

# SIFAT-SIFAT KEKUATAN KAYU SAMBUNGAN TANGGAM JARI

Norbaini bt Mohamed<sup>1</sup>, Nurizaty bt Muhammad Nor<sup>1</sup>

<sup>1</sup>Politeknik Ungku Omar  
[norbaini@puo.edu.my](mailto:norbaini@puo.edu.my)  
[zatynor@puo.edu.my](mailto:zatynor@puo.edu.my)

## ABSTRAK

Tiga spesies kayu keras iaitu kelat, keledang dan durian dijadikan sampel dalam kajian ini. Kajian ini bertujuan untuk mengkaji kekuatan kayu sambungan tanggam jari. Semua sampel disediakan mengikut mengikut spesifikasi yang terdapat dalam piawaian AS/NZS 1491 : 1996 – *Finger Jointed Structural Timber*. Analisis sampel berdasarkan piawaian AS/NZS 4063 : 1992 – *Timber Stress graded In grade Strength and Stiffness Evaluation* dan piawaian MS544 : 2001 – *Malaysia Standard code of practice for Structural use of Timber (Part 2)*. Hasil dari kajian ini, didapati purata MOE yang paling tinggi diperolehi oleh kayu kelat, keledang dan durian. Manakala MOR yang paling tinggi adalah kayu durian, keledang dan kelat. Kayu durian mempunyai kekuatan sambungan tanggam jari yang tinggi, diikuti dengan kayu keledang dan seterusnya kayu kelat. Ketiga-tiga kayu ini mengalami kegagalan pada sambungan tanggam jari.

**Kata kunci:** Kekuatan kayu, Tanggam jari, MOR, MOE.

## 1. Pendahuluan

Di Malaysia, usaha mengekalkan hutan tropika Negara dikendalikan oleh badan Institut Penyelidikan Perhutanan Malaysia (FRIM). Menurut Datuk Dr. Abd. Latif Mohmod ketua pengarah FRIM dalam utusan Malaysia, salah satu peranan FRIM adalah untuk mengembangkan usaha mengkaji sifat-sifat mekanikal kayu serta penghasilan produk komposit. Beliau turut mengatakan, terdapat 92 spesies telah dikenal pasti dalam senarai spesies terancam. Ancaman ini berlaku disebabkan eksploitasi yang melampau kerana semua kayu mempunyai mutu yang tinggi.

Peningkatan harga dalam sumber kayu dan kualiti yang semakin merosot ditambah dengan bekalan kayu yang semakin berkurangan, ini telah mengalakkan para penyelidik membuat kajian. Penggunaan kayu padu yang panjang dari beberapa spesies kayu keras Malaysia sukar dihasilkan kerana kebanyakan kayu tersebut mempunyai kecacatan yang boleh mengurangkan kekuatan kayu, dengan penyelidikan

ini ia mampu mengatasi masalah tersebut dengan menggantikan kayu sambungan jari yang dilaminasikan menjadi rasuk atau glulam-glued laminated timber. Kayu sambungan jari ini amat sesuai dan banyak digunakan dalam kerja-kerja kecil iaitu dalam pembuatan perabot, malah kerja-kerja yang lebih besa seperti jambatan, stadium, gerbang dan sebagainya. Biasanya kayu yang disambung merupakan bahagian yang paling lemah dalam sesuatu anggota struktur kayu, jadi penyelidikan ini juga penting untuk menyokong penggunaan sambungan jejari. Pembaziran kayu-kayu pendek daripada industri kayu masih berlaku, dengan wujudnya peningkatan penyelidikan pelbagai spesies kayu keras Malaysia dalam penyambungan jejari ini dapat mengurangkan pembaziran kayu.

Kajian yang telah dilaksanakan ini adalah untuk mengkaji sifat-sifat kekuatan kayu sambungan jari (*finger-joint*) bagi beberapa spesies kayu Malaysia iaitu kelat, durian dan keledang. Penyambungan tanggam jejari ini dipilih kerana sambungan ini adalah antara sambungan yang sering digunakan dalam teknologi kayu dalam pembinaan struktur dan bukan struktur. Rekabentuk tanggam jari ini dapat mengurangkan buangan kayu disamping memberikan luas permukaan yang maksimum untuk perekatan. Tanggam jari ini juga telah dibuktikan cekap dan memuaskan kerana kekuatannya menyamai kekuatan kepingan kayu yang sama ukurannya yang mempunyai beberapa buku kayu kecil (Dech H.E ,1989).

### 1.1. Objektif Kajian

- i. Menentukan nilai modulus kekenyalan (MOE) dan modulus kehancuran (MOR) kayu kelat, durian dan keledang.
- ii. Menentukan kekuatan sambungan tanggam jejari jenis kayu kelat, durian dan keledang.
- iii. Menentukan jenis kegagalan sambungan tanggam jari bagi kayu kelat, durian dan keledang.

### 1.2. Skop Kajian

Kajian ini adalah untuk mendapatkan nilai-nilai kekuatan kayu sambungan tanggam jari dengan melakukan dua ujian mekanikal iaitu ujian lenturan 4 titik dan ujian tegangan yang berdasarkan piawaian AS/NZS 1491:1996-*Finger Jointed Structural Timber* bagi tanggam jari dengan sokongan piawaian AS/NZS 4063:1992-*Timber Stress raded In grade Strenght and Stiffness Evaluation* dan piawaian MS544:2001-*Malaysian Standard code of practice for Structural use of Timber (Part 2)* untuk menentukan kekuatan kayu.

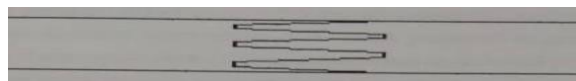
Dalam ujian ini, tiga spesies kayu iaitu kelat, keledang dan durian diuji dengan mengambil data sampel kayu sambungan jari tanggam jari dan juga sampel kayu padu. Ujian terhadap kayu adalah sebagai suatu piawaian atau kawalan padu tanpa penyambungan.

Hasil daripada ujian-ujian tersebut, nilai-nilai bagi kekuatan sambungan tanggam jari dapat ditentukan seperti nilai kekuatan modulus kehancuran (MOR), nilai kekuatan modulus kekenyalan (MOE) dan jenis kegagalan yang berlaku pada sampel kayu sambungan tanggam jari.

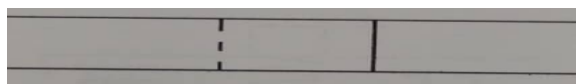
### 1.3. Kajian Literatur

#### 1.3.1. Sambungan Tanggam Jari (*finger-joint*)

Dalam pembinaan struktur dan bukan struktur, biasanya melibatkan kerja penyambungan kayu. Jenis penyambungan mestilah kuat kerana selalunya bahagian sambungan merupakan bahagian yang paling lemah dalam sesuatu anggota struktur kayu. Sambungan tanggam jari (Rajah 1.3.1) merupakan sambungan yang sering digunakan dalam teknologi kayu, ini kerana sambungan jejari mempunyai keupayaan mengabungkan kayu pendek kepada kayu yang lebih panjang dalam pelbagai bentuk dan mengurangkan pembaziran kayu.



Pandangan plan



Pandangan sisi



Pandangan 3 dimensi

Rajah 1.3.1: Sambungan tanggam jari

#### 1.3.2. Glulam

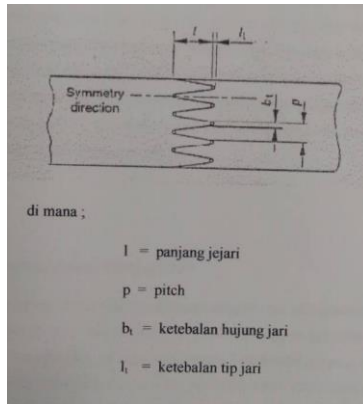
Glulam (*glued-laminated timber*) atau disebut sebagai rasuk kayu lapis adalah merupakan satu anggota yang menggunakan sambungan untuk menjadikan anggota kayu lebih besar dan panjang. Penyambungan glulam adalah terdiri daripada sambungan hujung ke hujung seperti tanggam jari ataupun tanggam butt dan tanggam skarf. Penggunaan sambung tanggam jejari diutamakan dalam glulam, ini kerana sambungan tanggam jari menghasilkan sambungan yang kuat dan stabil. Menurut Burdzik (1996), kekuatan glulam adalah dibina daripada kekuatan tanggam jari dalam laminat pada tegasan genting dan bilangan tanggam jari pada lapisan glulam boleh memberi kesan yang negatif kepada kekuatan. Selain itu, menurut Burk dan Bender (1989) didapati kegagalan glulam biasanya berlaku pada tanggam jari pada bahagian tegangan.

#### 1.3.3. Bentuk Geometri Tanggam Jari

Terdapat banyak analisis dan ujian terhadap kekuatan sambungan tanggam jari ini. Terdapat pelbagai faktor yang boleh mempengaruhi kekuatan kayu. Antaranya ialah didapati ia boleh dipengaruhi oleh bentuk geometri tanggam jari itu sendiri. Geometri tanggam jari terbukti sebagai pemboleh ubah yang paling kritikal bagi menentukan kekuatan sambungan tanggam jari (Paul dan William, 1988).

Kekuatan sambungan tanggam jari adalah bergantung kepada kecerunan jari, pitch, panjang jejari dan ketebalan hujung jari (Rajah 1.3.3). Suatu ruangan pada hujung jejari harus wujud untuk menunjukkan tekanan yang sesuai digunakan. Sifat-sifat ini adalah saling bergantung antara satu sama lain. Perubahan satu dimensi akan menyebabkan perubahan dimensi yang lain. Perubahan satu dimensi akan menyebabkan perubahan

dimensi yang lain. Tanggam jari dibuat dengan menghasilkan suatu siri jejari pada hujung suatu kayu untuk disambungkan dan saling mengunci antara dua keping kayu (Chai,1994).



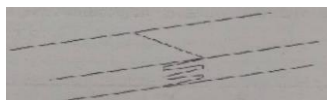
Rajah 1.3.3:Geometri sambungan tanggam jari  
(sumber: AS/NZS 1491:1996)

#### 1.3.4. Ketumpatan Kayu

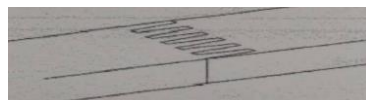
Rensburg,et.al (1987), mendapati kayu yang lebih tumpat mempunyai kekuatan yang lebih tinggi. Didapati juga kayu yang lebih tumpat sekiranya ditambahkan lagi dengan resin epoxy semasa perekatan boleh meningkatkan lagi keupayaan tanggam jari. Dalam pada itu kayu yang lebih tumpat boleh digunakan pada lapisan luar glulam supaya dapat menghasilkan rasuk dengan dimensi yang lebih kecil dan kuat. Kegagalan pada garisan glu boleh menjadi kritikal sekiranya ketumpatan kayu yang tinggi digunakan (Rensburg et.al 1987a)

#### 1.3.5. Cara Penggunaan Tanggam Jari

Disamping itu kekuatan sambungan tanggam jari adalah berkait rapat dengan cara penggunaannya. Terdapat dua kaedah susunan tanggam jari iaitu secara sambungan mendatar dan sambungan menegak. Bagi sambungan mendatar profil tanggam jari dapat dilihat pada sisi kayu, manakala untuk sambungan menegak profil dapat dilihat pada permukaan kayu. Rajah 3.1.5 menunjukkan kedudukan sambungan tanggam jari secara mendatar dan menegak. Didapati kekuatan lenturan pada sambungan tanggam jari secara menegak adalah lebih tinggi daripada sambungan mendatar. Daripada kajian Tan (1996) dan Janowiak,et.al (1993), didapati sambungan tanggam jari dengan profil menegak adalah lebih kuat daripada tanggam jari dengan profil mendatar. Apabila membandingkan kecekapan tanggam jari dengan kayu pejal dalam ujian lenturan dan tengangan di dapati kecekapan dapat mencapai purata 80% (John,et.al 1993).



Sambungan mendatar



Sambungan menegak

Rajah 1.3.5: Kedudukan Sambungan tanggam jari

#### 1.3.6. Penggunaan Perekat

Selain itu, kekuatan bagi sambungan tanggam jari boleh dipengaruhi oleh kecacatan dalam penggunaan perekat. Sekiranya terdapat udara di dalam garisan perekat, kekuatan tanggam jari tersebut akan menjadi lemah, ini kerana perekat tersebut tidak tersentuh pada permukaan kayu dengan sempurna dan tidak rata. Kecacatan sambungan seperti jari tanggam yang tidak diglu dan kerosakan jejari tanggam menjadi sebab utama kegagalan tanggam jari (Patrick,et.al 1994).

Kegagalan pada garisan glu boleh menjadi kritikal sekiranya ketumpatan kayu yang tinggi digunakan (Rensburg,et.al 198a). Pelican,et.al(1994), mendapati kekuatan sambungan tanggam jari adalah dipengaruhi oleh rongga yang terdapat pada garisan pekat dan juga jari-jari yang hilang. Tetapi kandungan lembapan, kelebaran jari, kerosakan pada jari dan kotoran pada garisan perekat tidak memberi kesan kepada kekuatan tanggam jari. Selain itu, daripada kajian Fisetete dan Rice dan Sakuma et.al (1997) didapati sambungan tanggam jari tidak mempengaruhi kekuatan modulus kehancuran (MOR).

#### **1.3.7. Kecacatan Tanggam Jari**

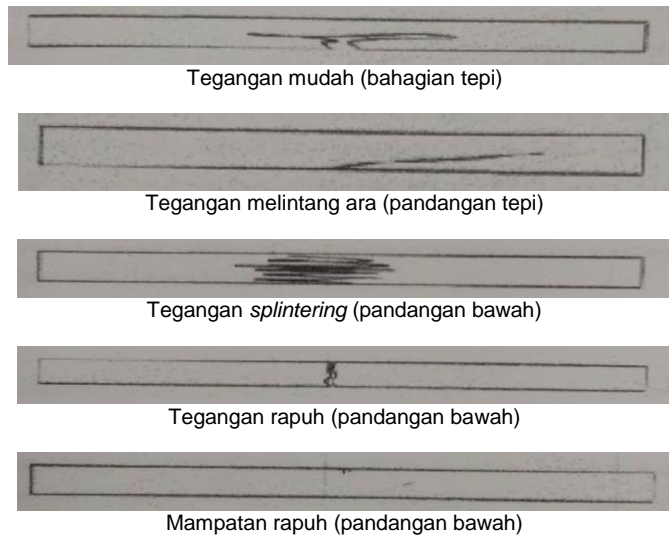
Terdapat beberapa kecacatan yang berlaku semasa proses pemasangan sambungan tanggam jari seperti sambungan pada satu hujung terbuka, jari pada bahagian luar melengkok, sambungan tidak ketat, sambungan yang longgar dan juga hujung jari yang meruncing (Tan Yun Eng, 2000).

Secara kesimpulan di dapati kekuatan dan kecekapan sambungan tanggam jari boleh dipengaruhi oleh cara penyambungannya, geometri tanggam jari, jenis perekat yang digunakan, ketumpatan kayu dan keadaan semasa pemprosesan tanggam jari, amatlah diperlukan terutamanya dalam menentukan kesesuaian sambungan tanggam jari dalam merekabentuk struktur bangunan.

#### **1.3.8. Jenis Kegagalan yang Biasa Berlaku dalam Ujian Mekanikal**

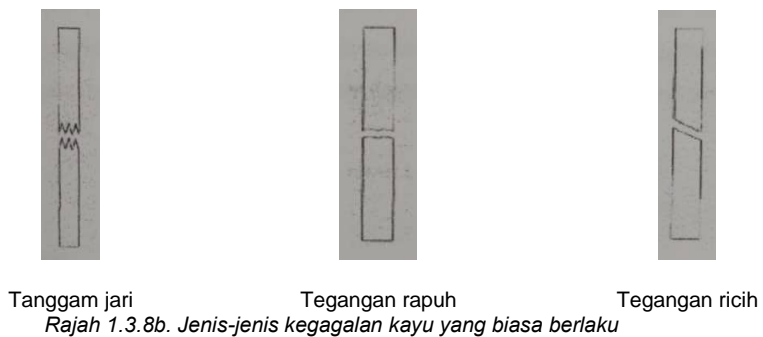
Kegagalan akan berlaku pada kayu sekiranya beban yang dikenakan pada kayu tersebut adalah melebihi had maksimum yang dapat ditanggung oleh kayu tersebut. Terdapat beberapa jenis kegagalan yang biasa terjadi semasa ujian ke atas kayu dijalankan. Bagi ujian lenturan kegagalan yang biasa terjadi ialah kegagalan tegangan mudah, kegagalan tegangan melintang ara, kegagalan *splintering*, kegagalan tegangan rapuh, kegagalan ricih mendatar dan kegagalan mampatan manakala untuk ujian tegangan kegagalan yang biasa terjadi ialah kegagalan secara tegangan rapuh, tegangan ricih dan kegagalan pada tanggam jari. Jenis kegagalan tersebut boleh dilihat pada Rajah 1.3.8a dan Rajah 1.3.8b.

- i. Kegagalan pada keadaan ujian lenturan



Rajah 1.3.8a: Jenis-jenis kegagalan kayu yang biasa berlaku

ii. Kegagalan pada keadaan ujian tegangan



2. Metodologi

## 2.1. Penyediaan Bahan

Penyediaan sampel adalah mengikut saiz yang diberikan dibawah (Jadual 2.1). Bahan-bahan mentah yang digunakan adalah kayu durian, kayu kelat dan kayu keledang.

Jadual 2.1 : Bilangan sampel dan Saiz Mengikut Saiz Sebenar dan Saiz Sampel yang Diuji

<b>a) Ujian Lenturan 4 Titik</b>			
	<b>Saiz sample untuk ujian (Panjang x Lebar x Tebal) dalam mm</b>	<b>Saiz sampel berkesan (Panjang x Lebar x Tebal) dalam mm</b>	<b>Bilangan sampel</b>
Kayu padu	480 x 45 x 25	420 x 45 x 25	30
<i>Flatwise</i>	480 x 45 x 25	420 x 45 x 25	30
<i>Edgewise</i>	600 x 45 x 25	550 x 45 x 25	30
b) Ujian Tegangan	400 x 20 x 6	300 x 20 x 6	30
Jumlah keseluruhan sampel			120

## 2.2. Ujian Mekanikal

Bagi mencapai objektif yang ditetapkan, dua ujian dijalankan iaitu Ujian Lenturan 4 Titik dan Ujian Tegangan.

### 2.1.1. Langkah kerja ujikaji

- i. Menyemak nisbah  $l/d$ , dimana nisbah  $l/d$  mesti lebih besar atau sama dengan 12. Nisbah  $l/d$  seperti dalam Jadual 2.2.

Jadual 2.2. Nisbah  $l/d$  bagi setiap sampel yang diuji

<b>Sampel untuk ujian Lenturan</b>	<b><math>l/d</math> disarankan</b>	<b><math>l/d</math> sampel</b>
Kayu Padu ( <i>flatwise</i> )	$l/d$ lebih besar atau sama dengan 12	$16.8 > 12$
Kayu tanggam jari ( <i>flatwise</i> )	$l/d$ lebih besar atau sama dengan 12	$16.8 > 12$
Kayu tanggam jari ( <i>edgewise</i> )	$l/d$ lebih besar atau sama dengan 12	$12.2 > 12$
Sampel untuk ujian tegangan	$l/d$ disarankan	$l/d$ sampel
Kayu tanggam jari	$l/d$ sama dengan 15 dan tidak melebihi 1500mm	15

- ii. Sampel yang diuji diletakkan dan diselaraskan pada mesin mengikut jarak yang dikehendaki dan mengikut kedudukan sampel yang ditetapkan. Panjang efektif setiap ujian adalah berbeza seperti yang ditunjukkan dalam Jadual 2.3.

Jadual 2.3. Panjang Efektif bagi Setiap Sample yang Diuji

<b>Sampel</b>	<b>Panjang efektif (mm)</b>
Kayu padu dan tanggam jari bagi ujian lenturan – <i>flatwise</i>	420
Kayu tanggam jari bagi ujian lenturan – <i>edgewise</i>	550
Kayu tanggam jari bagi ujian tegangan	300

- iii. Mengikut piawaian, beban dikenakan pada kadar kelajuan 12.8 mm/minit supaya apabila beban dikenakan ia akan gagal pada tempoh 10 saat hingga 3 minit. Dalam ujian ini beban dikenakan pada kadar kelajuan 10.05 mm/minit dan gagal dalam tempoh 10 saat hingga 3 minit.
- iv. Selepas sampel dikenakan beban, mesin universal mengeluarkan semua maklumat dan graf yang berkaitan dengan ujian tersebut.

### 3. Keputusan

Berikut merupakan hasil keputusan dari ujian lenturan 4 titik dan ujian tegangan yang dijalankan. Keputusan yang diperolehi mengikut spesies kayu kelat, keledang dan durian.

#### 3.2. Keputusan bagi kayu kelat

*Jadual 3.1. Keputusan ujikaji bagi kayu kelat*

Perkara	Ujian lenturan 4 titik			Ujian tegangan
	Kayu padu (flatwise)	Tanggap jari (flatwise)	Tanggap jari (edgewise)	Tanggap jari
Bil. sampel	30	29	28	30
Jenis gagal	Kayu	Tanggap jari	Tanggap jari	Tanggap jari
% Kecekapan MOE	98.86			
% Kecekapan MOR	49.67			

Berdasarkan jadual 3.2 menunjukkan kegagalan yang berlaku ke atas jenis kayu kelat. Ujian mekanikal ini telah menunjukkan kayu sampel telah gagal pada tanggam jari ketika ujian lenturan mahupun ujian tegangan. Manakala peratus kecekapan MOE bagi kayu kelat adalah tinggi berbanding kecekapan MOR.

#### 3.3. Keputusan bagi kayu keledang

*Jadual 3.2: Keputusan ujikaji bagi kayu keledang*

Perkara	Ujian lenturan			Ujian tegangan
	Kayu padu (flatwise)	Tanggap jari (flatwise)	Tanggap jari (edgewise)	Tanggap jari
Bil. sampel	28	27	30	30
Jenis gagal	Kayu	Tanggap jari	Tanggap jari	Tanggap jari
% Kecekapan MOE	98.08			
% Kecekapan MOR	63.03			

Berdasarkan jadual 3.2 menunjukkan kegagalan yang berlaku ke atas jenis kayu keledang. Ujian mekanikal ini telah menunjukkan kayu sampel telah gagal pada tanggam jari ketika ujian lenturan mahupun ujian tegangan. Manakala peratus kecekapan MOE bagi kayu keledang adalah tinggi berbanding kecekapan MOR.



### 3.4. Jadual Keputusan bagi kayu durian

*Jadual 3.3. Keputusan ujikaji bagi kayu durian*

Perkara	Ujian lenturan			Ujian tegangan
	Kayu padu (flatwise)	Tanggap jari (flatwise)	Tanggap jari (edgewise)	Tanggap jari
Bil. sampel	29	29	28	29
Jenis gagal	Kayu	Tanggap jari	Tanggap jari	Tanggap jari
% Kecekapan MOE	94.47			
% Kecekapan MOR	71.01			

Berdasarkan jadual 3.3 menunjukkan kegagalan yang berlaku ke atas jenis kayu durian. Ujian mekanikal ini telah menunjukkan kayu sampel telah gagal pada tanggam jari ketika ujian lenturan mahupun ujian tegangan. Manakala peratus kecekapan MOE bagi kayu durian adalah tinggi berbanding kecekapan MOR.

## 4. Perbincangan

### 4.1. Menentukan nilai kekuatan sambungan tanggam jejari mengikut spesies yang berbeza iaitu kelat, durian dan keledang.

Kekuatan tanggam jari dinilai melalui kekuatan MOE dan MOR yang diperolehi dari ujikaji ujian lenturan dan ujian tegangan.

#### 4.1.1. Kecekapan Tanggam jari

*Jadual 4.1: Peratus kecekapan tanggam jari*

Sampel	MOE(%)	MOR(%)
Kelat	99.86	49.67
Keledang	98.08	63.03
Durian	94.47	71.01

Jadual 4.1.1 adalah perbandingan di antara nilai purata MOE (modulus kekenyalan) atau MOR (modulus kehancuran) sampel tanggam jari dengan MOE atau MOR sampel kayu padu. MOR ialah kekuatan kayu yang setara dengan tegasan gentian spesimen pada takat kegagalan yang disebut sebagai Modulus Kehancuran (MOR). MOR merupakan faktor utama dalam menentukan kekuatan tanggam jejari.

Di mana;

$$\text{Peratus kecekapan} = \frac{\text{MOE@MOR bagi sampel tanggam jari}}{\text{MOE@MOR bagi sampel kayu padu}}$$

Hasil kajian didapati peratus kecekapan MOE lenturan untuk kayu kelat, keledang dan durian masing-masing 99.86%, 98.08% dan 94.47%. Sebaliknya peratus kecekapan MOR bagi kelat, keledang dan durian adalah sebanyak 49.67%, 63.03%, 71.01%. Nilai peratus kecekapan bagi MOE dan MOR jelas menunjukkan perbezaan. Nilai purata kecekapan antara sampel adalah berbeza dan lebih rendah berbanding nilai MOE.

Sampel kayu durian lebih tinggi MOR diikuti keledang dan kelat. Ini menunjukkan bahawa kekuatan sambungan tanggam jari lebih kuat untuk kayu durian, diikuti keledang dan seterusnya kayu kelat.

**4.1.2. Perbandingan nilai MOE purata dan MOR purata di antara sampel kayu kelat, keledang dan durian pada kedudukan Flatwise dan Edgewise melalui ujian lenturan.**

*Jadual 4.2(a).* Nilai MOE purata dan MOR purata pada kedudukan flatwise melalui ujian lenturan.

Sampel	Kayu padu		Tanggam jari	
	MOE(GPa)	MOR(Mpa)	MOE(GPa)	MOR(MPa)
Kelat	15.89	106.53	15.86	52.91
Keledang	15.36	104.54	15.06	65.89
Durian	12.31	73.61	11.63	52.27

Merujuk kepada Jadual 4.2(a), didapati nilai kekuatan MOE yang diperolehi antara sampel tidak jauh berbeza di antara tanggam jari dan kayu padu. Sampel kayu kelat mempunyai kekuatan MOE yang lebih tinggi diikuti dengan keledang dan yang paling rendah ialah sampel durian. Nilai kekuatan MOE pada sampel, didapati berbeza mengikut ketumpatan kayu tersebut. Kayu yang mempunyai nilai MOE yang tinggi merupakan kayu yang berketumpatan tinggi serta mempunyai ketegaran atau kelenturan yang tinggi, manakala kayu durian mempunyai ketumpatan rendah, maka nilai kekuatan MOE adalah rendah.

Berdasarkan kepada Jadual 4.2(a), didapati nilai kekuatan MOR bagi kayu padu bagi sampel kayu kelat dan keledang masing-masing mempunyai nilai MOE yang tinggi iaitu 106.53 Mpa dan 104.5 Mpa berbanding kayu durian iaitu 73.1 Mpa. Bagi sampel kayu tanggam jari, nilai kekuatan MOR yang paling tinggi ialah keledang iaitu 65.89 Mpa diikuti kayu kelat dan durian yang masing-masing mempunyai nilai yang hampir sama iaitu 52.91 Mpa dan 52.27 Mpa.

*Jadual 4.2(b).* Nilai kekuatan MOE purata pada kedudukan edgewise melalui ujian lenturan.

Sampel	Tanggam jari	
	MOE(GPa)	MOR (Mpa)
Kelat	37.83	88.69
Keledang	42.97	93.45
Durian	29.96	79.13

Berdasarkan jadual 4.2(b), didapati nilai kekuatan MOE bagi sampel kayu keledang lebih tinggi iaitu 42.97 GPa diikuti dengan kayu kelat 37.83 GPa dan kayu durian 29.96 GPa. Manakala nilai MOR yang diperolehi bagi kayu keledang iaitu 93.45 MPa juga lebih tinggi berbanding kayu kelat iaitu 88.69 MPa dan diikuti kayu durian iaitu sebanyak 79.13 MPa.

#### 4.1.3. Membandingkan MOE dan MOR di antara sampel kayu pada kedudukan *flatwise* dan *edgewise* (ujian lenturan).

Jadual 4.3. Nilai kekuatan MOR purata pada kedudukan *edgewise* melalui ujian lenturan.

Jenis Sampel	MOR purata (MPa)			MOE purata (GPa)		
	Keledang	Kelat	Durian	Keledang	Kelat	Durian
Kedudukan <i>Flatwise</i>	65.89	52.91	52.27	15.06	15.86	11.63
<i>Edgewise</i>	93.45	88.69	79.13	42.97	37.83	29.96

Berdasarkan Jadual 4.3, didapati sampel kayu tanggam jari pada kedudukan *edgewise* mempunyai nilai MOR yang berbeza daripada nilai kekuatan MOR pada kedudukan *flatwise*. Nilai MOR pada kedudukan *edgewise* adalah lebih tinggi berbanding dengan nilai MOR pada kedudukan *flatwise*, ini menunjukkan bahawa kedudukan penggunaan tanggam jari mempengaruhi kekuatan sampel kayu sambungan jejari.

#### 4.1.4. Perbandingan nilai kekuatan MOR purata di antara spesies kayu bagi ujian tegangan.

Jadual 4.4. Nilai MOR purata antara spesies kayu bagi ujian tegangan

MOR(MPa)	
Keledang	53.09
Durian	42.51
Kelat	41.49

Merujuk Kepada Jadual 4.4, perbandingan nilai MOR purata di antara spesies kayu dalam ujian tegangan. Didapati nilai kekuatan MOR bagi kayu keledang adalah lebih tinggi iaitu sebanyak 53.09 MPa berbanding kayu kelat dan durian yang mana masing-masing adalah sebanyak 41.49 MPa dan 42.51 MPa.

#### 4.2. Menentukan kegagalan sampel, samada sampel tersebut mengalami kegagalan pada sambungan kayu atau pada kayu itu sendiri.

Jadual 4.5 di bawah menunjukkan kegagalan yang berlaku pada kayu kelat, keledang dan durian. Didapati ke semua kayu yang diuji mengalami kegagalan pada sambungan kayu iaitu pada tanggam jari.

Jadual 4.5 : Nilai MOR purata antara spesies kayu bagi ujian tegangan

Ujian lenturan 4 titik						Ujian tegangan		
Tanggam jari ( <i>flatwise</i> )			Tanggam jari ( <i>edgewise</i> )					
Kayu kelat	Kayu keledang	Kayu durian	Kayu kelat	Kayu keledang	Kayu durian	Kayu kelat	Kayu keledang	Kayu durian
Tanggam jari						Tanggam jari		

## 5. Kesimpulan Dan Cadangan

Secara keseluruhannya, kajian ini berjaya menentukan nilai MOE dan MOR bagi ketiga-tiga spesies kayu iaitu kelat (99.86%), keledang (98.08%) dan durian (94.47%). Ketiga-tiga MOE tidak menunjukkan perbezaan yang ketara. Ketiga-tiga spesies ini mempunyai kekuatan atau ketahanan terhadap tekanan bermula dengan kelat, keledang dan durian. Kajian ini juga dapat menentukan kekuatan sambungan jari melalui nilai MOR, didapati nilai MOR bagi kayu kelat (49.67%), keledang (63.03%) dan durian (71.01%). Perbezaan MOR antara spesies kayu adalah ketara. Kayu durian mempunyai kekuatan sambungan jejari yang tinggi, diikuti dengan kayu keledang dan seterusnya kayu kelat. Akhir sekali, kajian ini mendapati ketiga-tiga spesies kayu ini setelah melalui ujian mekanikal telah mengalami kegagalan pada sambungan tanggam jari.

Kajian ini menunjukkan ketiga-tiga spesies kayu ini mempunyai kekuatan kayu yang setanding. Apabila spesies kayu ini disambungkan menggunakan sambungan tanggam jari ianya mempunyai kekuatan yang berbeza pada sambungan jari tersebut. Kegagalan pada sambungan tanggam jari boleh disebabkan beberapa faktor. Antaranya mungkin disebabkan glulam. Menurut Burk dan Bender (1989) didapati kegagalan glulam biasanya berlaku pada tanggam jari pada bahagian tegangan. Selain itu, kegagalan pada sambungan tanggam jari boleh disebabkan oleh bentuk geometri seperti kecerunan jari, pitch, panjang jejari dan ketebalan hujung jari. Menurut Paul dan William, (2019), geometri tanggam jari terbukti sebagai pembolehubah yang paling kritikal bagi menentukan kekuatan sambungan tanggam jari. Selain itu, cara penggunaan perekat juga boleh mempengaruhi kegagalan sambungan tanggam jari.

Menurut Patrick, et.al (1994), kekuatan bagi sambungan tanggam jari boleh dipengaruhi oleh kecacatan dalam penggunaan perekat. Sekiranya terdapat udara di dalam garisan perekat, kekuatan tanggam jari tersebut akan menjadi lemah, ini kerana perekat tersebut tidak tersentuh pada permukaan kayu dengan sempurna dan tidak rata. Kecacatan sambungan seperti jari tanggam yang tidak diglu dan kerosakan jejari tanggam menjadi sebab utama kegagalan tanggam jari (Patrick, et.al 1994).

Kajian yang lebih tentang sifat-sifat kayu patut diteruskan bagi spesies kayu yang lain. Hasil kajian ini sudah pasti memberikan impak yang baik kepada industri perindustrian di Malaysia, terutama dalam penghasilan perabot yang banyak menggunakan sambungan kayu. Kajian ini boleh digunakan sebagai panduan dan tambahan ilmu berkaitan sifat-sifat kayu di Malaysia.

### Rujukan

- British Standard Institution (1984). *Manufacture of Finger Joints of Structural Softwood*. British Standard : (BS 5291).
- British Standard Institution (1995a). *Finger Joints of Structural Timber – Performance requirements and minimum production requirements*. British Standard : (BS EN 385).
- British Standard Institution (1995b). *Glue Laminated Timber – Performance requirements and minimum production requirements*. British Standard : (BS EN 386).
- Burk, A.G. and Bender, D.A.(1989). *Simulating finger-joint performance requirements and minimum production requirements*. Forest Product Journal. Vol.39, No.3. 45-50.
- Desch, H.E. (1989). *Kayu: Struktur, Sifat dan Penggunaan*. Ed.6 : Universiti Pertanian Malaysia.

- Burkzik, W.M.G.(1996). *Number of Strength Reducing Features. How does it Affet the strength of Laminated Beams?*. South African Forestry Journal, No.176.11-14.
- Chai Ko Fong, (1994). *Effects of Timber Grade Arrangement and Finger Joint Placement on Glued Laminated Beams*. A Graduation Thesis Submitted to the Faculty of Engineering School, University Malaya.
- Tan, Yu Eng (1996). *Fingger-Jointed Meranti Tembaga (Shorea Leprosula) for structural use*. FRIM, Kepong.464-472.
- Tan, Yu Eng (2000). *Finger-Jointed of wood-based material*. Kursus Teknologi Pelapisan Kayu. Lembaga Perindustrian kayu Malaysia, MTIB.
- Fisette, P.R and Rice, W.W. (1994). *Effects of timber Grade Arrangement and Finger Joint Placement on Glued Laminated Beams*. A Graduation Thesis Submitted to the Faculty of Engineering School, University Malaya.
- Pellicane, P.J., Gutkowski, R.M and Jauslin, C. (1994). *Effect of glueline voids on the tensile strength of finger jointed wood*. Forest Product Journal, Vol.44. No.6. 61-64.
- Rensburg, B.W.J., Burkzik, W.M.G., Ebersohn, W and Cillie, C. (1987). *The effect of timber density and type of adhesive on the strength of finger joints in S.A. Pine and Eucalyptus grandis*. South African Forestry Journal, No.140. 39-43.
- Sakuma, H., Ting, King Boh and Takano, T. (1997). "Bending Properties of Some Finger-Jointed Sarawak Timbers." Paper Presented at the TRTTC/JICA Research Seminar, 19-20 November 1997, Kuching Sarawak, Malaysia. 16-25.
- Tan, Yu Eng (1996). "Finger-Jointed Meranti Tembaga (Shorea leprosula) fpr structural use.", FRIM, Kepong. 464-472.
- Tan, Yu Eng (2000). "Finger-Jointed of wood-based material", Kursus Teknologi Pelapisan Kayu. Lembaga Perindustrian Kayu Malaysia, MTIB.
- Saifulizam Mohamad 2017. Transformasi FRIM. Utusan Malaysia online: <https://www.utusan.com.my/rencana/utama/transformasi-frim-1.198643> 20 Julai 2019.