

Studi Eksperimental Daktilitas Pelat Beton Bertulang Berongga Dua Arah dengan Pemanfaatan Pipa PVC sebagai Pembentuk Rongga

Wahyu Mahendra Trias Atmadja^{1,a}, Herman Parung^{2,b}, Rita Irmawaty^{3,c} A. Arwin Amiruddin^{4,d}

^{1,2,3,4}Departemen Teknik Sipil, Universitas Hasanuddin
Jl. Poros Malino KM 06 Bontomarannu, Gowa

Email: ¹mahendrawahyu1975@gmail.com, ²parungherman@yahoo.co.id,
³Rita_irmaway@yahoo.co.id, ⁴a.arwinamiruddin@yahoo.com

ABSTRAK

Pelat lantai beton bertulang masif memiliki berat sendiri yang cukup besar dan memberikan kontribusi besar terhadap berat total bangunan. Pembuatan pelat beton berongga dengan pemanfaatan pipa *polivinyll chloride* sebagai pembentuk rongga merupakan salah satu teknologi alternatif yang bertujuan untuk mengurangi berat sendiri pelat. Selain memperhatikan kekuatan dan kekakuan struktur terdapat satu faktor lagi yang harus diperhatikan yaitu daktilitas karena suatu struktur harus didesain memiliki daktilitas yang tinggi (mempunyai deformasi yang besar). PVC yang telah dimodifikasi dipergunakan sebagai pembentuk rongga pada pelat beton berongga (PB-1) yang memiliki tebal yang sama dengan Pelat Pejal (PP) dan pelat beton berongga (PB-2) yang memiliki jumlah volume yang sama dengan Pelat Pejal (PP). Metode pembebanan yang digunakan adalah pembebanan merata pelat dua arah dengan tumpuan sendi di keempat sisinya dengan menggunakan alat *static monotonic load*. Dari hasil eksperimen didapatkan nilai lendutan maksimum untuk pelat pejal (PP) sebesar 34,18 mm dan lendutan lelehnya 21,30 mm, sedangkan pada pelat berongga (PB-1) nilai lendutan masimum sebesar 34,59 dan lendutan lelehnya 19,14 mm dan pada pelat berongga (PB-2) nilai lendutan maksimumnya sebesar 33,93 dan lendutan lelehnya 22,60 mm. Sehingga didapatkan nilai daktilitas untuk pelat pejal (PP) diperoleh nilai 1,6, untuk pelat berongga (PB-1) didapatkan nilai daktilitas 1,81 dan untuk pelat berongga (PB-2) diperoleh nilai daktilitas 1,50.

Kata kunci : Pelat Berongga PVC, Lendutan Maksimum, Lendutan Leleh dan Daktilitas

Pendahuluan

Teknologi alternatif yang berkembang untuk mengurangi berat sendiri pelat antara lain *hollow core slab*[1], dan *biaxial hollow slab* [2]. Kedua jenis pelat tersebut memiliki rongga pada beton didaerah tarik yang bertujuan untuk mengurangi berat sendiri pelat. Pelat berongga bola mempunyai kelebihan dimana pelat dapat digunakan untuk sistem satu arah maupun sistem dua arah. Perilaku *hollow core slab* dengan menggunakan PVC dan *streoform* ternyata mampu

mengurangi berat sendiri secara signifikan[3], sedangkan pemodelan elemen hingga non linier pelat satu arah beton bertulang berongga bola mensimulasikan bahwasanya kuat lentur, daktilitas pelat beton berongga bola akan menurun seiring bertambahnya rasio rongga pada pelat[4], pemanfaatan limbah kaleng susu sebagai pembentuk rongga dengan mengamati perilaku lentur dan geser ternyata juga mampu mengurangi berat sendiri beton[5], pelat beton berongga bola dengan sistem pracetak sudah dipatenkan dengan nama *bubble deck*,

diantara penelitian penelitian yang telah dilakukan yang berkaitan dengan *bubble deck* antara lain adalah penelitian tentang kapasitas geser *biaxial hollow slab* [2], penelitian tentang pemodelan mekanisme geser pada keadaan layan dan batas balok beton bertulang berongga[6], penelitian tentang perilaku struktural dari *bubble deck* dan aplikasi untuk *lightweight* pada lantai jembatan [7], perilaku lentur dan geser pelat beton bertulang sistem dua arah[5]. Metode eksperimen yang digunakan dalam penelitian ini adalah simulasi pembebanan merata dengan menggunakan pengujian pelat dua arah yang ditumpu dengan tumpuan sendi pada keempat sisinya yang mengacu pada ASTM E2322. Tujuan penelitian ini adalah untuk mendapatkan dan menganalisis nilai daktilitas pelat pejal (PP) jika dibandingkan dengan Pelat Berongga (PB-1) dan Pelat Berongga (PB-2). Manfaat yang diharapkan dari penelitian ini adalah dengan adanya

rongga pada pelat beton bertulang akan diketahui pengaruhnya terhadap daktilitas pelat.

Program Pengujian Eksperimen

Kuat tekan yang direncanakan dalam penelitian ini adalah 29 Mpa, berdasarkan SNI 7394-2008 proporsi campuran beton untuk 1 m³ adalah sebagai berikut :

Tabel 1. Komposisi Beton

Komposisi Beton	Nilai	Satuan
Semen OPC	3,275	kN/m ³
Abu Batu	1,402	kN/m ³
Air	185	Lt/m ³
Super Plasticizer	2	Lt/m ³
Agregat Kasar	8,728	kN/m ³
Agregat Halus	7,55	kN/m ³

Pengujian kuat tekan dilakukan pada saat beton berumur 28 hari, analisa data hasil pengujian kuat tekan beton normal dapat dilihat pada tabel 2 berikut ini :

Tabel 2. Uji Kuat Tekan Beton Silinder Normal

Benda Uji	Berat (N)	Beban Pembacaan (N)	$F_c' = P/A$ (Mpa)	f_{cr} (Mpa)	f_c (Mpa)
1	121,70	582610	32,96	31,19	28,51
2	120,82	567970	32,13		
3	120,82	520000	29,41		
4	121,99	535000	30,26		

Pengujian modulus elastisitas dilakukan pada saat umur beton 28 hari,

hasil pengujiannya dapat dilihat pada tabel 3 berikut ini :

Tabel 3. Pengujian Modulus Elastisitas Beton Normal

Benda Uji	Dimensi (mm)	Beban (N)	S1 (Mpa)	S2 (Mpa)	ϵ_2 (μ)	E_c (Mpa)
1	100 x 200	32090	0,513	12,84	586,48	22970,56
2	100 x 200	32760	1,408	13,10	624,28	20367,86
3	100 x 200	23800	1,339	9,52	447,89	20559,06
Rata-rata						21299,16
Empiric ($E_c = 4700 \sqrt{f_c}$)						25104,34

Ketiga pelat memiliki dimensi panjang dan lebar yang sama yaitu 2750 mm dan 1800 mm. Pelat Pejal (PP)

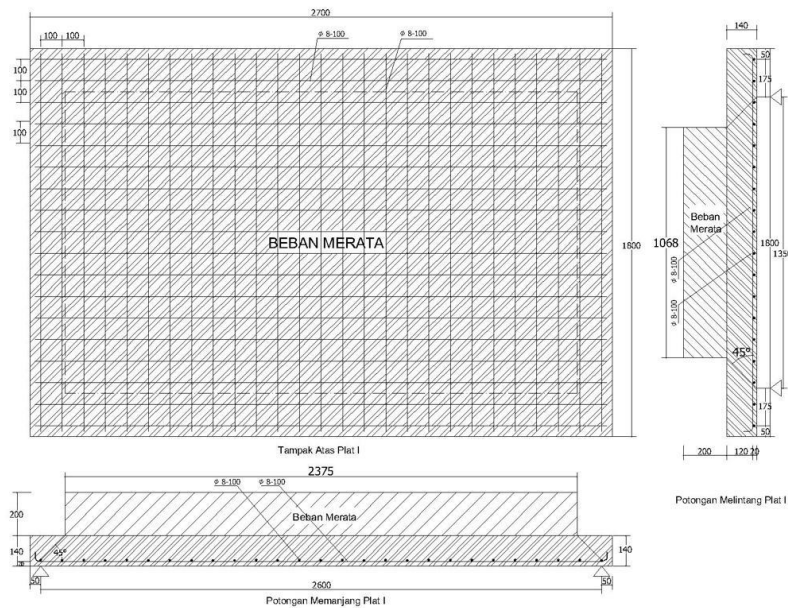
memiliki tebal yang sama dengan pelat berongga (PB-1) 14 cm sedangkan Pelat Berongga (PB-2) memiliki volume yang

sama dengan pelat Pejal (PP) dengan ketebalan Pelat Berongga (PB-2) sebesar 159 mm. Rongga dibentuk dari modifikasi pipa PVC 3 dimensi yang mempunyai diameter 76 mm, sedangkan pembesian arah memanjang

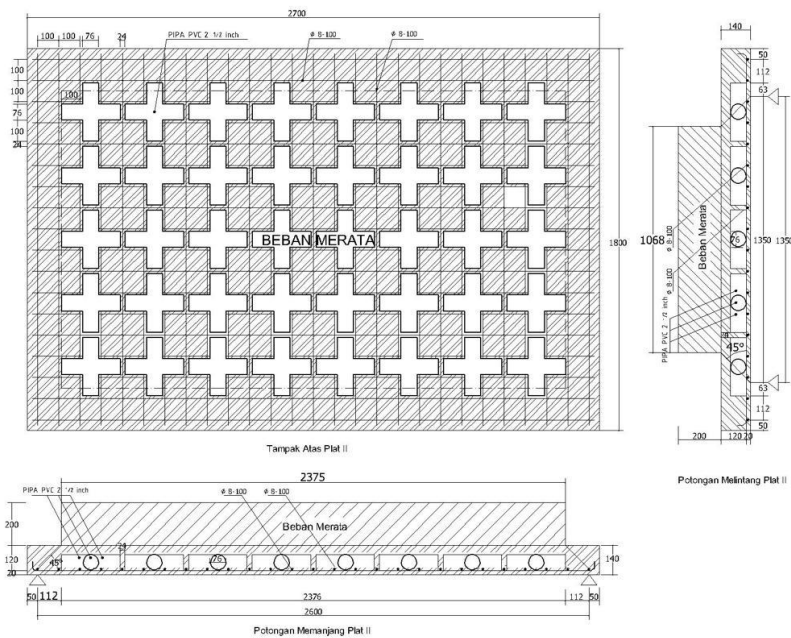
dan melintang digunakan besi diameter 8 mm dengan jarak antar tulangan 100 mm. Detail benda uji dapat dilihat pada tabel 5 dan gambar 1, gambar 2 dan gambar 3 dibawah ini :

Tabel 4. Komposisi Pelat Uji

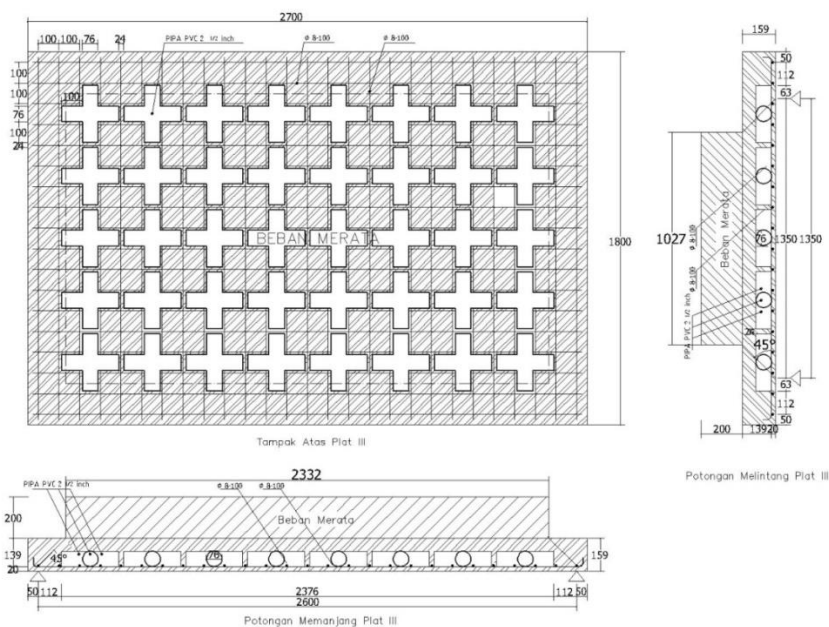
Benda Uji	Dimensi Pelat (mm)	Ø rongga (mm)	Jarak antar bola (mm)	Berat mati tiap 1 m ²	ρ (%)	d (mm)	Volume beton
PP	2750x1800x140	-	-	315,663	0,403	112,4	100 %
PB-1	2750x1800x140	76	24	273,54	0,403	112,4	86,33%
PB-2	2750x1800x159	76	24	315,663	0,345	131,4	100%



Gambar 1. Pelat Pejal (PP)



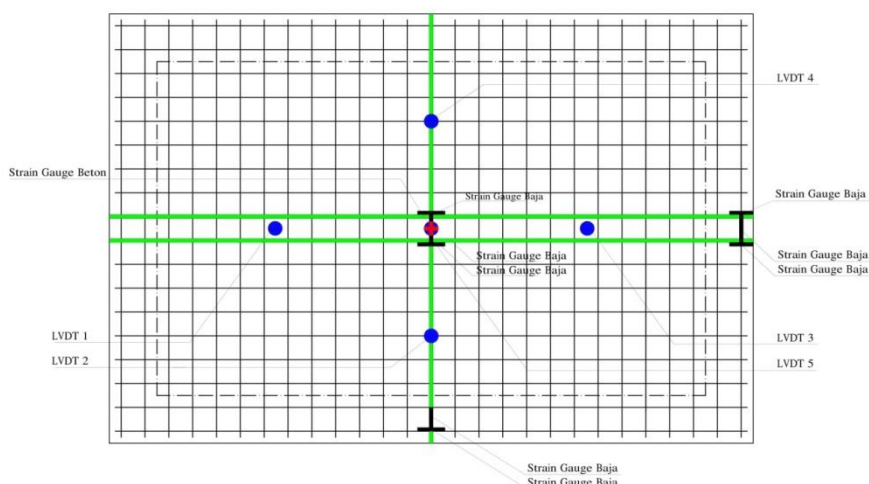
Gambar 2. Pelat Berongga Tebal 14 cm (PB-1)



Gambar 3. Pelat Berongga Tebal 15,9 cm (PB-2)

Dalam penelitian ini benda uji ditumpu dengan tumpuan sendi sepanjang keempat sisinya. Setting alat pengujian mengacu pada *ASTM E2322* yaitu pengujian pelat dua arah dengan simulasi beban merata. Pola pembebanan merata dilakukan dengan pemberian beban berupa karung-karung pasir, selanjutnya diatas karung-karung pasir diberi pelat pelat beton kemudian dipasang dudukan dari baja untuk

menyalurkan beban dari *hydraulic jack* ke pelat beton. Diharapkan dengan pola pembebanan ini dapat menyerupai pembebanan dengan beban merata. Pembebanan dilakukan secara bertahap hingga mencapai kapasitas pelat. Lendutan pelat, regangan beton beton dan baja diperoleh dari pembacaan *LVDT* dan *straingauge* yang perletakannya dijelaskan pada gambar 4 dibawah ini :



Gambar 4. Penempatan *Strain Gauge* Baja dan *Strain Gauge* Beton Serta *LVDT*

Data yang dicatat dari pengujian meliputi data beban, lendutan dan regangan baja tulangan. Untuk pengamatan retak pada pelat dilakukan secara visual dan diikuti dengan memberikan tanda dan nilai pada pelatnya. *Set up* alat pengujian dan pembebanan pada pelat uji bias dilihat pada gambar 5 dibawah ini.



Gambar 5. Pembebanan Benda Uji

Hasil Pengujian dan Diskusi

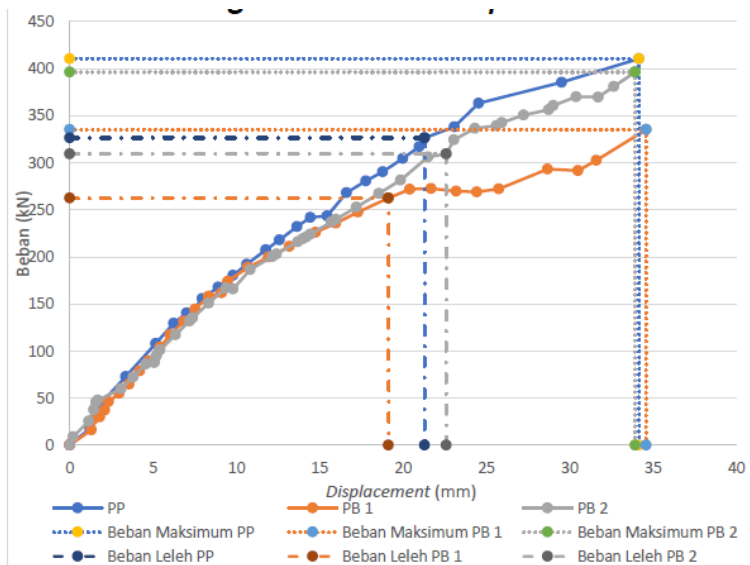
Metode pengujian yang digunakan adalah *displacement control* sehingga lendutan ditinjau dari lendutan maksimum

yang terjadi. Berdasarkan hasil pengujian pelat pejal (PP) dan pelat berongga (PB-1) serta pelat berongga (PB-2) yang dilakukan seperti pada dan Gambar 6 diperoleh nilai beban maksimum dan *displacement* untuk masing-masing benda uji.



Gambar 6. Pengujian Benda Uji

Grafik hubungan antara beban maksimum dengan *displacement* masing-masing benda uji dapat dilihat pada Gambar 7.



Gambar 7. Hubungan Beban dan Lendutan pada Kondisi Leleh dan Beban Maksimum

Dari hasil pengujian pembebanan pelat dan pembacaan grafik 7 diatas didapatkan beban maksimum dan

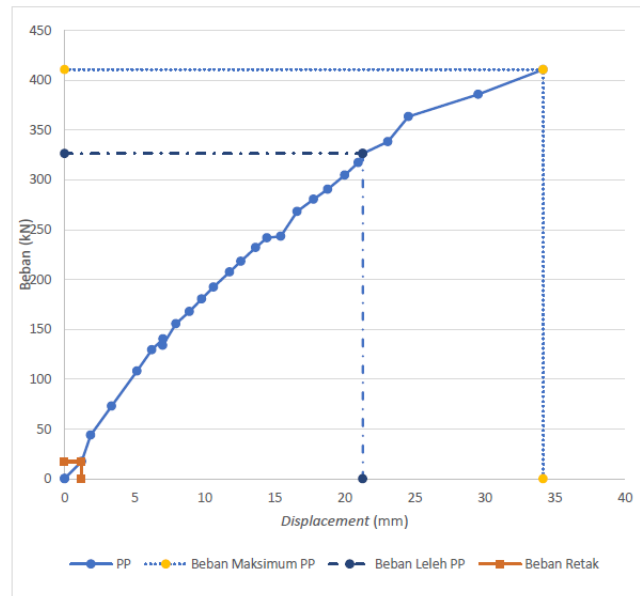
lendutan yang disajikan pada Tabel 6 sebagai berikut :

Tabel 6. Prosentase Perbandingan Beban dan Lendutan

Benda Uji	Beban Maks (kN)	Prosentase (%)	Lendutan (mm)	Prosentase (%)
PP	410,64	100	34,18	100
PB-1	335,18	81,624	34,59	101,199
PB-2	396,26	96,498	33,93	99,268

Lendutan leleh dapat diperoleh dengan memplot titik pertemuan antara garis beban leleh dengan garis yang dibuat dengan menarik garis linier mulai titik nol kurva beban-lendutan ditarik lurus melalui titik perpotongan kurva dengan garis 0,75 beban leleh.

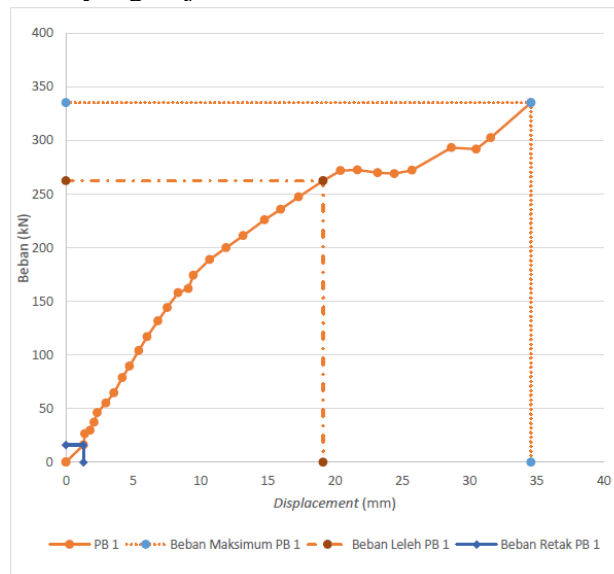
Beban maksimum yang terjadi pada pelat pejal (PP-1) sebesar 410,64 kN dengan lendutannya sebesar 34,18 mm, sedangkan beban leleh yang terjadi sebesar 326,48 kN dengan lendutan sebesar 21,30 mm, disajikan dalam bentuk grafik seperti pada gambar 8 dibawah ini.



Gambar 8. Hubungan Beban dan Lendutan pada Pelat Pejal (PP-1)

Beban maksimum yang terjadi pada pelat berongga (PB-1) sebesar 335,18 kN dengan lendutannya sebesar 34,59 mm, sedangkan beban leleh yang terjadi

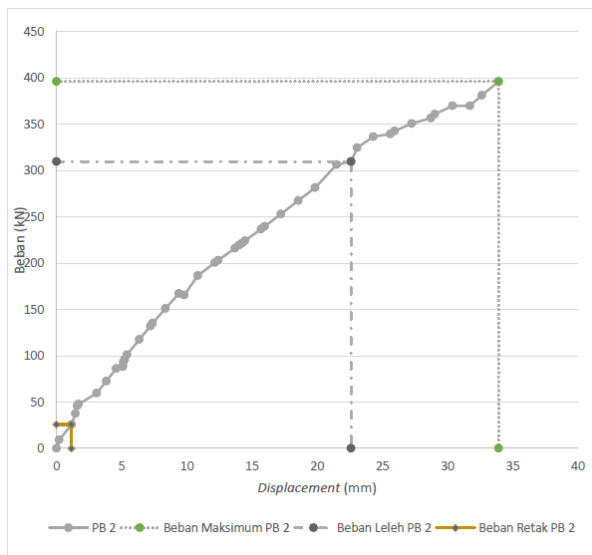
sebesar 262,39 kN dengan lendutan 19,14 mm, disajikan dalam bentuk grafik seperti pada gambar 9 dibawah ini.



Gambar 9. Hubungan Beban dan Lendutan pada Pelat Berongga (PB-1)

Beban maksimum yang terjadi pada pelat berongga (PB-2) sebesar 396,26 kN dengan lendutannya sebesar 33,93 mm, sedangkan beban leleh yang terjadi sebesar 309,63 kN

dengan lendutan 22,60 mm, disajikan dalam bentuk grafik seperti pada gambar 10 dibawah ini.



Gambar 10. Hubungan Beban dan Lendutan pada Pelat Berongga (PB-2)

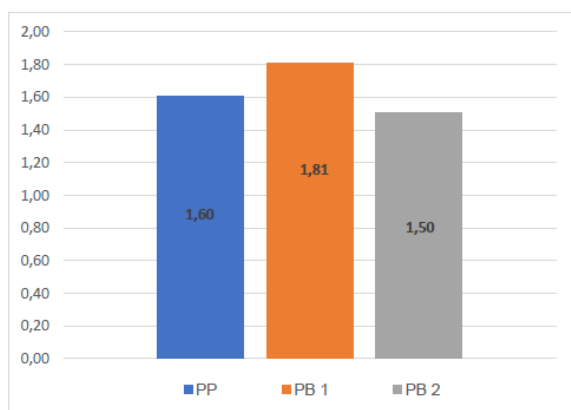
Data yang didapatkan pada pengujian lendutan diatas didapatkan nilai beban pada saat leleh dan beban pada saat ultimate. Data inilah yang akan dipakai untuk menghitung

nilai daktalitas masing masing pelat tersebut sebagaimana disajikan pada tabel 7 dibawah ini.

Tabel.7. Daktalitas Pelat

Plat Uji	Beban		Lendutan		Daktalitas
	P leleh (kN)	P maks (kN)	Leleh (mm)	Maks (mm)	
PP	326,48	410,64	21,30	34,18	1,60
PB-1	262,39	335,18	19,14	34,59	1,81
PB-2	309,63	396,26	22,60	33,93	1,50

Nilai daktalitas masing masing pelat disajikan dalam histogram seperti pada gambar 11 dibawah ini.



Gambar 11. Daktalitas Pelat PP, PB-1 dan PB-2

Secara teoritis, daktalitas suatu pelat sangat dipengaruhi oleh rasio tulangan (ρ) atau perbandingan luas tulangan

terhadap luas penampang efektif beton. Semakin kecil rasio tulangan maka pelat tersebut akan semakin daktil. Luas tulangan pada ketiga benda uji pelat sama namun luas penampang efektif betonnya berbeda akibat adanya rongga. Akan tetapi hasil eksperimen pada PB-2 menunjukkan hasil yang sebaliknya hal ini bisa terjadi dikarenakan pembacaan yang kurang tepat pada data logger.

Kesimpulan

- Daktalitas Pelat Pejal (PP) sebesar 1,60, daktalitas pada pelat berongga (PB-1) sebesar 1,81 sedangkan daktalitas pada pelat berongga (PB-2) sebesar 1,5.
- Tidak terjadi perbedaan yang signifikan terhadap benda uji pelat pejal (PP), Pelat berongga (PB-1) dan pelat berongga (PB-2) jika dilihat dari

prosentase lendutan dan beban maksimumnya.

Referensi

- [1] P. Micallef, "Assessment of Shear Capacity of Pre-stressed Hollow Core Floor Units in the Local Construction Industry," 2005.
- [2] M. Aldejohann, "Zum Querkrafttragverhalten von Hohlkörperdecken mit zweiachsiger Lastabtragung," 2008.
- [3] N. G. Wariyatno, Y. Haryanto, and G. H. Sudibyo, "Flexural Behavior of Precast Hollow Core Slab Using PVC Pipe and Styrofoam with different Reinforcement," *Procedia Eng.*, vol. 171, pp. 909–916, 2017, doi: 10.1016/j.proeng.2017.01.388.
- [4] D. G. Jati, "Pemodelan Elemen Hingga Non Linier Pelat Satu Arah Beton Bertulang Berongga Bola," *J. Tek. Sipil*, vol. 12, no. 4, pp. 233–240, 2016, doi: 10.24002/jts.v12i4.631.
- [5] G. I. Y. Akhir, "Perilaku Lentur Dan Geser Pelat Sistem Satu Arah Beton Bertulang Berongga Dengan Tebal Tetap Dan Pemanfaatan Kaleng Kemasan Susu Sebagai Pembentuk Rongga," *Pros. Senat.*, pp. 519–527, 2017.
- [6] W. A. Krasna, D. Sulistyono, and B. Supriyadi, "Perilaku Geser pada Keadaan Layan dan Batas Balok Beton Bertulang Berlubang Memanjang (Shear Behavior in the Serviceability and Ultimate Limit State of Hollow Core Reinforced Concrete Beam)," vol. 13, no. 2, pp. 145–154, 2010.
- [7] T. Lai, "Structural behavior of bubble deck slabs and their application to lightweight bridge decks," pp. 1–42, 2010, [Online]. Available: <https://dspace.mit.edu/handle/1721.1/60774>.