 = 0,633$ atau 63,3%, angka tersebut menunjukkan kenaikan kekakuan dipengaruhi oleh tebal pelat sedangkan sisanya 36,7% dipengaruhi oleh factor lain. Sedangkan untuk selisih daktilitas dari masing-masing pelat (T-80mm), pelat (T-100mm), dan pelat (T-120mm) berbeda-beda, dimana pada pelat (T-80mm) memiliki selisih daktilitas 9% dari pelat (T-100mm), dan pelat (T-100mm) memiliki selisih daktilitas sebesar 71% dari pelat (T-120mm).

K. Validasi Diana FEA Pelat Satu Arah

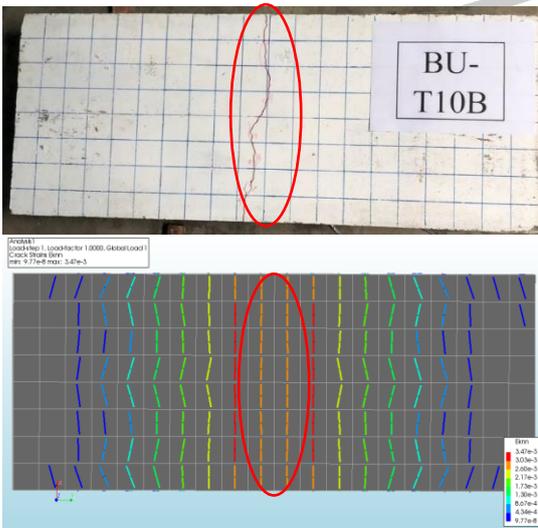
Validasi dilakukan untuk melihat kesesuaian hasil dari pengujian eksperimen pelat dengan hasil dari simulasi aplikasi Diana FEA. Ada beberapa hasil simulasi dengan aplikasi Diana FEA yang akan dibandingkan dengan hasil pengujian eksperimen, yaitu: pola retak.

Perbandingan pola retak hasil simulasi program Diana fea vs hasil eksperimen dapat dilihat pada Gambar 14, 15, dan 16.

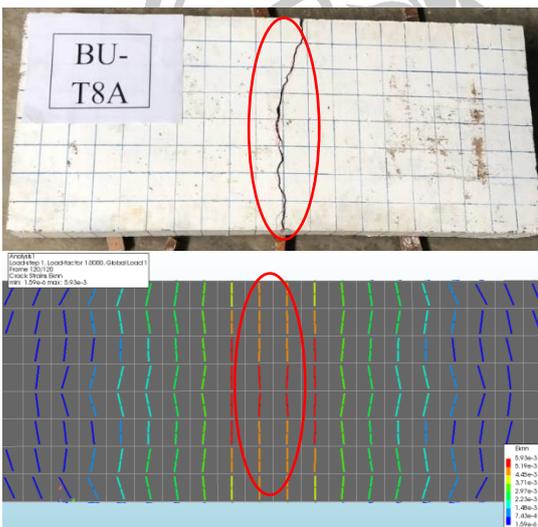




Gambar 14. Pola retak hasil eksperimen vs diana fea T-120mm (Sumber : Pengolahan data, 2022)



Gambar 15. Pola retak hasil eksperimen vs diana fea T-100mm (Sumber : Pengolahan data, 2022).



Gambar 16. Pola retak hasil eksperimen vs diana fea T-100mm (Sumber : Pengolahan data, 2022).

Gambar 14, Gambar 15, dan Gambar 16. Merupakan validasi hasil pengujian eksperimen dengan hasil diana. Gambar benda uji ini berdasarkan hasil dari pengujian lab, beban kapasitas yang didapatkan dari lab dimasukkan kedalam aplikasi diana, sehingga menghasilkan tegangan maksimum pada titik berikut ini. Ternyata benar bahwa tegangan maksimum yang terjadi akibat beban kapasitas yang dimasukkan kedalam aplikasi diana juga menunjukkan tegangan dalam posisi retak pada hasil pengujian eksperimen. Hal ini menunjukkan hasil pengujian eksperimen sesuai dengan simulasi diana. Dimana tegangan maksimum terjadi disitulah retak terjadi

5. KESIMPULAN DAN SARAN

A. Kesimpulan

Dari hasil penelitian yang telah dilakukan, didapatkan kesimpulan dalam penelitian ini sebagai berikut :

1. Ketebalan pelat mempunyai pengaruh terhadap kapasitas pelat, semakin naik ketebalan pelat, semakin naik kapasitasnya, hal ini dibuktikan dari hasil $P_{retak\ awal}$ eksperimen pelat (T-80mm) yang memiliki selisih kapasitas beban sebesar 27% dari pelat (T-100mm), dan $P_{retak\ awal}$ pelat (T-100mm) memiliki selisih kapasitas beban sebesar 21% dari pelat (T-120mm). Hasil $P_{ultimate}$ eksperimen pelat (T-80mm) memiliki selisih kapasitas beban sebesar 19% dari pelat (T-100mm), dan $P_{ultimate}$ pelat (T-100mm) memiliki selisih kapasitas beban sebesar 31% dari pelat (T-120mm).
2. Ketebalan pelat mempunyai pengaruh terhadap kekakuan pelat, semakin tebal pelat, semakin naik kekakuannya, hal ini dibuktikan dari selisih kekakuan lentur pelat (T-80mm) sebesar 72% dari pelat (T-100mm), dan pada pelat (T-100mm) memiliki selisih kekakuan lentur sebesar 28% dari pelat (T-120mm).
3. Pelat Pelat hasil perhitungan teoritis memiliki selisih kapasitas yang tidak terlalu besar dari hasil pengujian eksperimen, hal ini dibuktikan dari selisih rata-rata kapasitas hasil perhitungan teoritis dengan hasil eksperimen dibawah 25% pada saat

$P_{\text{retak awal}}$ dan P_{ultimate} , hasil ini sejalan dengan penelitian yang dilakukan oleh (Krisbiyanto, Y.A., 2011).

B. Saran

Beberapa saran berdasarkan hasil kajian tugas akhir ini adalah:

1. Perlu diadakan penelitian selanjutnya tentang pengaruh tebal pelat terhadap kapasitas dan kekakuan beton bertulang dengan sistem dua arah.
2. Perlu perhatikan saat pembuatan beton normal, pastikan campuran beton sesuai dengan perencanaan mutu beton, dalam pencampuran pastikan kebutuhan air sesuai dengan kebutuhan rencana.

6. DAFTAR PUSTAKA

- Nawy, E.G., 1990, *Beton Bertulang Suatu Pendekatan Dasar*. Bandung: Refika Aditama.
- Dipohusodo, I., 1999, *Struktur Beton Bertulang*, Pt. Gramedia Pustaka Utama, Jakarta.
- Istimawan Dipohusodo, 1994, *Struktur Beton Bertulang*, Gramedia, Jakarta.
- Kennedy, G. and Goodchild, C.H., 2004. *Practical yield line design. Concrete Centre, Surrey, UK*.
- Aroni, A., 2010, *Balok dan Pelat Beton Bertulang*, Yogyakarta: Graha Ilmu.
- Wijayanti, N. T., & Djoko Sulistyono, M. (2021). Perilaku Lentur Pelat Sistem Satu Arah Beton Bertulang Berongga Dengan Pemanfaatan Botol Bekas Berbahan Plastik Sebagai Pembentuk Rongga. *RENOVASI: Rekayasa Dan Inovasi Teknik Sipil*, 6(1), 1-12.
- Muhtar., Dewi, I. C., Dasuki, M., Ariyani, S., Mahmudi, I., Abadi, T., ... & Budi Hamduwibawa, R. (2020). *The prediction of stiffness of bamboo-reinforced concrete beams using experiment data and Artificial Neural Networks (ANNs)*. *Crystals*, 10(9), 757.
- Muhtar. (2020). *The Prediction of Stiffness Reduction Non-Linear Phase in Bamboo Reinforced Concrete Beam Using the Finite Element Method (FEM) and Artificial Neural Networks (ANNs)*. *FORESTS*, 11(12).
- Masdar, J. (2017). *Perilaku Lentur dan Geser Pelat Sistem Satu Arah Beton Bertulang Berongga Dengan Variasi Tebal Pada Volume Beton Tetap* (Doctoral dissertation, Universitas Gadjah Mada).
- e.Al Hayyu, B.A., 2021. *Studi Pengaruh Variasi Tebal Pelat Beton Bertulang Berongga Terhadap Kapasitas Lentur* (Doctoral dissertation, UNIVERSITAS HASANUDDIN).
- Krisbiyanto, Y.A., 2011. *Pengaruh variasi tebal plat terhadap kapasitas lentur plat bertulang bambu* (Doctoral dissertation, Universitas Negeri Malang).
- Ramadhani, C. K. R., Dewi, S. M., & Nuralinah, D. (2015). *Berat Volume Dan Kekakuan Plat Satu Arah Pada Plat Beton Bertulangan Bambu Dengan Lapis Styrofoam* (Doctoral dissertation, Brawijaya University).
- SNI 03-4154-1996. *Metode Pengujian Kuat Lentur Beton dengan Balok Uji Sederhana yang Dibebani Terpusat Langsung*. Badan Standarisasi Nasional. Material Penelitian.
- BSN, 2002, *Tata Cara Perhitungan Struktur Beton Bertulang untuk Bangunan Gedung (SNI-03-2847-2002)*, Departemen Pekerjaan Umum, Indonesia.
- BSN, 2013, *Persyaratan Beton Struktural untuk Bangunan gedung (SNI-2847-2013)*, Indonesia.
- SNI 2847:(2019). *Persyaratan Beton Struktural Untuk Bangunan Gedung*.