

BAB V

HASIL PENELITIAN DAN PEMBAHASAN

5.1 Hasil Pengujian Pendahuluan

Sebelum melakukan pengujian kuat tekan beton box yang sesungguhnya maka perlu dilakukan uji pendahuluan untuk mengetahui kuat desak yang diisyaratkan dan tegangan leleh baja tulangan.

Pengujian dilakukan di laboratorium Bahan Kontruksi Teknik Fakultas Teknik Sipil dan Perencanaan, Universitas Islam Indonesia. Dari hasil uji pendahuluan didapatkan hasil sesuai pada tabel 5.1 dan 5.3 berikut ini :

Tabel 5.1 Hasil pengujian kuat desak silinder beton

Sampel	Mutu Beton Rencana (Mpa)	Beban Max (P) kg	Luas (A) cm ²	Kuat Desak (P/A) (kg/cm ²)	Kuat Desak (Mpa)
1	25	57000	160,525	355,08	35,508
2	25	75000	181,366	412,85	41,285
3	25	57000	173,810	327,94	32,794
4	25	55000	173,557	316,99	31,699
5	25	65000	176,72	367,81	36,781
6	25	57500	178,131	322,79	32,279

Perhitungan kuat desak masing – masing sampel dapat dilihat pada lampiran II. Setelah diketahui hasil kuat desak masing – masing benda uji maka dihitung kuat desak yang disyaratkan dengan menggunakan kurva distribusi normal yang dapat dilihat pada tabel 5.2, sehingga kuat desak yang disyaratkan dihitung dengan persamaan 3.1 dan 3.2 dimana nilai $k = 0,97$ (dapat dari tabel distribusi normal pada lampiran I)

Tabel 5.2 Pencarian standar deviasi pengujian sampel beton

Interval sampel (kg/cm ²)	Frekwensi (Ni)	Frekwensi relative (Ni/N)	Titik tengah interval (fc) (kg/cm ²)	Jumlah kuat tekan benda uji (Σ fc)	(fc - fcm)	(fc - fcm) ²	Σ (fc - fcm) ²
300-350	3	0,5	325	975	-33,33	1110,889	3332,667
350-400	2	0,333	375	750	16,67	277,889	555,778
400-450	1	0,167	425	425	66,67	4444,889	4444,889
N = 6				Σ=2150			Σ = 8333,334

$$f_{cm} = \frac{\sum fc}{N}$$

$$f_{cm} = \frac{2150}{6} = 358,333$$

$$S_d = \sqrt{\frac{\sum(\sum(fc - f_{cm})^2)}{N-1}} = \sqrt{\frac{8333,334}{6-1}} = 40,825 \text{ kg/cm}^2$$

$$f'_c = f_{cm} - 0,97 \cdot S_d$$

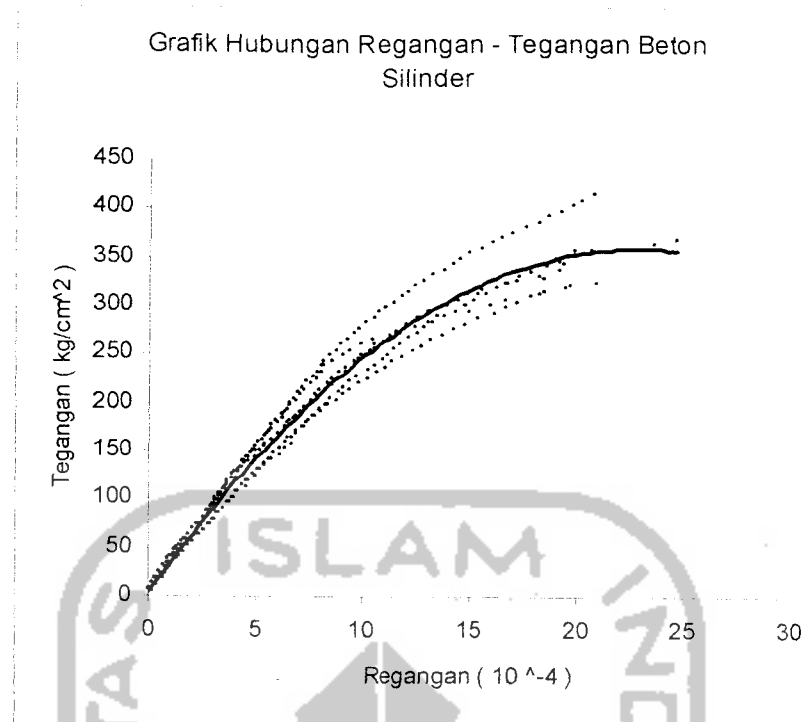
$$f'_c = 358,33 - 0,97 \cdot 40,825 = 318,730 \text{ kg/cm}^2 = 31,873 \text{ Mpa.}$$

Dengan melihat perhitungan diatas terdapat hasil kuat desak beton yang disyaratkan sebesar $318,730 \text{ kg/cm}^2 = 31,873 \text{ Mpa}$, sehingga hal ini memenuhi kuat desak yang direncanakan yaitu 25 Mpa.

Sedangkan Modulus Elastis beton normal dihitung dengan persamaan 3.3

$$E_c = 4700 \sqrt{31,873}$$

$$E_c = 26534,403 \text{ Mpa}$$



Gambar 5.1 Grafik regangan – tegangan beton

Tabel 5.3 Hasil pengujian kuat tarik baja tulangan

Benda Uji	Beban Leleh (kg)	Kuat Leleh (kg/cm ²)	Kuat Leleh (Mpa)	Kuat Leleh Rata - rata (Mpa)
1	900	3406,4	340,64	306,615
2	800	2829,4	282,94	
3	850	2908,5	290,85	
4	900	3025,5	302,55	
5	800	2930,4	293,04	
6	900	3296,7	329,67	

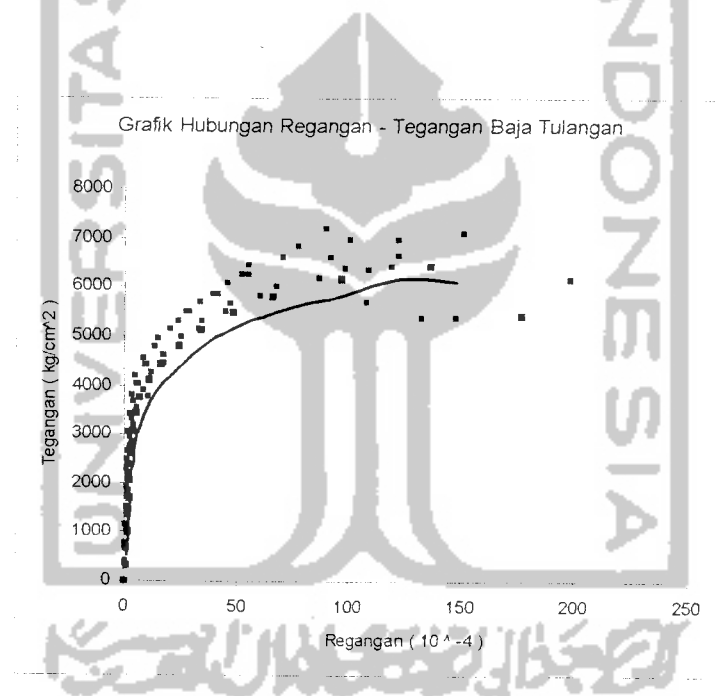
Perhitungan kuat tarik pada tabel 5.3 diatas ditunjukkan pada lampiran III.

Dari hasil pengujian kuat tarik maka diketahui kuat leleh rata - rata sebesar $3066,15 \text{ kg/cm}^2 = 306,615 \text{ Mpa}$., maka dengan melihat tabel 5.4 baja tersebut termasuk diantara baja lunak dan sedang.

Tabel 5.4 Klasifikasi Mutu Baja

Mutu	Jenis	Tegangan Leleh (kg/cm ²)
U ₂₂	Baja Lunak	2200
U ₂₄	Baja Lunak	2400
U ₃₂	Baja Sedang	3200
U ₃₉	Baja Keras	3900
U ₄₈	Baja Keras	4800

(Sumber : PBI : 71)

**Gambar 5.2** Grafik regangan – tegangan baja tulangan

5.2 Hasil Pengujian Kuat Tekan Beton Box

Pelaksanaan pengujian struktur beton box dilakukan di laboratorium Struktur Fakultas Teknik Sipil dan Perencanaan Universitas Islam Indonesia.

Dari hasil pengujian diperoleh data-data pembebanan dan lendutan yang dibaca dari dial dengan ketelitian 0,01mm, sehingga menghasilkan grafik hubungan beban – lendutan dan kekakuan.

5.2.1 Hubungan Beban-Lendutan dari Hasil Pengujian

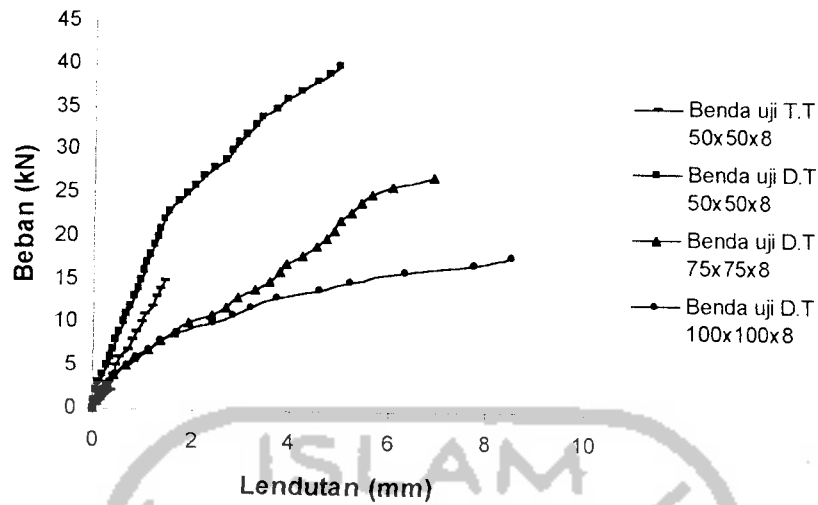
Pada pengujian struktur beton box ini diberikan satu beban garis yang terletak pada tengah bentang. Secara bertahap struktur beton box tersebut diberi kenaikan beban sebesar 100 kg (1 kN), kemudian lendutan yang terjadi dicatat.

Data hasil pengujian dapat dilihat pada tabel 5.5 dan pada Lampiran VI sedangkan grafik hubungan beban – lendutan dari semua benda uji dapat dilihat pada gambar 5.3, 5.4, 5.5 dan 5.6 .

Tabel 5.5 Hasil pengujian kuat tekan beton box

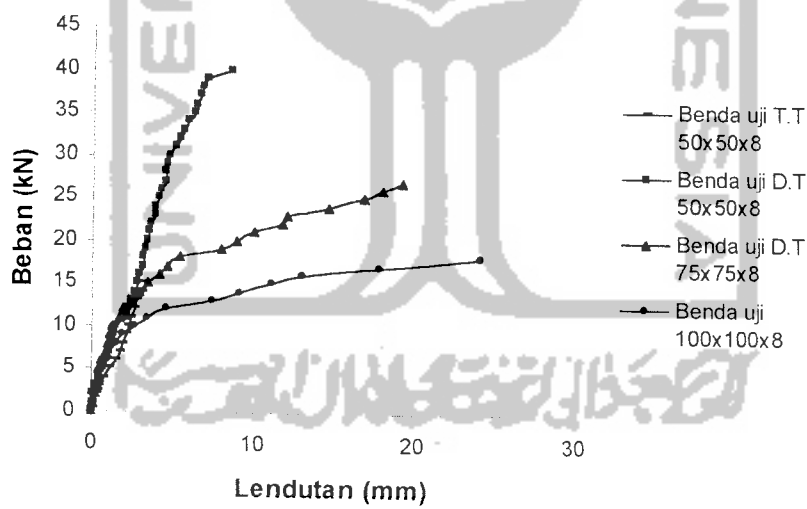
Benda uji	Beban maks (kN)	Lendutan			
		Dial 1	Dial 2	Dial 3	Dial 4
1	12	1.22	2.2	1.71	1.95
2	15	1.42	3.31	1.89	3.29
3	38	4.85	7	4.98	8.27
4	40	4.99	8.5	5.07	8.23
5	27	6.9	19.21	7.55	18.9
6	22	6.58	10.98	6.89	12.5
7	17	4.98	18.13	5.67	17.333
8	18	8.52	24.1	9.2	24.2

Grafik Hubungan Beban dan Lendutan Dial 1



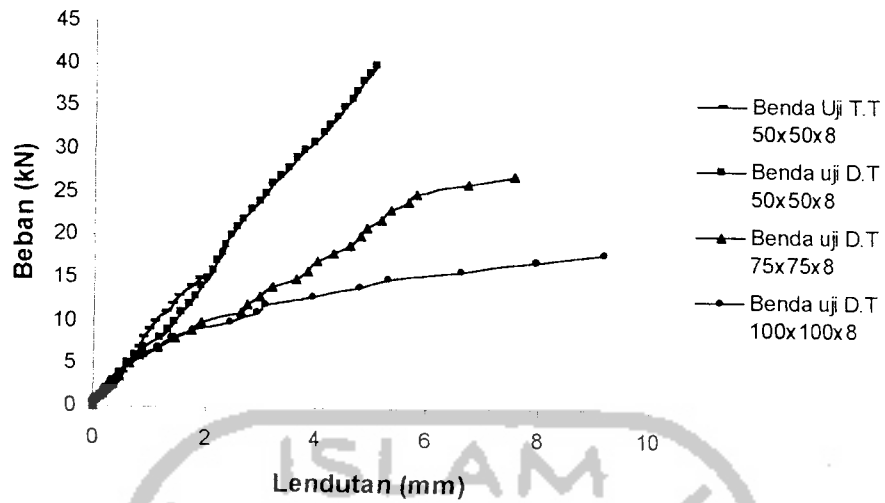
Gambar 5.3 Grafik hubungan beban dan lendutan dial 1

Grafik Hubungan Beban dan Lendutan Dial 2



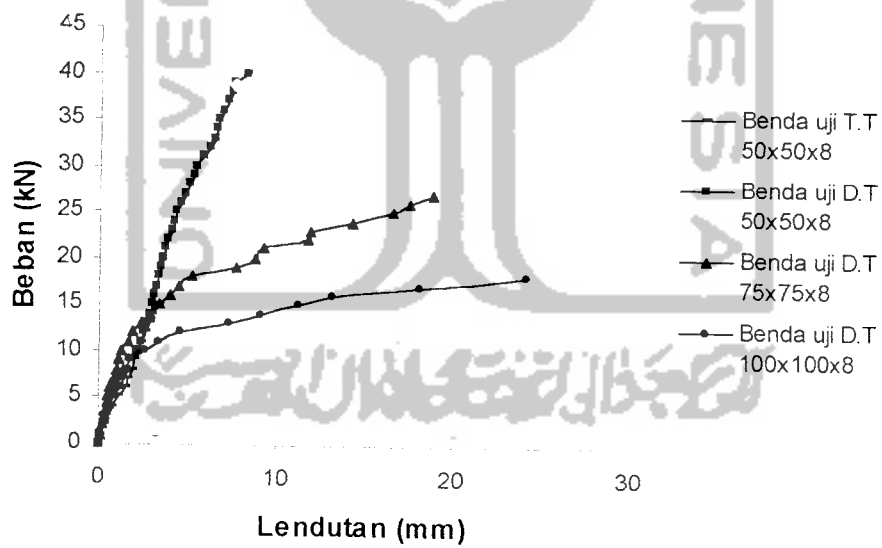
Gambar 5.4 Grafik hubungan beban dan lendutan dial 2

Grafik Hubungan Beban dan Lendutan Dial 3



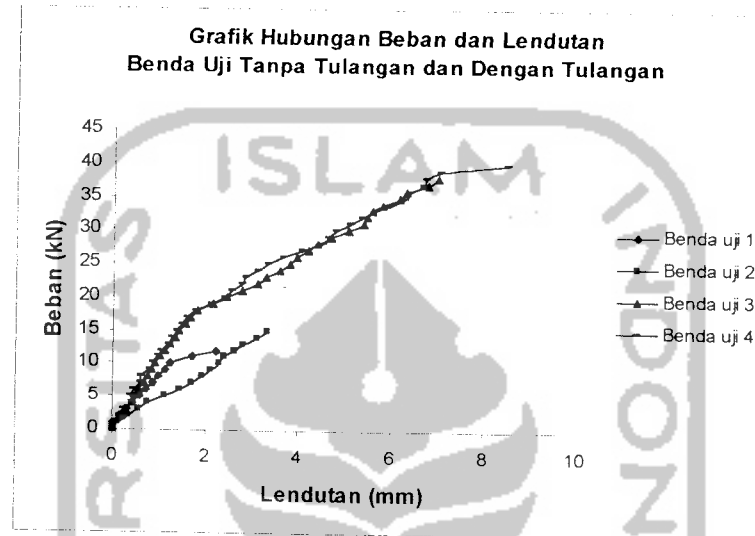
Gambar 5.5 Grafik hubungan beban dan lendutan dial 3

Grafik Hubungan Beban dan Lendutan Dial 4

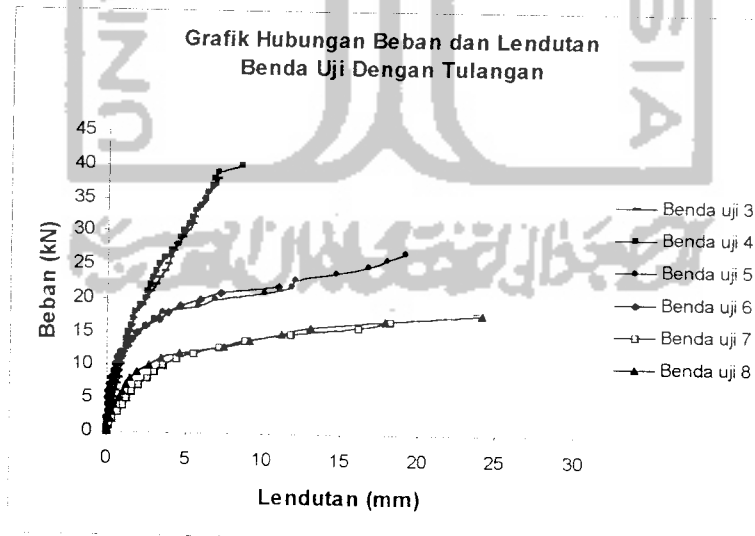


Gambar 5.6 Grafik hubungan beban dan lendutan dial 4

Dari data hasil pengujian dapat diperoleh grafik hubungan beban dan lendutan antara beton box tanpa tulangan dibandingkan beton box dengan tulangan yang mempunyai dimensi yang sama dan antara beton box dengan tulangan yang mempunyai dimensi yang berbeda. Grafik dapat dilihat pada gambar 5.7 dan 5.8.



Gambar 5.7 Grafik hubungan beban dan lendutan dimensi sama



Gambar 5.8 Grafik hubungan beban dan lendutan dimensi berbeda

Dari grafik 5.7 dan 5.8 dapat dilihat bahwa benda uji dengan panjang bentang 50 cm tanpa tulangan mampu menerima beban 12 kN dan 15 kN sedangkan dengan tulangan mampu menerima beban 40 kN dan 38 kN. Panjang bentang 75 cm dapat menahan beban 27 kN dan 22 kN. Panjang bentang 100 cm dapat menahan beban 17 kN dan 18 kN.

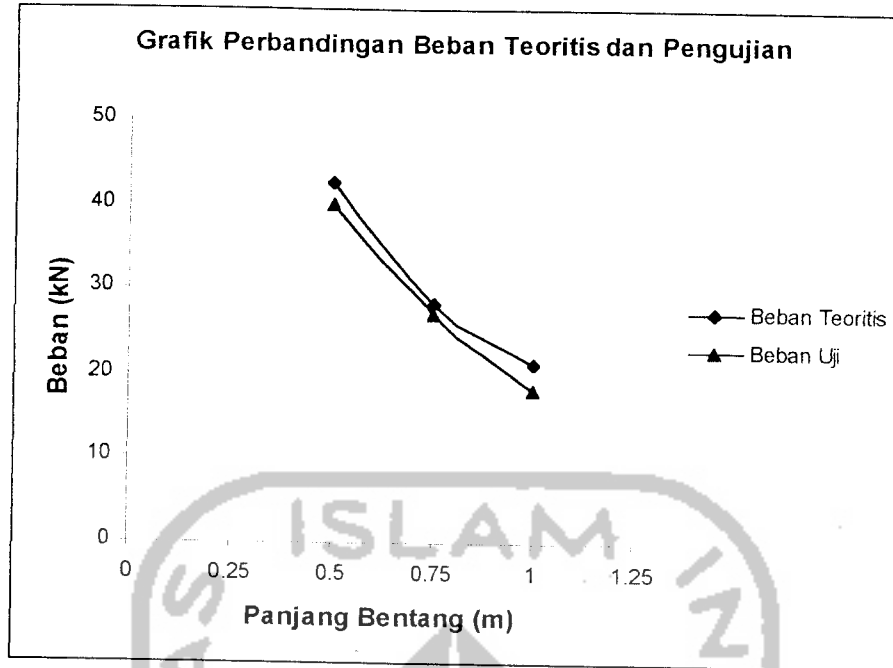
5.2.2 Perbandingan Beban - Lendutan Teoritis dan Uji

Dari hasil pengujian kuat tekan struktur beton box diperoleh data berupa beban dan lendutan yang kemudian dibandingkan dengan lendutan teoritis yang dihitung dengan persamaan 3.30. Hasil perhitungan dapat dilihat pada lampiran VII dan tabel dibawah ini.

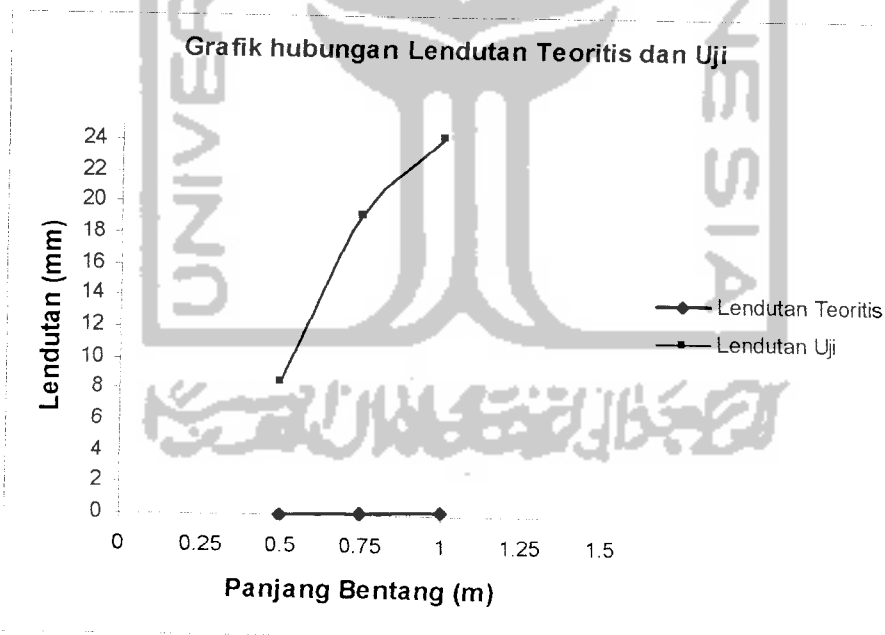
Tabel 5.6 Data hubungan beban-lendutan teoritis dan pengujian

Benda uji	Beban (kN)		Lendutan (mm)	
	Teoritis	Pengujian	Teoritis	Pengujian
1	21.168	12	0.030432	2.2
2	21.168	15	0.030432	3.31
3	42.376	38	0.060922	7
4	42.376	40	0.060922	8.5
5	28.25	27	0.13707	19.21
6	28.25	22	0.13707	10.98
7	21.18	17	0.243686	18.13
8	21.18	18	0.243686	24.1

Grafik perbandingan antara beban teoritis dengan hasil pengujian dan antara lendutan teoritis dengan hasil pengujian dapat dilihat pada gambar 5.9 dan 5.10.



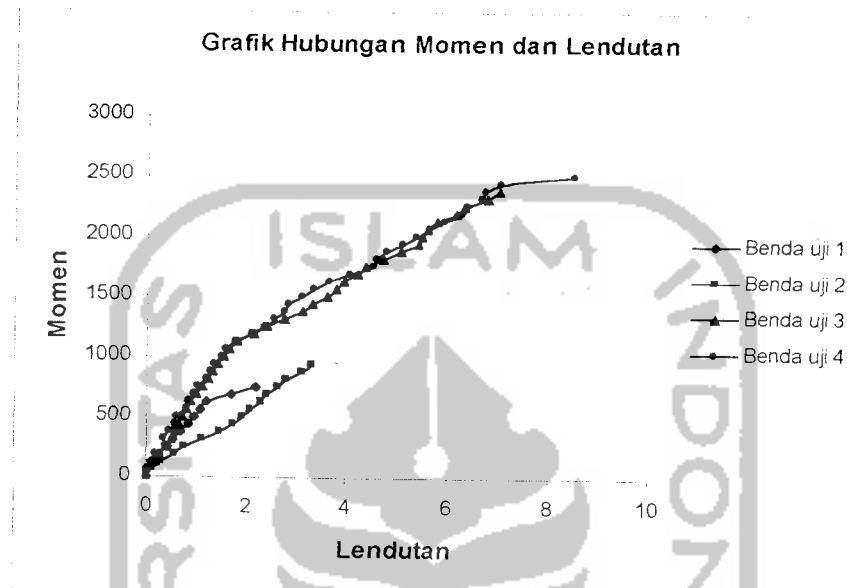
Gambar 5.9 Grafik perbandingan beban teoritis dan uji



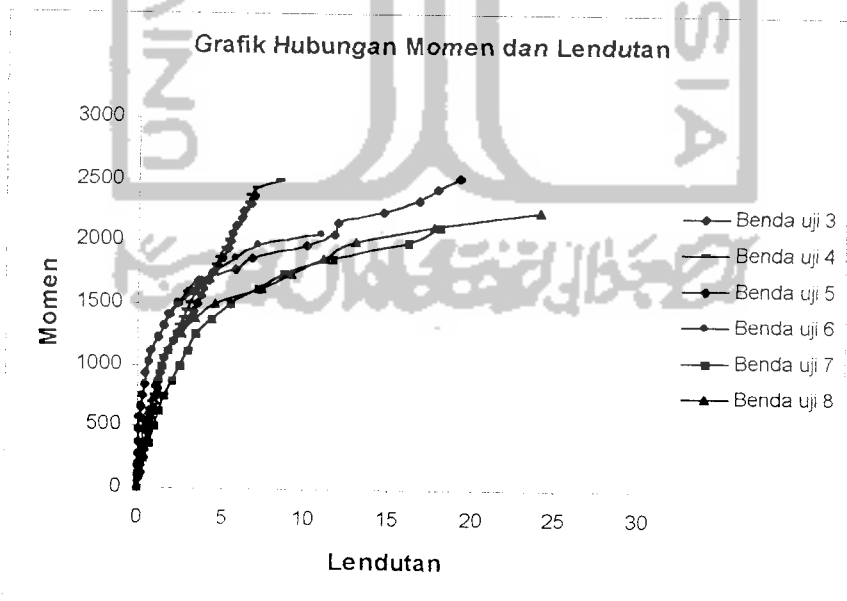
Gambar 5.10 Grafik hubungan lendutan teoritis dan uji

5.2.3 Hubungan Momen dan Lendutan

Dari data hasil penelitian diperoleh grafik hubungan momen dan lendutan yang dihitung menggunakan persamaan 3.32 sedangkan grafik hubungan momen dapat dilihat pada gambar 5.5 dan 5.6.



Gambar 5.11 Grafik hubungan momen dan lendutan dimensi sama



Gambar 5.12 Grafik hubungan momen dan lendutan dimensi berbeda

5.2.4 Analisis data hubungan beban dengan lendutan

Dari hasil hubungan beban dengan lendutan pada gambar diatas dan data pengujian pada lampiran VI maka dapat disimpulkan nilai kekakuan struktur beton box.

Tabel 5.7 Analisis kekakuan dari hubungan beban dan lendutan

Benda Uji	Beban(P) (kN)	Lendutan(Δ) (mm)	Kekakuan(P/ Δ) (kN/mm)	Kekakuan rata-rata (kN/mm)
1	12	2.2	5.454545	4.993134
2	15	3.31	4.531722	
3	38	7	5.428571	5.067227
4	40	8.5	4.705882	
5	27	19.21	1.405518	1.70458
6	22	10.98	2.003643	
7	17	18.13	0.937672	0.84228
8	18	24.1	0.746888	

Dari tabel hubungan beban juga dipakai untuk mencari nilai kekakuan (P/ Δ) sehingga diketahui pengaruh panjang bentang pada struktur beton box. Untuk panjang bentang 50 cm tanpa menggunakan tulangan mempunyai kekakuan rata – rata 4,993134 kN/mm, dengan menggunakan tulangan mempunyai kekakuan rata – rata 5,067227 kN/mm, panjang bentang 75 cm dengan menggunakan tulangan mempunyai kekakuan rata – rata 1,70458 kN/mm dan panjang bentang 100 cm dengan menggunakan tulangan mempunyai kekakuan rata- rata 0,84228 kN/mm

5.3 Pembahasan

5.3.1 Kuat Tekan Beton Box Berdasarkan Hubungan Beban dan Lendutan

Dengan memperhatikan grafik hubungan beban dan lendutan dari semua benda uji yang dapat dilihat pada gambar 5.3, 5.4, 5.5,5.6 maka dapat disimpulkan

bahwa semua benda uji memiliki perilaku sama. Benda uji akan menahan beban yang terus meningkat sampai titik lelehnya baja tulangan tarik yang diikuti dengan hancurnya beton. Setelah itu kemampuan menahan beban akan menurun dengan diikuti semakin bertambahnya lendutan yang terjadi.

Struktur beton box dengan panjang yang semakin kecil, akan menahan beban yang semakin besar. Hal ini dapat dilihat dari grafik hubungan beban dan lendutan yaitu pada gambar 5.3, 5.4, 5.5 5.6 dan lampiran VI. Dari grafik tersebut dapat diketahui struktur beton box yang tidak memakai tulangan dengan panjang 50 cm mampu menahan beban 12 kN dan 15 kN sedangkan dengan menggunakan tulangan mampu menahan beban sebesar 38 kN dan 40 kN, panjang bentang 75 cm dengan menggunakan tulangan mampu menahan beban sebesar 27 kN dan 22 kN sedangkan panjang 100 cm dengan menggunakan tulangan mampu menahan beban sebesar 17 kN dan 18 kN.

Dari penjelasan tersebut maka dapat disimpulkan bahwa struktur beton box dengan menggunakan tulangan dimana dimensi kecil dapat menahan beban yang lebih besar, dikarenakan pengaruh faktor panjang bentang struktur beton box.

Struktur Beton box tanpa tulangan dapat menahan beban lebih kecil dari pada yang pakai tulangan hal ini dikarenakan beton tanpa tulangan hanya mampu menahan gaya tarik sebatas kuat tariknya betonya. Oleh karena itu dalam merencanakan digunakan tulangan minimum. Tulangan minimum disini digunakan untuk memberikan tanda – tanda keretakan sehingga struktur tidak langsung hancur atau tidak memberikan tanda – tanda.

5.3.2 Perbandingan Beban - Lendutan Teoritis dan Uji

Dari gambar 5.9 dan 5.10 dapat dilihat bahwa beban teoritis lebih besar dari beban uji hal ini dikarenakan pelaksanaan pembuatan benda uji. Sedangkan lendutan uji lebih besar daripada lendutan teoritis hal ini dikarenakan adanya penurunan pada bentang horizontal yang diakibatkan oleh melendutnya bentang vertikal.

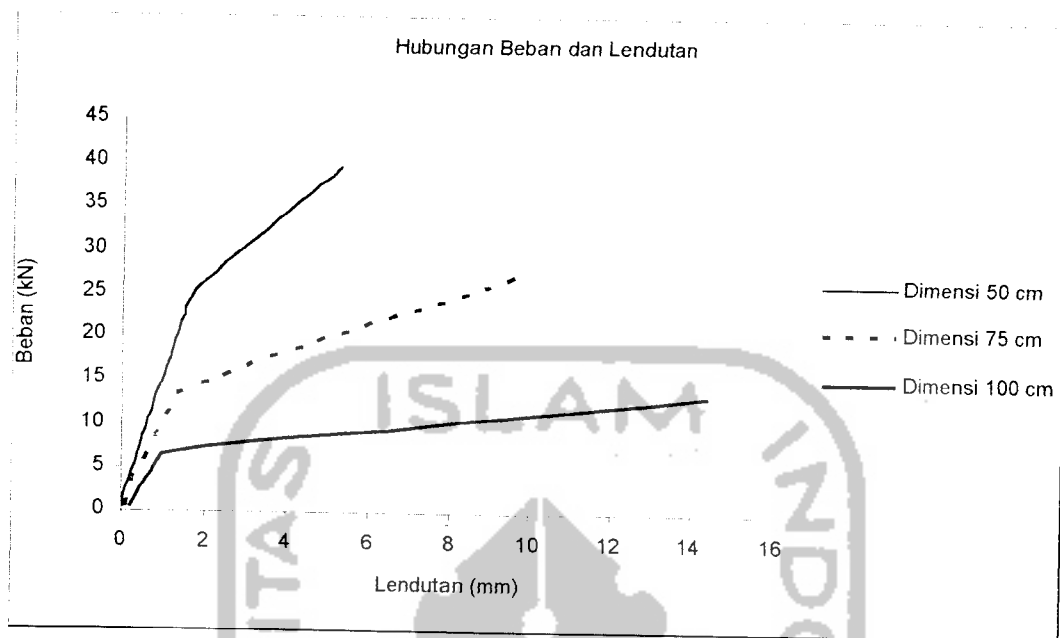
5.3.3 Kekakuan Ditinjau Dari Hubungan Beban dan Lendutan

Dapat dilihat pada tabel 5.7 nilai kekakuan (P/Δ) sehingga diketahui pengaruh panjang bentang pada kekakuan struktur beton box. Untuk panjang bentang 50 cm tanpa tulangan mempunyai kekakuan rata 4,993134 kN/mm, dengan tulangan 5,067227 kN/mm, panjang bentang 75 cm mempunyai kekakuan rata 1,70458 kN/mm dan panjang bentang 100 cm mempunyai kekakuan rata 0.84228 kN/mm. Dari tabel dapat diketahui bahwa struktur beton tanpa tulangan dan menggunakan tulangan dengan panjang bentang 50 cm mempunyai nilai kekakuan relatif sama. Akan tetapi kemampuan menahan bebanya berbeda dimana struktur beton box dengan tulangan mampu menahan beban yang lebih besar dibandingkan struktur beton tanpa tulangan.

Sedangkan struktur beton box dengan menggunakan jumlah tulangan sama tetapi panjang bentang berbeda dimana panjang bentang yang lebih kecil mempunyai nilai kekakuan yang lebih besar hal ini dikarenakan faktor panjang bentang struktur beton box.



Berdasarkan grafik hubungan beban dan lendutan yang diregresi maka akan diperoleh grafik kekakuan sebagai berikut



Gambar 5.13 Kekakuan hasil hubungan beban dan lendutan

Dari grafik di atas dapat diketahui bahwa nilai kekakuan (P/Δ) pada benda uji dengan tulangan akan mengalami penurunan nilai kekakuan sebelum sampai pada titik lelehnya. Dimana semakin besar panjang bentang maka akan semakin besar pula penurunan nilai kekakuannya.

5.4 Analisa Kerusakan Pada Benda Uji

Selama dilakukan pembebanan terhadap benda uji, dilakukan pengamatan kondisi struktur beton box. Kerusakan yang terjadi pada saat pembebanan ialah kerusakan yang dimulai dengan retak rambut pada tengah bentang atas kemudian diikuti retak pada pertemuan antar bentang. Hal ini dikarenakan pada tengah bentang atas dan pertemuan antar bentang menerima momen yang paling besar.