

BAB IV

HASIL DAN PEMBAHASAN

4.1. Kadar Air dan Kerapatan Kayu

Kadar air kayu diperoleh dalam kisaran 14 % sampai 15 % seperti terlihat pada Tabel 4.1. Dengan demikian dapat dikatakan bahwa kadar air benda uji telah mencapai kadar air yang diharapkan yakni kadar air keseimbangan atau kadar air kering udara, dimana kadar air kering udara di Indonesia berkisar antara 12 sampai 20 persen (Oey Djeng Seng, 1990).

Tabel 4.1. Hasil Pengujian Kadar Air dan Kerapatan Kayu

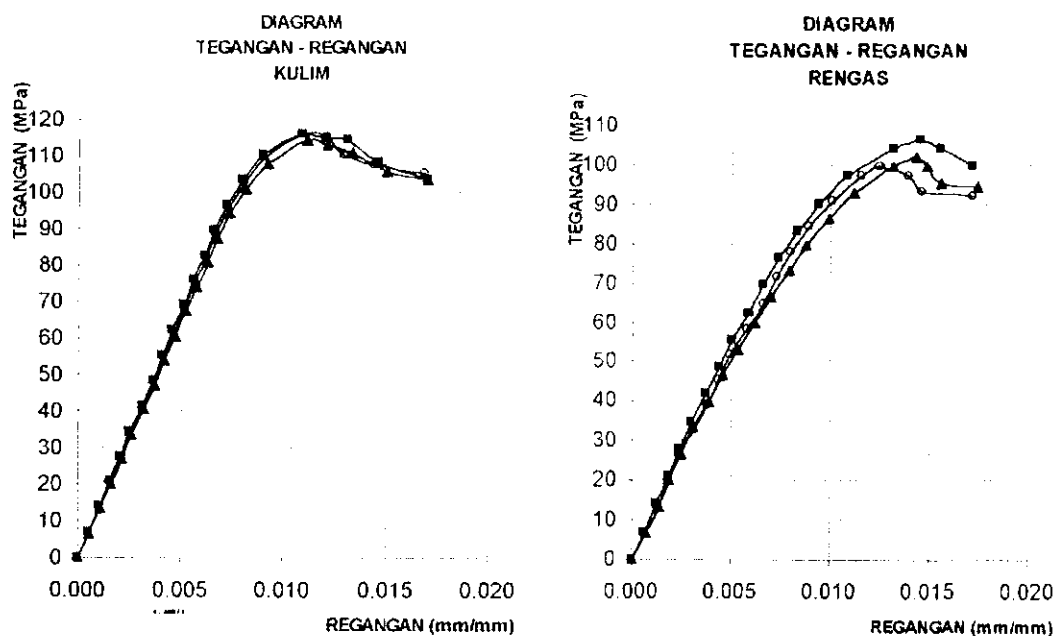
No.	Kode Benda Uji	Ukuran Penampang			Volume (mm ³)	Berat		Kadar air (%)	Kerapatan (t/m ³)	Kerapatan Rata-rata (t/m ³)
		Lebar (mm)	Tinggi (mm)	Panjang (mm)		Awal (gram)	Akhir (gram)			
1	AK1	19.85	20.02	19.99	7943.97	2.341	2.040	14.799	0.295	0.305
2	AK2	19.50	20.10	20.04	7854.68	2.337	2.080	14.725	0.304	
3	AK3	19.88	20.05	19.89	7928.03	2.317	2.094	14.450	0.318	
4	MM1	20.00	19.95	20.01	7983.99	3.680	3.211	14.590	0.461	0.462
5	MM2	19.98	20.01	20.10	8035.98	3.701	3.218	14.983	0.461	
6	MM3	20.10	20.15	20.04	8116.50	3.766	3.294	14.333	0.464	
7	MB1	20.10	19.72	19.85	7867.98	5.668	4.971	14.011	0.720	0.723
8	MB2	20.04	19.92	20.00	7983.94	5.735	5.009	14.486	0.718	
9	MB3	20.00	19.80	20.00	7920.00	5.777	5.064	14.076	0.729	
10	RS1	19.40	19.98	19.70	7635.96	6.345	5.486	15.657	0.831	0.830
11	RS2	19.60	20.01	19.60	7687.04	6.371	5.557	14.664	0.829	
12	RS3	19.50	20.00	19.90	7761.00	6.434	5.588	15.128	0.829	
13	KL1	20.00	19.78	19.65	7773.54	8.156	7.115	14.636	1.049	1.055
14	KL2	19.95	19.79	19.65	7758.03	8.216	7.132	15.199	1.059	
15	KL3	20.10	19.75	19.65	7800.56	8.233	7.153	15.098	1.055	

Hasil pengujian kerapatan terhadap benda uji diperoleh seperti yang diperlihatkan pada Tabel 4.1, jika dibandingkan dengan Tabel 2.1, maka dapat diketahui bahwa berdasarkan data hubungan kerapatan dan kelas kuat kayu diperoleh bahwa kelas kuat masing-masing jenis kayu benda uji mewakili kayu kelas kuat I untuk kayu kulim (kerapatan rata-rata 1,055), kayu kelas kuat II untuk kayu rengas dan kayu meranti batu (masing-masing sebesar 0,830 dan 0,723), kayu kelas kuat III diwakili oleh kayu meranti merah (kerapatan 0,462)

serta kayu kelas kuat IV untuk jenis kayu akasia dengan kerapatan 0,305. Adapun kayu kelas kuat kuat V tidak dapat diwakili oleh kayu akasia, namun dari batas kelas kayu kelas IV dan V adalah sebesar 0,3, maka kayu akasia juga dapat dikatakan bahwa kelas kuatnya hampir mendekati kelas kuat V.

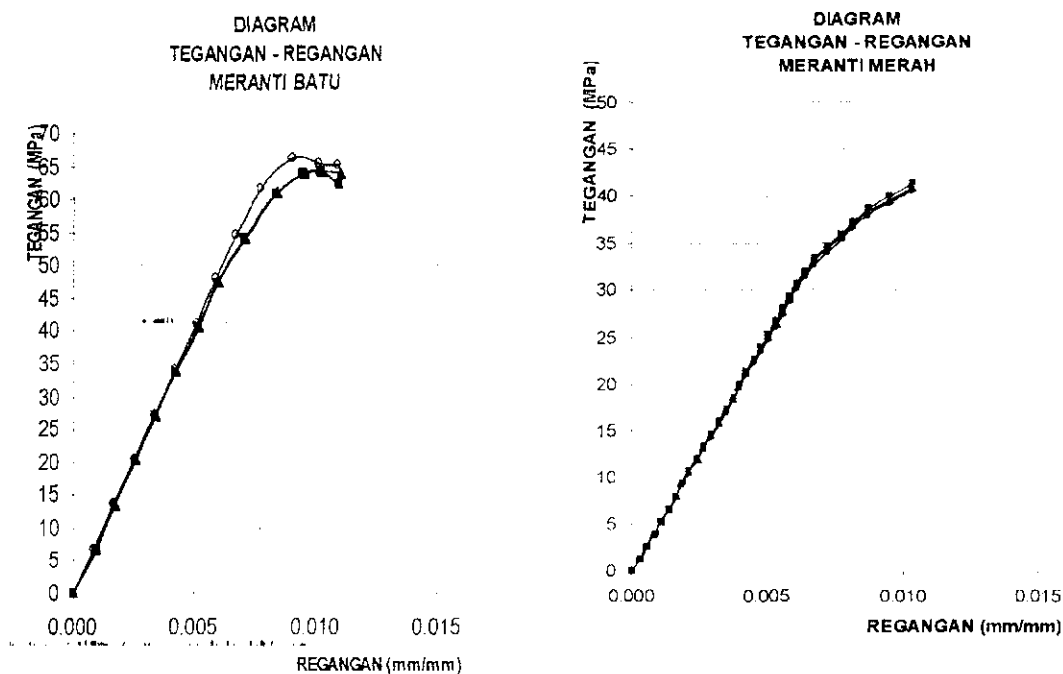
4.2. MOE dan MOR

Hasil pengujian sifat mekanik kayu dengan pengujian lentur statik diperoleh seperti terlihat pada Lampiran 1 sampai Lampiran 5. Dengan mengkonversi data hubungan antara beban dan lendutan pada Lampiran 1 sampai Lampiran 5 tersebut maka dapat dikonversikan menjadi grafik hubungan tegangan regangan. Grafik hubungan tegangan-regangan kayu kulim dan kayu rengas seperti terlihat pada Gambar 4.1.



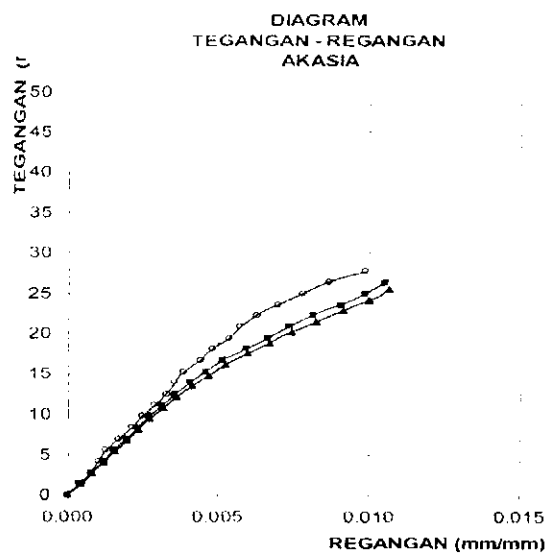
Gambar 4.1. Grafik Hubungan Tegangan-Regangan Kayu Kulim dan Rengas

Grafik hubungan tegangan-regangan kayu meranti batu dan meranti merah diperlihatkan pada Gambar 4.2.



Gambar 4.2. Grafik Hubungan Tegangan-Regangan Kayu Meranti Batu dan Meranti Merah

Grafik hubungan tegangan-regangan kayu akasia seperti terlihat pada Gambar 4.3.



Gambar 4.3. Grafik Hubungan Tegangan-Regangan Kayu Akasia

Dari Gambar 4.1 sampai Gambar 4.3 terlihat bahwa secara umum mode kecenderungan grafik yang diperoleh relatif seragam, tanpa penyimpangan yang nyata. Pada hasil pengujian kayu kulim dan meranti merah diperoleh bahwa dari tiga ulangan benda uji diperoleh kecenderungan grafik yang mempunyai *range* sempit serta nilai MOE dan MOR yang relatif sama. Pada kayu rengas dan akasia dan kayu meranti batu terlihat bahwa kecenderungan grafik dari tiga ulangan benda uji ternyata diperoleh *range* yang lebih longgar pada nilai MOR, sedangkan untuk MOE hampir tidak terlihat perbedaan yang nyata.

Dari Gambar 4.1 sampai 4.3 juga terlihat bahwa terdapat perbedaan yang nyata bentuk grafik yang terjadi antara kayu kelas kuat yang tinggi sampai yang terendah. Kayu mutu lebih tinggi terlihat bahwa diagram hubungan tegangan-regangan yang diperoleh untuk pengujian lentur kayu akasia (Gambar 4.3.) memperlihatkan kecenderungan yang hampir linier dari pembebanan awal sampai beban maksimum, sedangkan perubahan batas elastis bahan ke kondisi plastis tidak terlihat dengan jelas, pembebanan selanjutnya memperlihatkan garis yang hampir lurus sampai benda uji rusak, hal tersebut menggambarkan bahwa kayu akasia mempunyai kekuatan rendah dan getas.

Grafik hubungan tegangan-regangan kayu kulim terlihat relatif lurus dari beban awal sampai beban maksimum, perubahan batas elastis dan plastis juga tidak terlihat dengan jelas, setelah beban maksimum sampai benda uji rusak, namun kayu kulim terlihat lebih liat atau daktail karena cenderung masih mampu untuk memberikan regangan yang cukup besar seiring turunnya beban yang masih mampu didukungnya.

Hasil perhitungan tegangan-regangan dari konversi nilai beban-lendutan kayu kulim pada Lampiran 2.1a. diperoleh nilai tegangan maksimum yang terjadi. Dari Tabel 5.2 diperoleh tegangan ultimit yang terjadi atau nilai MOR kayu kulim berada dalam kisaran 114,51 sampai 116,2 MPa atau MOR rata-rata sebesar

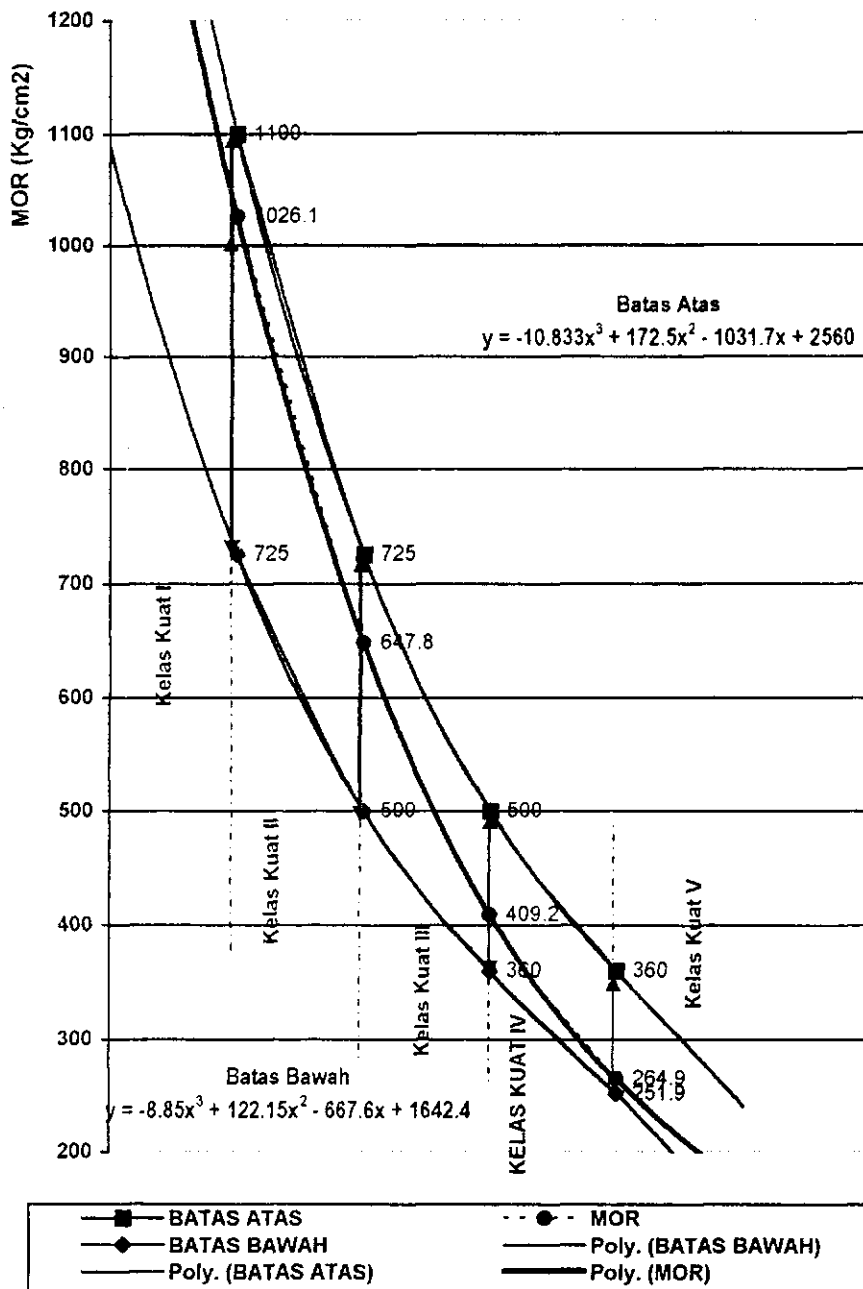
115,544 Mpa atau 1155,44 Kg/cm². Nilai MOR rata-rata untuk kayu rengas, kayu meranti batu, meranti merah dan kayu kulim diperoleh masing-masing sebesar 102,61 MPa (1026,1 Kg/cm²), 64,78 MPa (647,8 Kg/cm²), 40,96 MPa (409,6 Kg/cm²), dan 26,49 MPa (264,9 Kg/cm²).

Berdasarkan kriteria batas masing-masing kelas kuat kayu (Tabel 2.2) diperoleh hasil bahwa masing-masing kayu mempunyai kelas kuat I, II, III, IV dan V, masing-masing untuk kayu kulim, kayu rengas, kayu meranti batu, kayu meranti merah dan kayu akasia. Hasil yang diperoleh ternyata sama dengan kriteria yang didasarkan pada hasil uji kerapatan kayu, hanya saja kayu akasia sudah termasuk dalam kisaran kayu kelas V, bukan kelas kuat IV berdasarkan hasil uji kerapatan kayu.

Tabel 4.2. Nilai MOR

Jenis Kayu		MOR	MOR rata-rata
Nama	Kode	(MPa)	(MPa)
Kulim	KL1	116.20	115.54
	KL2	115.92	
	KL3	114.51	
Rengas	RS1	101.86	102.61
	RS2	106.38	
	RS3	99.58	
Meranti Batu	MB1	64.02	64.78
	MB2	64.06	
	MB3	66.27	
Meranti Merah	MM1	40.57	40.92
	MM2	41.33	
	MM3	40.86	
Akasia	AK1	27.70	26.49
	AK2	26.30	
	AK3	25.45	

Selanjutnya nilai MOR diplotkan dalam bentuk grafik untuk dapat diketahui kisaran prosentase batasan masing-masing kelas kuat kayu seperti terlihat pada Gambar 4.3 berikut:



Gambar 4.3 Batasan MOR untuk Masing-masing Kelas Kuat Kayu

Batasan kekuatan kayu berdasarkan PKKI 1961 diplotkan dalam Grafik selanjutnya ditentukan *trendline* nya dengan bentuk persamaan. Bentuk

persamaan yang digunakan yakni persamaan dalam bentuk polinomial pangkat 3. Persamaan untuk batas atas kekuatan kayu diperoleh:

$$y = -10,833x^3 + 172,5x^2 - 1031,7x + 2560 \dots\dots\dots (4.1)$$

sedangkan untuk kekuatan batas bawah diperoleh persamaan :

$$y = y = -8.85x^3 + 122.15x^2 - 667.6x + 1642.4\dots\dots\dots (4.2)$$

Dari persamaan 4.1 dan 4.2 dapat diperoleh batasan batas bawah untuk kayu kelas kuat V sebesar 251,9 kg/cm².

Perhitungan MOE yang diperoleh dari tabel hubungan tegangan regangan dapat dilihat pada Lampiran 6 sampai Lampiran 11. Nilai MOE masing-masing benda uji diambil pada kisaran 20 % sampai 40 % dari nilai MOR. Nilai MOE diambil rata-rata dari 10 tahapan pembebanan mulai dari beban awal seperti terlihat pada Tabel 4.1 sampai Tabel 4.5.

Rata-rata dari tiga ulangan diperoleh MOE kayu kulim sebesar 13080 MPa (130800 Kg/cm²) seperti terlihat pada Tabel 4.1.

Tabel 4.1. MOE Kayu Kulim

No.	KL1	KL2	KL3
1	13185	13324	12598
2	13185	13324	12672
3	13425	13014	12898
4	13376	13324	12747
5	13030	13517	12640
6	13052	13324	12784
7	13068	13189	12898
8	13185	13324	12717
9	13091	13539	12815
10	13100	13324	12747
Rata-rata	13170	13320	12752

Rata-rata nilai MOE kayu rengas dari tiga ulangan diperoleh sebesar 10613 MPa atau 130800 Kg/cm² seperti terlihat pada Tabel 4.2.

Tabel 4.2. MOE Kayu Rengas

No.	RS1	RS2	RS3
1	10061	11024	9565
2	9773	11024	10617
3	10471	11474	10725
4	10859	11533	10660
5	10558	11428	10308
6	10366	11245	10153
7	10502	11118	10040
8	10525	11024	9652
Rata-rata	10389	11234	10215

Rata-rata nilai MOE kayu meranti batu diperoleh sebesar 7777 Mpa atau sebesar 77770 Kg/cm² seperti terlihat pada Tabel 4.3.

Tabel 4.3. MOE Kayu Meranti Batu

No.	MB1	MB2	MB3
1	8047	7269	7575
2	8047	7733	7737
3	8165	7901	7905
4	8135	7987	7905
5	8189	8040	7974
6	8105	7901	7848
7	8148	7950	7905
8	8180	7692	7655
9	7970	7269	7272
10	7373	6753	6676
Rata-rata	8036	7649	7645

Rata-rata nilai MOE kayu meranti merah diperoleh sebesar 4836 MPa (48360 Kg/cm²) seperti terlihat pada Tabel 4.4.

Tabel 4.4. MOE Kayu Meranti Merah

No.	MM1	MM2	MM3
1	4331	3961	4369
2	4950	4753	4994
3	4725	4650	4994
4	4779	4917	4994
5	4812	4817	4724
6	4835	4861	4767
7	4950	4991	5098
8	4950	5093	4994
9	4873	5013	4840
10	4950	5021	5066
Rata-rata	4815	4808	4884

Rata-rata nilai MOE kayu akasia diperoleh sebesar 3589 MPa atau 35890 Kg/cm² seperti terlihat pada Tabel 4.5.

Tabel 4.5. MOE Kayu Akasia

No.	AK1	AK2	AK3
1	3570	3406	3259
2	4016	3406	3259
3	4284	3512	3361
4	4074	3568	3415
5	3878	3534	3382
6	3859	3568	3415
7	3844	3592	3438
8	3834	3526	3374
9	3864	3476	3327
10	3927	3476	3230
Rata-rata	3915	3506	3346

Nilai batas atas dan batas bawah MOE diperoleh dari prosentase kisaran nilai MOR hasil pengujian terhadap MOR level batas atas dan batas bawah masing-masing kelas kuat kayu yang diambil dari Gambar 4.3. Prosentase diketahui dengan menggunakan persamaan garis kurva masing-masing MOR. Hasil yang diperoleh untuk kisaran masing-masing level kelas kuat kayu diperoleh seperti diperlihatkan pada tabel berikut.

Tabel 4.6. Prosentase Kisaran MOR pada Level Tertentu

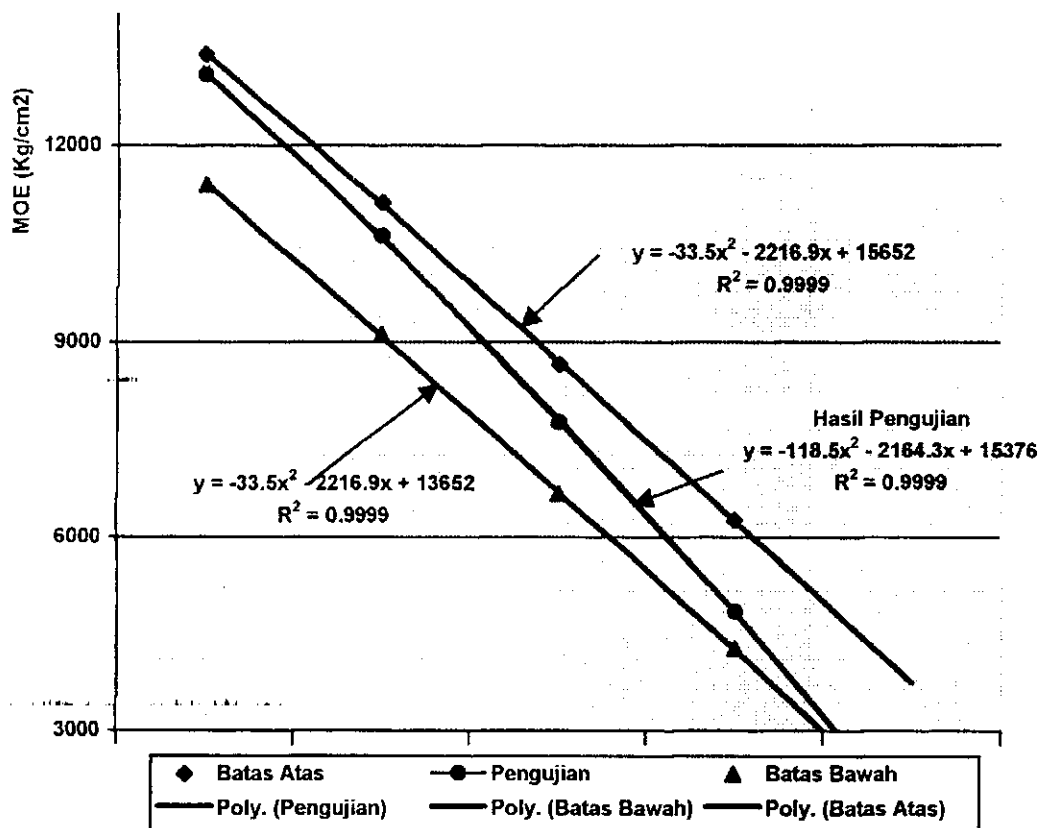
Level Batas MOR (Kg/Cm ²)	Prosentase Kisaran MOR	
	Batas Bawah	Batas Atas
11000	0,845	0,155
725	0,747	0,253
500	0,556	0,444
360	0,288	0,712

Berdasarkan nilai prosentase batas atas dan batas bawah kisaran nilai MOR tersebut diplotkan pada kurva grafik MOE untuk batasan kisaran batas atas dan batas bawah masing-masing MOE kelas kuat kayu terhadap nilai MOE yang diperoleh dari hasil pengujian. Prosentase hasil MOE diperoleh seperti terlihat pada Tabel 4.7.

Tabel 4.7. Harga MOR pada Level Tertentu

Batasan MOE	Besaran MOE (Kg/cm ²)			
Batas Atas	13390	11119	8665	6260
Hasil Pengujian	13080	10613	7777	4836
Batas Bawah	11390	9119	6665	4260

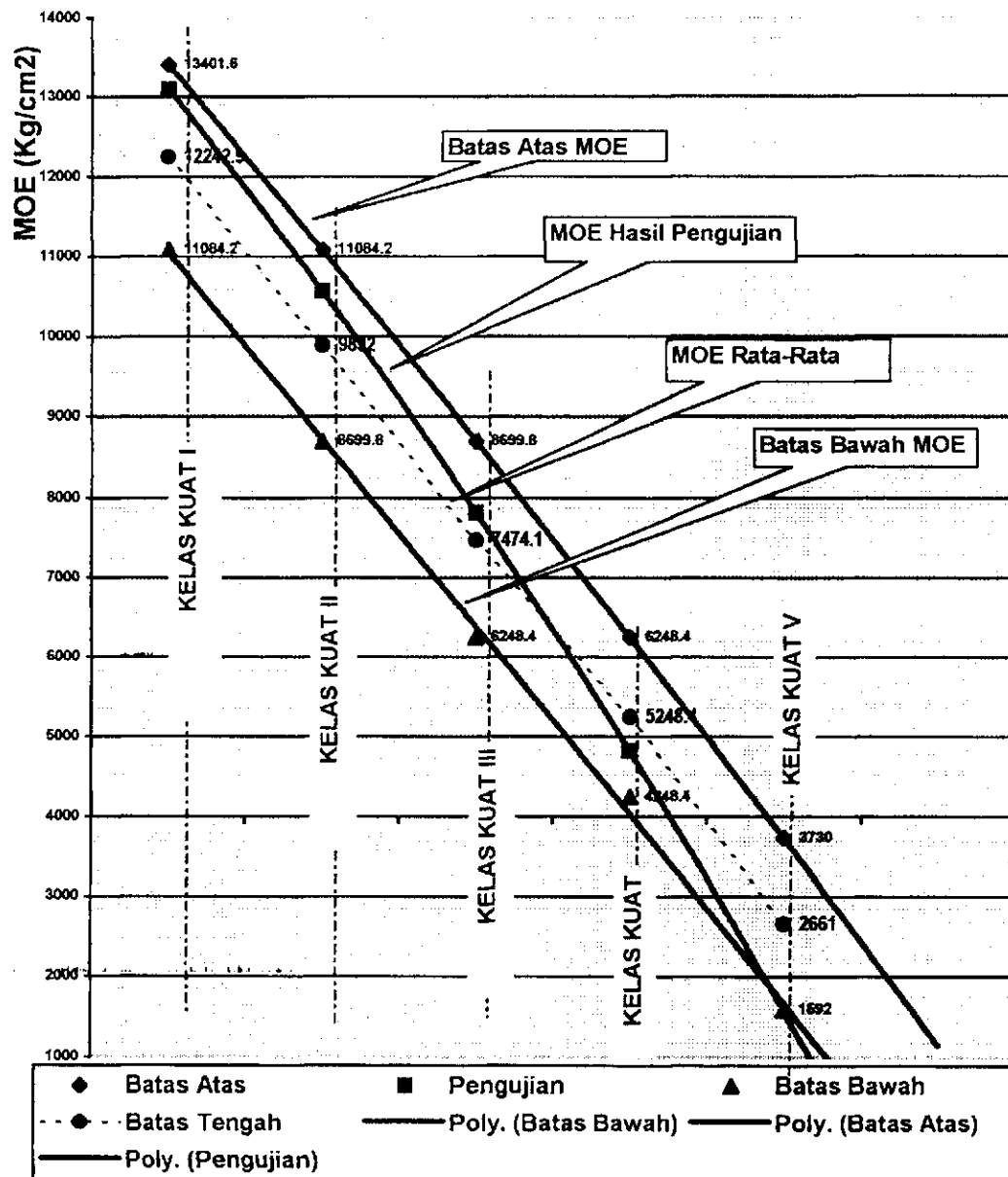
Dari nilai batas atas dan batas bawah kisaran nilai MOE tersebut diperoleh persamaan garis untuk batas atas dan batas bawah MOE seperti terlihat pada Gambar 4.4. *Trendline* nya diperoleh berupa persamaan polinomial pangkat 2.



Gambar 4.4. MOE Batas Atas dan Batas Bawah serta MOE Hasil Pengujian

Nilai batas untuk batas bawah dan atas tersebut diambil berdasarkan nilai prosentase yang diperoleh dari prosentase nilai MOR untuk masing-masing kisaran daerah kelas kuat kayu. Berdasarkan peraturan PKKI 1961, nilai kisaran

MOE adalah sebesar 2000 Kg/cm² untuk masing-masing kelas kuat kayu. Nilai ketetapan ini dijadikan sebagai acuan batas kisaran MOE. Hasil MOE dari Gambar 4.4. selanjutnya berdasarkan persamaan garis yang ada ditetapkan untuk masing-masing kisaran kelas kuat kayu. Batasan yang diperoleh adalah seperti terlihat pada Gambar 4.5 berikut:



Gambar 4.5. Kisaran Nilai MOE untuk Masing-masing Kelas Kuat Kayu

Harga-harga batas MOE selanjutnya dirangkum seperti terlihat pada Tabel 4.7 berikut:

Tabel 4.7. Nilai Batas MOE untuk Tiap Kelas Kuat Kayu

Batas MOE	Kelas Kuat Kayu				
	I	II	III	IV	V
Batas Atas (Kg/cm ²)	13401.6	11084.2	8699.8	6248.4	3730
Rata-Rata (Kg/cm ²)	12242.9	9892	7474.1	5248.4	2661
Batas Bawah (Kg/cm ²)	11084.2	8699.8	6248.4	4248.4	1592

Berdasarkan harga batas MOE pada Tabel 4.7 akan diperoleh harga batas lendutan untuk masing-masing kelas kuat kayu. Pengujian yang dilakukan dengan pembebanan satu titik di tengah bentangan akan menghasilkan batasan nilai lendutan masing-masing kelas kuat kayu seperti terlihat pada Tabel 4.8, 4.9 dan 4.10. Tabel yang disertakan merupakan contoh numerik yang diperoleh dari data ukuran balok yang bervariasi. Nilai lendutan tersebut merupakan fungsi dari panjang bentangan (L), Besarnya beban yang diberikan (P) dan ukuran penampang (lebar balok, b; dan tinggi balok, h).

Data :

P = 5 Kg
 L = 180 cm
 Lebar balok, b = 3 cm
 Tinggi balok, h = 4 cm

Tabel 4.8. Nilai Kisaran Lendutan untuk Balok Ukuran 3/4

Batas	Lendutan (cm)				
	I	II	III	IV	V
Batas Atas	2.83	2.83	3.43	4.36	6.08
Rata-Rata	3.10	3.10	3.84	5.08	7.23
Batas Bawah	3.43	3.43	4.36	6.08	8.94

Data :

$P = 25 \text{ Kg}$
 $L = 180 \text{ cm}$
 Lebar balok, $b = 5 \text{ cm}$
 Tinggi balok, $h = 10 \text{ cm}$

Tabel 4.9. Nilai Kisaran Lendutan untuk Balok Ukuran 5/7

Batas	Lendutan (cm)				
	I	II	III	IV	V
Batas Atas	1.59	1.59	1.92	2.44	3.40
Rata-Rata	1.74	1.74	2.15	2.84	4.05
Batas Bawah	1.92	1.92	2.44	3.40	5.00

Data :

$P = 25 \text{ Kg}$
 $L = 180 \text{ cm}$
 Lebar balok, $b = 6 \text{ cm}$
 Tinggi balok, $h = 12 \text{ cm}$

Tabel 4.10. Nilai Kisaran Lendutan untuk Balok Ukuran 6/12

Batas	Lendutan (cm)				
	I	II	III	IV	V
Batas Atas	0.26	0.26	0.32	0.40	0.56
Rata-Rata	0.29	0.29	0.36	0.47	0.67
Batas Bawah	0.32	0.32	0.40	0.56	0.83

Data lendutan yang ditampilkan haruslah diambil konsisten seauai dengan data yang ada. Apabila data yang diberikan berbeda, maka nilai lendutan tersebut tidak dapat berlaku. Untuk semua nilai lendutan batas dapat juga dihitung dengan menggunakan Rumus 2.3 seperti dijelaskan pada Bab II.