

Kajian Hubungan Modulus Keanjalan dan Modulus Kepecahan bagi Kayu Keruing Berskala Penuh dan Berskala Kecil

*Marzuki Ab. Rahman
Wan Mohd Nazri Wan Abdul Rahman
Mohd Shukari Midon*

ABSTRAK

Berdasarkan teori, Modulus Kepecahan (MOR) dan Modulus Keanjalan (MOE) adalah berkaitan dan berkadar lurus. Kajian ini dilakukan untuk mendapatkan hubungan Modulus Kepecahan (MOR) dan Modulus Keanjalan (MOE) kayu bersaiz skala penuh dan berskala kecil untuk spesies Keruing. Ujian musnah iaitu ujian lenturan statik dijalankan untuk mendapatkan data yang diperlukan dan kaitan antara MOR dan MOE untuk kayu berskala penuh dan berskala kecil. Keputusan menunjukkan mod kegagalan kayu bersaiz skala penuh dan kecil adalah sama. Nilai pekali korelasi adalah melebihi 50% untuk semua kes dan aras signifikan adalah kurang daripada 0.05.

Kata Kunci: *modulus kepecahan, modulus keanjalan, pekali korelasi, berskala penuh, berskala kecil*

Pengenalan

Menurut Malaysia Timber Council (MTC 2002), Malaysia mempunyai keluasan tanah hampir 33 juta hektar dan lebih kurang 60% atau 18 juta hektar daripada keluasan tersebut adalah hutan. Manakala 14% lagi dipenuhi dengan tanaman seperti pokok getah dan kelapa sawit. Dianggarkan terdapat 3000 spesies pokok dengan 99 keluarga (Wong 1982) dan kebanyakan spesies yang tumbuh di kawasan tropika adalah daripada spesies kayu keras. Walaupun begitu, tidak semua spesies kayu tersebut sesuai digunakan sebagai struktur binaan. Dianggarkan hanya satu per empat sahaja yang sesuai digunakan sebagai struktur binaan.

Kayu merupakan struktur binaan yang tertua digunakan oleh manusia dan ianya masih digunakan secara meluas sebagai bahan binaan terutamanya dalam industri perumahan di Malaysia. Ini kerana kayu lebih mudah dikerjakan, tahan lasak dan berupaya menyerap hentakan daripada beban yang berlaku secara mengejut dan juga bebas dari pengaratan dan kotoran serta lebih ringan berbanding konkrit. Dari segi ketahanan terhadap kebakaran, kayu yang mempunyai saiz tertentu mampu menahan kemusnahan akibat daripada kebakaran berbanding dengan keluli yang lebih mudah berlaku keruntuhan (Chu Yue Pun 1997).

Sejak kebelakangan ini, penggunaan kayu dalam pembinaan agak terhad akibat daripada pengurangan dan pengawalan pengeluaran kayu serta harganya yang agak mahal. Namun, langkah kerajaan menggalakkan kajian-kajian yang dijalankan oleh universiti dan agensi-agensi lain seperti Institut Penyelidikan Perhutanan Malaysia (FRIM) amat dialu-alukan untuk menjadikan spesies-spesies yang kurang komersial menjadi lebih komersial dan sesuai digunakan dalam binaan bagi menggantikan gelegar kayu komersial seperti Chengal, Balau, Resak dan sebagainya.

Kajian ini dijalankan untuk mendapatkan hubungan kekuatan saiz berskala penuh dengan berskala kecil kerana ujian terhadap kayu bersaiz skala penuh memerlukan kos yang tinggi di mana saiz kayu yang sebenar diperlukan untuk ujian. Oleh itu, diharapkan hasil daripada ujian ini, kaitan antara kayu berskala penuh dengan berskala kecil diperolehi dan dijadikan panduan untuk menentukan kekuatan kayu bersaiz skala penuh hanya dengan melakukan ujian ke atas kayu bersaiz skala kecil sahaja.

Bahan dan Kaedah

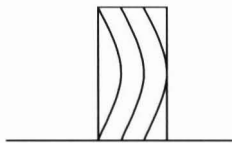
Kajian ini dijalankan dengan kerjasama FRIM di mana sebahagian ujian terhadap kayu dijalankan di Makmal FRIM di Kepong, Selangor. Dalam kajian ini, ujian dijalankan terhadap spesies kayu dalam kumpulan kekuatan SG5 iaitu Keruing atau nama saintifiknya *Dipterocarpus spp* dari keluarga *Dipterocarpaceae*. Spesies kayu ini dikategorikan sebagai kayu sederhana keras dan ianya adalah bersamaan dengan spesies Apitong di Filipina dan spesies Yang di Thailand (Ser 1981). Kayu Keruing selalunya boleh didapati di kawasan tanah rendah. Modulus Keanjalan (MOE) kayu Keruing ialah antara 17000 hingga 22300 N/mm² dan Modulus Kepecahan (MOR) ialah antara 91 hingga 133 N/mm². Manakala kekuatan mampatan seranjang dengan ira kayu ialah antara

4.34 hingga 9.17 N/mm². Kekuatan selari dengan ira kayu ialah antara 50.2 N/mm² hingga 68.1 N/mm² (Ser 1981).

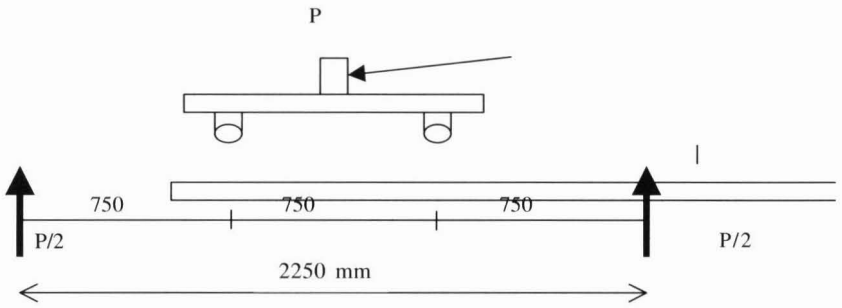
Sampel-sampel kayu adalah terdiri dari gred-gred *basic*, *select*, *standard* dan *common*. Penggredan dilakukan secara visual iaitu berdasarkan *Malaysian Grading Rules* (MGR 1984). Sampel disusun dalam udara biasa dan dibiarkan kering di bawah keadaan cuaca harian dan tidak dikenakan sebarang rawatan. Saiz kayu yang diuji untuk semua sampel berskala penuh ialah 50 mm x 150 mm atau (2" x 6"). Panjang sampel adalah 15 kali ketebalan kayu iaitu 2250 mm iaitu seperti yang ditetapkan oleh *American Society for Testing and Materials* (ASTM:1997). Sampel berskala penuh yang digunakan dalam pengujian adalah berdasarkan saiz yang biasa digunakan dalam industri pembinaan dan perumahan. Secara umumnya, semua sampel yang diuji adalah bebas daripada kecacatan yang kritikal seperti buku, pecah, rekah, ira yang tidak lurus dan sifat-sifat lain yang boleh menyebabkan kekuatan kayu berkurangan. Manakala sampel saiz berskala kecil pula berukuran 20 mm x 20 mm x 300 mm iaitu berdasarkan peraturan yang ditetapkan dalam *British Standard* (BS 373:1973).

Ujian Lenturan Statik untuk Skala Penuh

Ujian musnah yang dijalankan ialah ujian lenturan statik dengan menggunakan *Universal Testing Machines* jenis Shimadzu dengan keupayaan beban 100 kN. Ujian dijalankan pada keadaan arah sisi (*edgewise*) sahaja kerana ianya akan memberikan nilai maksimum untuk MOR. Empat titik lenturan (2 titik beban) dikenakan dengan panjang rentang ialah 15 kali ketebalan kayu. Ujian untuk kayu bersaiz skala penuh dijalankan di makmal FRIM. Rajah 1 dan 2 menunjukkan kaedah pengujian dijalankan. Beban yang dikenakan adalah berbentuk *roller* dengan kelajuan *crosshead* ialah 6.6 mm/min untuk memastikan sampel mencapai beban maksimum atau patah dalam tempoh 6 hingga 20 minit iaitu seperti yang ditetapkan dalam ASTM D198-94. Daripada ujian ini, nilai MOE dan MOR pada keadaan arah sisi (*edgewise*) boleh diperolehi.



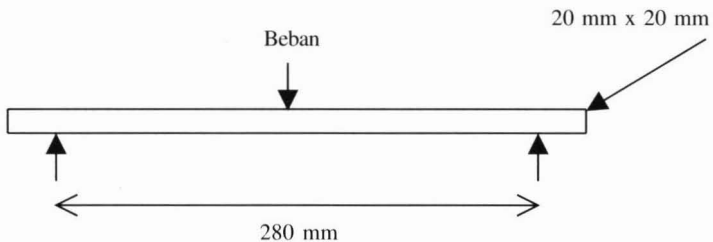
Rajah 1: Kedudukan Kayu Arah Sisi (*edgewise*) untuk Ujian



Rajah 2: Keadaan Pengujian 4 Titik Lenturan

Ujian Lenturan Statik untuk Skala Kecil

Sampel bersaiz 20 mm x 20 mm x 300 mm diuji dengan sokongan mudah untuk rentang 280mm (BS 373:1973) dan dikenakan beban di tengah rentang (3 titik lenturan) dengan kelajuan *crosshead* 11 mm/min. Ujian dijalankan sehingga sampel patah atau gagal (Rajah 3).



Rajah 3 : Kaedah Pengujian 3 Titik Lenturan Statik untuk Kayu Berskala Kecil

Data-data yang diperolehi dianalisis untuk mendapatkan hubungan antara kekuatan lenturan spesimen kayu berskala kecil dengan kayu berskala penuh. Ujian untuk kayu bersaiz skala kecil dijalankan di Makmal Perakayuan UiTM Jengka, Pahang. Sebelum diuji, kayu tersebut diteliti dan beberapa kecacatan yang ada pada kayu direkodkan untuk tujuan analisis.

Bilangan sampel yang diuji untuk kayu bersaiz skala penuh ialah 10 sampel. Manakala bilangan sampel yang diuji untuk kayu bersaiz skala kecil ialah 50 sampel. Semua sampel dikering secara pengeringan udara dan tiada sebarang pengawetan dan rawatan dilakukan. Nilai-nilai MOR dan MOE bagi setiap sampel direkodkan selepas ujian selesai dijalankan.

Data-data yang diperolehi, dianalisis dengan kaedah statistik untuk mendapatkan hubungan antara Modulus Kepecahan (MOR) dan Modulus Keanjalan (MOE) dalam bentuk korelasi bagi kayu berskala penuh dengan kayu berskala kecil.

Keputusan dan Perbincangan

Analisis data dalam kajian ini menggunakan perisian SPSS.

Kayu Berskala Penuh

Jadual 1 di bawah menunjukkan nilai kekuatan lenturan spesies kayu bersaiz penuh (2" x 6") bagi spesies Keruing. Nilai ini menunjukkan hubungan yang agak baik antara MOR dan MOE. Ini kerana sampel yang diuji terdiri daripada pelbagai gred dan kebanyakannya gred *standard* dan bebas dari sebarang kecacatan seperti buku kayu, terpiuh dan sebagainya.

Jadual 1: Nilai Min dan Hubungan MOR & MOE untuk Spesies Kayu Berskala Penuh

Spesies	MOR (N/mm ²)	MOE (N/mm ²)	Pekali Korelasi
Keruing	77.0	15877	0.75
Kempas (Badorul Hisham et al. 2002)	99.8	18954	0.80

*Korelasi adalah signifikan pada aras 0.05

Perbandingan keputusan dibuat dengan spesies Kempas yang telah dijalankan oleh Badorul Hisham et al. (2002). Bagi spesies Kempas, perilaku yang sama dengan Keruing ditunjukkan di mana nilai pekali korelasinya melebihi 70% iaitu menunjukkan hubungan yang baik antara MOR dan MOE kayu berskala penuh.

Begitu juga dengan nilai pekali korelasi untuk spesies Keruing melebihi 60% iaitu 75%. Ini menunjukkan korelasi yang baik antara MOR berskala penuh dengan MOE berskala penuh.

Kayu Berskala Kecil

Jadual 2 di bawah menunjukkan nilai kekuatan lenturan spesies kayu bersaiz kecil (20 mm x 20 mm x 300 mm) bagi Keruing.

Jadual 2: Nilai Min dan Hubungan MOR & MOE untuk Spesies Kayu Berskala Kecil

Spesies	MOR (N/mm ²)	MOE (N/mm ²)	Pekali Korelasi
Keruing	104.8	13290	0.93
Kempas (Badorul Hisham et al. 2002)	153.1	17106	0.65

* Korelasi adalah signifikan pada aras 0.05

Perbandingan keputusan juga dibuat dengan spesies Kempas yang menunjukkan perilaku yang sama dengan pekali korelasinya melebihi 60% iaitu 65% (Badorul Hisham et al. 2002)

Secara umumnya, nilai ini menunjukkan hubungan yang baik antara MOR dan MOE untuk kayu bersaiz berskala kecil. Kesimpulan yang dibuat disokong oleh pekali korelasi untuk spesies ini di mana pekali korelasi ialah 93%. Ini menunjukkan kaitan yang kuat antara MOR berskala kecil dengan MOE berskala kecil.

Hubungan Kayu Berskala Penuh dengan Berskala Kecil

Jadual 3 di bawah menunjukkan keputusan analisis korelasi MOR dan MOE kayu berskala penuh dengan berskala kecil. Berdasarkan nilai min dalam Jadual 1 dan 2, didapati MOR untuk berskala kecil lebih besar atau hampir sama berbanding MOR berskala penuh. Ini kerana ujian lenturan statik untuk berskala penuh menggunakan 2 titik lenturan. Manakala untuk berskala kecil menggunakan 1 titik lenturan. Begitu juga dengan panjang rentang kayu berskala penuh yang lebih panjang berbanding dengan berskala kecil.

Bagi nilai MOE pula, nilai min untuk kayu bersaiz berskala penuh adalah lebih besar berbanding dengan nilai MOE berskala kecil. Ini kerana kayu berskala besar mempunyai rentang yang lebih panjang berbanding dengan kayu berskala kecil di mana rentang yang panjang mempunyai keanjalan yang tinggi berbanding rentang pendek. Manakala bagi nilai Modulus Kepecahan (MOR) adalah sebaliknya.

Jadual 3: Analisis Korelasi MOR & MOE Berskala Penuh dengan Berskala Kecil

Spesies	Aras Signifikan		Pekali Korelasi	
	MOR	MOE	MOR	MOE
Keruing	0.037*	0.125	0.66	0.52

*Korelasi adalah signifikan pada aras 0.05

Bagi spesies Keruing, hubungan MOR berskala penuh dengan berskala kecil adalah signifikan iaitu 0.037, iaitu kurang daripada 0.05. Keputusan hubungan ini juga disokong oleh nilai pekali korelasinya yang mempunyai nilai melebihi 60% iaitu 66%. Ini menunjukkan hubungan yang kuat antara MOR berskala penuh dengan MOR berskala kecil bagi spesies Keruing.

Begitu juga untuk hubungan MOE berskala penuh dengan MOE berskala kecil bagi kayu Keruing yang mempunyai pekali korelasi yang melebihi 50% iaitu 51.8%. Ini juga menunjukkan hubungan yang agak baik antara kedua-duanya. Keadaan ini berlaku mungkin disebabkan oleh ketidakseragaman komposisi bahan berkayu seperti orientasi fiber, bahan kimia kayu, kayu gubal dan kayu teras kayu bersaiz berskala penuh berbanding kayu berskala kecil yang biasanya seragam komposisi bahan berkayunya. Kenyataan ini disokong oleh Ambrose (1994) yang menyatakan bahawa bentuk kayu balak biasanya tirus dan bentuk ini telah menyumbang kepada ketidakseragaman sifat kayu terutamanya dari segi kelurusan kayu.

Kesimpulan

Secara keseluruhannya, hasil daripada penyelidikan ini mencapai objektif yang ditentukan iaitu mendapat hubungan Modulus Kepecahan (MOR) dan Modulus Keanjalan (MOE) untuk kayu bersaiz skala penuh dan berskala kecil. Nilai-nilai pekali yang diperolehi menunjukkan hubungan yang baik antara kayu berskala penuh dengan kayu berskala kecil. Hubungan ini sangat penting dijadikan panduan untuk meramalkan kekuatan kayu selain daripada saiz yang digunakan dalam penyelidikan ini. Keputusan yang diperolehi ini boleh digunakan untuk meramal kekuatan kayu bersaiz penuh dengan hanya melakukan ujian terhadap

kayu berskala kecil sahaja. Ianya juga dapat menjimatkan kos dan masa untuk menjalankan ujian terhadap kayu berskala penuh yang memerlukan mesin ujian yang lebih besar dan kos pengangkutan yang tinggi.

Keputusan dan analisis yang diperolehi boleh dirumuskan dan diringkaskan seperti berikut:

- a. Mod kegagalan kayu berskala penuh adalah sama dengan kayu berskala kecil.
- b. Nilai pekali korelasi adalah lebih daripada 60% dan ini menunjukkan hubungan yang baik dan berkaitan antara kayu berskala penuh dengan kayu berskala kecil.
- c. Nilai min untuk MOR kayu berskala penuh adalah lebih kecil berbanding MOR kayu berskala kecil.
- d. Nilai min MOE untuk kayu berskala penuh adalah lebih besar daripada MOE kayu berskala kecil.

Untuk kajian seterusnya, dicadangkan agar beberapa penambahbaikan perlu dilakukan untuk mendapatkan keputusan yang lebih baik seperti menggunakan kayu bergred sama untuk semua ujian supaya hasil ujian yang diperolehi mewakili gred tersebut. Saiz kayu yang berlainan juga perlu diuji supaya perbandingan yang lebih banyak dapat dilakukan dan melakukan ujian untuk spesies yang selain daripada Keruing.

Rujukan

- Ambrose, J. (1994). *Simplified design of wood structures*. John Wiley and Sons, Inc.
- ASTM D198. (1994). *Static tests of lumber in structural sizes*. American Society for Testing and Materials.
- ASTM D5505. (1997). *Standard specification for establishing & monitoring structural capacities of prefabricated wood I-joists*. American Society for Testing and Materials
- Badorul, H., Shukari, M. & Marzuki, A. (2002). *Hubungan antara modulus kepecahan dan modulus keanjalan kayu kempas*, MSTC : Symposium of Physical Sciences, Engineering and Technology, Johor Bharu: pp 62 – 75.

BS 373. (1973). *Method of testing small clear specimens of timber*. British Standard Institution.

Chu Y. P., Ho K. S., Shukari, M., & Abdul Rashid, M. (1997). *Timber design handbook*. Forest Research Institute Malaysia, Kepong.

MTC. (2002). *Facts on the forests of Malaysia*. Malaysia Timber Council.

MGR. (1984). *The Malaysian Grading Rules for Sawn Hardwood Timber*. Malaysian Timber Industry Board.

Ser C. S. (1981). *Malaysia timber trade keruing*. Timber Trade Leaflet No. 6, Malaysia Timber Industry Board (MTIB).

MARZUKI AB. RAHMAN, WAN MOHD NAZRI WAN ABDUL RAHMAN, Universiti Teknologi MARA Pahang. marzuki@pahang.uitm.edu.my

MOHD SHUKARI MIDON, Forest Research Institute of Malaysia, Kepong, Kuala Lumpur.