

# **KAPASITAS PELAT BETON BERTULANG KOMBINASI BAJA DAN BAMBU MENGUNAKAN TEORI GARIS LELEH**

## **THE CAPACITY OF PLATE OF REINFORCED CONCRETE STEEL AND BAMBOO COMBINATION USING YIELD LINE THEORY**

Billy Hansdyan Ocha Putra, Erno Widayanto, S.T., M.T., Ketut Aswatama, S.T., M.T.

Teknik Sipil, Fakultas Teknik, Universitas Jember

Jl. Kalimantan 37, Jember 68211

e-mail : widayanto@gmail.com

### **Abstrak**

Pelat merupakan salah satu bagian penting dari struktur bangunan dan tersusun dari beton dan tulangan baja. Beton merupakan bagian dari pelat yang berfungsi menahan tekan namun beban tarik sendiri ditahan oleh tulangan. Tulangan yang sering digunakan saat ini adalah tulangan baja namun karena baja merupakan sumber daya alam yang tidak dapat dibaharui dibutuhkan alternatif lain untuk menggantikan tulangan baja. Penelitian ini menggunakan dua jenis tulangan yaitu baja dan bambu. Kedua tulangan tersebut dikombinasikan dalam pelat dengan tujuan untuk mengetahui kapasitas runtuh maksimum pada pelat. Bambu dipilih sebagai salah satu jenis tulangan karena jumlahnya yang banyak tersedia di alam dan termasuk dalam sumber daya alam yang dapat diperbaharui. Bambu juga merupakan sumber daya alam yang mudah diolah dan harga bambu lebih ekonomis.

Teori garis leleh adalah teori yang diperkenalkan oleh K. W. Johansen pada tahun 1940-an. Teori ini merupakan solusi batas atas untuk mengetahui beban runtuh dari pelat dan membantu untuk memperkirakan keadaan akhir dari pelat yang didesain dengan model tulangan tertentu, serta untuk mengetahui pengaruh dari model penulangan yang sederhana dan pengaruh dari perletakkannya.

Dari hasil penelitian didapatkan beban runtuh pelat bertulang kombinasi baja dan bambu rata-rata lebih besar 38% dari analisa garis leleh yang pertama dan lebih besar 21,02% dari analisa garis leleh kedua. Beban runtuh terbesar pada pengujian pelat bertulang kombinasi adalah Pelat 3 sebesar 3187,33 kg dan beban runtuh terkecil pada pengujian pelat bertulang kombinasi adalah Pelat 12 sebesar 1270,14 kg.

*Kata Kunci : Pelat, Teori Garis Leleh, Baja, Bambu.*

### **Abstract**

Plate is an important part of the building structure and is composed of concrete and steel reinforcement . Concrete is part of the plate which serves to hold the press but the tensile load himself arrested by reinforcement . Reinforcement is often used today is reinforcing steel but because steel is a natural resource that can not be renewed needed alternative to replace steel reinforcement. This study used two types of reinforcement are steel and bamboo. Both of them combined in order to determine the maximum capacity of the plates collapse. Bamboo was chosen as one type of reinforcement because there are many available in nature and includes the natural resources that can be renewed. Bamboo is also a natural resource that is easily processed and bamboo more economical price .

Yield line theory is a theory introduced by KW Johansen in the 1940s. This theory is a solution to determine the upper limit of the collapse load plate and helps to estimate the final state of the plate is designed with a particular reinforcement models, as well as to determine the effect of a simple model of reinforcement and the influence of its footing.

From the test results obtained that the maximum capacity of combination reinforcement plate are 38% greater than the first analysis of the yield line and 21.02% greater than the second yield line analysis. The biggest capacity of the plate is a Plates 3 with 3187.33 kg and the smallest capacity of the plate is a Plates 12 with 1270.14 kg.

*Keywords : Plate, Yield Line Theory, Steel, Bamboo*

## PENDAHULUAN

Pelat merupakan salah satu bagian penting dari struktur bangunan dan tersusun dari beton dan tulangan baja. Bahan penyusun beton yang relatif mudah didapat dan kemudahannya dalam pencetakan merupakan salah satu keunggulan dari beton. Beton merupakan bagian dari pelat yang berfungsi menahan tekan namun beton tidak mampu menahan beban tarik. Beban tarik sendiri di tahan oleh tulangan. Tulangan yang sering digunakan saat ini adalah tulangan baja namun karena baja merupakan sumber daya alam yang tidak dapat dibaharui dibutuhkan alternatif lain untuk menggantikan tulangan baja.

Bambu dapat digunakan sebagai bahan pengganti tulangan baja. Bambu sangat tersedia banyak di alam dan termasuk dalam sumber daya alam yang dapat diperbaharui. Bambu juga merupakan sumber daya alam yang mudah diolah dan hanya menggunakan alat yang sederhana selain itu harga bambu lebih ekonomis. Banyak penelitian yang telah mengangkat tema bambu, baik bambu yang diuji kuat tarik maupun tentang bambu yang digunakan sebagai tulangan dan dalam penelitian tersebut menunjukkan bahwa bambu dapat digunakan sebagai pengganti

baja sebagai tulangan. Dengan demikian perlu adanya pengembangan tentang kombinasi kekuatan bambu dengan baja. Kombinasi bambu dan baja sebagai tulangan dinilai layak karena kuat tarik yang hampir sama diantara keduanya dan hal ini sesuai dengan fungsi tulangan dalam sebuah campuran beton adalah untuk menahan tarik.

## TUJUAN PENELITIAN

Tujuan yang ingin dicapai dari penelitian ini adalah untuk mengetahui besar kapasitas pelat bertulangan kombinasi baja dan bambu dengan pola keruntuhannya serta perbandingan kombinasi tulangannya.

## MANFAAT PENELITIAN

Manfaat dari penelitian ini adalah untuk memberikan informasi kepada masyarakat dan praktisi ilmu untuk memanfaatkan bambu sebagai salah satu bahan alternatif dalam pekerjaan struktur.

## LANGKAH PENGOLAHAN DATA

Penelitian ini dapat dimulai dengan menentukan dimensi pelat dan tulangan serta melakukan pengujian tarik untuk tulangan, baik bambu dan baja. Perakitan tulangan dilakukan selanjutnya disesuaikan dengan pola jenis tulangan yang dibutuhkan

kemudian dapat dilakukan pengecoran pada setiap benda uji pelat dan menyediakan benda uji silinder untuk mengetahui kuat tekan beton. Pelat yang sudah kering direndam di dalam air selama 28 hari dan selanjutnya dapat dilakukan pengujian. Hasil pengujian dibandingkan dengan data perhitungan teoritis sehingga dapat diketahui perbedaan dan kesimpulan dari pengujian dan perhitungan teoritis.

## HASIL DAN PEMBAHASAN

### Perhitungan Momen Nominal Pelat Beton

Perhitungan momen nominal digunakan untuk mengetahui gaya dalam yang bekerja pada pelat secara teoritis. Dari hasil perhitungan didapatkan data sebagai berikut, yaitu :

Tabel 1 Momen Nominal Pelat Bertulang Kombinasi

Nama Pelat	$\rho$	As (cm <sup>2</sup> )	d (cm)		Mn <sub>x</sub> (kgm)	Mn <sub>y</sub> (kgm)
			x	y		
12	0.00456	0.59	3.5	2.8	122.5	96.73
9	0.00638	0.59	3.5	2.8	169.0	132.8
6	0.00912	0.79	3.5	2.8	235.1	183.5
3	0.01915	0.79	3.5	2.8	449.2	340.4
0	0	0	-	-	43.02	43.02

Sumber : Hasil Analisa Sendiri

Tabel 2 Momen Nominal Pelat Bertulang Baja

Nama Pelat	$\rho$	As (cm <sup>2</sup> )	d (cm)		Mn <sub>x</sub> (kgm)	Mn <sub>y</sub> (kgm)
			x	y		
12B	0.001813	0.59	3.5	3.8	86.49	81.11

0.002418	0.79	4.3	3.9	114.56	107.38
0.003626	1.18	4.3	3.9	169.54	158.78
0.006648	2.16	4.3	3.8	300.32	280.59

Sumber : Hasil Analisa Sendiri

Dalam pengerjaan teoritis pelat beton bertulang kombinasi maupun pelat beton bertulang baja didapatkan nilai teangan tekan dan tegangan tarik. Nilai tegangan tekan dan tarik pada pelat dengan jarak antar tulangan yang lebih kecil memiliki nilai yang lebih besar daripada pelat dengan pelat dengan jaran antar tulanga yang lebih besar.

Nilai tegangan tarik dan tekan pada Pelat 3 adalah 15413,458 kg dan pada Pelat 3B adalah 7888,668 kg.

### Kapasitas Runtuh Pelat Bertulang Kombinasi

Kapasitas runtuh pelat merupakan perhitungan teoritis yang dilakukan dengan menggunakan teori garis leleh. Pada teori ini terdapat dua jenis pola keruntuhan, yang pertama adalah pola kipas melingkar dan pola kedua adalah pola menyilang. Kapasitas pelat yang dihitung tidak hanya pelat dengan tulangan kombinasi, namu juga pelat dengan tulangan baja. Berikut adalah kapasitas runtuh pelat beton bertulang kombinasi :

Tabel 3 Beban Runtuh Pelat pada Pola Garis  
Leleh Pertama

Nama Pelat	$\rho$	As (cm <sup>2</sup> )	Mu <sub>x</sub> (kgm)	Mu <sub>y</sub> (kgm)	Pu (kg)
12	0.0045	1.48	122.5	96.73	683.74
9	0.0063	2.08	169.0	132.8	940.86
6	0.0091	2.96	235.1	183.5	1304.6
3	0.0191	6.23	449.2	340.4	2456.0
0	0	0.00	43.02	43.02	270.16

Sumber : Hasil Analisa Sendiri

Tabel 4 Beban Runtuh Pelat pada Pola Garis 3B  
Leleh Kedua

Nama Pelat	$\rho$	As (cm <sup>2</sup> )	Mu <sub>x</sub> (kgm)	Mu <sub>y</sub> (kgm)	Pu (kg)
12	0.0045	1.48	122.5	96.73	871.01
9	0.0063	2.08	169.0	132.8	1198.5
6	0.0091	2.96	235.1	183.5	1661.9
3	0.0191	6.23	449.2	340.4	3128.6
0	0	0.00	43.02	43.02	344.15

Sumber : Hasil Analisa Sendiri

Tabel 5 Beban Runtuh Pelat Beton  
Bertulang Baja pada Pola Garis  
Leleh Pertama

Nama Pelat	$\rho$	As (cm <sup>2</sup> )	Mu <sub>x</sub> (kgm)	Mu <sub>y</sub> (kgm)	Pu (kg)
12B	0.0018	0.58	86.49	81.11	526.00
9B	0.0024	0.78	114.5	107.3	696.53

	2	6	6	8
6B	0.0036	1.17	169.5	158.7
3B	0.0066	2.16	300.3	280.5
	3	9	4	8
	5	1	2	9
				1

Sumber : Hasil Analisa Sendiri

Tabel 6 Beban Runtuh Pelat Beton  
Bertulang Baja pada Pola Garis  
Leleh Kedua

Nama Pelat	$\rho$	As (cm <sup>2</sup> )	Mu <sub>x</sub> (kgm)	Mu <sub>y</sub> (kgm)	Pu (kg)
12B	0.00181	0.589	86.49	81.11	670.06
9B	0.00242	0.786	114.56	107.38	887.30
6B	0.00363	1.179	169.54	158.78	1312.59
	0.00665	2.161	300.32	280.59	2322.30

Sumber : Hasil Analisa Sendiri

Dari Tabel 3 didapatkan bahwa pelat dengan beban runtuh tertinggi ada pada Pelat 3 yaitu sebesar 2456,02 kg dan beban runtuh terendah ada pada Pelat 12 yaitu sebesar 683,74 kg. Pada Tabel 4 didapatkan bahwa pelat dengan beban runtuh tertinggi ada pada Pelat 3 yaitu sebesar 3128,69 kg dan beban runtuh terendah ada pada Pelat 12 yaitu sebesar 871,01 kg sedangkan pelat tanpa tulangan (Pelat 0) memiliki beban runtuh maksimum sebesar 270,16 kg dan 344,15 kg untuk masing-masing pola garis leleh pertama dan pola garis leleh kedua.

Dari Tabel 5 didapatkan bahwa pelat dengan beban runtuh tertinggi ada pada Pelat 3B yaitu sebesar 1823,01 kg dan beban runtuh terendah ada pada Pelat 12 yaitu sebesar 526 kg. Pada Tabel 6 didapatkan bahwa pelat dengan beban runtuh tertinggi ada pada Pelat 3 yaitu sebesar 3128,69 kg dan beban runtuh terendah ada pada Pelat 12 yaitu sebesar 871,01 kg sedangkan pelat tanpa tulangan (Pelat 0) memiliki beban runtuh maksimum sebesar 270,16 kg dan

344,15 kg untuk masing-masing pola garis leleh pertama dan pola garis leleh kedua.

Pada pelat bertulang kombinasi, diketahuise makin besar regangan maka semakin besar pula tegangan gabungan. Sedangkan pada pelat bertulang baja diketahui bahwa semakin kecil jarak antar tulangan, regangan dan tegangan yang terjadi semakin kecil.

Berdasarkan perhitungan dengan menggunakan teori garis leleh dan pada pengujian diperoleh beban runtuh maksimum sebagai berikut :

Tabel 7 Perbandingan Beban Runtuh Maksimum pada Pola Garis Leleh Pertama

Nama Pelat	Garis Leleh I (kg)	Pengujian (kg)	Persentase (%)
12	683.74	1270.14	46.17
9	940.86	1557.72	39.60
6	1304.64	2300.63	43.29
3	2456.02	3187.33	22.94
0	270.16	1198.25	77.45
Rata-Rata			38.00

Sumber : Hasil Analisa Sendiri

Tabel 8 Perbandingan Beban Runtuh Maksimum pada Pola Garis Leleh Kedua

Nama Pelat	Garis Leleh II (kg)	Pengujian (kg)	Persentase (%)
12	871.01	1270.14	31.42
9	1198.55	1557.72	23.06
6	1661.96	2300.63	27.76
3	3128.69	3187.33	1.84
0	344.15	1198.25	71.28
Rata-Rata			21.02

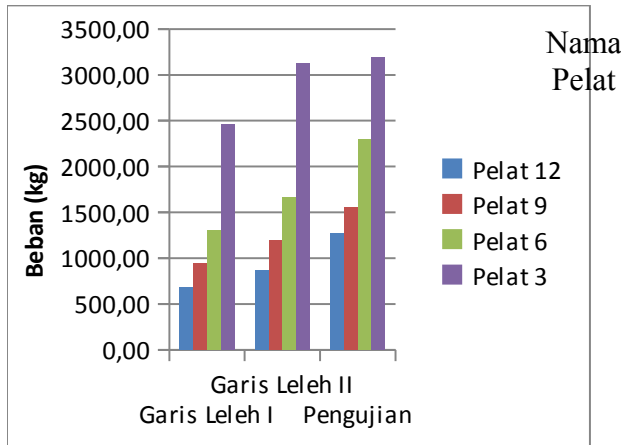
Sumber : Hasil Analisa Sendiri

Pada Tabel 7 didapatkan perbandingan antara hasil perhitungan teoritis dengan hasil pengujian dengan persentase terbesar pada Pelat 0 (tanpa tulangan) dengan 77,45% dan persentase terkecil sebesar 22,94% pada Pelat 3 dan pada Tabel 8 didapatkan perbandingan antara hasil perhitungan teoritis dengan hasil pengujian dengan persentase terbesar pada Pelat 0 (tanpa

## PEMBAHASAN

### Analisa Beban Runtuh Pelat Beton

tulangan) dengan 71,28% dan persentase terkecil pada Pelat 3 sebesar 1,84%.



Gambar 1 Grafik Perbandingan Beban Runtuh Maksimum Pelat Bertulang Kombinasi (Sumber : Hasil Analisa Sendiri)

Dari Gambar 1 diketahui bahwa hasil dari pengujian lapangan lebih besar dibandingkan perhitungan secara teoritis dengan kapasitas yang terbesar adalah pada Pelat 3 (jarak antar tulangan 3 cm) yang melebihi pelat-pelat dengan jarak antar tulangan yang lebih renggang yaitu 6 cm, 9 cm, dan 12 cm.

Dari ketiga hasil ini, baik teoritis maupun pengujian, didapatkan perbedaan yang cukup jauh antara perhitungan pola garis leleh pertama dengan hasil pengujian namun berbeda dengan perhitungan dengan pola garis leleh kedua. Secara teoritis didapatkan bahwa pola garis leleh pertama memiliki perbedaan sebesar 21,5 % dengan pola garis leleh kedua.

Tabel 9 Perbandingan Beban Runtuh Maksimum pada Pola Garis Leleh Pertama

Nama Pelat	Garis Leleh I (kg)	Pengujian (kg)	Persentase (%)
12B	526.00	1342.03	60.81
9B	696.53	1437.89	51.56
6B	1030.39	2108.91	51.14
3B	1823.01	2636.14	30.85
Rata-Rata			48.59

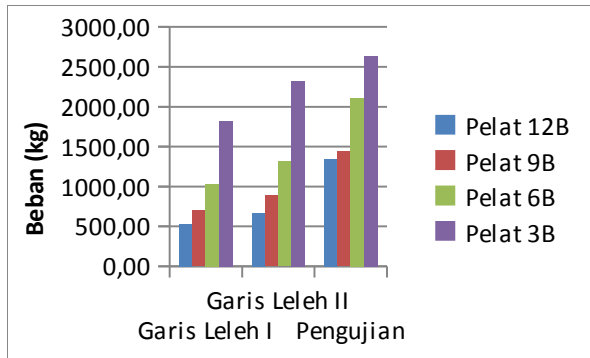
Sumber : Hasil Analisa Sendiri

Tabel 10 Perbandingan Beban Runtuh Maksimum pada Pola Garis Leleh Pertama

Nama Pelat	Garis Leleh II (kg)	Pengujian (kg)	Persentase (%)
12B	670.06	1342.03	50.07
9B	887.30	1437.89	38.29
6B	1312.59	2108.91	37.76
3B	2322.30	2636.14	11.91
Rata-Rata			34.51

Sumber : Hasil Analisa Sendiri

Pada Tabel 9 didapatkan perbandingan antara hasil perhitungan teoritis dengan hasil pengujian dengan persentase terbesar pada Pelat 12B dengan 60,81% dan persentase terkecil sebesar 30,84% pada Pelat 3B dan pada Tabel 10 didapatkan perbandingan antara hasil perhitungan teoritis dengan hasil pengujian dengan persentase terbesar pada Pelat 12B dengan 50,07% dan persentase terkecil pada Pelat 3B sebesar 34,51%.



Gambar 2 Grafik Perbandingan Beban Runtuh Maksimum Pelat Bertulang Kombinasi (Sumber : Hasil Analisa Sendiri)

Hasil pengujian untuk pelat bertulang baja sebagai perbandingan ini masing-masing sebesar 1342,03 kg, 1437,89 kg, 2108,91 kg, dan 2636,14 kg, untuk pelat 12B, pelat 9B, pelat 6B, dan pelat 3B. Beban runtuh pada pelat bertulang ini lebih besar 48,59 % dari perhitungan pola garis leleh pertama dan lebih besar 34,51 % dari perhitungan pola garis leleh kedua. Sama seperti pelat dengan tulangan kombinasi, tabel-tabel di atas juga menunjukkan bahwa semakin dekat jarak antar tulangan dapat meningkatkan kapasitas runtuh dari pelat.

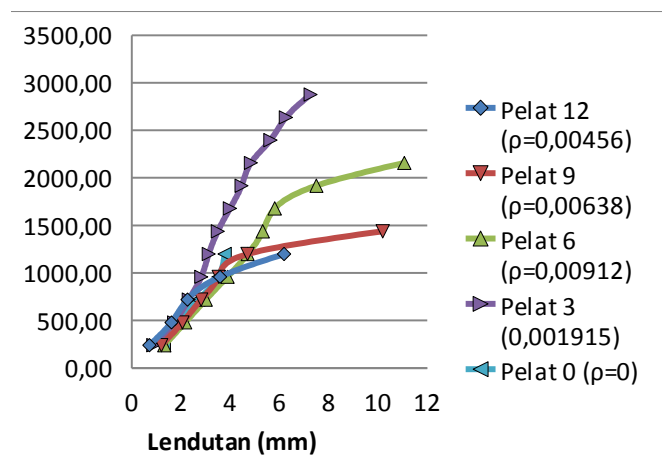
#### Analisa Lendutan Pelat Beton

Perbandingan antara beban dengan lendutan juga dapat dibuktikan dari hasil pengujian. Dari Gambar 3 di atas dapat dijelaskan bahwa lendutan pada lendutan pada Pelat 0 (tanpa tulangan) lebih kecil daripada pelat yang memiliki tulangan. Pelat 3 memiliki kapasitas runtuh yang lebih besar dibandingkan dengan pelat yang lain, namun memiliki lendutan yang lebih kecil. Perbandingan lendutan dengan jarak antar

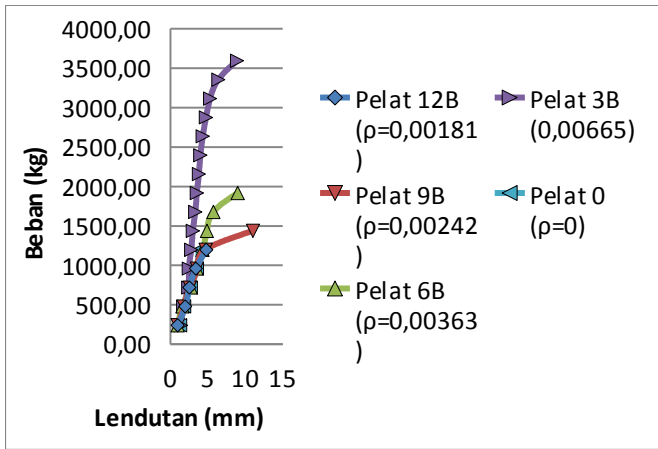
tulangan yang terjadi pada pelat bertulang kombinasi menunjukkan bahwa semakin besar jarak antar tulang semakin besar lendutan yang terjadi.

Dari Gambar 4 dapat dijelaskan bahwa lendutan pada lendutan pada Pelat 0 (tanpa tulangan) lebih kecil daripada pelat yang memiliki tulangan. Pelat 3 memiliki kapasitas runtuh yang lebih besar dibandingkan dengan pelat yang lain, namun memiliki lendutan yang lebih kecil. Perbandingan lendutan dengan jarak antar tulangan yang terjadi pada pelat bertulang baja menunjukkan bahwa semakin besar jarak antar tulang semakin besar lendutan yang terjadi.

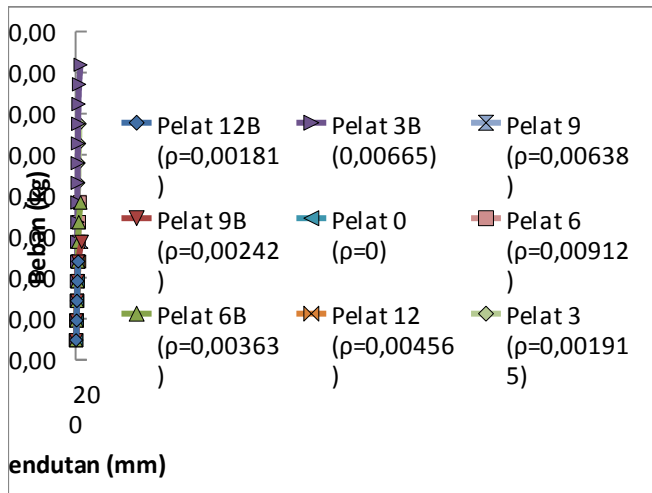
Pada Gambar 5 merupakan grafik yang menggabungkan antara pelat dengan tulangan kombinasi dengan pelat bertulang bambu. Pada gambar tersebut menunjukkan bahwa pada setiap pelat bertulang kombinasi pada beban yang sama memiliki lendutan yang lebih besar dibandingkan dengan pelat bertulang baja.



Gambar 3 Grafik Hubungan Beban-Lendutan Pada Pelat Beton Bertulang Kombinasi (Sumber : Hasil Analisa Sendiri)



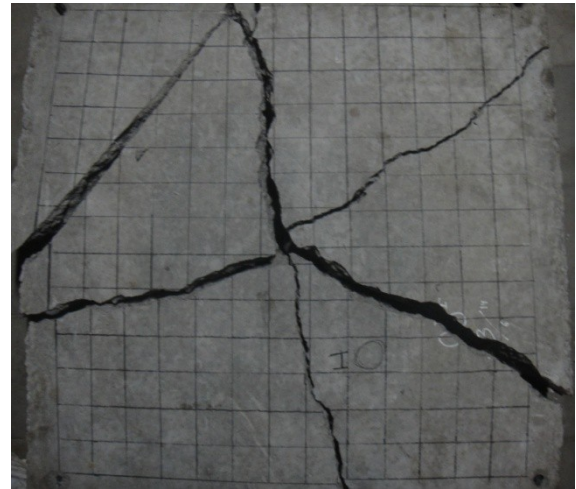
Gambar 4 Grafik Hubungan Beban-Lendutan Pada Pelat Beton Bertulang Baja (Sumber : Hasil Analisa Sendiri)



Gambar 5 Grafik Hubungan Beban-Lendutan Pada Pelat Beton Bertulang Kombinasi dan Baja (Sumber : Hasil Analisa Sendiri)

### Analisa Pola Keruntuhan Pelat Beton

Pola keruntuhan pelat beton tanpa tulangan emnunjukkan pola garis leleh yang kedua.



Gambar 6 Pola Keruntuhan pada Pelat 0 ( $\rho=0$ )

Pola keruntuhan yang terjadi pada pelat beton bertulang kombinasi ditunjukkan pada Gambar 7 sampai dengan Gambar 10. Dari Gambar 9 dan Gambar 10 dapat dilihat bahwa Pelat 6 ( $\rho = 0,00912$ ) dan Pelat 3 ( $\rho = 0,01915$ ) membentuk pola garis leleh pertama, yaitu pola kipas melingkar sedangkan pada Pelat 12 ( $\rho = 0,00456$ ), Pelat 9 ( $\rho = 0,00638$ ) pada Gambar 7 dan gambar 8 membentuk pola garis leleh kedua yaitu pola menyilang.

Berikut ini merupakan pola keruntuhan pada pelat hasil dari pengujian :





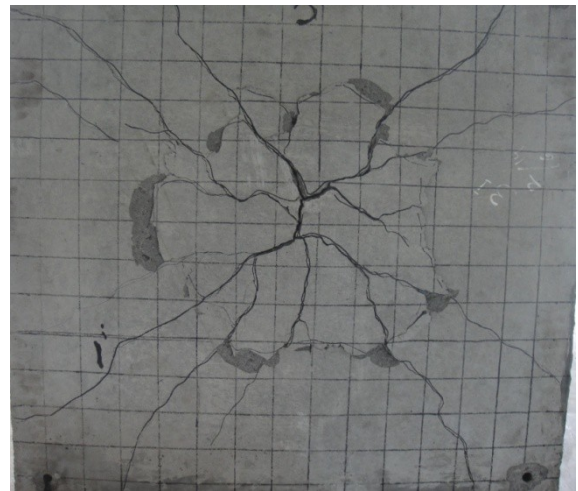
Gambar 7 Pola Keruntuhan pada Pelat 12 ( $\rho = 0,00456$ )



Gambar 9 Pola Keruntuhan pada Pelat 6 ( $\rho = 0,00912$ )



Gambar 8 Pola Keruntuhan pada Pelat 9 ( $\rho = 0,00638$ )



Gambar 10 Pola Keruntuhan pada Pelat 3 ( $\rho = 0,01915$ )

Pola keruntuhan yang terjadi pada pelat beton bertulang kombinasi ditunjukkan pada Gambar 11 sampai dengan Gambar 14. Dari Gambar 11 dan 12 dapat dilihat bahwa Pelat 12B ( $\rho = 0,001813$ ) dan Pelat 9B ( $\rho = 0,002418$ ) membentuk pola garis leleh kedua sedangkan pada 6B ( $\rho = 0,003626$ ), Pelat 3B ( $\rho = 0,006648$ ) membentuk pola

garis leleh pertama pada Gambar 13 dan Gambar 14.



Gambar 11 Pola Keruntuhan pada Pelat 12B  
( $\rho = 0,001813$ )



Gambar 12 Pola Keruntuhan pada Pelat 9B  
( $\rho = 0,002418$ )



Gambar 13 Pola Keruntuhan pada Pelat 6B  
( $\rho = 0,003626$ )



Gambar 14 Pola Keruntuhan pada Pelat 3B  
( $\rho = 0,006648$ )

persentase perbedaan sebesar 23,96 % dengan perbedaan persentase terkecil pada Pelat 6 dan Pelat 6B, yaitu sebesar 21,02 %.

Perbandingan Pelat Bertulang Kombinasi dengan Pelat Bertulang Baja

Berikut ini adalah tabel perbandingan antara pelat dengan tulang kombinasi dengan pelat bertulangan baja :

Tabel 11 Perbandingan Beban Runtuh Maksimum dengan Pola Garis Leleh I

Nama Pelat	Garis Leleh I (kg)	Persentase (%)
12	683.74	23.07
12B	526.00	
9	940.86	25.97
9B	696.53	
6	1304.64	21.02
6B	1030.39	
3	2456.02	25.77
3B	1823.01	
Rata - Rata		23.96

Sumber : Hasil Analisa Sendiri

Dari Tabel 11 dapat disimpulkan bahwa secara teoritis pelat dengan tulang kombinasi memiliki kapasitas beban runtuh yang lebih besar dibandingkan dengan pelat yang hanya menggunakan tulangan baja saja. Dengan membandingkan antara dua pelat yang memiliki kesamaan pada pemasangan tulangan baja dengan rumus pola garis leleh pertama didapatkan

Tabel 12 Perbandingan Beban Runtuh Maksimum dengan Pola Garis Leleh II

Nama Pelat	Garis Leleh II (kg)	Persentase (%)
12	871.01	23.07
12B	670.06	
9	1198.55	25.97
9B	887.30	
6	1661.96	21.02
6B	1312.59	
3	3128.69	25.77
3B	2322.30	
Rata - Rata		23.96

Sumber : Hasil Analisa Sendiri

Dari Tabel 12 dapat disimpulkan bahwa secara teoritis pelat dengan tulang kombinasi memiliki kapasitas beban runtuh yang lebih besar dibandingkan dengan pelat yang hanya menggunakan tulangan baja saja. Dengan membandingkan antara dua pelat yang memiliki kesamaan pada pemasangan tulangan baja dengan rumus pola garis leleh kedua didapatkan persentase perbedaan sebesar 25,77 % dengan perbedaan persentase terkecil pada Pelat 6 dan Pelat 6B, yaitu sebesar 21,02 %.

Tabel 13 Perbandingan Beban Runtuh Maksimum dengan Pengujian

Nama Pelat	Pengujian (kg)	Persentase (%)
12	1270.14	-5.66

12B	1342.03	
9	1557.72	7.69
9B	1437.89	
6	2300.63	8.33
6B	2108.91	
3	3187.33	17.29
3B	2636.14	
Rata - Rata		6.91

Sumber : Hasil Analisa Sendiri

Dari data Tabel 13 didapatkan bahwa pelat dengan tulangan kombinasi memiliki kapasitas beban runtuh yang lebih besar dibandingkan dengan pelat yang hanya menggunakan tulangan baja saja. Dengan membandingkan antara dua pelat yang memiliki kesamaan pada pemasangan tulangan baja pada saat pengujian didapatkan persentase perbedaan sebesar 6,91 % dengan perbedaan persentase terkecil pada Pelat 9 dan Pelat 9B, yaitu sebesar 7,69 %. Hasil data pengujian menunjukkan tingkat perbedaan yang tidak terlalu jauh sehingga dapat disimpulkan bahwa bambu dapat meningkatkan kapasitas runtuh pelat beton yang dikombinasikan dengan baja sebagai tulangan.

### KESIMPULAN

Dari hasil penelitian dapat diambil kesimpulan bahwa kapasitas runtuh terbesar terjadi pada pelat dengan jarak antar tulangan 3 cm. Kapasitas Pelat 3 berdasarkan perhitungan teoritis pola garis leleh pertama adalah sebesar 2456,02 kg, untuk pola garis leleh kedua sebesar 3128,69 kg, dan untuk hasil pengujian didapatkan kapasitas sebesar 3187,33 kg. Pola keruntuhan yang terjadi pada Pelat 3 menunjukkan pola kipas melingkar. Secara keseluruhan beban runtuh pelat bertulang kombinasi baja dan bambu dari hasil pengujian rata-rata lebih besar 38 % dari analisa garis leleh yang pertama dan

lebih besar 21,02 % dari analisa garis leleh kedua. Tulangan bambu yang dikombinasikan dengan tulangan baja dapat meningkatkan kapasitas runtuh pelat dibandingkan dengan satu jenis tulangan yaitu sebesar 6,91 %.

### DAFTAR PUSTAKA

- Aswatama, K. 1995. *Pengujian dan Analisis Garis Leleh pada Pelat Beton Bertulang*. Skripsi. Kementerian Pendidikan dan Kebudayaan Universitas Brawijaya Fakultas Teknik Malang.
- Erlangga. Ardhana Yunanda. E. 2012. *Kapasitas Pelat Bertulang Bambu Menggunakan Teori Garis Leleh*. Skripsi. Kementerian Pendidikan dan Kebudayaan Universitas Jember Fakultas Teknik Jember.
- Janssen, J. J. A. 1987. *The Mechanical Properties of Bamboo*. 250-256. In Rao, A.N., Dhanarajan, and Sastry, C.B., Recent Research of Bamboos, The Chinese Academy of Forest, People's Republic of China and IDRC, Canada.
- Kennedy, G. dan Goodchild, C. H. 2004. *Practical Yield line design*. Camberley. The Concrete Centre.
- Morisco.1999. *Rekayasa Bambu*. Yogyakarta. Nafri Offset.
- Nawy, Edward G. 1990. *Beton Bertulang Suatu Pendekatan Dasar*. Eresco Bandung. Bandung.
- Nurlina, Siti, Sri Murni Dewi dan Tedy Wonlele. 2013. *Penerapan Bambu Sebagai Tulangan Dalam Struktur Rangka Batang Beton Bertulang*. Jurnal Rekayasa Sipil Vol 7.2
- Putra, Dharma. 2007. *Kapasitas Lentur*



*Plat Beton Bertulang Bambu*. Jurnal Ilmiah Teknik Sipil Vol 11.46  
SK SNI T-15-1991-03. 1991. *Tata Cara Perhitungan Struktur Beton Untuk Bangunan Gedung*. Yayasan LPMB. Bandung.  
Winter G. dan Nilson, A.H. 1996. *Perencanaan Struktur Beton Bertulang*, PT. Pradnya Paramita,

Jakarta.  
Wonlele, Tedy, Sri M.D., Siti N.. 1995. Penerapan Bambu Sebagai Tulangan Dalam Struktur Rangka Batang Beton Bertulang. Jurnal Ilmiah Teknik Sipil Vol 7.1  
Yu, Xiaobing. 2007. *Bamboo: Structure and Culture*. Datum der Abgabe.