

BAB V

HASIL PENELITIAN DAN PEMBAHASAN

5.1 Hasil Penelitian Pendahuluan

Dalam pelaksanaan penelitian ini, sebelum dilakukan pengujian pada kuda-kuda papan pada sistem secara utuh, terlebih dahulu dilakukan beberapa uji pendahuluan, yaitu meliputi uji desak, uji tarik, dan uji berat jenis kayu yang digunakan, sehingga dari hasil tersebut didapatkan kekuatan yang sesungguhnya dari kayu yang dipakai untuk membuat sampel.

Setelah itu dilakukan pengujian pada sampel kuda-kuda papan yang telah dibuat, yang hasilnya berupa kekuatan maksimum kuda-kuda papan dalam menerima beban desak.

5.1.1. Hasil Uji Kuat Tarik Kayu

Dalam penelitian ini, hasil uji tarik searah serat ditampilkan pada Tabel 5.1. Dari penelitian didapat beban tarik maksimal (P_{tarik}) = 190 kg/cm dan daerah patah, yaitu : Sampel patah diantara titik 16 dan titik 23 dengan luas penampang rata-rata.

Tabel 5.1 Hasil uji tarik kayu //serat

Sampel	Luas Rata-rata (A) (cm)	P 10 ⁻³ (kg)	Teg. Tarik =P/A (Kg/cm ²)	Teg. Tarik Rata-rata
1	1,285	318	247,278	256,550
2	1,926	600	311,526	
3	1,940	190	97,938	
4	0,677	250	369,458	

5.1.2. Hasil Uji Kuat Desak Kayu

Pengujian desak kayu dilakukan dengan membuat 10 sampel yang hasilnya seperti pada dan Tabel 5.2.

Tabel 5.2 Tegangan Regangan Uji Kuat Desak Kayu

Sampel	ukuran kayu L/t (cm)	Beban P (kg)	ΔL (10 ⁻³ cm)	Tegangan $\sigma = P/A$ (Kg/cm ²)	Regangan $\varepsilon = \Delta L/L$ (10 ⁻³)
1	10	6800	762	170	3,810
2	15	6700	5084	167,500	16,900
3	20	6800	2950	170	7,375
4	25	5775	5160	144,375	10,320
5	30	4125	9150	103,125	15,250
6	35	2975	10400	74,375	14,860
7	40	1970	15120	49,250	18,900
8	45	530	16900	13,250	18,770
9	50	405	21260	10,125	21,260
10	100	250	19640	6,250	19,640

5.1.3. Hubungan Beban - Lendutan Hasil Penelitian

Pengujian desak kayu dilakukan di Laboratorium Bahan Konstruksi Teknik, Fakultas Teknik Sipil dan Perencanaan, Universitas Islam Indonesia. Pada sampel papan uji desak tersebut diberi pembebanan pada satu titik secara bertahap. Dipasang dial gauge sebanyak dua buah yang diletakan pada papan bagian tengah untuk mengetahui lendutan yang terjadi. Dari hasil penelitian

tersebut , didapat hasil dalam tabel 5.2.Dari hasil uji desak tersebut didapat tegangan kritis papan, yang digunakan sebagai tegangan rencana dari kuda -kuda papan. Dalam hal ini hanya batang yang menerima tekan yang diwaspadai terutama batang atas.

5.1.4. Hasil Uji Berat Jenis Kayu

Hasil dari Pengujian berat jenis kayu yang dilakukan adalah seperti pada Tabel (5.3).

Tabel 5.3 Hasil uji berat jenis kayu

Benda uji	Volume(cm3)	Berat kering kayu oven (gr)	Berat jenis kayu
Kayu meranti	257,64	119	0,462

5.2. Penelitian Sistem Kuda-Kuda di Laboratorium Mekanika Rekayasa

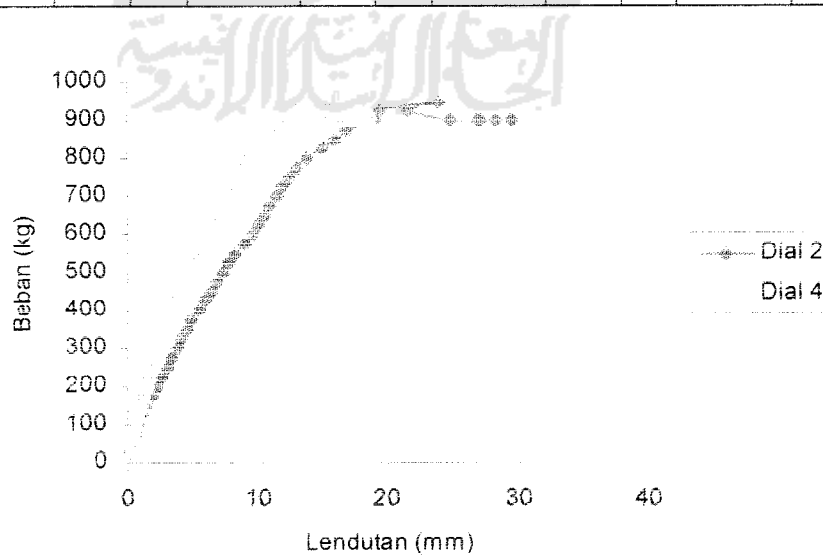
5.2.1. Hubungan Beban - Lendutan Hasil Penelitian

Penelitian ini dilakukan di Laboratorium Mekanika Rekayasa, Universitas Islam Indonesia, Fakultas Teknik Sipil dan Perencanaan. Pada benda uji kuda-kuda papan tersebut (menggunakan kayu meranti), dua buah kuda-kuda dites secara bersamaan dengan jarak antar kuda-kuda 40 cm dan diberi pengaku berupa kayu reng dengan ukuran 5/7, pada setiap buhulnya serta kayu reng untuk menghindari kerusakan pada kayu reng puncak pada saat pembebanan dipasang kayu reng ganda, serta untuk menyesuaikan dengan keadaan dilapangan dan meminimalkan buckling. Pembebanan dilakukan pada titik puncak kuda-kuda, kemudian dial gauge digunakan sebanyak 6 buah yang masing -masing kuda-kuda dipasang 3 buah dial yang diletakan pada batang bawah dengan jarak antar dial 90

cm dari tengah bentang kuda-kuda. Lendutan yang terjadi dicatat hasilnya dapat dilihat pada Tabel 5.4 dan 5.5 serta Grafik (5.1) dan (5.2), untuk selengkapnya disajikan pada lampiran.

Tabel 5.4 Hasil uji kuat lentur benda uji 1

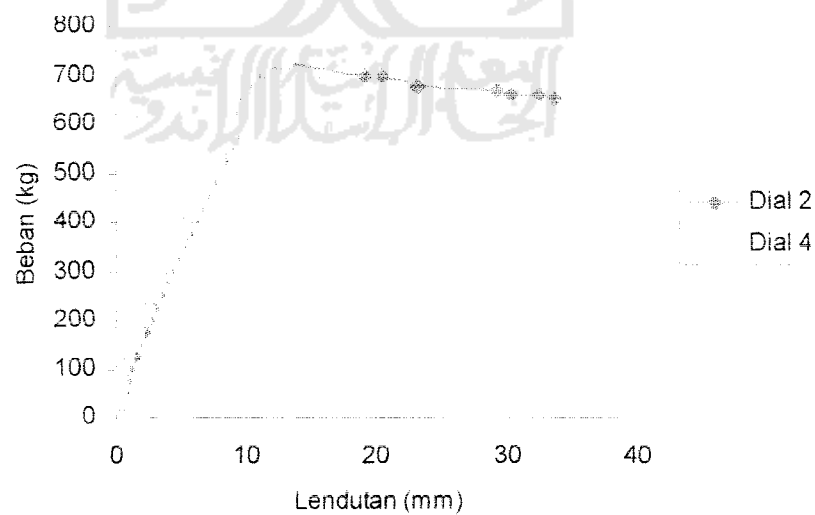
DIAL 2						DIAL 4					
No.	P (kg)	Δl	No.	P (kg)	Δl	No.	P (kg)	Δl	No.	P (kg)	Δl
1	25	0,30	20	500	7,59	1	25	0,23	20	500	7,67
2	50	0,50	21	525	8,15	2	50	0,26	21	525	7,96
3	75	0,72	22	550	8,58	3	75	0,41	22	550	8,40
4	100	0,92	23	575	9,02	4	100	0,64	23	575	8,91
5	125	1,35	24	600	9,33	5	125	0,97	24	600	9,30
6	150	1,48	25	625	9,69	6	150	1,32	25	625	9,72
7	175	2,10	26	650	10,15	7	175	1,75	26	650	10,17
8	200	2,40	27	675	10,90	8	200	2,09	27	675	11,00
9	225	2,79	28	700	11,45	9	225	2,51	28	700	11,59
10	250	3,20	29	725	13,24	10	250	2,97	29	725	13,16
11	275	3,55	30	700	19,07	11	275	3,32	30	700	14,39
12	300	3,93	31	700	20,48	12	300	3,78	31	700	15,80
13	325	4,49	32	675	23,15	13	325	4,32	32	675	16,44
14	350	4,86	33	675	23,00	14	350	4,74	33	675	16,76
15	375	5,32	34	670	29,14	15	375	5,17	34	670	17,43
16	400	5,76	35	658	30,30	16	400	5,65	35	658	18,44
17	425	6,24	36	658	32,35	17	425	6,12	36	658	19,46
18	450	6,71	37	650	33,55	18	450	6,60	37	650	19,51
19	475	7,19				19	475	7,06			



Gambar 5.1 Grafik hubungan Beban-Lendutan benda uji 1

Tabel 5.5 Hasil uji kuat lentur benda uji 2

DIAL 2						DIAL 4					
NO	P (kg)	Δl	NO	P (kg)	Δl	NO	P (kg)	Δl	NO	P (kg)	Δl
1	25	0,12	23	575	8,98	1	25	0,25	23	575	5,83
2	50	0,32	24	600	9,60	2	50	0,28	24	600	6,26
3	75	0,55	25	625	10,05	3	75	0,45	25	625	6,59
4	100	0,79	26	650	10,46	4	100	0,61	26	650	6,88
5	125	1,10	27	675	10,86	5	125	0,82	27	675	7,18
6	150	1,44	28	700	11,39	6	150	1,02	28	700	7,52
7	175	1,78	29	725	11,84	7	175	1,21	29	725	7,88
8	200	2,28	30	750	12,38	8	200	1,49	30	750	8,22
9	225	2,58	31	775	13,01	9	225	1,66	31	775	8,71
10	250	3,00	32	800	13,72	10	250	1,89	32	800	9,24
11	275	3,39	33	825	14,92	11	275	2,18	33	825	10,00
12	300	3,76	34	850	15,92	12	300	2,44	34	850	10,68
13	325	4,08	35	875	16,81	13	325	2,67	35	875	11,31
14	350	4,55	36	900	18,97	14	350	2,98	36	900	12,08
15	375	4,88	37	925	24,67	15	375	3,22	37	925	16,28
16	400	5,45	38	950	26,92	16	400	3,61	38	950	16,81
17	425	5,91	39	925	27,05	17	425	3,93	39	925	17,41
18	450	6,36	40	900	28,22	18	450	4,21	40	900	18,09
19	475	6,83	41	900	29,39	19	475	4,45	41	900	18,69
20	500	7,31	42	900	19,34	20	500	4,76	42	900	13,01
21	525	7,81	43	900	23,76	21	525	5,09	43	900	15,50
22	550	8,20	44	900	21,49	22	550	5,49	44	900	14,25



Gambar 5.2 Grafik hubungan Beban-Lendutan benda uji 2

5.2.2. Hubungan Momen -Kelengkungan

Dari hasil penelitian didapatkan data beban (P)-lendutan (Δ), sehingga dapat dicari momen (M)-kelengkungannya(Φ), seperti contoh perhitungan berikut ini :

Data yang digunakan adalah pembebanan 725 Kg pada benda uji pertama dengan bentang 5m, lendutan yang terjadi pada titik 1=0,01043 m, titik 2 = 0,01324 m, titik 3 = 0,00995 m dengan persamaan 3.39.

$$\Phi = \frac{y_{i+1} - 2y_i + y_{i-1}}{(\Delta x)^2}$$

$$\Phi = \frac{0,01043 - 0,02648 + 0,00995}{0,9^2} \times 1/m = 0,007531 \frac{1}{m}$$

momen dapat dicari dengan menggunakan persamaan :

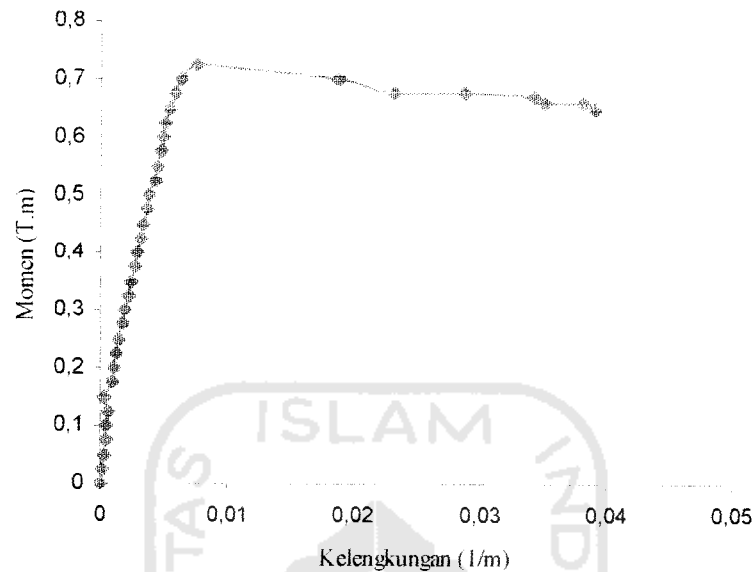
$$M = 1/4 PL$$

$$M = 1/4 \times 0,725 \times 5 = 0,90625 \text{ T.m.}$$

Dari contoh perhitungan di atas dapat diperlihatkan data hubungan momen dan kelengkungan pada Tabel 5.6 dan untuk hasil lengkapnya dapat dilihat pada lampiran.

Tabel 5.6. Hubungan Momen - Kelengkungan Benda Uji

Beban (ton)	Defleksi			Momen (T.m)	Φ (1/m)
	yi-1	Yi	yi+1		
0	0	0	0	0	0
0,025	0,0002	0,0003	0,00025	0,03125	0,000185
0,05	0,0004	0,0005	0,00035	0,0625	0,000309
0,075	0,0006	0,00072	0,00046	0,09375	0,000469
0,1	0,00083	0,00092	0,00065	0,125	0,000444
0,125	0,00121	0,00135	0,00094	0,1563	0,000679
0,15	0,00152	0,00148	0,00123	0,1875	0,000259
0,175	0,00188	0,0021	0,00153	0,2187	0,000975
0,2	0,00214	0,0024	0,00178	0,25	0,001086
0,225	0,00245	0,00279	0,00208	0,2813	0,001296
0,25	0,00279	0,0032	0,00242	0,3125	0,001469
0,275	0,00304	0,00355	0,00266	0,3437	0,001728
0,3	0,00340	0,00393	0,00298	0,375	0,001827
0,325	0,00380	0,00449	0,0034	0,4063	0,002198
0,35	0,00413	0,00486	0,00368	0,4375	0,002358
0,375	0,00445	0,00532	0,00401	0,4687	0,002691
0,4	0,00483	0,00576	0,00436	0,5	0,002877
0,425	0,00521	0,00624	0,00468	0,5313	0,003198
0,45	0,00561	0,00671	0,00507	0,5625	0,003383
0,475	0,00599	0,00719	0,00542	0,5937	0,003667
0,5	0,00633	0,00759	0,00572	0,625	0,003864
0,525	0,00677	0,00815	0,00612	0,6563	0,00421
0,55	0,00711	0,00858	0,00644	0,6875	0,004457
0,575	0,00746	0,00902	0,00676	0,7187	0,004716
0,6	0,00770	0,00933	0,00698	0,75	0,004914
0,625	0,00798	0,00969	0,00726	0,7813	0,005111
0,65	0,00832	0,01015	0,00758	0,8125	0,005432
0,675	0,00884	0,0109	0,00818	0,8438	0,005901
0,7	0,00924	0,01145	0,00854	0,875	0,006321
0,725	0,01043	0,01324	0,00995	0,9063	0,007531
0,7	0,01197	0,01907	0,01108	0,875	0,01863
0,7	0,01335	0,02048	0,01234	0,875	0,018852
0,675	0,01434	0,02315	0,01316	0,8438	0,02321
0,675	0,01496	0,02604	0,01374	0,8438	0,028864
0,67	0,01596	0,02914	0,0145	0,8375	0,034346
0,658	0,01683	0,0303	0,0153	0,8225	0,035148
0,658	0,01771	0,03235	0,0161	0,8225	0,038136
0,65	0,01861	0,03355	0,01688	0,8125	0,039025



Gambar 5.3. Grafik Hubungan Momen - Kelengkungan Kuda-kuda Papan

5.2.3. Analisa Kerusakan pada Benda Uji

Kerusakan yang terjadi pada penelitian ini terjadi pada saat pengujian pendahuluan yaitu pada benda uji papan terjadi retak pada saat papan mencapai beban maksimum dan pada benda uji kuda-kuda papan terjadi buckling pada batang atas. Kerusakan ini terjadi karena papan merupakan material yang sangat tipis dan panjang. Sedangkan pada kuda-kuda papan terjadi buckling yang cukup besar karena pengaku yang digunakan kurang kuat untuk menahan beban yang bekerja serta batang atas dan batang bawah yang kurang tebal, maka kayu mengalami defleksi ke arah bawah dan ke arah samping.

5.3. Pembahasan

5.3.1. Analisa Data Kuat Lentur Kayu Berdasar Hubungan Beban-Lendutan

Dengan mengamati hasil-hasil pada grafik beban-lendutan (Gambar 5.2-5.13), diperoleh bahwa kekuatan papan yang bentangnya pendek mampu menahan beban lebih besar dengan nilai lendutan yang cukup kecil, dibandingkan dengan papan yang bentangnya lebih panjang. Hal ini dikarenakan papan adalah material yang tipis dan langsing, sehingga mudah terjadi buckling. Jika dibandingkan antara tegangan kritis hasil Sap 2000 dan teoritik didapat, tegangan kritis hasil Sap 2000 lebih besar daripada tegangan kritis hasil teoritik. Oleh karena itu kuda-kuda papan dengan F_{cr} yang didapat dari pengujian kuat tekan mengalami lendutan kearah samping. Begitupun dengan banyaknya paku yang digunakan pada sambungan kuda-kuda papan masih mampu menahan tegangan yang terjadi.

Daktilitas simpangan pada tiap-tiap sambungan, yaitu dengan melihat Δy dan Δ_{total} serta kekakuan seperti pada tabel 5.7 dan 5.8 berikut ini :

Tabel 5.7 Kekakuan Batang

Benda Uji	P (KN)	Lendutan (mm)	Kekakuan P/Δ (KN/mm)	Kekakuan rata-rata	Kekakuan Rata-rata %
Kuda-kuda 1	14,219	13,24	1,074	1,082	24,809
Kuda-kuda 2	14,219	13,16	1,081		24,961
Kuda-kuda 3	18,6325	21,49	0,867	1,082	20,028
Kuda-kuda 4	18,6325	14,25	1,306		30,205

Tabel 5.8 Analisa Daktilitas Simpangan pada kayu

Benda uji	P	Lendutan	Lendutan maks	Daktilitas	Daktilitas	Daktilitas
	(KN)	Δy	Δt	$\Delta t / \Delta y$	Rata-rata	Rata-rata %
1	14,219	13,24	33,55	2,534	1,674	37,849
2	14,219	13,16	19,51	1,483		22,144
3	18,633	21,49	29,39	1,368		20,428
4	18,633	14,25	18,69	1,312		19,591

Dari hasil pengamatan grafik hubungan momen-kelengkungan pada Gambar (5.3) dapat dicari faktor kekakuan ditengah bentang, seperti ditampilkan pada Tabel 5.9 berikut ini, dan dibandingkan hasilnya dari empat kuda-kuda papan.

Tabel 5.9 Analisa kekakuan dari data hubungan momen - kelengkungan

Sampel	M (KN m)	Kelengkungan Φ (1/m)	EI = M/ Φ (KN.m ²)	EI rata-rata (KN.m ²)	EI rata-rata (%)
Benda uji 1	8,887	0,00753	1180,212	1287,714	22,291
Benda uji 2	8,887	0,00753	1544,732		29,890
Benda uji 3	11,645	0,00781	1490,121	935,792	28,928
Benda uji 4	11,645	0,01244	935,792		18,167

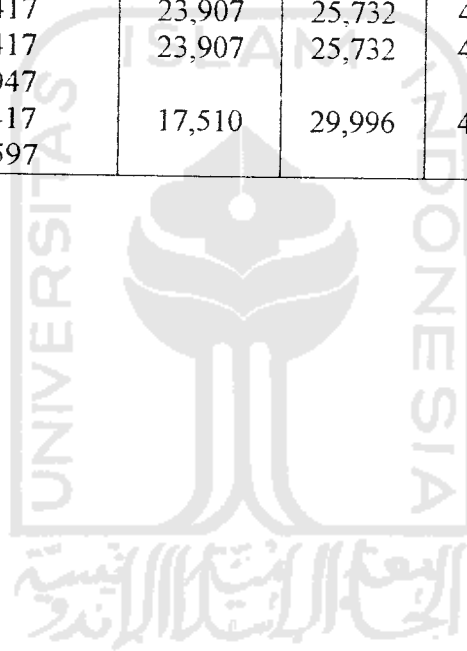
Dari Gambar (5.3) juga bisa diamati daktilitas kelengkungan kuda-kuda papan yang disajikan dalam Tabel 5.10.

Tabel 5.10 Analisa daktilitas kelengkungan dari data hubungan momen-kelengkungan

Sampel	M (KN.m)	Φ_y (1/m)	Φ_{tot} (1/m)	Daktilitas Φ_{tot} / Φ_y	Daktilitas rata-rata	Daktilitas rata-rata (%)
Benda uji 1	8,887	0,00753	0,03902	5,18194	3,09129	41,918
Benda uji 2	8,887	0,00575	0,02133	3,70956		29,987
Benda uji 3	11,645	0,00781	0,01455	1,86299		15,067
Benda uji 4	11,645	0,01244	0,02003	1,61069		13,029

Tabel 5.11 Tegangan Kritis

Batang	Fcr Eksperimen batang	Fcr eksperimen kuda-kuda		Fcr Teoritis	Ket.
		beban 0,725	Beban 0,95		
A1=A6	11,250	25,891	38,223	7,693	rusak/buckling
A3=A5	11,250	17,409	26,031	7,693	rusak/buckling
A5=A4	11,250	16,859	27,230	7,693	rusak/buckling
D1	106,597				
D2	9,417	17,510	29,996	4,119	rusak/buckling
D3	11,047				
D4	9,417	23,907	25,732	4,119	rusak/buckling
D5	9,417	23,907	25,732	4,119	rusak/buckling
D6	11,047				
D7	9,417	17,510	29,996	4,119	rusak/buckling
D8	106,597				



5.3.2. Kuat lentur Kuda-Kuda Papan Berdasar Hubungan Beban - lendutan

Pada penelitian kuda-kuda papan , papan yang mengalami buckling pada bagian atas, karena pada papan bagian atas yang menerima gaya desak yang cukup besar. Kayu reng yang digunakan sebagai pengikat atau pengaku berukuran 5/7 untuk mendapatkan keadaan seperti dilapangan. Dilihat dari grafik hubungan beban - lendutan sebenarnya kuda -kuda papan benda uji ke-1 masih mampu untuk menahan beban yang lebih besar dari 1.45 ton, begitu juga dengan kuda-kuda papan benda uji ke-2 masih mampu menahan beban yang lebih besar dari 1,9 ton. Tegangan yang diperoleh terbesar pada kedua benda uji terjadi pada batang A1 dan A6 untuk benda uji ke-1 $F_{cr} = 28,76825 \text{ kg/cm}^2$ dan benda uji ke-2 $F_{cr} = 42,47 \text{ kg/cm}^2$, karena pada buhul yang ada sambungan pakunya belum rusak akan tetapi kayu tidak kuat sehingga kuda-kuda tidak runtuh tetapi terjadi defleksi kearah samping.

Kekakuan yang diperoleh dari hubungan beban -lendutan pada kedua kuda-kuda mempunyai sifat yang sama yaitu pada tengah bentang kayu kekakuan yang terjadi kecil, tidak demikian dengan kekakuan pada batang disisi kanan dan kiri nilai kekakuannya besar. Daktilitas yang diperoleh dari hubungan beban – lendutan pada kedua kuda – kuda yang terbesar didapat pada kuda – kuda papan benda uji ke-1 yaitu sebesar = 2,534.



5.3.3. Kuat Lentur Kuda-Kuda Papan Berdasarkan Hubungan Momen-Kelengkungan

Dilihat dari grafik, hubungan momen-kelengkungan memiliki kecenderungan yang tidak jauh berbeda dengan grafik hubungan beban lendutan seperti yang ditunjukkan pada Gambar (5.1) dan pada lampiran. Demikian juga dengan kuat lentur kuda-kuda papan yang didapat dari kedua grafik tersebut. Mulai dari kuat lentur awal sampai dengan kuat lentur maksimum kuda-kuda pada penelitian ini sampai kuda-kuda papan mengalami buckling. Kuat lentur kuda-kuda papan cenderung linier tetapi kelengkungan kuda-kuda mengalami peningkatan terutama ketika akan terjadi buckling.

Dari hubungan momen kelengkungan dapat ditunjukkan bahwa nilai EI semakin kecil karena kelengkungan yang terjadi semakin besar sehingga sifat papan perlahan-lahan menjadi inelastis dan menuju ke plastis, tetapi sampai pada inelastis mengalami buckling, sehingga beban maksimum yang diperoleh sampai kuda-kuda runtuh tidak tercapai.