

BAB IV

ANALISIS DAN PEMBAHASAN

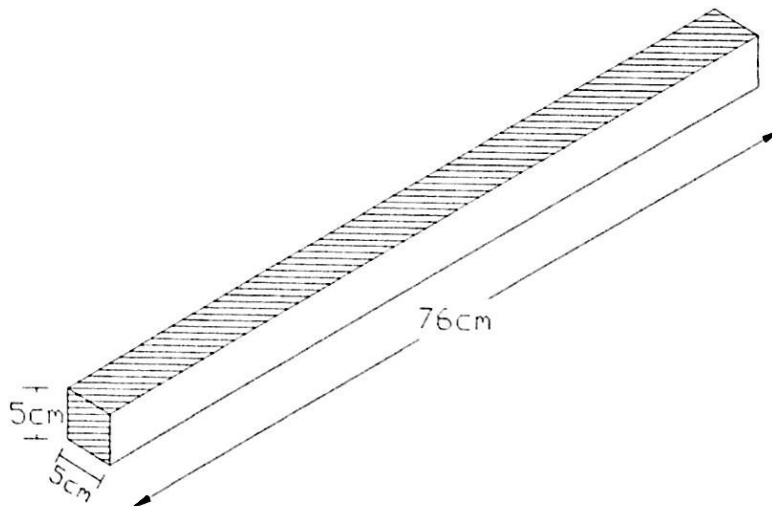
4.1 Hasil Pengujian Sifat Mekanis

4.1.1 Hasil Pengujian Kekuatan Lentur Statis (*Static Bending Test*)

4.1.1.1 Data Pengujian Kuat Lentur Statis

Data pengujian kuat lentur statis pada Kayu Kulim (*Scorodocarpus borneensis Becc.*) dari penurunan lendutan dengan menggunakan *dial gauge* adalah sebagai berikut :

Pengujian	: Kuat Lentur Statis (<i>Static Bending Test</i>)
Bahan Pengujian	: Balok 5 cm x 5 cm x 76 cm
Tanggal Pengujian	: 8 November – 12 November 2004
Jenis Kayu	: Kayu Kulim (<i>Scorodocarpus borneensis Becc.</i>)
Tempat	: Laboratorium Metalurgi Fakultas Teknik Jurusan Teknik Mesin Universitas Sriwijaya Km 32 Indralaya
Alat Pengujian	: <i>Universal Testing Machine</i>
Nomor Benda Uji	: Kayu No.1, Kayu No. 2 dan Kayu No. 3



Gambar 4.1 Benda Uji Kayu No. 1, Kayu No. 2, Kayu No. 3

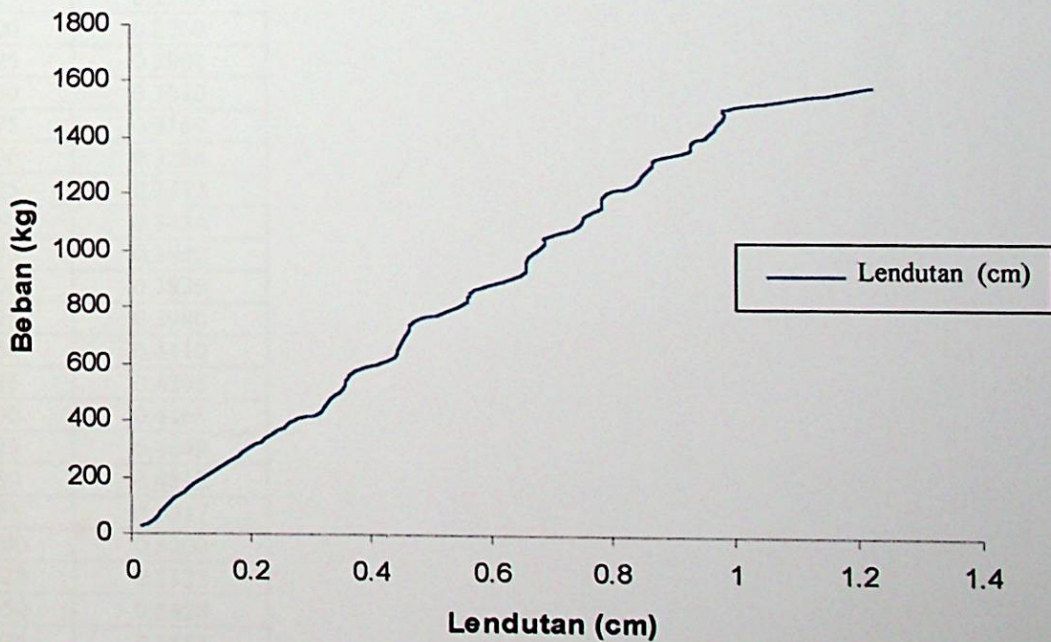
Tabel 4.1 Data Penurunan pada Pengujian Kuat Lentur Statis Benda Uji No. 1

BEBAN (kg)	DEFLEKSI (cm)
25	0.0188
50	0.0376
75	0.0483
100	0.0590
125	0.0738
150	0.0885
175	0.1039
200	0.1193
225	0.1412
250	0.1630
275	0.1800
300	0.1970
325	0.2166
350	0.2362
375	0.2547
400	0.2731
425	0.3108
450	0.3245
475	0.3357
500	0.3484
525	0.3579
550	0.3634
575	0.3785
600	0.4115
625	0.4428
650	0.4476
675	0.4530
700	0.4593
725	0.4661
750	0.4738
775	0.5103
800	0.5469
825	0.5625
850	0.5678
875	0.5890
900	0.6341
925	0.6592
950	0.6598
975	0.6651
1000	0.6784
1025	0.6902
1050	0.6927
1075	0.7358
1100	0.7491

BEBAN (kg)	DEFLEKSI (cm)
1125	0.7562
1150	0.7839
1175	0.7854
1200	0.7923
1225	0.8293
1250	0.8475
1275	0.8521
1300	0.8693
1325	0.8699
1350	0.9254
1375	0.9287
1400	0.9543
1425	0.9691
1450	0.9735
1475	0.9869
1500	0.9824
1525	1.0735
1550	1.1496
1575	1.2240

Sumber : Data Penelitian, 2004

Benda Uji Kayu No. 1



Gambar 4.2 Grafik Hubungan Antara Pembebanan (kg) dengan Defleksi (cm) Benda Uji Kayu No.1

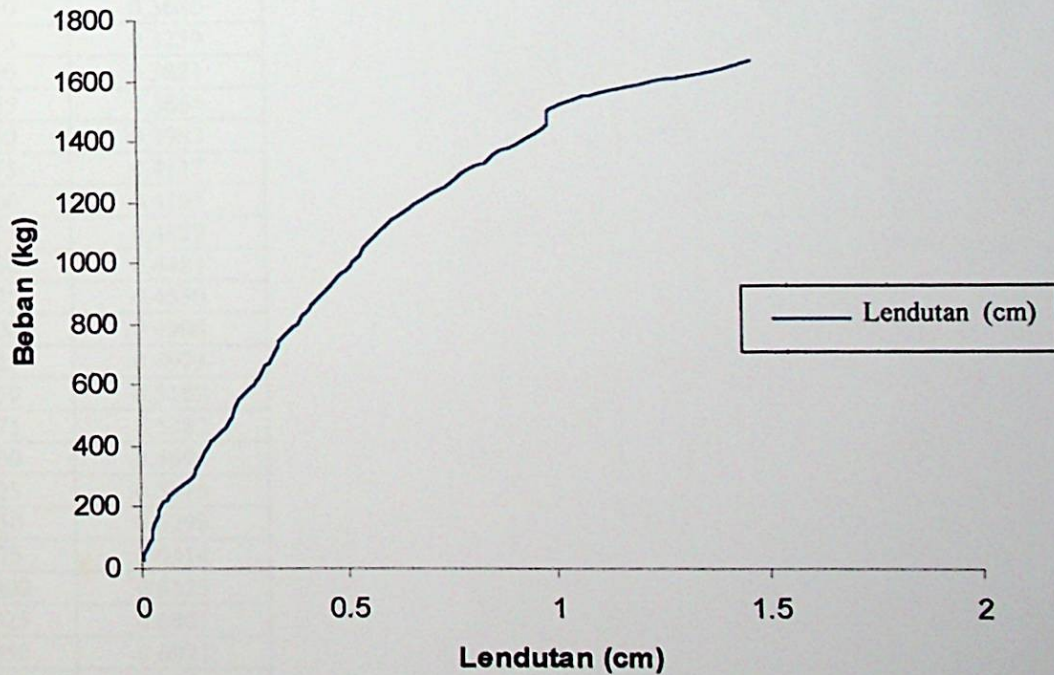
Tabel 4.2 Data Penurunan pada Pengujian Kuat Lentur Statis Benda Uji No. 2

BEBAN (kg)	DEFLEKSI (cm)
25	0.0028
50	0.0054
75	0.0157
100	0.0250
125	0.0286
150	0.0310
175	0.0409
200	0.0508
225	0.0653
250	0.0810
275	0.1038
300	0.1265
325	0.1357
350	0.1450
375	0.1541
400	0.1632
425	0.1814
450	0.1995
475	0.2113
500	0.2235
525	0.2326
550	0.2416
575	0.2593
600	0.2760
625	0.2901
650	0.3010
675	0.3159
700	0.3266
725	0.3372
750	0.3434
775	0.3642
800	0.3850
825	0.3980
850	0.4110
875	0.4298
900	0.4465
925	0.4649
950	0.4812
975	0.5017
1000	0.5200
1025	0.5325
1050	0.5450
1075	0.5633
1100	0.5815
1125	0.6053
1150	0.6272
1175	0.6559

BEBAN (kg)	DEFLEKSI (cm)
1200	0.6814
1225	0.7107
1250	0.7420
1275	0.7703
1300	0.7985
1325	0.8385
1350	0.8632
1375	0.9007
1400	0.9371
1425	0.9625
1450	0.9868
1475	0.9899
1500	0.9928
1525	1.0489
1550	1.1050
1575	1.2075
1600	1.3000
1625	1.3986
1650	1.4730

Sumber : Data Penelitian, 2004

Benda Uji Kayu No.2



Gambar 4.3 Grafik Hubungan Antara Pembebanan (kg) dengan Defleksi (cm) Benda Uji Kayu No. 2

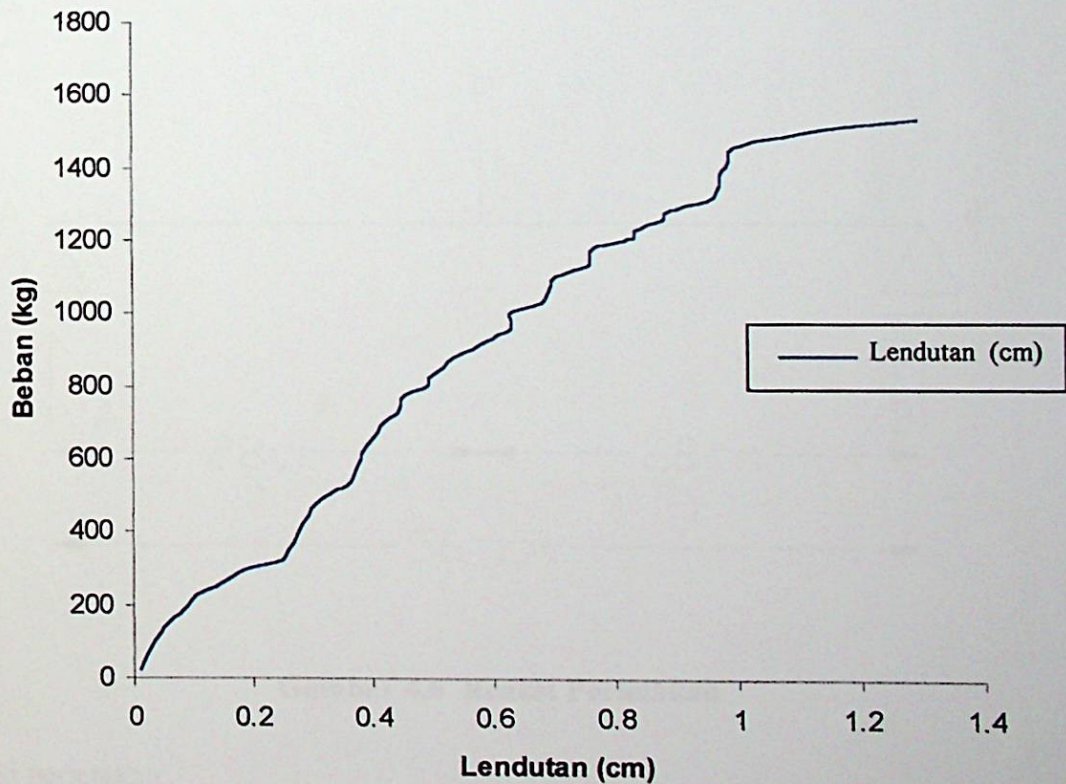
Tabel 4.3 Data Penurunan pada Pengujian Kuat Lentur Statis Benda Uji No. 3

BEBAN (kg)	DEFLEKSI (cm)
25	0.0097
50	0.0171
75	0.0235
100	0.0342
125	0.0453
150	0.0559
175	0.0775
200	0.0908
225	0.1041
250	0.1360
275	0.1639
300	0.1918
325	0.2502
350	0.2597
375	0.2710
400	0.2768
425	0.2832
450	0.2945
475	0.3037
500	0.3215
525	0.3594
550	0.3680
575	0.3759
600	0.3821
625	0.3864
650	0.3983
675	0.4117
700	0.4195
725	0.4423
750	0.4481
775	0.4550
800	0.4906
825	0.4973
850	0.5188
875	0.5382
900	0.5690
925	0.5916
950	0.6298
975	0.6314
1000	0.6325
1025	0.6805
1050	0.6921
1075	0.6983
1100	0.7045
1125	0.7584
1150	0.7630
1175	0.7697

BEBAN (kg)	DEFLEKSI (cm)
1200	0.8303
1225	0.8341
1250	0.8805
1275	0.8892
1300	0.9561
1325	0.9684
1350	0.9738
1375	0.9742
1400	0.9853
1425	0.9906
1450	0.9975
1475	1.0763
1500	1.1589
1525	1.2930

Sumber : Data Penelitian, 2004

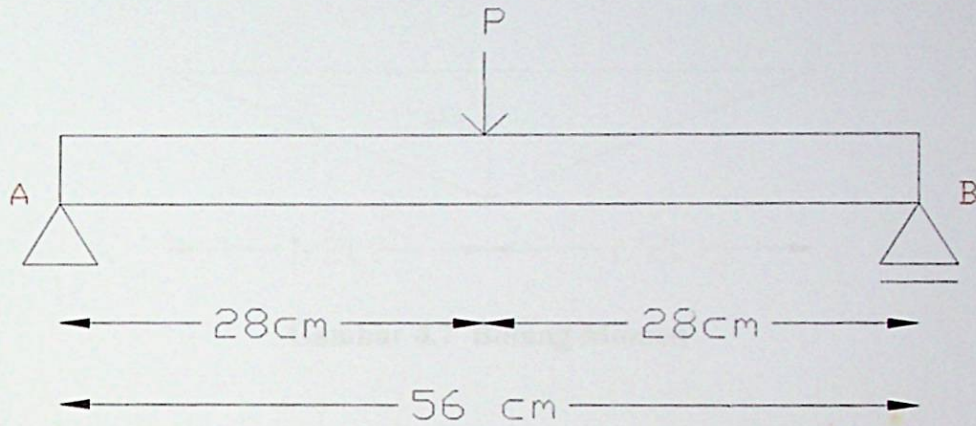
Benda Uji Kayu No.3



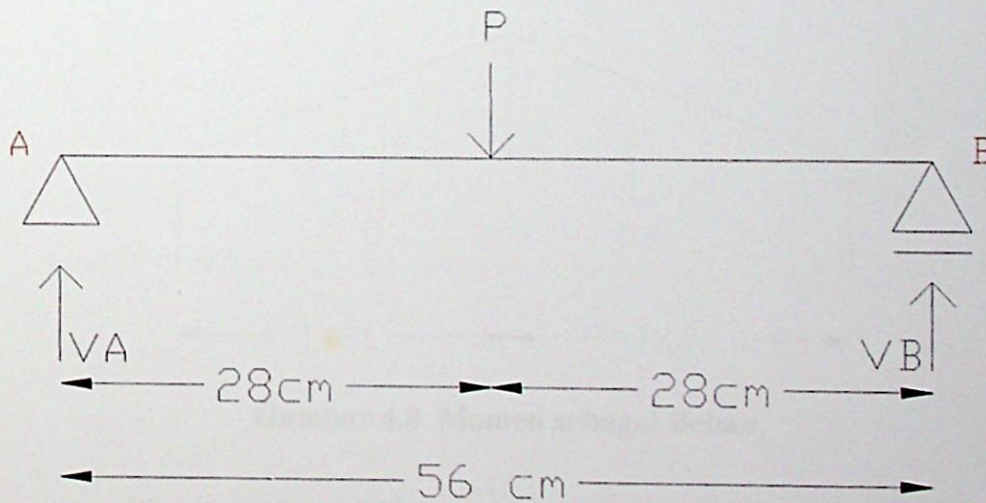
Gambar 4.4 Grafik Hubungan Antara Pembebanan (kg) dengan Defleksi (cm) Benda Uji Kayu No. 3

4.1.1.2 Perhitungan *Modulus of Elasticity* (MOE)

Untuk perhitungan Modulus Elastisitas kayu ini dapat digunakan rumus MOE sesuai dengan ASTM D 1037. Berikut ini dijelaskan hasil penurunan rumus MOE :



Gambar 4.5 Skema Pembebanan



Gambar 4.6 Reaksi Perletakan

Reaksi perletakan :

$$V_A = \frac{1}{2} P$$

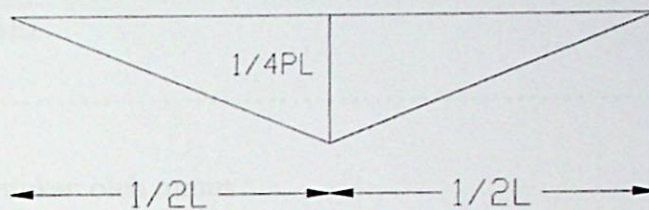
$$V_B = \frac{1}{2} P$$

Menentukan momen maksimum :

$$M_x = V_A \cdot x$$

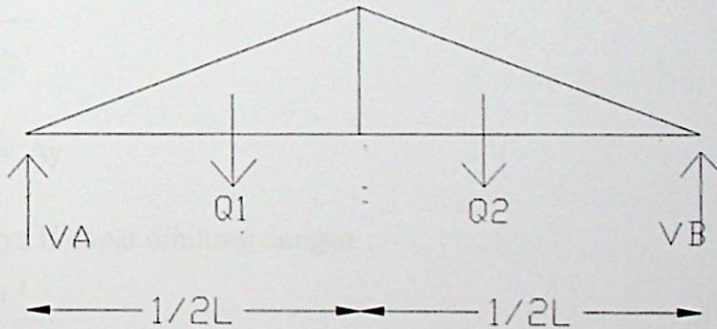
$$X = 0 \quad M_x = 0$$

$$X = \frac{1}{2}L \quad M_x = \frac{1}{4}PL$$



Gambar 4.7 Bidang Momen

Kemudian dengan teori momen sebagai beban, digunakan untuk mencari lendutan di tengah-tengah perletakan.



Gambar 4.8 Momen sebagai Beban

$$Q_1 = Q_2 = \frac{PL}{4EI} \cdot \frac{1}{2}L \cdot \frac{1}{2} = \frac{PL^2}{16EI}$$

Reaksi perletakan :

$$V_A = \frac{PL^2}{16EI}$$

$$V_B = \frac{PL^2}{16EI}$$

Maka lendutan di tengah-tengah perletakan adalah :

$$\begin{aligned}\delta &= V_A \cdot \frac{L}{2} - Q_1 \cdot \frac{L}{6} \\ \delta &= \frac{PL^2}{16EI} \cdot \frac{L}{2} - \frac{PL^2}{16EI} \cdot \frac{L}{6} \\ \delta &= \frac{PL^3}{32EI} - \frac{PL^3}{96EI} \\ \delta &= \frac{PL^3}{48EI} \dots\dots\dots(4.1)\end{aligned}$$

Untuk inersia ditentukan oleh rumus :

$$I = \frac{1}{12} bh^3 \dots\dots\dots(4.2)$$

Selanjutnya substitusi persamaan (4.2) ke persamaan (4.1) sehingga persamaan menjadi :

$$\begin{aligned}\delta &= \frac{PL^3}{48EI} \\ \delta &= \frac{PL^3}{48E \frac{1}{12} bh^3} \\ \delta &= \frac{PL^3}{4Ebh^3} = \Delta y\end{aligned}$$

Sehingga besarnya E dapat dihitung dengan :

$$\begin{aligned}E &= \frac{PL^3}{4bh^3\Delta y} \\ MOE &= \frac{PL^3}{4\Delta y bh^3} \dots\dots\dots(4.3)\end{aligned}$$

- Dimana :
- MOE : Modulus of Elasticity
 - P : Beban pada batas proporsi (kg)
 - L : Jarak sanggah (cm)
 - b : Lebar penampang balok (cm)
 - h : Tinggi penampang balok (cm)
 - Δy : Lendutan sampai batas proporsi

Tabel 4.4 Hasil Perhitungan *Modulus of Elasticity* (MOE) pada Pengujian Kuat Lentur Statis

No Kayu	Beban Batas Proporsi (kg)	Lendutan Batas Proporsi (kg)	Jarak Sanggah (cm)	Tinggi (cm)	Lebar (cm)	MOE (kg/cm ²)
1	675	0.4530	56	4.9	5	111211.940
2	500	0.2235	56	4.9	4.9	170377.502
3	600	0.3821	56	5	5	110305.784
					Jumlah	391895.226
					Rata-Rata	130631.742

Sumber : Data Penelitian, 2004

4.1.1.3 Perhitungan *Modulus of Rupture* (MOR)

Perhitungan *Modulus of Rupture* (MOR) juga berdasarkan ASTM D 1037 prosedur standar untuk pengujian produk panil asal kayu, dimana perhitungan berdasarkan sistem pembebanan *Center Point Loading*.

Modulus of Rupture ini merupakan kekuatan kayu sesungguhnya untuk tegangan lentur kayu yang diuji karena kayu yang diuji ini diberikan pembebanan yang berlanjut sampai kayu mengalami hancur atau patah. Pada saat patah inilah terdapat beban maksimum yang menyebabkan kayu tersebut tidak mampu menahan pembebanan selanjutnya akibatnya kayu tersebut mengalami patah. Dalam hal ini kayu telah melewati batas elastisitas yang kemudian mengalami keadaan plastis dimana kayu tidak dapat kembali pada bentuk semula atau bentuk sebelum terjadinya pembebanan. Berikut ini dijelaskan penurunan rumus *Modulus of Rupture* dengan rumus dasar adalah rumus tegangan lentur :

Tegangan lentur :

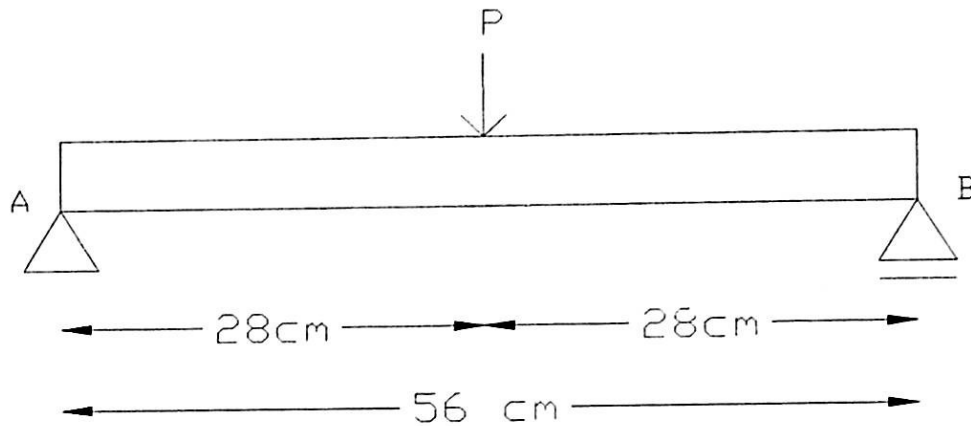
$$\tau = \frac{M}{W} \dots \dots \dots (4.4)$$

dimana :

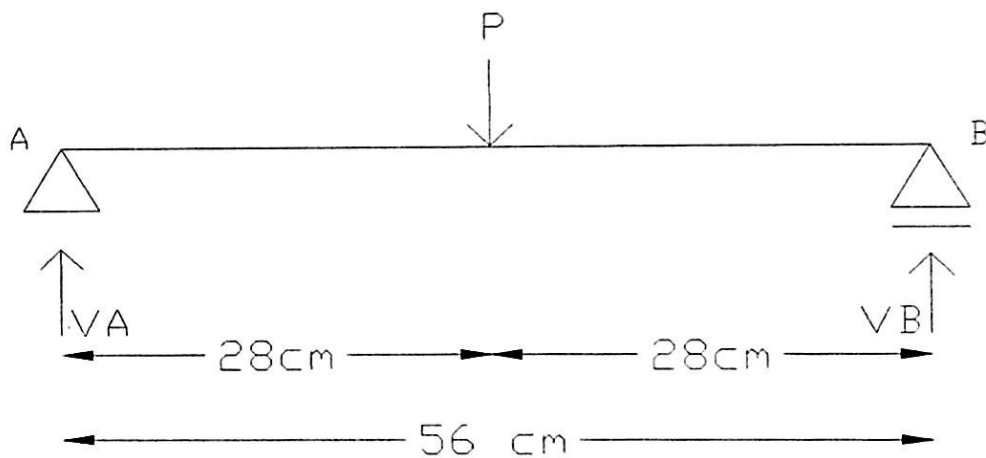
$$\tau = \text{Tegangan Lentur (kg/cm}^2\text{)}$$

M = Momen Maksimum (kg.cm)

W = Momen Perlawanan (cm³)



Gambar 4.9 Skema Pembebanan



Gambar 4.10 Reaksi Perletakan

Reaksi perletakan :

$$V_A = \frac{1}{2} P$$

$$V_B = \frac{1}{2} P$$

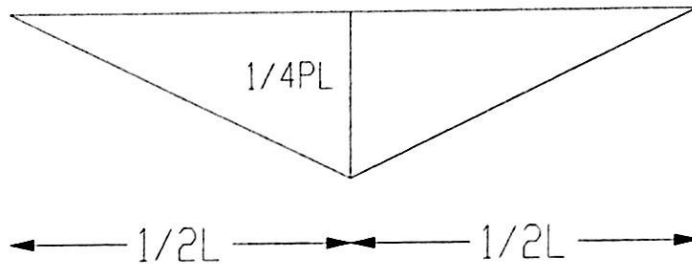
Menentukan momen maksimum :

$$M_x = V_A \cdot x$$

$$x = 0 \quad M_x = 0$$

$$X = \frac{1}{4} L \quad M_x = \frac{1}{8} PL$$

$$X = \frac{1}{2} L \quad M_x = \frac{1}{4} PL$$



Gambar 4.11 Bidang Momen

Sehingga didapat momen maksimum sebesar $\frac{1}{4} PL$.

sedangkan untuk momen perlawanan ditentukan dengan rumus :

$$W = \frac{1}{6} bh^2 \dots\dots\dots(4.5)$$

Jika persamaan (4.4) disubstitusikan ke persamaan (4.5) maka akan didapatkan :

$$\tau = \frac{M}{W}$$

$$\tau = \frac{1/4 PL}{1/6 bh^2}$$

Maka didapat rumus MOR sebagai berikut :

$$MOR = \frac{1/4 PL}{1/6 bh^2}$$

$$MOR = \frac{3PL}{2 bh^2} \dots\dots\dots(4.6)$$

- Dimana :
- MOR : Modulus of Rupture (kekuatan lentur sampai batas patah)
 - B : Beban sampai batas patah (kg)
 - L : Jarak sanggah (cm)
 - b : Lebar penampang balok (cm)
 - h : Tinggi penampang balok (cm)

Tabel 4.5 Hasil Perhitungan *Modulus of Rupture* (MOR) pada Pengujian Kuat Lentur Statis

No. Kayu	Lebar (cm)	Tinggi (cm)	Jarak Sanggah (cm)	Beban Max (kg)	MOE (kg/cm ²)
1	5	4.9	56	1575	1102.0408
2	4.9	4.9	56	1650	1178.0806
3	5	5	56	1525	1024.8000
Jumlah					3304.9214
Rata-rata					1101.6405

Sumber : Data Penelitian, 2004

4.1.1.4 Hasil Pengujian

Hasil pengujian kekuatan lentur statis pada Kayu Kulim diperoleh nilai sebagai berikut :

1. MOR antara 1024,8000 kg/cm² – 1178,0806 kg/cm² dengan rata-rata 1101,6405 kg/cm².
2. MOR izin antara 297,4148 kg/cm² – 341,8995 kg/cm² dengan rata-rata 319,7152 kg/cm².
3. MOE antara 110305,7838 kg/cm² – 170377,5020 kg/cm² dengan rata-rata 130631,7419 kg/cm².
4. MOE izin antara 133775,0995 kg/cm² – 206628,0343 kg/cm² dengan rata-rata 158425,7295 kg/cm².

Adapun hasil pengujian kekuatan lentur statis dapat dilihat pada tabel 4.4 sebagai berikut :

Tabel 4.6 Data Hasil Pengujian Kekuatan Lentur Statis

No. Kayu	b (cm)	h (cm)	Jarak Sanggah (cm)	Beban Max (kg)	MOE (kg/cm ²)	MOE Izin (kg/cm ²)	MOR (kg/cm ²)	MOR Izin (kg/cm ²)
1	5	4.9	56	1575	111211.940	134874.055	1102.0408	319.8314
2	4.9	4.9	56	1650	170377.502	206628.034	1178.0806	341.8995
3	5	5	56	1525	110305.784	133775.010	1024.8000	297.4148
Jumlah Rata-Rata					391895.226	475277.189	3304.9214	959.1457
					130631.742	158425.730	1101.6405	319.7152

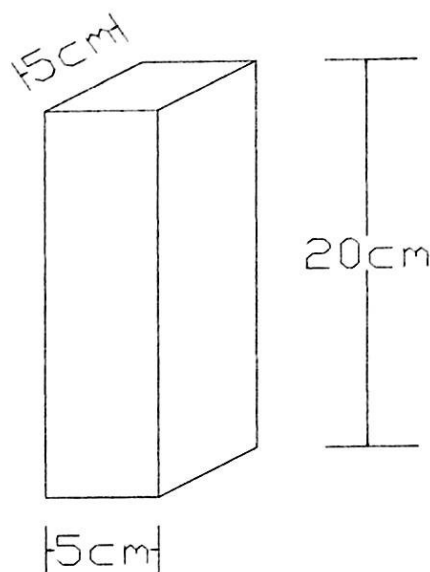
Sumber : Data Penelitian, 2004

Dari nilai rata-rata tegangan izin MOR dan tegangan izin MOE pengujian kekuatan lentur statis pada Kayu Kulim, berdasarkan PKKI NI-5-1961 dapat disimpulkan bahwa Kayu Kulim termasuk dalam kelas kuat I.

4.1.2 Hasil Pengujian Kekuatan Tekan Sejajar Serat (*Compression-Parallel-to-Grain Test*)

Data pengujian kuat tekan sejajar serat pada Kayu Kulim (*Scorodocarpus borneensis Becc.*) adalah sebagai berikut :

- Pengujian : Kuat Tekan Sejajar Serat (*Compression-Parallel-to-Grain Test*)
- Bahan Pengujian : Balok 5 cm x 5 cm x 20 cm
- Tanggal Pengujian : 8 November – 12 November 2004
- Jenis Kayu : Kayu Kulim (*Scorodocarpus borneensis Becc.*)
- Tempat : Laboratorium Metalurgi Fakultas Teknik Jurusan Teknik Mesin Universitas Sriwijaya Km 32 Indralaya
- Alat Pengujian : *Compression Testing Machine*
- Nomor Benda Uji : Kayu No.4, Kayu No. 5 dan Kayu No. 6



Gambar 4.12 Benda Uji Kayu No. 4, Kayu No. 5, Kayu No. 6

Tabel 4.7 Data Hasil Pengujian Kekuatan Tekan Sejajar Serat

No. Kayu	Lebar (cm)	Panjang (cm)	Luas Penampang (cm ²)	Beban Max (kg)	Kuat tekan Sejajar serat (kg/cm ²)	Teg.Izin Tekan//serat (kg/cm ²)
4	4.95	5	24.7500	10125	409.0909	189.9351
5	4.90	5	24.5000	10400	424.4898	197.0846
6	4.95	4.95	24.5025	10975	447.9135	207.9598
Jumlah					1281.4942	594.9795
Rata-Rata					427.1647	198.3265

Sumber : Data Penelitian, 2004

Hasil pengujian kekuatan tekan sejajar serat pada Kayu Kulim diperoleh nilai sebagai berikut :

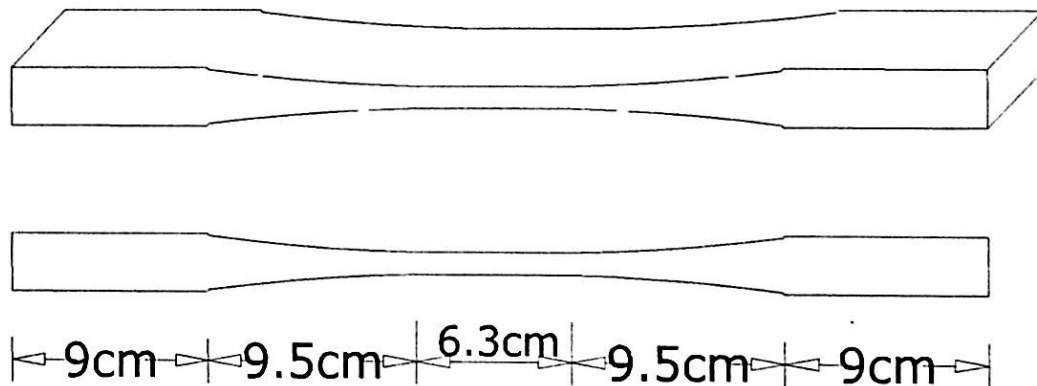
1. Kuat tekan sejajar serat antara 409,0909 kg/cm² – 447,9135 kg/cm² dengan rata-rata 427,1647 kg/cm².
2. Tegangan izin tekan sejajar serat antara 189,9351 kg/cm² – 207,9598 kg/cm² dengan rata-rata 198,3265 kg/cm².

Dari rata-rata tegangan izin tekan sejajar serat pada Kayu Kulim (*Scorodocarpus borneensis* Becc.), maka berdasarkan PKKI NI-5-1961 dapat disimpulkan bahwa Kayu Kulim termasuk dalam kelas kuat I.

4.1.3 Hasil Pengujian Kekuatan Tarik Sejajar Serat (*Tension-Parallel-to-Grain Test*)

Data pengujian kuat tekan sejajar serat pada Kayu Kulim (*Scorodocarpus borneensis* Becc.) adalah sebagai berikut :

- Pengujian : Kuat Tarik Sejajar Serat (*Tension-Parallel-to-Grain Test*)
 Tanggal Pengujian : 8 November – 12 November 2004
 Jenis Kayu : Kayu Kulim (*Scorodocarpus borneensis* Becc.)
 Tempat : Laboratorium Metalurgi Fakultas Teknik Jurusan Teknik Mesin Universitas Sriwijaya Km 32 Indralaya
 Alat Pengujian : *Tension Testing Machine*
 Nomor Benda Uji : Kayu No.7, Kayu No. 8 dan Kayu No. 9



Gambar 4.13 Benda Uji Kayu No. 7, Kayu No. 8, Kayu No. 9

Tabel 4.8 Data Hasil Pengujian Kekuatan Tarik Sejajar Serat

No. Kayu	Lebar (cm)	Panjang (cm)	Luas Penampang (cm ²)	Beban Max (kg)	Kuat tarik Sejajar serat (kg/cm ²)	Teg.Izin Tarik/serat (kg/cm ²)
7	0.55	0.95	0.5225	630	1205.7416	216.2471
8	0.50	1.00	0.5000	482.5	965.0000	173.0707
9	0.50	0.95	0.4750	710	1494.7368	268.0778
Jumlah					3665.4784	657.3956
Rata-Rata					1221.8261	219.1319

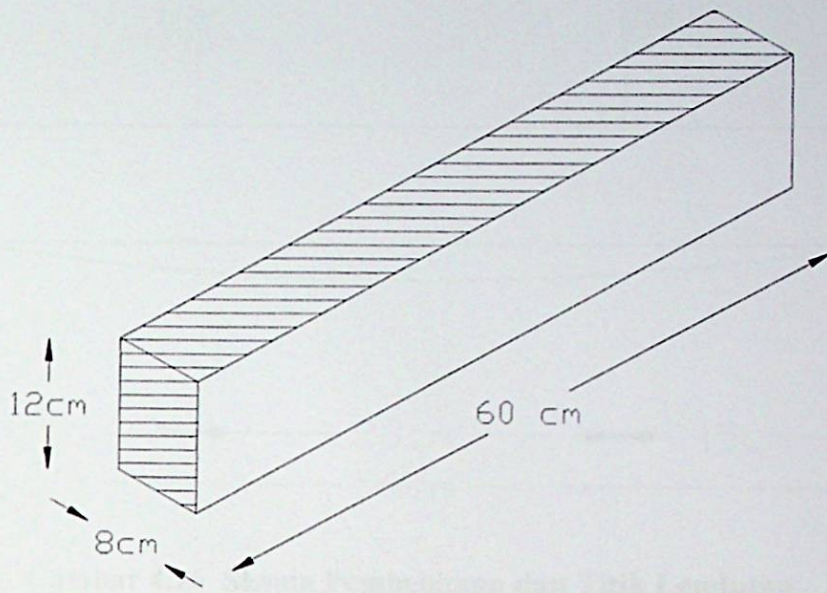
Sumber : Data Penelitian, 2004

Dari rata-rata tegangan izin tarik sejajar serat pada Kayu Kulim (*Scorodocarpus borneensis Becc.*), maka berdasarkan PKKI NI-5-1961 dapat disimpulkan bahwa Kayu Kulim termasuk dalam kelas kuat I.

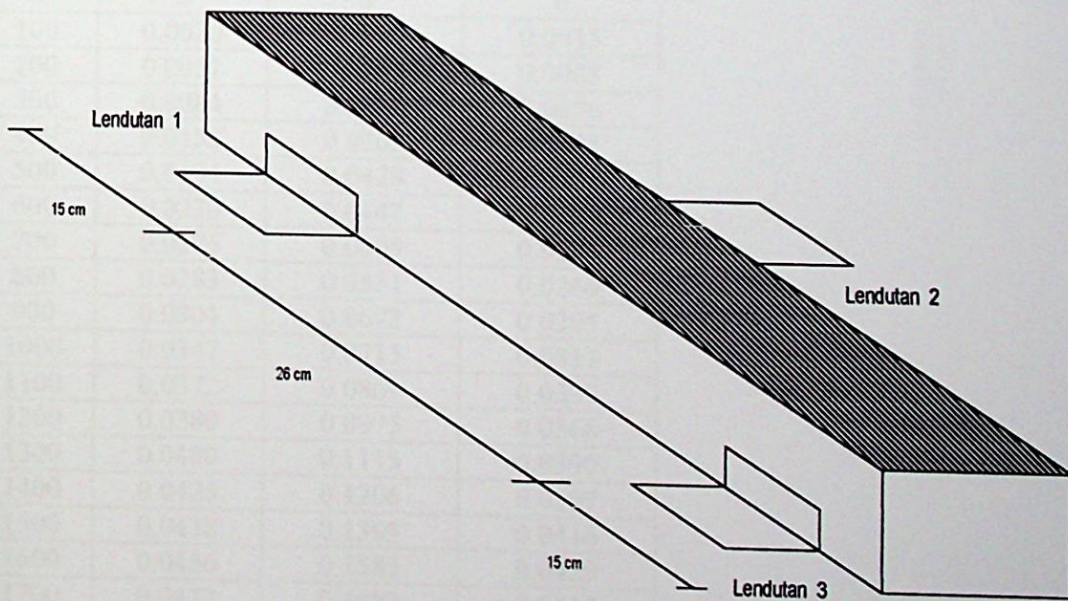
4.2 Hasil Pengujian Kekuatan Lentur pada Balok

Data pengujian kuat lentur pada balok Kayu Kulim (*Scorodocarpus borneensis Becc.*) adalah sebagai berikut :

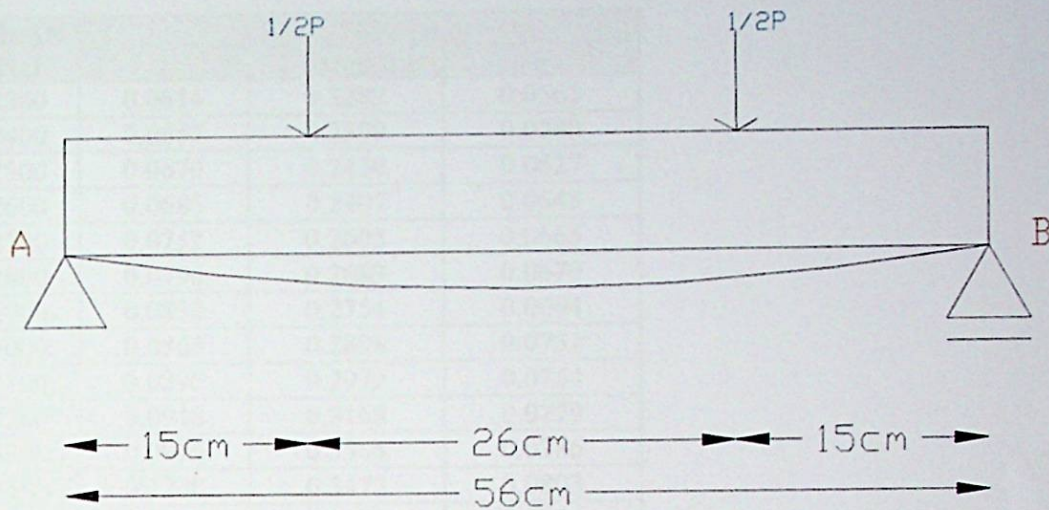
- Pengujian : Kuat Lentur pada balok Kayu Kulim
Tanggal Pengujian : 8 November – 12 November 2004
Dimensi Sambungan : 8 cm x 12 cm x 60 cm
Jenis Kayu : Kayu Kulim (*Scorodocarpus borneensis Becc.*)
Tempat : Laboratorium Metalurgi Fakultas Teknik Jurusan Teknik Mesin Universitas Sriwijaya Km 32 Indralaya
Alat Pengujian : *Universal Testing Machine*
Nomor Benda Uji : Kayu No.11, Kayu No. 12 dan Kayu No. 13



Gambar 4.14 Benda Uji Balok Kayu No. 11, Kayu No. 12, Kayu No. 13



Gambar 4.15 Titik-Titik Lendutan yang Dicari



Gambar 4.16 Skema Pembebanan dan Titik Lendutan

1. Balok No. 11

Tabel 4.9 Data Beban dan Lendutan Balok No. 11

BEBAN (kg)	LENDUTAN (cm)		
	1	2 (tengah)	3
0	0	0	0
100	0.0020	0.0085	0.0015
200	0.0051	0.0109	0.0043
300	0.0084	0.0146	0.0076
400	0.0158	0.0265	0.0135
500	0.0194	0.0428	0.0109
600	0.0230	0.0447	0.0204
700	0.0275	0.0495	0.0248
800	0.0283	0.0531	0.0260
900	0.0304	0.0672	0.0295
1000	0.0347	0.0715	0.0317
1100	0.0372	0.0869	0.0339
1200	0.0380	0.0975	0.0368
1300	0.0400	0.1115	0.0390
1400	0.0425	0.1206	0.0397
1500	0.0438	0.1395	0.0416
1600	0.0456	0.1583	0.0439
1700	0.0472	0.1682	0.0445
1800	0.0490	0.1791	0.0463
1900	0.0526	0.1834	0.0482
2000	0.0554	0.1924	0.0512
2100	0.0578	0.2173	0.0525
2200	0.0590	0.2214	0.0548

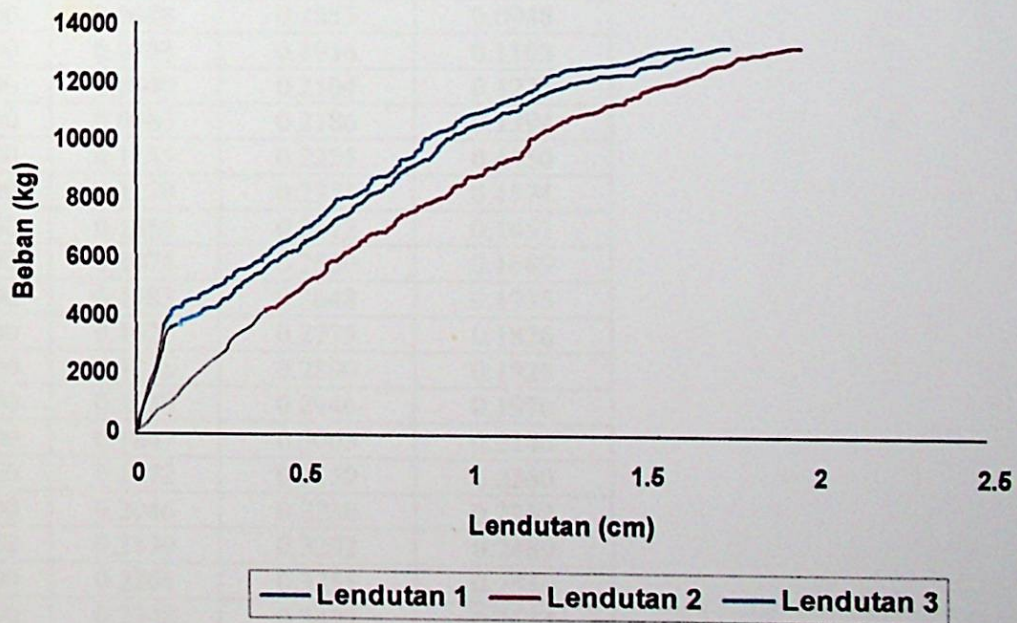
BEBAN (kg)	LENDUTAN (cm)		
	1	2 (tengah)	3
2300	0.0614	0.2287	0.0563
2400	0.0657	0.2359	0.0580
2500	0.0670	0.2430	0.0627
2600	0.0685	0.2497	0.0643
2700	0.0752	0.2605	0.0665
2800	0.0796	0.2683	0.0670
2900	0.0832	0.2754	0.0694
3000	0.0865	0.2898	0.0731
3100	0.0890	0.2972	0.0754
3200	0.0948	0.3168	0.0779
3300	0.0975	0.3305	0.0786
3400	0.1268	0.3472	0.0803
3500	0.1305	0.3505	0.0856
3600	0.1539	0.3580	0.0880
3700	0.1674	0.3641	0.0943
3800	0.1855	0.3782	0.0978
3900	0.1987	0.3805	0.1034
4000	0.2260	0.4085	0.1269
4100	0.2437	0.4201	0.1352
4200	0.2540	0.4350	0.1490
4300	0.2683	0.4392	0.1764
4400	0.2759	0.4560	0.1835
4500	0.2872	0.4700	0.2097
4600	0.2935	0.4821	0.2248
4700	0.3086	0.4895	0.2305
4800	0.3127	0.5008	0.2562
4900	0.3269	0.5126	0.2643
5000	0.3350	0.5325	0.2782
5100	0.3447	0.5500	0.2850
5200	0.3690	0.5574	0.2937
5300	0.3756	0.5621	0.3165
5400	0.3834	0.5650	0.3371
5500	0.3970	0.5700	0.3440
5600	0.4158	0.5927	0.3696
5700	0.4263	0.6013	0.3723
5800	0.4394	0.6150	0.3874
5900	0.4507	0.6274	0.3936
6000	0.4775	0.6355	0.4009
6100	0.4840	0.6582	0.4154
6200	0.4985	0.6609	0.4278
6300	0.5047	0.6783	0.4425
6400	0.5265	0.6808	0.4660
6500	0.5382	0.6974	0.4739
6600	0.5417	0.7340	0.4864
6700	0.5639	0.7465	0.4955
6800	0.5740	0.7608	0.5172

BEBAN (kg)	LENDUTAN (cm)		
	1	2 (tengah)	3
6900	0.5783	0.7662	0.5240
7000	0.5862	0.7700	0.5396
7100	0.6077	0.7863	0.5459
7200	0.6241	0.7905	0.5537
7300	0.6385	0.8201	0.5630
7400	0.6438	0.8365	0.5748
7500	0.6487	0.8420	0.5773
7600	0.6650	0.8674	0.5856
7700	0.6749	0.8902	0.5942
7800	0.6805	0.9155	0.6385
7900	0.6976	0.9247	0.6550
8000	0.7251	0.9340	0.6726
8100	0.7348	0.9369	0.6849
8200	0.7490	0.9605	0.6883
8300	0.7625	0.9748	0.6967
8400	0.7668	0.9792	0.7035
8500	0.7759	0.9950	0.7384
8600	0.7803	1.0274	0.7490
8700	0.7986	1.0350	0.7665
8800	0.8031	1.0572	0.7673
8900	0.8275	1.0691	0.7782
9000	0.8462	1.0965	0.7820
9100	0.8649	1.1040	0.7946
9200	0.8760	1.1375	0.8195
9300	0.8835	1.1403	0.8243
9400	0.8894	1.1469	0.8307
9500	0.8950	1.1546	0.8456
9600	0.9046	1.1590	0.8430
9700	0.9140	1.1603	0.8509
9800	0.9272	1.1749	0.8654
9900	0.9369	1.1850	0.8763
10000	0.9681	1.1983	0.8928
10100	0.9736	1.2180	0.9176
10200	0.9894	1.2347	0.9390
10300	1.0225	1.2509	0.9445
10400	1.0478	1.2674	0.9586
10500	1.0645	1.2810	0.9630
10600	1.0770	1.3176	0.9878
10700	1.0927	1.3509	1.0153
10800	1.1294	1.3725	1.0429
10900	1.1373	1.3904	1.0648
11000	1.1526	1.4357	1.0736
11100	1.1651	1.4409	1.0970
11200	1.1880	1.4750	1.1352
11300	1.1946	1.4873	1.1434
11400	1.2130	1.4945	1.1581

BEBAN (kg)	LENDUTAN (cm)		
	1	2 (tengah)	3
11500	1.2495	1.5203	1.1790
11600	1.2737	1.5546	1.1835
11700	1.2826	1.5870	1.1972
11800	1.3440	1.6152	1.2081
11900	1.3738	1.6400	1.2156
12000	1.4692	1.6594	1.2430
12100	1.4750	1.6780	1.2576
12200	1.4896	1.6943	1.3334
12300	1.5441	1.7281	1.3895
12400	1.5663	1.7560	1.4508
12500	1.5805	1.7643	1.4755
12600	1.5948	1.7802	1.4984
12700	1.6572	1.8455	1.5236
12800	1.6953	1.8930	1.5907
12870	1.7447	1.9500	1.6345

Sumber : Data Penelitian, 2004

Benda Uji Balok Kayu No. 11



Gambar 4.17 Grafik Hubungan Antara Pembebanan (kg) dengan Defleksi (cm)

Benda Uji Balok Kayu No. 11

2. Balok no. 12

Tabel 4.10 Data Beban dan Lendutan Balok No. 12

BEBAN (kg)	LENDUTAN (cm)		
	1	2 (tengah)	3
0	0	0	0
100	0.0005	0.0025	0.0011
200	0.0036	0.0078	0.0041
300	0.0089	0.0130	0.0095
400	0.0104	0.0274	0.0138
500	0.0165	0.0345	0.0194
600	0.0190	0.0420	0.0203
700	0.0205	0.0556	0.0225
800	0.0247	0.0728	0.0270
900	0.0283	0.0940	0.0292
1000	0.0298	0.1015	0.0355
1100	0.0317	0.1148	0.0384
1200	0.0335	0.1202	0.0390
1300	0.0379	0.1285	0.0474
1400	0.0385	0.1369	0.0539
1500	0.0440	0.1405	0.0580
1600	0.0486	0.1570	0.0657
1700	0.0563	0.1665	0.0776
1800	0.0625	0.1705	0.0832
1900	0.0680	0.1853	0.0948
2000	0.0753	0.1916	0.1105
2100	0.0849	0.2104	0.1273
2200	0.0963	0.2186	0.1394
2300	0.1135	0.2255	0.1450
2400	0.1270	0.2371	0.1574
2500	0.1350	0.2412	0.1651
2600	0.1474	0.2560	0.1689
2700	0.1583	0.2648	0.1735
2800	0.1625	0.2775	0.1876
2900	0.1746	0.2890	0.1925
3000	0.1759	0.2946	0.1970
3100	0.1847	0.3005	0.2146
3200	0.1972	0.3159	0.2260
3300	0.2046	0.3230	0.2352
3400	0.2170	0.3292	0.2489
3500	0.2265	0.3355	0.2550
3600	0.2348	0.3474	0.2634
3700	0.2493	0.3530	0.2785
3800	0.2627	0.3685	0.2840
3900	0.2780	0.3760	0.2938
4000	0.2796	0.3880	0.3047
4100	0.2835	0.3954	0.3180

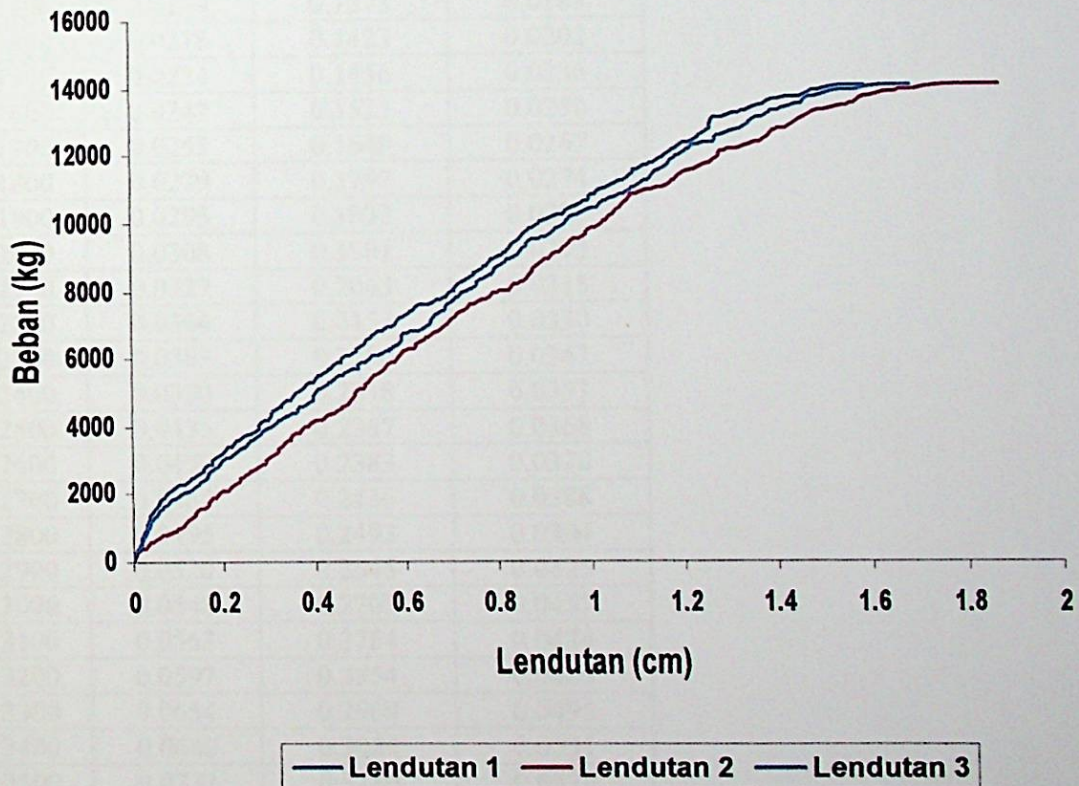
BEBAN (kg)	LENDUTAN (cm)		
	1	2 (tengah)	3
4200	0.2987	0.4180	0.3267
4300	0.3045	0.4279	0.3443
4400	0.3073	0.4435	0.3594
4500	0.3155	0.4580	0.3625
4600	0.3284	0.4653	0.3760
4700	0.3329	0.4784	0.3885
4800	0.3475	0.4830	0.3976
4900	0.3550	0.4895	0.3995
5000	0.3674	0.4940	0.4067
5100	0.3765	0.5085	0.4130
5200	0.3832	0.5120	0.4276
5300	0.3980	0.5203	0.4348
5400	0.4057	0.5296	0.4456
5500	0.4125	0.5340	0.4639
5600	0.4264	0.5488	0.4725
5700	0.4378	0.5550	0.4964
5800	0.4440	0.5612	0.4970
5900	0.4596	0.5775	0.5136
6000	0.4632	0.5834	0.5250
6100	0.4785	0.5896	0.5328
6200	0.4950	0.5950	0.5643
6300	0.4942	0.6176	0.5675
6400	0.5094	0.6225	0.5853
6500	0.5160	0.6440	0.5928
6600	0.5225	0.6498	0.5939
6700	0.5337	0.6620	0.5974
6800	0.5412	0.6736	0.6305
6900	0.5694	0.6850	0.6464
7000	0.5776	0.6926	0.6537
7100	0.5858	0.6985	0.6586
7200	0.5918	0.7090	0.6604
7300	0.6062	0.7168	0.6749
7400	0.6144	0.7254	0.6855
7500	0.6226	0.7362	0.6870
7600	0.6408	0.7415	0.6936
7700	0.6763	0.7760	0.7081
7800	0.6894	0.7826	0.7163
7900	0.6976	0.7932	0.7225
8000	0.7058	0.8275	0.7348
8100	0.7106	0.8340	0.7550
8200	0.7242	0.8565	0.7589
8300	0.7324	0.8648	0.7636
8400	0.7488	0.8708	0.7879
8500	0.7550	0.8745	0.7925
8600	0.7674	0.8790	0.7950
8700	0.7756	0.8855	0.8037

BEBAN (kg)	LENDUTAN (cm)		
	1	2 (tengah)	3
8800	0.7846	0.8980	0.8185
8900	0.7911	0.9156	0.8243
9000	0.8092	0.9200	0.8456
9100	0.8178	0.9372	0.8485
9200	0.8242	0.9446	0.8560
9300	0.8308	0.9531	0.8631
9400	0.8423	0.9583	0.8674
9500	0.8494	0.9807	0.8828
9600	0.8582	0.9936	0.9156
9700	0.8664	0.9974	0.9272
9800	0.8746	1.0116	0.9344
9900	0.8893	1.0270	0.9468
10000	0.8972	1.0345	0.9520
10100	0.9219	1.0439	0.9587
10200	0.9454	1.0506	0.9755
10300	0.9521	1.0574	0.9932
10400	0.9603	1.0665	1.0175
10500	0.9840	1.0738	1.0254
10600	0.9973	1.0825	1.0326
10700	1.0036	1.0880	1.0583
10800	1.0152	1.0954	1.0740
10900	1.0214	1.1347	1.0892
11000	1.0376	1.1590	1.0957
11100	1.0538	1.1765	1.1130
11200	1.0760	1.1836	1.1282
11300	1.0842	1.1950	1.1375
11400	1.0984	1.2070	1.1430
11500	1.1025	1.2284	1.1550
11600	1.1268	1.2475	1.1685
11700	1.1370	1.2628	1.1743
11800	1.1594	1.2770	1.1856
11900	1.1608	1.2797	1.1932
12000	1.1771	1.2865	1.2071
12100	1.1853	1.3209	1.2168
12200	1.1986	1.3456	1.2220
12300	1.2142	1.3690	1.2695
12400	1.2358	1.3825	1.2732
12500	1.2406	1.3887	1.2840
12600	1.2530	1.3948	1.3085
12700	1.2628	1.4230	1.3261
12800	1.2630	1.4378	1.3427
12900	1.2674	1.4550	1.3550
13000	1.2780	1.4646	1.3743
13100	1.3243	1.4782	1.3868
13200	1.3402	1.4900	1.3980
13300	1.3574	1.5535	1.4335

BEBAN (kg)	LENDUTAN (cm)		
	1	2 (tengah)	3
13400	1.3766	1.5673	1.4570
13500	1.3945	1.5784	1.4645
13600	1.4532	1.5905	1.4827
13700	1.4711	1.6496	1.5160
13800	1.4924	1.6805	1.5583
13900	1.5350	1.7545	1.6225
13930	1.5894	1.8732	1.6870

Sumber : Data Penelitian, 2004

Benda Uji Balok Kayu No. 12



Gambar 4.18 Grafik Hubungan Antara Pembebanan (kg) dengan Defleksi (cm)
Benda Uji Balok Kayu No. 12

3. Balok No. 13

Tabel 4.11 Data Beban dan Lendutan Balok No. 13

BEBAN (kg)	LENDUTAN (cm)		
	1	2 (tengah)	3
0	0	0	0
100	0.0016	0.0061	0.0023
200	0.0029	0.0094	0.0032
300	0.0047	0.0138	0.0044
400	0.0065	0.0194	0.0063
500	0.0081	0.0278	0.0078
600	0.0095	0.0383	0.0092
700	0.0110	0.0463	0.0106
800	0.0126	0.0575	0.0119
900	0.0144	0.0689	0.0135
1000	0.0162	0.0768	0.0150
1100	0.0178	0.0893	0.0163
1200	0.0185	0.1124	0.0171
1300	0.0199	0.1273	0.0185
1400	0.0218	0.1423	0.0202
1500	0.0224	0.1456	0.0236
1600	0.0247	0.1525	0.0250
1700	0.0253	0.1648	0.0267
1800	0.0279	0.1797	0.0274
1900	0.0295	0.1832	0.0285
2000	0.0308	0.1981	0.0293
2100	0.0327	0.2043	0.0315
2200	0.0364	0.2133	0.0330
2300	0.0383	0.2290	0.0347
2400	0.0390	0.2318	0.0353
2500	0.0436	0.2367	0.0368
2600	0.0450	0.2383	0.0370
2700	0.0467	0.2436	0.0388
2800	0.0495	0.2493	0.0394
2900	0.0520	0.2645	0.0425
3000	0.0548	0.2705	0.0457
3100	0.0563	0.2784	0.0474
3200	0.0597	0.2854	0.0486
3300	0.0654	0.2969	0.0495
3400	0.0680	0.3024	0.0531
3500	0.0732	0.3180	0.0578
3600	0.0765	0.3273	0.0614
3700	0.0784	0.3381	0.0650
3800	0.0855	0.3425	0.0693
3900	0.0937	0.3514	0.0745
4000	0.0972	0.3640	0.0782
4100	0.1085	0.3699	0.0864

BEBAN (kg)	LENDUTAN (cm)		
	1	2 (tengah)	3
8800	0.8637	0.9591	0.8360
8900	0.8846	0.9677	0.8453
9000	0.9203	1.0236	0.8592
9100	0.9354	1.0418	0.8635
9200	0.9580	1.0729	0.8784
9300	0.9647	1.0812	0.9040
9400	0.9938	1.1153	0.9295
9500	1.0024	1.1287	0.9426
9600	1.0650	1.1384	0.9574
9700	1.0738	1.1471	1.0045
9800	1.0975	1.1858	1.0130
9900	1.1043	1.2093	1.0286
10000	1.1406	1.2386	1.0462
10100	1.1635	1.2450	1.0725
10200	1.1720	1.2625	1.0836
10300	1.1835	1.2711	1.1070
10400	1.1972	1.3176	1.1385
10500	1.2065	1.3454	1.1408
10600	1.2182	1.3568	1.1540
10700	1.2350	1.3612	1.1765
10800	1.2495	1.3797	1.1950
10900	1.2720	1.4336	1.2174
11000	1.2843	1.4682	1.2485
11100	1.2976	1.4724	1.2503
11200	1.3105	1.5147	1.2627
11300	1.3496	1.5218	1.2749
11400	1.3550	1.5690	1.2960
11500	1.3735	1.5735	1.3076
11600	1.3864	1.5883	1.3235
11700	1.3920	1.6017	1.3360
11800	1.4173	1.6251	1.3683
11900	1.4250	1.6314	1.3825
12000	1.4535	1.6503	1.4040
12100	1.5004	1.6785	1.4586
12200	1.5520	1.6828	1.4732
12250	1.6145	1.7130	1.5850

Sumber : Data Penelitian, 2004

Tegangan Lentur,

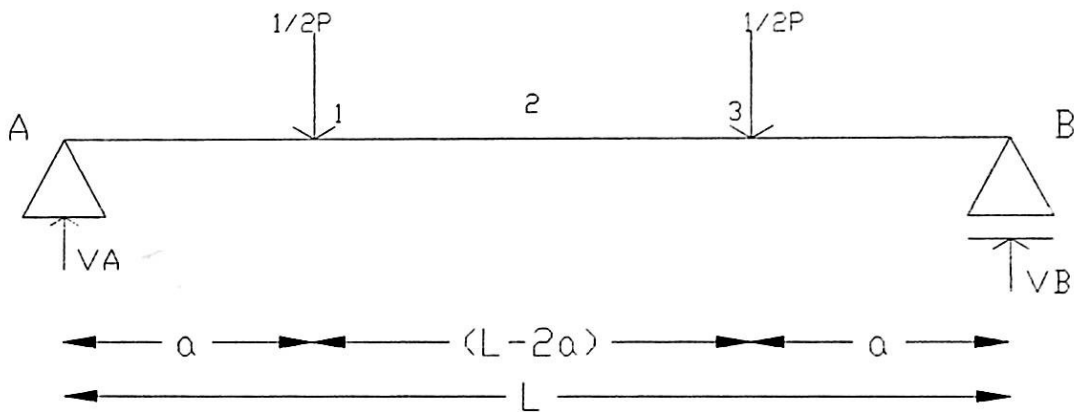
$$\sigma = \frac{M}{w} \dots\dots\dots(4.3)$$

dimana :

σ = Tegangan lentur (kg/cm^2)

M = Besarnya momen maksimum (kg/cm)

w = Momen perlawanan (cm^3)



Gambar 4.23 Reaksi Perletakan

Sehingga momen maksimum :

$$M_{\max} = \frac{1}{2} P a$$

Untuk momen perlawanan ditentukan dengan rumus :

$$W = \frac{1}{6} b h^2 \dots\dots\dots(4.4)$$

Jika persamaan 4.3 disubstitusikan ke persamaan 4.4, maka didapat :

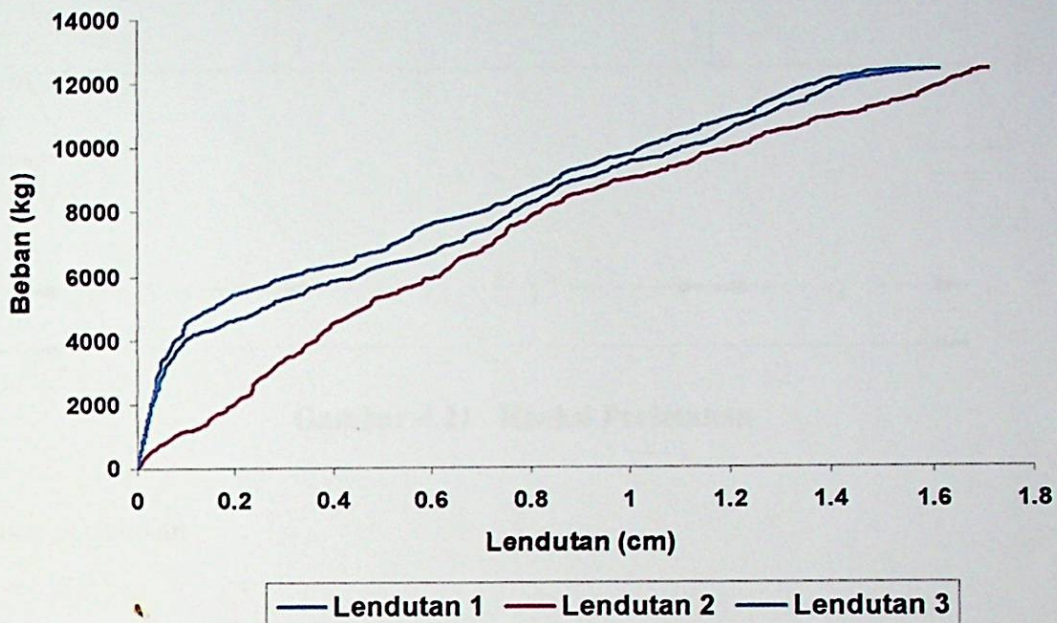
$$\sigma = \frac{M}{w}$$

$$\sigma = \frac{\frac{1}{2} P a}{\frac{1}{6} b h^2}$$

Maka didapat MOR :

$$\text{MOR} = \frac{3 P a}{b h^2} \dots\dots\dots(4.5)$$

Benda Uji Balok Kayu No. 13

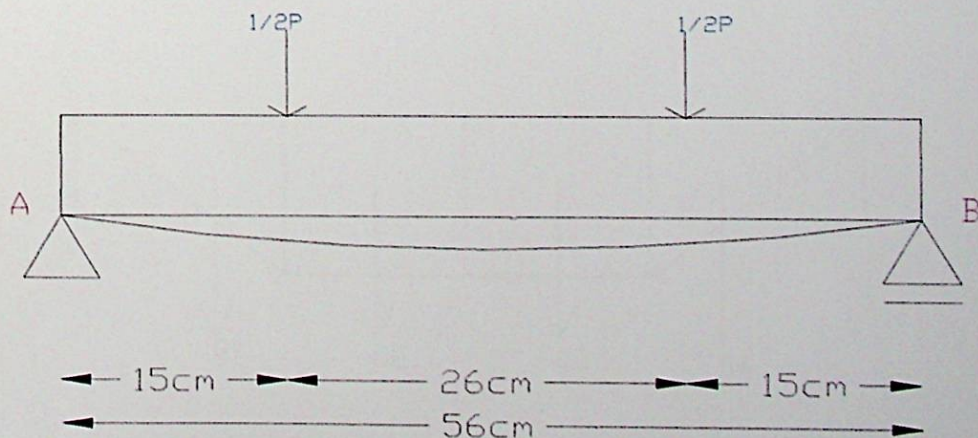


Gambar 4.19 Grafik Hubungan Antara Pembebanan (kg) dengan Defleksi (cm) Benda Uji Balok Kayu No. 13

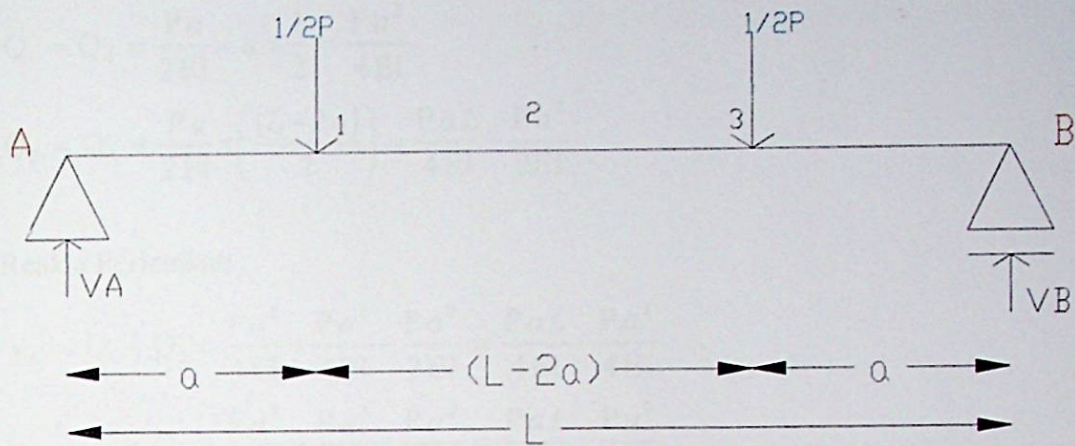
4.3 Analisa Data secara Mekanika Teknik

4.3.1 Penurunan Rumus Lendutan

Untuk lebih memperkuat hasil dari penelitian, maka data lendutan pada pengujian di laboratorium dibandingkan secara mekanika teknik. Berikut di bawah ini dijelaskan penurunan rumus lendutan yang terjadi di tengah bentang (26 cm) dan pada jarak 15 cm dari tengah bentang.



Gambar 4.20 Skema Pembebanan



Gambar 4.21 Reaksi Perletakan

Reaksi perletakan :

$$V_A = \frac{1}{2} P$$

$$V_B = \frac{1}{2} P$$

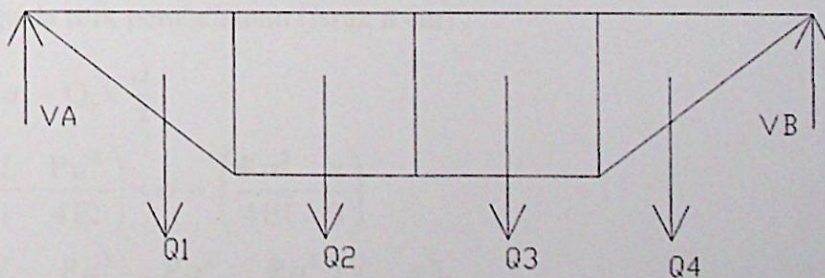
Menentukan momen maksimum :

$$M_x = V_A \cdot x$$

$$x = 0 \quad M_x = 0$$

$$x = a \quad M_x = \frac{1}{2} P_a$$

Dengan teori momen sebagai beban, digunakan untuk mencari lendutan di tengah-tengah perletakan.



Gambar 4.22 Momen sebagai beban

$$Q_1 = Q_4 = \frac{Pa}{2EI} \times a \times \frac{1}{2} = \frac{Pa^2}{4EI}$$

$$Q_2 = Q_3 = \frac{Pa}{2EI} \times \left(\frac{L-2a}{2} \right) = \frac{PaL}{4EI} - \frac{Pa^2}{2EI}$$

Reaksi Perletakan :

$$V_A = Q_1 + Q_2 = \frac{Pa^2}{4EI} + \frac{Pa^2}{4EI} - \frac{Pa^2}{2EI} = \frac{PaL}{4EI} - \frac{Pa^2}{4EI}$$

$$V_B = Q_3 + Q_4 = \frac{Pa^2}{4EI} + \frac{Pa^2}{4EI} - \frac{Pa^2}{2EI} = \frac{PaL}{4EI} - \frac{Pa^2}{4EI}$$

Maka, lendutan di tengah perletakan :

$$\begin{aligned} \delta_2 &= V_A \left(\frac{L}{2} \right) - Q_1 \left(\frac{a}{3} + \left(\frac{L}{2} - a \right) \right) - Q_2 \left(\frac{1}{2} + \left(\frac{L}{2} - a \right) \right) \\ &= \left(\frac{PaL}{4EI} - \frac{Pa^2}{4EI} \right) \frac{L}{2} - \frac{Pa^2}{4EI} \left(\frac{L}{2} + \frac{2a}{3} \right) - \left(\left(\frac{PaL}{4EI} - \frac{Pa^2}{2EI} \right) \cdot \left(\frac{L}{4} - \frac{a}{2} \right) \right) \\ &= \left(\frac{PaL^2}{8EI} - \frac{Pa^2L}{8EI} \right) - \left(\frac{Pa^2L}{8EI} - \frac{2Pa^3}{12EI} \right) - \left(\frac{PaL^2}{16EI} - \frac{Pa^2L}{8EI} - \frac{Pa^2L}{8EI} + \frac{Pa^3}{4EI} \right) \\ &= \frac{PaL^2}{8EI} - \frac{Pa^2L}{8EI} - \frac{Pa^2L}{8EI} + \frac{2Pa^3}{12EI} - \frac{PaL^2}{16EI} + \frac{Pa^2L}{8EI} + \frac{Pa^2L}{8EI} - \frac{Pa^3}{4EI} \\ &= \frac{PaL^2}{8EI} - \frac{PaL^2}{16EI} - \frac{Pa^2L}{8EI} - \frac{Pa^2L}{8EI} + \frac{PaL^2}{8EI} + \frac{Pa^2L}{8EI} + \frac{Pa^3}{6EI} - \frac{Pa^3}{4EI} \\ \delta_2 &= \frac{3PaL^2 - 4Pa^3}{48EI} = \frac{Pa}{48EI} (3L^2 - 4a^2) \dots \dots \dots (4.1) \end{aligned}$$

Lendutan pada titik pembebanan (jarak a cm) :

$$\begin{aligned} \delta_1 &= V_A \times a - Q_1 \times \frac{a}{3} \\ &= \left(\frac{PaL}{4EI} - \frac{Pa^2}{4EI} \right) \times a - \left(\frac{Pa^2}{4EI} - \frac{a}{3} \right) \\ \delta_1 &= \frac{Pa^2L}{4EI} - \frac{Pa^3}{4EI} - \frac{Pa^3}{12EI} = \frac{Pa^2}{EI} \left(\frac{L}{4} - \frac{a}{3} \right) \dots \dots \dots (4.2) \end{aligned}$$

4.3.2 Perbandingan nilai Lendutan secara Teoritis dengan Lendutan Hasil pengujian

Diketahui :

$$E = 130631,7419 \text{ kg/cm}^2$$

$$\begin{aligned} I &= \frac{1}{12}bh^3 \\ &= \frac{1}{12}(8\text{cm})(12\text{cm})^3 \\ &= 1152 \text{ cm}^4 \end{aligned}$$

$$a = 15 \text{ cm}$$

$$L = 56 \text{ cm}$$

Berdasarkan rumus (4.1) maka lendutan pada tengah perletakan :

$$\begin{aligned} \delta &= \frac{Pa}{48EI}(3L^2 - 4a^2) \\ &= \frac{10635P}{4EI} \end{aligned}$$

Berdasarkan rumus (4.2) maka lendutan di titik pembebanan :

$$\begin{aligned} \delta &= \frac{Pa^2}{EI} \left(\frac{L}{4} - \frac{a}{3} \right) \\ &= \frac{24300P}{12EI} \end{aligned}$$

Selisih lendutan teoritis dengan lendutan pengujian :

$$\delta_1 = \left(\frac{(\delta_1 \text{ pengujian} - \delta_1 \text{ teoritis})}{\delta_1 \text{ teoritis}} \times 100 \right) \%$$

$$\delta_2 = \left(\frac{(\delta_2 \text{ pengujian} - \delta_2 \text{ teoritis})}{\delta_2 \text{ teoritis}} \times 100 \right) \%$$

$$\delta_3 = \left(\frac{(\delta_3 \text{ pengujian} - \delta_3 \text{ teoritis})}{\delta_3 \text{ teoritis}} \times 100 \right) \%$$

1. Persentase Selisih Balok No. 11

Tabel 4.12 Balok No. 11

Beban (kg)	Lendutan Teoritis			Lendutan Pengujian			Selisih (%)		
	δ_1	δ_2	δ_3	δ_1	δ_2	δ_3	δ_1	δ_2	δ_3
0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
100	0.00135	0.00177	0.00135	0.0020	0.0085	0.0015	0.481481	3.802260	0.111111
200	0.00269	0.00353	0.00269	0.0051	0.0109	0.0043	0.895911	2.087819	0.598513
300	0.00404	0.00530	0.00404	0.0084	0.0146	0.0076	1.079206	1.754717	0.881188
400	0.00538	0.00707	0.00538	0.0158	0.0265	0.0135	1.936803	2.748232	1.509294
500	0.00673	0.00883	0.00673	0.0194	0.0428	0.0109	1.882615	3.847112	1.511144
600	0.00807	0.01060	0.00807	0.0230	0.0447	0.0204	1.850062	3.216981	1.527881
700	0.00942	0.01237	0.00942	0.0275	0.0495	0.0248	1.919321	3.001617	1.632696
800	0.01076	0.01413	0.01076	0.0283	0.0531	0.0260	1.630112	2.757962	1.416357
900	0.01211	0.01590	0.01211	0.0304	0.0672	0.0295	1.510322	3.226415	1.436003
1000	0.01346	0.01767	0.01346	0.0347	0.0715	0.0317	1.578009	3.046406	1.355126
1100	0.01480	0.01943	0.01480	0.0372	0.0869	0.0339	1.513514	3.472465	1.290541
1200	0.01615	0.02120	0.01615	0.0380	0.0975	0.0368	1.352941	3.599057	1.278638
1300	0.01749	0.02297	0.01749	0.0400	0.1115	0.0390	1.287021	3.854158	1.229846
1400	0.01884	0.02473	0.01884	0.0425	0.1206	0.0397	1.255839	3.876668	1.107219
1500	0.02018	0.02650	0.02018	0.0438	0.1395	0.0416	1.170466	4.264151	1.061447
1600	0.02153	0.02827	0.02153	0.0456	0.1583	0.0439	1.117975	4.599576	1.039015
1700	0.02288	0.03003	0.02288	0.0472	0.1682	0.0445	1.062937	4.601066	0.944930
1800	0.02422	0.03180	0.02422	0.0490	0.1791	0.0463	1.023121	4.632075	0.911643
1900	0.02557	0.03357	0.02557	0.0526	0.1834	0.0482	1.057098	4.463211	0.885022
2000	0.02691	0.03534	0.02691	0.0554	0.1924	0.0512	1.058714	4.444256	0.902638
2100	0.02826	0.03710	0.02826	0.0578	0.2173	0.0525	1.045294	4.857143	0.857749
2200	0.02960	0.03887	0.02960	0.0590	0.2214	0.0548	0.993243	4.695909	0.851351
2300	0.03095	0.04064	0.03095	0.0614	0.2287	0.0563	0.983845	4.627461	0.819063
2400	0.03229	0.04240	0.03229	0.0657	0.2359	0.0580	1.034686	4.563679	0.796222
2500	0.03364	0.04417	0.03364	0.0670	0.2430	0.0627	0.991677	4.501472	0.863853
2600	0.03499	0.04594	0.03499	0.0685	0.2497	0.0643	0.957702	4.435350	0.837668
2700	0.03633	0.04770	0.03633	0.0752	0.2605	0.0665	1.069915	4.461216	0.830443
2800	0.03768	0.04947	0.03768	0.0796	0.2683	0.0670	1.112527	4.423489	0.778132

Beban (kg)	Lendutan Teoritis			Lendutan Pengujian			Selisih (%)		
	δ_1	δ_2	δ_3	δ_1	δ_2	δ_3	δ_1	δ_2	δ_3
2900	0.03902	0.05124	0.03902	0.0832	0.2754	0.0694	1.132240	4.374707	0.778575
3000	0.04037	0.05300	0.04037	0.0865	0.2898	0.0731	1.142680	4.467925	0.810751
3100	0.04171	0.05477	0.04171	0.0890	0.2972	0.0754	1.133781	4.426328	0.807720
3200	0.04306	0.05654	0.04306	0.0948	0.3168	0.0779	1.201579	4.603113	0.809104
3300	0.04441	0.05830	0.04441	0.0975	0.3305	0.0786	1.195451	4.668954	0.769872
3400	0.04575	0.06007	0.04575	0.1268	0.3472	0.0803	1.771585	4.779923	0.755191
3500	0.04710	0.06184	0.04710	0.1305	0.3505	0.0856	1.770701	4.667853	0.817410
3600	0.04844	0.06360	0.04844	0.1539	0.3580	0.0880	2.177126	4.628931	0.816680
3700	0.04979	0.06537	0.04979	0.1674	0.3641	0.0943	2.362121	4.569833	0.893955
3800	0.05113	0.06717	0.05113	0.1855	0.3782	0.0978	2.628007	4.633006	0.912771
3900	0.05248	0.06890	0.05248	0.1987	0.3805	0.1034	2.786204	4.522496	0.970274
4000	0.05382	0.07067	0.05382	0.2260	0.4085	0.1269	3.199182	4.780388	1.357860
4100	0.05517	0.07244	0.05517	0.2437	0.4201	0.1352	3.417256	4.799282	1.450607
4200	0.05652	0.07420	0.05652	0.2540	0.4350	0.1490	3.493987	4.862534	1.636235
4300	0.05786	0.07597	0.05786	0.2683	0.4392	0.1764	3.637055	4.781229	2.048738
4400	0.05921	0.07774	0.05921	0.2759	0.4560	0.1835	3.659686	4.865706	2.099139
4500	0.06055	0.07950	0.06055	0.2872	0.4700	0.2097	3.743187	4.911950	2.463257
4600	0.06190	0.08127	0.06190	0.2935	0.4821	0.2248	3.741519	4.932078	2.631664
4700	0.06324	0.08304	0.06324	0.3086	0.4895	0.2305	3.879823	4.984750	2.644845
4800	0.06459	0.08480	0.06459	0.3127	0.5008	0.2562	3.541307	4.905660	2.966558
4900	0.06594	0.08657	0.06594	0.3269	0.5126	0.2643	3.957537	4.921220	3.008189
5000	0.06728	0.08834	0.06728	0.3350	0.5325	0.2782	3.979191	4.027847	3.134958
5100	0.06863	0.09010	0.06863	0.3447	0.5500	0.2850	4.022585	4.104329	3.152703
5200	0.06997	0.09187	0.06997	0.3690	0.5574	0.2937	4.273689	4.067269	3.197513
5300	0.07132	0.09364	0.07132	0.3756	0.5621	0.3165	4.266405	4.002777	3.437745
5400	0.07266	0.09540	0.07266	0.3834	0.5650	0.3371	4.276631	4.922432	3.639416
5500	0.07401	0.09717	0.07401	0.3970	0.5700	0.3440	4.364140	4.866008	3.648021
5600	0.07535	0.09894	0.07535	0.4158	0.5927	0.3696	4.518248	4.990499	3.905109
5700	0.07670	0.10071	0.07670	0.4263	0.6013	0.3723	4.558018	4.970609	3.853977
5800	0.07805	0.10247	0.07805	0.4394	0.6150	0.3874	4.629725	4.001757	3.963485
5900	0.07939	0.10424	0.07939	0.4507	0.6274	0.3936	4.677037	5.018803	3.957803
6000	0.08074	0.10601	0.08074	0.4775	0.6355	0.4009	4.914045	4.994717	3.965321
6100	0.08208	0.10777	0.08208	0.4840	0.6582	0.4154	4.896686	5.107451	4.060916

Beban (kg)	Lendutan Teoritis			Lendutan Pengujian			Selisih (%)		
	δ_1	δ_2	δ_3	δ_1	δ_2	δ_3	δ_1	δ_2	δ_3
6200	0.08343	0.10954	0.08343	0.4985	0.6609	0.4278	4.975069	5.033412	4.127652
6300	0.08477	0.11131	0.08477	0.5047	0.6783	0.4425	4.953757	5.093792	4.220007
6400	0.08612	0.11307	0.08612	0.5265	0.6808	0.4660	5.113562	5.021049	4.411054
6500	0.08747	0.11484	0.08747	0.5382	0.6974	0.4739	5.152967	5.072797	4.417858
6600	0.08881	0.11661	0.08881	0.5417	0.7340	0.4864	5.099538	5.294486	4.476861
6700	0.09016	0.11837	0.09016	0.5639	0.7465	0.4955	5.254437	5.306497	4.495785
6800	0.09150	0.12014	0.09150	0.5740	0.7608	0.5172	5.273224	5.332612	4.652459
6900	0.09285	0.12191	0.09285	0.5783	0.7662	0.5240	5.228325	5.284964	4.643511
7000	0.09419	0.12367	0.09419	0.5862	0.7700	0.5396	5.223591	5.226247	4.728846
7100	0.09554	0.12544	0.09554	0.6077	0.7863	0.5459	5.360687	5.268335	4.713837
7200	0.09688	0.12721	0.09688	0.6241	0.7905	0.5537	5.441990	5.214134	4.715318
7300	0.09823	0.12897	0.09823	0.6385	0.8201	0.5630	5.500051	5.358843	4.731447
7400	0.09958	0.13074	0.09958	0.6438	0.8365	0.5748	5.465154	5.398195	4.772243
7500	0.10092	0.13251	0.10092	0.6487	0.8420	0.5773	5.427864	5.354237	4.720373
7600	0.10227	0.13427	0.10227	0.6650	0.8674	0.5856	5.502396	5.460118	4.726019
7700	0.10361	0.13604	0.10361	0.6749	0.8902	0.5942	5.513850	5.543664	4.737968
7800	0.10496	0.13781	0.10496	0.6805	0.9155	0.6385	5.483422	5.643204	5.083270
7900	0.10630	0.13957	0.10630	0.6976	0.9247	0.6550	5.562559	5.625349	5.161806
8000	0.10765	0.14134	0.10765	0.7251	0.9340	0.6726	5.735718	5.608179	5.248026
8100	0.10900	0.14311	0.10900	0.7348	0.9369	0.6849	5.741284	5.546712	5.283486
8200	0.11034	0.14487	0.11034	0.7490	0.9605	0.6883	5.788109	5.630082	5.237992
8300	0.11169	0.14664	0.11169	0.7625	0.9748	0.6967	5.826932	5.647572	5.237801
8400	0.11303	0.14841	0.11303	0.7668	0.9792	0.7035	5.784040	5.597938	5.224011
8500	0.11438	0.15017	0.11438	0.7759	0.9950	0.7384	5.783529	5.625824	5.455674
8600	0.11572	0.15194	0.11572	0.7803	1.0274	0.7490	5.743000	5.761880	5.472520
8700	0.11707	0.15371	0.11707	0.7986	1.0350	0.7665	5.821560	5.733459	5.547365
8800	0.11841	0.15547	0.11841	0.8031	1.0572	0.7673	5.782366	5.800026	5.480027
8900	0.11976	0.15724	0.11976	0.8275	1.0691	0.7782	5.909653	5.799161	5.497996
9000	0.12111	0.15901	0.12111	0.8462	1.0965	0.7820	5.987037	5.895793	5.456940
9100	0.12245	0.16077	0.12245	0.8649	1.1040	0.7946	6.063291	5.866953	5.489179
9200	0.12380	0.16254	0.12380	0.8760	1.1375	0.8195	6.075929	5.998277	5.619548
9300	0.12514	0.16431	0.12514	0.8835	1.1403	0.8243	6.060093	5.939931	5.587023
9400	0.12649	0.16607	0.12649	0.8894	1.1469	0.8307	6.031386	5.906124	5.567318

Beban (kg)	Lendutan Teoritis			Lendutan Pengujian			Selisih (%)		
	δ_1	δ_2	δ_3	δ_1	δ_2	δ_3	δ_1	δ_2	δ_3
9500	0.12783	0.16787	0.12783	0.8950	1.1546	0.8456	6.001486	5.879171	5.615036
9600	0.12918	0.16961	0.12918	0.9046	1.1590	0.8430	6.002632	5.833324	5.525778
9700	0.13053	0.7138	0.13053	0.9140	1.1603	0.8509	6.002222	5.770335	5.518808
9800	0.13187	0.17314	0.13187	0.9272	1.1749	0.8654	6.031167	5.785838	5.562524
9900	0.13322	0.17491	0.13322	0.9369	1.1850	0.8763	6.032728	5.774913	5.577841
10000	0.13456	0.17668	0.13456	0.9681	1.1983	0.8928	6.194560	5.782318	5.634958
10100	0.13591	0.17844	0.13591	0.9736	1.2180	0.9176	6.163564	5.825824	5.751527
10200	0.13725	0.18021	0.13725	0.9894	1.2347	0.9390	6.208743	5.851451	5.841530
10300	0.13860	0.18198	0.13860	1.0225	1.2509	0.9445	6.377345	5.873832	5.814574
10400	0.13994	0.18374	0.13994	1.0478	1.2674	0.9586	6.487495	5.897790	5.850079
10500	0.14129	0.18551	0.14129	1.0645	1.2810	0.9630	6.534150	5.905288	5.815769
10600	0.14264	0.18728	0.14264	1.0770	1.3176	0.9878	6.550477	6.035455	5.925126
10700	0.14398	0.18904	0.14398	1.0927	1.3509	1.0153	6.589249	6.146107	6.051674
10800	0.14533	0.19081	0.14533	1.1294	1.3725	1.0429	6.771279	6.193019	6.176082
10900	0.14667	0.19258	0.14667	1.1373	1.3904	1.0648	6.754142	6.219857	6.259835
11000	0.14802	0.19434	0.14802	1.1526	1.4357	1.0736	6.786786	6.387568	6.253074
11100	0.14936	0.19611	0.14936	1.1651	1.4409	1.0970	6.800616	6.347407	6.344671
11200	0.15071	0.19788	0.15071	1.1880	1.4750	1.1352	6.882689	6.454013	6.532347
11300	0.15206	0.19964	0.15206	1.1946	1.4873	1.1434	6.856109	6.449910	6.519400
11400	0.15340	0.20141	0.15340	1.2130	1.4945	1.1581	6.907432	6.420188	6.549544
11500	0.15475	0.20318	0.15475	1.2495	1.5203	1.1790	7.074313	6.482528	6.618740
11600	0.15609	0.20494	0.15609	1.2737	1.5546	1.1835	7.160036	6.585635	6.582164
11700	0.15744	0.20671	0.15744	1.2826	1.5870	1.1972	7.146596	6.677422	6.604167
11800	0.15878	0.20848	0.15878	1.3440	1.6152	1.2081	7.464542	6.747506	6.608641
11900	0.16013	0.21024	0.16013	1.3738	1.6400	1.2156	7.579279	6.800609	6.591332
12000	0.16147	0.21201	0.16147	1.4692	1.6594	1.2430	8.098904	6.826989	6.698024
12100	0.16282	0.21378	0.16282	1.4750	1.6780	1.2576	8.059084	6.849191	6.723867
12200	0.16417	0.21554	0.16417	1.4896	1.6943	1.3334	8.073521	6.860722	7.122069
12300	0.16551	0.21731	0.16551	1.5441	1.7281	1.3895	8.329346	6.952234	7.395263
12400	0.16686	0.21908	0.16686	1.5663	1.7560	1.4508	8.386911	7.015337	7.694714
12500	0.16820	0.22084	0.16820	1.5805	1.7643	1.4755	8.396552	6.989042	7.772295
12600	0.16955	0.22261	0.16955	1.5948	1.7802	1.4984	8.406075	6.996945	7.837511
12700	0.17089	0.22438	0.17089	1.6572	1.8455	1.5236	8.697466	7.224886	7.915677

Beban (kg)	Lendutan Teoritis			Lendutan Pengujian			Selisih (%)		
	δ_1	δ_2	δ_3	δ_1	δ_2	δ_3	δ_1	δ_2	δ_3
12800	0.17224	0.22614	0.17224	1.6953	1.8930	1.5907	8.842661	7.370921	8.235369
12870	0.17318	0.22738	0.17318	1.7447	1.9500	1.6345	9.074489	7.575952	8.438157

Sumber : Data Penelitian, 2004

2. Persentase Selisih Balok No. 12

Tabel 4.13 Balok No. 12

Beban (kg)	Lendutan Teoritis			Lendutan Pengujian			Selisih (%)		
	δ_1	δ_2	δ_3	δ_1	δ_2	δ_3	δ_1	δ_2	δ_3
0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
100	0.00135	0.00177	0.00135	0.0005	0.0025	0.0011	0.629630	0.412429	0.185185
200	0.00269	0.00353	0.00269	0.0036	0.0078	0.0041	0.338290	1.209632	0.524164
300	0.00404	0.00530	0.00404	0.0089	0.0130	0.0095	1.202970	1.452830	1.351485
400	0.00538	0.00707	0.00538	0.0104	0.0274	0.0138	0.933086	2.875530	1.565056
500	0.00673	0.00883	0.00673	0.0165	0.0345	0.0194	1.451709	2.907135	1.882615
600	0.00807	0.01060	0.00807	0.0190	0.0420	0.0203	1.354399	2.962264	1.515489
700	0.00942	0.01237	0.00942	0.0205	0.0556	0.0225	1.176221	3.494745	1.388535
800	0.01076	0.01413	0.01076	0.0247	0.0728	0.0270	1.295539	4.152159	1.509294
900	0.01211	0.01590	0.01211	0.0283	0.0940	0.0292	1.336912	4.911950	1.411230
1000	0.01346	0.01767	0.01346	0.0298	0.1015	0.0355	1.213967	4.744199	1.637444
1100	0.01480	0.01943	0.01480	0.0317	0.1148	0.0384	1.141892	4.908389	1.594595
1200	0.01615	0.02120	0.01615	0.0335	0.1202	0.0390	1.074303	4.669811	1.414861
1300	0.01749	0.02297	0.01749	0.0379	0.1285	0.0474	1.166953	4.594253	1.710120
1400	0.01884	0.02473	0.01884	0.0385	0.1369	0.0539	1.043524	4.535786	1.860934
1500	0.02018	0.02650	0.02018	0.0440	0.1405	0.0580	1.180377	4.301887	1.874133
1600	0.02153	0.02827	0.02153	0.0486	0.1570	0.0657	1.257315	4.553590	2.051556
1700	0.02288	0.03003	0.02288	0.0563	0.1665	0.0776	1.460664	4.544456	2.391608
1800	0.02422	0.03180	0.02422	0.0625	0.1705	0.0832	1.580512	4.361635	2.435178
1900	0.02557	0.03357	0.02557	0.0680	0.1853	0.0948	1.659366	4.519809	2.707470
2000	0.02691	0.03534	0.02691	0.0753	0.1916	0.1105	1.798216	4.421619	3.106280
2100	0.02826	0.03710	0.02826	0.0849	0.2104	0.1273	2.004246	4.671159	3.504600
2200	0.02960	0.03887	0.02960	0.0963	0.2186	0.1394	2.253378	4.623874	3.709459

Beban (kg)	Lendutan Teoritis			Lendutan Pengujian			Selisih (%)		
	δ_1	δ_2	δ_3	δ_1	δ_2	δ_3	δ_1	δ_2	δ_3
2300	0.03095	0.04064	0.03095	0.1135	0.2255	0.1450	2.667205	4.548720	3.684976
2400	0.03229	0.04240	0.03229	0.1270	0.2371	0.1574	2.933106	4.591981	3.874574
2500	0.03364	0.04417	0.03364	0.1350	0.2412	0.1651	3.013080	4.460720	3.907848
2600	0.03499	0.04594	0.03499	0.1474	0.2560	0.1689	3.212632	4.572486	3.827093
2700	0.03633	0.04770	0.03633	0.1583	0.2648	0.1735	3.357280	4.551363	3.775667
2800	0.03768	0.04947	0.03768	0.1625	0.2775	0.1876	3.312633	4.609460	3.978769
2900	0.03902	0.05124	0.03902	0.1746	0.2890	0.1925	3.474628	4.640125	3.933368
3000	0.04037	0.05300	0.04037	0.1759	0.2946	0.1970	3.357196	4.558491	3.879861
3100	0.04171	0.05477	0.04171	0.1847	0.3005	0.2146	3.428195	4.486580	4.145049
3200	0.04306	0.05654	0.04306	0.1972	0.3159	0.2260	3.579656	4.587195	4.248490
3300	0.04441	0.05830	0.04441	0.2046	0.3230	0.2352	3.607070	4.540309	4.296104
3400	0.04575	0.06007	0.04575	0.2170	0.3292	0.2489	3.743169	4.480273	4.440437
3500	0.04710	0.06184	0.04710	0.2265	0.3355	0.2550	3.808917	4.425291	4.414013
3600	0.04844	0.06360	0.04844	0.2348	0.3474	0.2634	3.847234	4.462264	4.437655
3700	0.04979	0.06537	0.04979	0.2493	0.3530	0.2785	4.007030	4.400031	4.593493
3800	0.05113	0.06717	0.05113	0.2627	0.3685	0.2840	4.137884	4.488531	4.554469
3900	0.05248	0.06890	0.05248	0.2780	0.3760	0.2938	4.297256	4.457184	4.598323
4000	0.05382	0.07067	0.05382	0.2796	0.3880	0.3047	4.195095	4.490307	4.661464
4100	0.05517	0.07244	0.05517	0.2835	0.3954	0.3180	4.138662	4.458310	4.764002
4200	0.05652	0.07420	0.05652	0.2987	0.4180	0.3267	4.284855	4.633423	4.780255
4300	0.05786	0.07597	0.05786	0.3045	0.4279	0.3443	4.262703	4.632487	4.950570
4400	0.05921	0.07774	0.05921	0.3073	0.4435	0.3594	4.190002	4.704914	5.069921
4500	0.06055	0.07950	0.06055	0.3155	0.4580	0.3625	4.210570	4.761006	4.986788
4600	0.06190	0.08127	0.06190	0.3284	0.4653	0.3760	4.305331	4.725360	5.074313
4700	0.06324	0.08304	0.06324	0.3329	0.4784	0.3885	4.264073	4.761079	5.143264
4800	0.06459	0.08480	0.06459	0.3475	0.4830	0.3976	4.380090	4.695755	5.155752
4900	0.06594	0.08657	0.06594	0.3550	0.4895	0.3995	4.383682	654384	5.058538
5000	0.06728	0.08834	0.06728	0.3674	0.4940	0.4067	4.460761	4.592031	5.044887
5100	0.06863	0.09010	0.06863	0.3765	0.5085	0.4130	4.485939	4.643729	5.017776
5200	0.06997	0.09187	0.06997	0.3832	0.5120	0.4276	4.476633	4.573092	5.111191
5300	0.07132	0.09364	0.07132	0.3980	0.5203	0.4348	4.580482	4.556386	5.096467
5400	0.07266	0.09540	0.07266	0.4057	0.5296	0.4456	4.583540	4.551363	5.132673
5500	0.07401	0.09717	0.07401	0.4125	0.5340	0.4639	4.573571	4.495523	5.268072

Beban (kg)	Lendutan Teoritis			Lendutan Pengujian			Selisih (%)		
	δ_1	δ_2	δ_3	δ_1	δ_2	δ_3	δ_1	δ_2	δ_3
5600	0.07535	0.09894	0.07535	0.4264	0.5488	0.4725	4.658925	4.546796	5.270737
5700	0.07670	0.10071	0.07670	0.4378	0.5550	0.4964	4.707953	4.510873	5.471969
5800	0.07805	0.10247	0.07805	0.4440	0.5612	0.4970	4.688661	4.476725	5.367713
5900	0.07939	0.10424	0.07939	0.4596	0.5775	0.5136	4.789142	4.540100	5.469329
6000	0.08074	0.10601	0.08074	0.4632	0.5834	0.5250	4.736933	4.503254	5.502353
6100	0.08208	0.10777	0.08208	0.4785	0.5896	0.5328	4.829678	4.470910	5.491228
6200	0.08343	0.10954	0.08343	0.4950	0.5950	0.5643	4.813257	4.331806	5.763754
6300	0.08477	0.11131	0.08477	0.4942	0.6176	0.5675	4.829893	4.548468	5.694585
6400	0.08612	0.11307	0.08612	0.5094	0.6225	0.5853	4.915002	4.505439	5.796331
6500	0.08747	0.11484	0.08747	0.5160	0.6440	0.5928	4.899165	4.607802	5.777181
6600	0.08881	0.11661	0.08881	0.5225	0.6498	0.5939	4.883346	4.572421	5.687310
6700	0.09016	0.11837	0.09016	0.5337	0.6620	0.5974	4.919476	4.592633	5.625998
6800	0.09150	0.12014	0.09150	0.5412	0.6736	0.6305	4.914754	4.606792	5.890710
6900	0.09285	0.12191	0.09285	0.5694	0.6850	0.6464	5.132472	4.618899	5.961766
7000	0.09419	0.12367	0.09419	0.5776	0.6926	0.6537	5.132286	4.600388	5.940227
7100	0.09554	0.12544	0.09554	0.5858	0.6985	0.6586	5.131463	4.568399	5.893448
7200	0.09688	0.12721	0.09688	0.5918	0.7090	0.6604	5.108588	4.573461	5.816680
7300	0.09823	0.12897	0.09823	0.6062	0.7168	0.6749	5.171321	4.557882	5.870610
7400	0.09958	0.13074	0.09958	0.6144	0.7254	0.6855	5.169914	4.548417	5.883912
7500	0.10092	0.13251	0.10092	0.6226	0.7362	0.6870	5.169243	4.555807	5.807372
7600	0.10227	0.13427	0.10227	0.6408	0.7415	0.6936	5.265747	4.522455	5.782048
7700	0.10361	0.13604	0.10361	0.6763	0.7760	0.7081	5.527362	4.704205	5.834282
7800	0.10496	0.13781	0.10496	0.6894	0.7826	0.7163	5.368216	4.678833	5.824505
7900	0.10630	0.13957	0.10630	0.6976	0.7932	0.7225	5.562559	4.683170	5.796802
8000	0.10765	0.14134	0.10765	0.7058	0.8275	0.7348	5.556433	4.854677	5.825824
8100	0.10900	0.14311	0.10900	0.7106	0.8340	0.7550	5.519266	4.827685	5.926606
8200	0.11034	0.14487	0.11034	0.7242	0.8565	0.7589	5.563350	4.912197	5.877832
8300	0.11169	0.14664	0.11169	0.7324	0.8648	0.7636	5.557436	4.897436	5.836780
8400	0.11303	0.14841	0.11303	0.7488	0.8708	0.7879	5.624790	4.867529	5.970716
8500	0.11438	0.15017	0.11438	0.7550	0.8745	0.7925	5.600804	4.823400	5.928659
8600	0.11572	0.15194	0.11572	0.7674	0.8790	0.7950	5.631524	4.785178	5.870031
8700	0.11707	0.15371	0.11707	0.7756	0.8855	0.8037	5.625096	4.760848	5.865123
8800	0.11841	0.15547	0.11841	0.7846	0.8980	0.8185	5.626130	4.776034	5.912423

Beban (kg)	Lendutan Teoritis			Lendutan Pengujian			Selisih (%)		
	δ_1	δ_2	δ_3	δ_1	δ_2	δ_3	δ_1	δ_2	δ_3
8900	0.11976	0.15724	0.11976	0.7911	0.9156	0.8243	5.605711	4.822946	5.882933
9000	0.12111	0.15901	0.12111	0.8092	0.9200	0.8456	5.681529	4.785780	5.982082
9100	0.12245	0.16077	0.12245	0.8178	0.9372	0.8485	5.678644	4.829446	5.929359
9200	0.12380	0.16254	0.12380	0.8242	0.9446	0.8560	5.657512	4.811493	5.914378
9300	0.12514	0.16431	0.12514	0.8308	0.9531	0.8631	5.638964	4.800621	5.897075
9400	0.12649	0.16607	0.12649	0.8423	0.9583	0.8674	5.659024	4.770458	5.857459
9500	0.12783	0.16787	0.12783	0.8494	0.9807	0.8828	5.644763	4.843065	5.906047
9600	0.12918	0.16961	0.12918	0.8582	0.9936	0.9156	5.943443	4.858145	6.087784
9700	0.13053	0.7138	0.13053	0.8664	0.9974	0.9272	5.637555	4.819816	6.103348
9800	0.13187	0.17314	0.13187	0.8746	1.0116	0.9344	5.632289	4.842671	6.085766
9900	0.13322	0.17491	0.13322	0.8893	1.0270	0.9468	5.675424	4.871591	6.107041
10000	0.13456	0.17668	0.13456	0.8972	1.0345	0.9520	5.667658	4.855218	6.074911
10100	0.13591	0.17844	0.13591	0.9219	1.0439	0.9587	5.783165	4.850146	6.053933
10200	0.13725	0.18021	0.13725	0.9454	1.0506	0.9755	5.888160	4.829865	6.107468
10300	0.13860	0.18198	0.13860	0.9521	1.0574	0.9932	5.869406	4.810529	6.165945
10400	0.13994	0.18374	0.13994	0.9603	1.0665	1.0175	6.849078	4.804398	7.167786
10500	0.14129	0.18551	0.14129	0.9840	1.0738	1.0254	5.964399	4.788367	6.257414
10600	0.14264	0.18728	0.14264	0.9973	1.0825	1.0326	5.991727	4.780115	6.239204
10700	0.14398	0.18904	0.14398	1.0036	1.0880	1.0583	5.970413	4.755396	6.350326
10800	0.14533	0.19081	0.14533	1.0152	1.0954	1.0740	5.985481	4.740789	6.390078
10900	0.14667	0.19258	0.14667	1.0214	1.1347	1.0892	5.963933	4.892097	6.426195
11000	0.14802	0.19434	0.14802	1.0376	1.1590	1.0957	6.009864	4.963775	6.402378
11100	0.14936	0.19611	0.14936	1.0538	1.1765	1.1130	6.055437	4.999184	6.451794
11200	0.15071	0.19788	0.15071	1.0760	1.1836	1.1282	6.139540	4.981403	6.485900
11300	0.15206	0.19964	0.15206	1.0842	1.1950	1.1375	6.130080	4.985774	6.480600
11400	0.15340	0.20141	0.15340	1.0984	1.2070	1.1430	6.160365	4.992751	6.451108
11500	0.15475	0.20318	0.15475	1.1025	1.2284	1.1550	6.124394	5.045871	6.463651
11600	0.15609	0.20494	0.15609	1.1268	1.2475	1.1685	6.218912	5.087147	6.486066
11700	0.15744	0.20671	0.15744	1.1370	1.2628	1.1743	6.221799	5.109042	6.458714
11800	0.15878	0.20848	0.15878	1.1594	1.2770	1.1856	6.301927	5.125288	6.466935
11900	0.16013	0.21024	0.16013	1.1608	1.2797	1.1932	6.249110	5.086853	6.451446
12000	0.16147	0.21201	0.16147	1.1771	1.2865	1.2071	6.289899	5.068110	6.475692
12100	0.16282	0.21378	0.16282	1.1853	1.3209	1.2168	6.279818	5.178782	6.473283

Beban (kg)	Lendutan Teoritis			Lendutan Pengujian			Selisih (%)		
	δ_1	δ_2	δ_3	δ_1	δ_2	δ_3	δ_1	δ_2	δ_3
12200	0.16417	0.21554	0.16417	1.1986	1.3456	1.2220	6.300969	5.242925	6.443504
12300	0.16551	0.21731	0.16551	1.2142	1.3690	1.2695	6.336113	5.299756	6.670231
12400	0.16686	0.21908	0.16686	1.2358	1.3825	1.2732	6.406209	5.310480	6.630349
12500	0.16820	0.22084	0.16820	1.2406	1.3887	1.2840	6.375743	5.288263	6.633769
12600	0.16955	0.22261	0.16955	1.2530	1.3948	1.3085	6.390150	5.265666	6.717487
12700	0.17089	0.22438	0.17089	1.2628	1.4230	1.3261	6.389549	5.341920	6.759963
12800	0.17224	0.22614	0.17224	1.2630	1.4378	1.3427	6.332791	5.358008	6.795518
12900	0.17359	0.22791	0.17359	1.2674	1.4550	1.3550	6.301112	5.384099	6.805749
13000	0.17493	0.22968	0.17493	1.2780	1.4646	1.3743	6.305779	5.376698	6.856285
13100	0.17628	0.23144	0.17628	1.3243	1.4782	1.3868	6.512480	5.386969	6.867030
13200	0.17762	0.23321	0.17762	1.3402	1.4900	1.3980	6.545321	5.389091	6.870735
13300	0.17897	0.23498	0.17897	1.3574	1.5535	1.4335	6.584511	5.611201	7.009722
13400	0.18031	0.23675	0.18031	1.3766	1.5673	1.4570	6.634629	5.620063	7.080528
13500	0.18166	0.23851	0.18166	1.3945	1.5784	1.4645	6.676428	5.617752	7.061764
13600	0.18300	0.24028	0.18300	1.4532	1.5905	1.4827	6.940984	5.619361	7.102186
13700	0.18435	0.24205	0.18435	1.4711	1.6496	1.5160	6.979929	5.815121	7.223488
13800	0.18570	0.24381	0.18570	1.4924	1.6805	1.5583	7.036618	5.892662	7.391492
13900	0.18704	0.24558	0.18704	1.5350	1.7545	1.6225	7.206801	6.144311	7.674615
13930	0.18745	0.24611	0.18745	1.5894	1.8732	1.6870	7.479061	6.611231	7.999737

Sumber : Data Penelitian, 2004

3. Persentase Selisih Balok No. 13

Tabel 4.14 Balok No. 13

Beban (kg)	Lendutan Teoritis			Lendutan Pengujian			Selisih (%)		
	δ_1	δ_2	δ_3	δ_1	δ_2	δ_3	δ_1	δ_2	δ_3
0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
100	0.00135	0.00177	0.00135	0.0016	0.0061	0.0023	0.185185	2.446328	0.703703
200	0.00269	0.00353	0.00269	0.0029	0.0094	0.0032	0.078067	1.662890	0.189591
300	0.00404	0.00530	0.00404	0.0047	0.0138	0.0044	0.163366	1.603774	0.089109
400	0.00538	0.00707	0.00538	0.0065	0.0194	0.0063	0.208178	1.743989	0.171004
500	0.00673	0.00883	0.00673	0.0081	0.0278	0.0078	0.203566	2.148358	0.158990

Beban (kg)	Lendutan Teoritis			Lendutan Pengujian			Selisih (%)		
	δ_1	δ_2	δ_3	δ_1	δ_2	δ_3	δ_1	δ_2	δ_3
600	0.00807	0.01060	0.00807	0.0095	0.0383	0.0092	0.177200	2.613208	0.140025
700	0.00942	0.01237	0.00942	0.0110	0.0463	0.0106	0.167728	2.742926	0.125265
800	0.01076	0.01413	0.01076	0.0126	0.0575	0.0119	0.171004	3.069356	0.105948
900	0.01211	0.01590	0.01211	0.0144	0.0689	0.0135	0.189100	3.333333	0.114781
1000	0.01346	0.01767	0.01346	0.0162	0.0768	0.0150	0.203566	3.346350	0.114413
1100	0.01480	0.01943	0.01480	0.0178	0.0893	0.0163	0.202703	3.595986	0.101351
1200	0.01615	0.02120	0.01615	0.0185	0.1124	0.0171	0.145511	4.301887	0.058824
1300	0.01749	0.02297	0.01749	0.0199	0.1273	0.0185	0.137793	4.542011	0.057747
1400	0.01884	0.02473	0.01884	0.0218	0.1423	0.0202	0.157113	4.754145	0.072187
1500	0.02018	0.02650	0.02018	0.0224	0.1456	0.0236	0.110010	4.494340	0.169475
1600	0.02153	0.02827	0.02153	0.0247	0.1525	0.0250	0.147236	4.394411	0.161170
1700	0.02288	0.03003	0.02288	0.0253	0.1648	0.0267	0.105769	4.487845	0.166958
1800	0.02422	0.03180	0.02422	0.0279	0.1797	0.0274	0.151941	4.650943	0.131296
1900	0.02557	0.03357	0.02557	0.0295	0.1832	0.0285	0.153696	4.457254	0.114587
2000	0.02691	0.03534	0.02691	0.0308	0.1981	0.0293	0.144556	4.605546	0.088815
2100	0.02826	0.03710	0.02826	0.0327	0.2043	0.0315	0.157113	4.506739	0.114650
2200	0.02960	0.03887	0.02960	0.0364	0.2133	0.0330	0.229730	4.487523	0.114865
2300	0.03095	0.04064	0.03095	0.0383	0.2290	0.0347	0.237480	4.634843	0.121163
2400	0.03229	0.04240	0.03229	0.0390	0.2318	0.0353	0.207804	4.466981	0.093218
2500	0.03364	0.04417	0.03364	0.0436	0.2367	0.0368	0.296076	4.358841	0.093936
2600	0.03499	0.04594	0.03499	0.0450	0.2383	0.0370	0.286082	4.187201	0.057445
2700	0.03633	0.04770	0.03633	0.0467	0.2436	0.0388	0.285439	4.106918	0.067988
2800	0.03768	0.04947	0.03768	0.0495	0.2493	0.0394	0.313694	4.039418	0.045648
2900	0.03902	0.05124	0.03902	0.0520	0.2645	0.0425	0.332650	4.161983	0.089185
3000	0.04037	0.05300	0.04037	0.0548	0.2705	0.0457	0.357444	4.103774	0.132029
3100	0.04171	0.05477	0.04171	0.0563	0.2784	0.0474	0.349796	4.083075	0.136418
3200	0.04306	0.05654	0.04306	0.0597	0.2854	0.0486	0.386438	4.047754	0.128658
3300	0.04441	0.05830	0.04441	0.0654	0.2969	0.0495	0.472641	4.092624	0.114614
3400	0.04575	0.06007	0.04575	0.0680	0.3024	0.0531	0.486339	4.034127	0.160656
3500	0.04710	0.06184	0.04710	0.0732	0.3180	0.0578	0.554140	4.142303	0.227176
3600	0.04844	0.06360	0.04844	0.0765	0.3273	0.0614	0.579273	4.146226	0.267547
3700	0.04979	0.06537	0.04979	0.0784	0.3381	0.0650	0.574613	4.172097	0.305483
3800	0.05113	0.06717	0.05113	0.0855	0.3425	0.0693	0.672208	4.101281	0.355369

Beban (kg)	Lendutan Teoritis			Lendutan Pengujian			Selisih (%)		
	δ_1	δ_2	δ_3	δ_1	δ_2	δ_3	δ_1	δ_2	δ_3
3900	0.05248	0.06890	0.05248	0.0937	0.3514	0.0745	0.785442	4.100145	0.419588
4000	0.05382	0.07067	0.05382	0.0972	0.3640	0.0782	0.806020	4.150700	0.452991
4100	0.05517	0.07244	0.05517	0.1085	0.3699	0.0864	0.966649	4.106295	0.566069
4200	0.05652	0.07420	0.05652	0.1134	0.3750	0.0930	1.006369	4.053908	0.645435
4300	0.05786	0.07597	0.05786	0.1456	0.3828	0.0947	1.516419	4.038831	0.636709
4400	0.05921	0.07774	0.05921	0.1640	0.3932	0.0959	1.769802	4.057885	0.619659
4500	0.06055	0.07950	0.06055	0.1783	0.3979	0.0983	1.944674	4.005031	0.623452
4600	0.06190	0.08127	0.06190	0.1865	0.4158	0.1034	2.012924	4.116279	0.670436
4700	0.06324	0.08304	0.06324	0.2210	0.4290	0.1156	2.494624	4.166185	0.827957
4800	0.06459	0.08480	0.06459	0.2347	0.4378	0.1290	2.633689	4.162736	0.997213
4900	0.06594	0.08657	0.06594	0.2460	0.4523	0.1347	2.730664	4.224674	1.042766
5000	0.06728	0.08834	0.06728	0.2535	0.4672	0.1560	2.767836	4.288657	1.318668
5100	0.06863	0.09010	0.06863	0.2784	0.4754	0.1635	3.056535	4.276360	1.382340
5200	0.06997	0.09187	0.06997	0.2817	0.4820	0.1782	3.026011	4.246544	1.546806
5300	0.07132	0.09364	0.07132	0.3105	0.4949	0.1876	3.353617	4.285135	1.630398
5400	0.07266	0.09540	0.07266	0.3372	0.5286	0.1954	3.640793	4.540881	1.689238
5500	0.07401	0.09717	0.07401	0.3463	0.5312	0.2220	3.679074	4.466708	1.999595
5600	0.07535	0.09894	0.07535	0.3504	0.5572	0.2446	3.650299	4.631696	2.246184
5700	0.07670	0.10071	0.07670	0.3830	0.5788	0.2690	3.993481	4.747195	2.507171
5800	0.07805	0.10247	0.07805	0.3952	0.5824	0.2735	4.063421	4.683615	2.504164
5900	0.07939	0.10424	0.07939	0.4316	0.5933	0.2809	4.436453	4.691673	2.538229
6000	0.08074	0.10601	0.08074	0.4485	0.6170	0.3095	4.554867	4.820206	2.833292
6100	0.08208	0.10777	0.08208	0.4627	0.6218	0.3362	4.637183	4.769695	3.096004
6200	0.08343	0.10954	0.08343	0.4740	0.6348	0.3470	4.681410	4.795143	3.159175
6300	0.08477	0.11131	0.08477	0.4953	0.6423	0.3952	4.842869	4.770371	3.662027
6400	0.08612	0.11307	0.08612	0.5275	0.6489	0.4326	5.125174	4.738923	4.023223
6500	0.08747	0.11484	0.08747	0.5648	0.6552	0.4470	5.457071	4.705329	4.110324
6600	0.08881	0.11661	0.08881	0.5836	0.6763	0.4508	5.571332	4.799674	4.076005
6700	0.09016	0.11837	0.09016	0.6065	0.6981	0.4854	5.726930	4.897609	4.383762
6800	0.09150	0.12014	0.09150	0.6140	0.7042	0.5076	5.710383	4.861495	4.547541
6900	0.09285	0.12191	0.09285	0.6255	0.7193	0.5135	5.736672	4.900254	4.530425
7000	0.09419	0.12367	0.09419	0.6584	0.7287	0.5286	5.990126	4.892294	4.612061
7100	0.09554	0.12544	0.09554	0.6670	0.7318	0.5440	5.981369	4.833865	4.693950

Beban (kg)	Lendutan Teoritis			Lendutan Pengujian			Selisih (%)		
	δ_1	δ_2	δ_3	δ_1	δ_2	δ_3	δ_1	δ_2	δ_3
7200	0.09688	0.12721	0.09688	0.6708	0.7455	0.5563	5.924030	4.860388	4.742155
7300	0.09823	0.12897	0.09823	0.6880	0.7501	0.5608	6.003970	4.816081	4.709050
7400	0.09958	0.13074	0.09958	0.7134	0.7526	0.5714	6.164089	4.756463	4.738100
7500	0.10092	0.13251	0.10092	0.7258	0.7594	0.5835	6.191835	4.730888	4.781807
7600	0.10227	0.13427	0.10227	0.7360	0.7856	0.6064	6.196636	4.850897	4.929403
7700	0.10361	0.13604	0.10361	0.7445	0.7937	0.6420	6.185600	4.834313	5.196313
7800	0.10496	0.13781	0.10496	0.7586	0.8023	0.6673	6.227515	4.821784	5.357660
7900	0.10630	0.13957	0.10630	0.7632	0.8173	0.6950	6.179680	4.855843	5.538100
8000	0.10765	0.14134	0.10765	0.7750	0.8255	0.7184	6.199257	4.840526	5.673479
8100	0.10900	0.14311	0.10900	0.7871	0.8343	0.7235	6.221101	4.829781	5.637615
8200	0.11034	0.14487	0.11034	0.7945	0.8482	0.7402	6.200471	4.854904	5.708356
8300	0.11169	0.14664	0.11169	0.8106	0.8671	0.7584	6.257588	4.913121	5.790223
8400	0.11303	0.14841	0.11303	0.8225	0.8712	0.7645	6.276829	4.870224	5.763691
8500	0.11438	0.15017	0.11438	0.8373	0.8866	0.7828	6.320336	4.903975	5.843854
8600	0.11572	0.15194	0.11572	0.8452	0.9228	0.7975	6.303837	5.073450	5.891635
8700	0.11707	0.15371	0.11707	0.8540	0.9359	0.8149	6.294781	5.088739	5.960793
8800	0.11841	0.15547	0.11841	0.8637	0.9591	0.8360	6.294147	5.169036	6.060215
8900	0.11976	0.15724	0.11976	0.8846	0.9677	0.8453	6.386440	5.154286	6.058283
9000	0.12111	0.15901	0.12111	0.9203	1.0236	0.8592	6.598877	5.437331	6.094377
9100	0.12245	0.16077	0.12245	0.9354	1.0418	0.8635	6.639036	5.480065	6.051858
9200	0.12380	0.16254	0.12380	0.9580	1.0729	0.8784	6.738288	5.600837	6.095315
9300	0.12514	0.16431	0.12514	0.9647	1.0812	0.9040	6.708966	5.580245	6.223909
9400	0.12649	0.16607	0.12649	0.9938	1.1153	0.9295	6.856748	5.715843	6.348407
9500	0.12783	0.16787	0.12783	1.0024	1.1287	0.9426	6.841665	5.724857	6.373856
9600	0.12918	0.16961	0.12918	1.0650	1.1384	0.9574	7.244310	5.711868	6.411364
9700	0.13053	0.17138	0.13053	1.0738	1.1471	1.0045	7.226461	5.693313	6.695549
9800	0.13187	0.17314	0.13187	1.0975	1.1858	1.0130	7.322590	5.848793	6.681808
9900	0.13322	0.17491	0.13322	1.1043	1.2093	1.0286	7.289296	5.913841	6.721063
10000	0.13456	0.17668	0.13456	1.1406	1.2386	1.0462	7.476516	6.010414	6.774970
10100	0.13591	0.17844	0.13591	1.1635	1.2450	1.0725	7.560812	5.977135	6.891252
10200	0.13725	0.18021	0.13725	1.1720	1.2625	1.0836	7.539162	6.005716	6.895082
10300	0.13860	0.18198	0.13860	1.1835	1.2711	1.1070	7.538961	5.984833	6.987013
10400	0.13994	0.18374	0.13994	1.1972	1.3176	1.1385	7.555095	6.171003	7.135630

Beban (kg)	Lendutan Teoritis			Lendutan Pengujian			Selisih (%)		
	δ_1	δ_2	δ_3	δ_1	δ_2	δ_3	δ_1	δ_2	δ_3
10500	0.14129	0.18551	0.14129	1.2065	1.3454	1.1408	7.539175	6.252439	7.074174
10600	0.14264	0.18728	0.14264	1.2182	1.3568	1.1540	7.540381	6.244767	7.090297
10700	0.14398	0.18904	0.14398	1.2350	1.3612	1.1765	7.577580	6.200592	7.171274
10800	0.14533	0.19081	0.14533	1.2495	1.3797	1.1950	7.597674	6.230753	7.222666
10900	0.14667	0.19258	0.14667	1.2720	1.4336	1.2174	7.672530	6.444179	7.300266
11000	0.14802	0.19434	0.14802	1.2843	1.4682	1.2485	7.676530	6.554801	7.434671
11100	0.14936	0.19611	0.14936	1.2976	1.4724	1.2503	7.687734	6.508031	7.371050
11200	0.15071	0.19788	0.15071	1.3105	1.5147	1.2627	7.695508	6.654639	7.378343
11300	0.15206	0.19964	0.15206	1.3496	1.5218	1.2749	7.875444	6.622721	7.384190
11400	0.15340	0.20141	0.15340	1.3550	1.5690	1.2960	7.833116	6.790080	7.448501
11500	0.15475	0.20318	0.15475	1.3735	1.5735	1.3076	7.875606	6.744365	7.449758
11600	0.15609	0.20494	0.15609	1.3864	1.5883	1.3235	7.882055	6.750073	7.479083
11700	0.15744	0.20671	0.15744	1.3920	1.6017	1.3360	7.841463	6.748537	7.485772
11800	0.15878	0.20848	0.15878	1.4173	1.6251	1.3683	7.926187	6.794992	7.617584
11900	0.16013	0.21024	0.16013	1.4250	1.6314	1.3825	7.899020	6.759703	7.633610
12000	0.16147	0.21201	0.16147	1.4535	1.6503	1.4040	8.001672	6.812367	7.695114
12100	0.16282	0.21378	0.16282	1.5004	1.6785	1.4586	8.215084	6.851530	7.958359
12200	0.16417	0.21554	0.16417	1.5520	1.6828	1.4732	8.453615	6.807368	7.973625
12250	0.16484	0.21643	0.16484	1.6145	1.7130	1.5850	8.794346	6.914799	8.615385

Sumber : Data Penelitian, 2004

4.3.3 Perhitungan *Modulus of Rupture* (MOR)

Perhitungan *Modulus of Rupture* (MOR) berdasarkan ASTM 198, dimana perhitungan berdasarkan sistem pembebanan *Three Point Loading*.

Modulus of Rupture ini merupakan kekuatan kayu sesungguhnya untuk tegangan lentur kayu yang diuji karena kayu mengalami hancur atau patah. Pada saat patah inilah terdapat beban maksimum yang menyebabkan kayu tersebut tidak dapat menahan pembebanan selanjutnya. Dalam hal ini kayu tidak dapat kembali ke bentuk semula atau bentuk sebelum terjadinya pembebanan. Berikut dijelaskan penurunan rumus *Modulus of Rupture* dengan rumus dasar adalah rumus tegangan lentur, yaitu :

dimana :

MOR = *Modulus of Rupture* (kg/cm^2)

P = Beban maksimum (kg)

b = Lebar penampang benda uji (cm)

h = Tinggi penampang benda uji (cm)

a = Jarak titik pembebanan (15 cm)

Tabel 4.15 Perhitungan *Modulus of Rupture* (MOR)

Type Kayu	No. Kayu	Beban Max. (kg)	a (cm)	b (cm)	h (cm)	MOR (kg/cm^2)
Balok	11	12870	15	8	12	502.734375
	12	13930	15	8	12	544.140625
	13	12250	15	8	12	478.515625
Jumlah MOR						2792.968625
Rata-Rata MOR						465.494771

Sumber : Data Penelitian, 2004

4.4 Analisa Kekuatan Balok

Dari data hasil percobaan didapatkan beban maksimum dan lendutan maksimum yang terjadi pada tiap jenis sambungan dan balok, yaitu :

Tabel 4.16 Beban dan Lendutan Maksimum

Type Kayu	No. Kayu	Beban Max. (kg)	δ_1 (cm)	δ_2 (cm)	δ_3 (cm)
Balok	11	12870	1.7447	1.9500	1.6345
	12	13930	1.5894	1.8732	1.6870
	13	12250	1.6145	1.7130	1.5850

Sumber : Data Penelitian, 2004

Tabel 4.17 Beban dan Lendutan Maksimum Rata-Rata

Type Kayu	Beban Max. Rata-Rata (kg)	δ_{MAX} Rata-Rata (cm)
Balok	13016.667	5.1304

Sumber : Data Penelitian, 2004

Dari tabel beban dan lendutan maksimum rata-rata di atas, dapat dicari harga kekakuan masing-masing dengan menggunakan rumus :

$$K = \frac{P_{MAX}}{\delta_{rata-rata}} \dots\dots\dots(4.6)$$

dimana :

K = Kekakuan (kg/cm)

P_{MAX} = Beban maksimum rata-rata (kg)

$\delta_{rata-rata}$ = Lendutan maksimum rata-rata (cm)

Maka harga kekakuan balok adalah :

$$\begin{aligned} K &= \frac{P_{MAX}}{\delta_{rata-rata}} \\ &= \frac{13016.667}{5.1304} \\ &= 2537.1642 \text{ kg/cm} \end{aligned}$$