

KAJIAN PEMINDAHAN HABA DALAM RUANG YANG MENGGUNAKAN
SILING BERPENEBAT FIBER SABUT KELAPA

ALINAH BINTI SULAIMAN

Tesis ini dikemukakan sebagai
memenuhi syarat penganugerahan
Ijazah Sarjana Kejuruteraan Mekanikal (Termobendalir)

Fakulti Kejuruteraan Mekanikal dan Pembuatan
Universiti Tun Hussein Onn Malaysia

JANUARI 2012

ABSTRAK

Penebat diperlukan untuk meminimumkan fluks panas melalui bumbung ke persekitaran dalaman rumah untuk mengurangkan suhu, penggunaan tenaga dan memberikan persekitaran yang selesa kepada penghuni. Objektif utama kajian ini dijalankan adalah untuk mengkaji pemindahan haba di dalam model ruang yang menggunakan siling berpenebat sabut kelapa yang disaluti dengan cat *fire-retardant* dan mengkaji pemindahan haba di dalam model ruang yang menggunakan siling tanpa penebat sabut kelapa. Selain itu, ianya juga membuktikan keberkesanan sabut kelapa sebagai penebat siling, sekaligus mengurangkan pemindahan haba dari sekitaran ke dalam bangunan. Akhir sekali adalah untuk mencadangkan penambahbaikan rekabentuk siling berpenebat sabut kelapa yang disaluti *fire-retardant* bagi tujuan pengkomersialan. Dalam penyediaan bahan untuk kajian ini, ianya boleh dibahagikan kepada dua bahagian iaitu penyediaan sampel penebat sabut kelapa dan penyediaan dua model ruang. Bagi penyediaan sampel, gentian serabut kelapa akan dirawat secara kimia kemudian disemur dengan cat fire retardant pada keseluruhan permukaan. Setelah selesai, sabut ini akan diletakan pada salah satu model ruang yang berukuran 1.22 m x 1.22 m x 0.5 m dan model kedua adalah tanpa penebat. Kajian dilaksanakan pada jam 9.00 hingga 5.00 petang namun bergantung pada keadaan cuaca. Dua jenis ketebalan penebat yang digunakan iaitu 20 mm dan 40 mm. Kesimpulannya, didapati bahawa dengan menggunakan penebat 20 mm perbezaan suhu maximum di antara bahagian atas siling dan bahagian bawah siling boleh mencecah perbezaan sehingga 9.43°C iaitu persamaan dengan 21.28% darjah kejatuhan suhu manakala 40 mm boleh mencecah perbezaan suhu maximum di antara bahagian atas siling dan bahagian bawah siling sehingga 20.87°C iaitu persamaan dengan 39.09% darjah kejatuhan suhu.

ABSTRACT

Insulation needed to minimize the heat flux through the roof into the internal environment of home to reduce the temperature, energy consumption and provide a comfortable environment for residents. The main objectives of this study are to study the heat transfer in the model space using coconut fiber ceiling insulation coated with fire-retardant paint and without insulation. In addition, it also proves the effectiveness of coconut as ceiling insulation, thus reducing heat transfer from the environment into the building. Finally, this study is conducted to suggest improvements for design of coconut fiber ceiling insulation coated with fire-retardant for commercialization. For study preparation, it can be divided by two parts. First, samples preparation which the fiber is treated chemically and then sprayed with fire retardant paint on the surface. In the second part, two models of space with size 1.22 m x 1.22 m x 0.5 m are built. After samples preparation, this fiber will be placed on one of the model. Another model as left without insulation. Two types of insulation used, thickness of 20 mm and 40 mm. In conclusion, it was found that by using 20 mm insulation the maximum temperature difference between the upper and lower ceiling can reach up to 9.43°C which is 21.28% degree of temperature drop while 40 mm thickness insulator can give a maximum temperature difference between the upper and lower ceiling up to 20.87°C which is 39.09% degree of temperature drop.

KANDUNGAN

TAJUK	i
PENGAKUAN	ii
PENGHARGAAN	iii
ABSTRAK	v
ABSTRACT	vi
KANDUNGAN	vii
SENARAI RAJAH	xi
SENARAI JADUAL	xiii
SENARAI LAMPIRAN	xiv

BAB 1	PENGENALAN	1
1.1	Latar Belakang Projek	2
1.2.	Penyataan Masalah	5
1.2.1	Objektif Projek	6
1.2.2	Skop Projek	7
BAB 2	KAJIAN LITERATUR	8
2.1	Siling	8
2.2	Gentian Semulajadi	10
2.2.1	Kelapa	11
2.3	<i>Fire-Retardant</i> (FR)	14
2.4	Penebat	17
2.4.1	Pemindahan Haba	18
2.4.2	Kadar Permindahan Haba Secara Konduktiviti	19
2.5	Kajian Terdahulu	20
BAB 3	METODOLOGI	28
3.1	Carta Gantt Projek Sarjana I Dan II	28

3.2	Carta alir Projek Sarjana I Dan II	28
3.3	Peralatan yang Digunakan Untuk Pengukuran (<i>Pico Technology Limited</i>)	30
3.4	Penyediaan Bahan	31
3.4.1	Penyediaan Sampel Penebat Sabut Kelapa	31
3.4.2	Penyediaan Model Ruang	33
3.5	Prosedur Ujikaji	37
BAB 4	ANALISIS KAJIAN	39
4.1	Analisis Ketebalan	39
4.2	Analisis Kos Penebat Sabut Kelapa	42
4.3	Data dan Analisis Ujikaji	46
4.3.1	Data dan Analisis (Ketebalan fiber 40 mm)	47
4.3.2	Data dan Analisis (Ketebalan fiber 20 mm)	52
4.4	Keputusan Ujikaji	57
4.5	Kadar Pengudaraan Udara Dalam Model Ruang	60

BAB 5	KESIMPULAN DAN CADANGAN PENAMBAHBAIKAN	62
5.1	Kesimpulan	62
5.2	Cadangan Dan Penambahbaikan	64
RUJUKAN		67
LAMPIRAN		72

SENARAI RAJAH

1.1	Logo Kitar Semula	1
1.2	Sabut Kelapa	2
1.3	Contoh Siling di pasaran	3
1.4	Kesan Asbestos	4
1.5	Pemindahan Haba	5
2.1	Gentian Kelapa	13
2.2	Kesan <i>Fire Retardant</i> Pada Kualiti Air	15
2.3	Aplikasi <i>fire retardant</i> Di Dalam Bangunan	16
2.4	Jenis-Jenis Penebat	17
2.5	Pemindahan Haba	18
2.6	Risiko Dalam Penggunaan <i>fire retardant</i>	23
3.1	Metodologi Kajian	29
3.2	Model <i>Pico Technology Limited</i>	30
3.3	Kepingan Sabut Kelapa	31
3.4	Cat <i>fire-retardant</i>	32
3.5	Kepingan Gentian Sabut Kelapa yang Di Sembur dengan Cat <i>fire-retardant</i>	33
3.6	Model Ruang yang Menggunakan Papan Lapis Berketebalan 12 mm	34
3.7	Proses Pemasangan <i>Polystrene</i> Pada Semua Bahagian Dinding-Dinding dan Tapak Ruang	35
3.8	Siling yang Dilubangkan	35
3.9	Proses Pemasangan Sabut Kelapa, Papan Lapis Dan Atap	36
3.10	Kajian Sedang Dijalankan	37
4.1	Skematik Susunan Siling Berpenebat	38
4.2	Kepelbagaian 'Perforated Ceiling' yang Ada Dipasaran	41
4.3	Data-Data dan Analisis Ujikaji untuk 20.11.2011 (Ahad)	47
4.4	Data-Data dan Analisis Ujikaji untuk 21.11.2011 (Isnin)	48
4.5	Data-Data dan Analisis Ujikaji untuk 22.11.2011 (Selasa)	49

4.6	Data-data dan analisis ujikaji untuk 23.11.2011 (Rabu)	52
4.7	Data-data dan analisis ujikaji untuk 24.11.2011 (Khamis)	53
4.8	Data-data dan analisis ujikaji untuk 25.11.2011 (Jumaat)	54
4.9	Cadangan Suggested <i>air change (ACH)</i> untuk pengudaraan yang sempurna	61

SENARAI JADUAL

2.1	Sifat Mekanikal Sebahagian Bahan	9
2.2	Peratus Perbandingan Penjimatan Di Dalam Sesebuah Rumah	10
2.3	Sifat-Sifat Mekanikal Beberapa Jenis Gentian Semulajadi	11
2.4	Musim Buah-Buahan	12
2.5	Nama Fiber Kelapa	12
2.6	Manfaat Beberapa Bahagian Pada Pokok Kelapa	13
2.7	Keputusan Kajian	20
2.8	Keputusan Kajian	21
2.9	Keputusan Kajian	22
2.10	Keputusan Kajian yang telah Diperolehi	24
2.11	Keputusan Kajian	25
2.12	Keputusan Kajian	25
2.13	Keputusan Kajian	26
2.14	Ujian Tegangan	27
2.15	Perbandingan Keputusan Ujian	27
3.1	Bahan dan Peralatan yang Digunakan dalam Penyediaan Model Ruang	34
4.1	Ketebalan Siling yang Ada Dipasaran	39
4.2	Beberapa Bahan untuk Menyerap Bunyi	40
4.3	Harga Siling yang Berada Di Pasaran	43
4.4	Analisis Kos Penebat Sabut Kelapa	44
4.5	Analisis Kos Siling yang Menggunakan Gentian Sabut Kelapa Jenis Serabut	45 53
4.6	Keputusan Keseluruhan Ujikaji	57

SENARAI LAMPIRAN

A	Carta Gantt PS 1 dan 2	72
B	Sifat-Sifat Mekanikal Bahan untuk Siling	75
C	Keputusan Kajian yang Telah Diperolehi	77
D	Sifat Mekanikal Polimer	79

BAB 1

PENGENALAN

Pembangunan yang pesat telah meningkatkan perkembangan aktiviti pembinaan di Malaysia. Dengan itu, perkembangan tersebut telah menghasilkan jumlah bahan buangan. Melalui kempen kitar semula, ianya dapat memulihkan sumber yang diperlukan untuk pembinaan pada masa hadapan. Dalam erti sebenar, mengitar semula bahan buangan akan menghasilkan bekalan baru bagi bahan yang sama. Rajah 1.1. menunjukkan logo untuk kitar semula.



Rajah 1.1: Logo Kitar Semula [1]

Kitar semula mempunyai beberapa kepentingan. Antaranya ialah seperti berikut:

- i. mengurangkan bahan buangan;
- ii. mengurangkan penggunaan bahan mentah baru dan seterusnya menjimatkan kos;
- iii. mengurangkan penggunaan tenaga;
- iv. mengurangkan pencemaran udara (dari pembakaran), dan pencemaran air (dari tapak perlupusan); dan
- v. mengurangkan pengeluaran gas rumah hijau berbanding penghasilan barang baru dari bahan mentah.

1.1 Latar Belakang Projek

Gentian semulajadi daripada tumbuhan merupakan gentian yang murah dan merupakan sumber yang boleh diperbaharui serta lebih selamat kepada pekerja dan pengguna. Penggunaan gentian semulajadi dari tumbuhan seperti sabut kelapa, sabut kelapa sawit, jut dan pelbagai jenis gentian daripada tumbuhan lain semakin mendapat sambutan dikalangan pengguna dan pengeluar produk berasaskan komposit gentian. Rajah 1.2 menunjukkan serabut gentian sabut kelapa.



Rajah 1.2: Sabut Kelapa [2]

Kelebihan gentian semulajadi dari tumbuhan berbanding gentian sintetik seperti gentian kaca ialah kosnya yang rendah. Gentian semulajadi dari tumbuhan juga mempunyai ketumpatan yang rendah, kekuatan yang agak baik dan ia juga boleh menjadi penambat haba yang baik. Di samping itu, gentian semulajadi dari tumbuhan tidak merosakkan mata alat yang digunakan untuk membentuknya. Pekerja-pekerja yang terdedah kepada gentian ini juga kurang mengalami masalah respiratori seperti sesak nafas dan dermal, contohnya kulit terasa gatal, ruam dan sebagainya.

Disebabkan itu gentian-gentian semulajadi dari tumbuhan telah menggantikan gentian sintetik di dalam sesetengah industri seperti industri perabot, pembungkusan dan pembinaan.

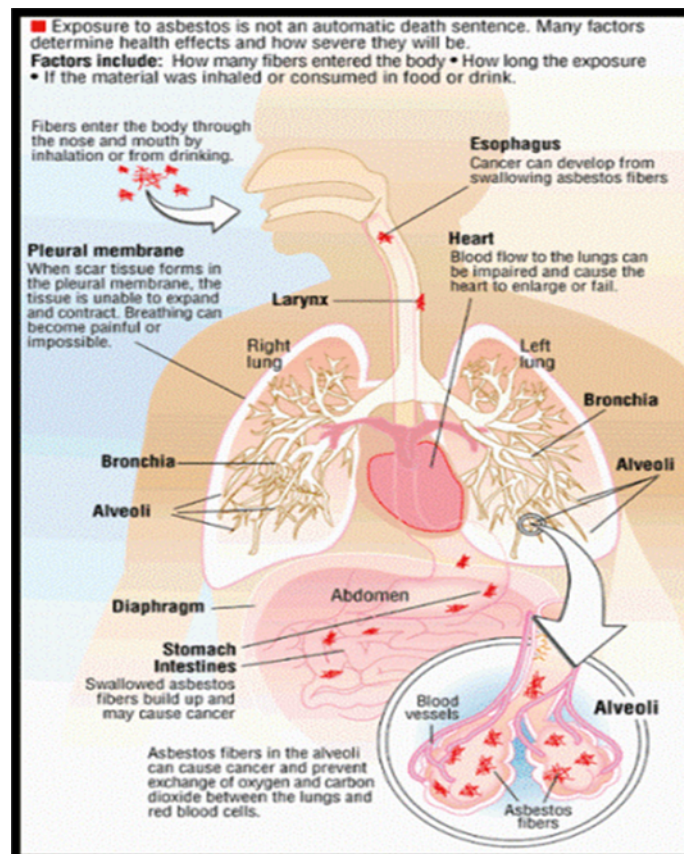
Dalam sektor pembinaan sesebuah bangunan ataupun kediaman, beberapa aspek penting perlu dikenalpasti bagi memastikan kediaman tersebut selesa untuk didiami dan yang paling penting ialah keselamatannya. Antara perkara yang patut dipertimbangkan ialah penggunaan siling. Terdapat pelbagai jenis siling di pasaran antaranya kepingan papan lapis (*plywood*), kepingan asbestos, papan serpih, papan jalur, papan qypsum, papan fiber dan juga keluli (*metal*). Siling jenis asbestos adalah siling yang paling banyak digunakan. Rajah 1.3 menunjukkan contoh siling di pasaran.



Rajah 1.3: Contoh Siling di pasaran [3,4,5]

Asbestos merupakan mineral bergentian yang merupakan bahan kimia lengai dengan sifat rintangan terhadap haba. Ianya telah digunakan sebagai lebih daripada 3000 produk termasuk bahan penghalang kebakaran, simen, plastik, produk kertas dan kain. Selain itu ianya juga digunakan sebagai bahan penebat, bahan pembinaan dan lain-lain lagi. Ianya menjadi pilihan utama dalam pembuatan sesebuah siling kerana ianya lebih flexible dan mudah dijumpai serta fiber jenis tipis. Asbestos boleh dibahagikan kepada dua jenis iaitu serpentine dan amphibole.

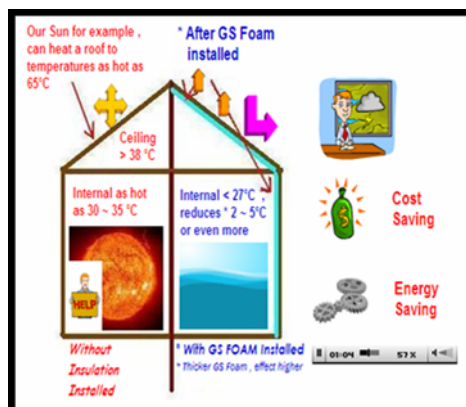
Hasil daripada kajian yang telah dibuat sebelum ini, terdapat beberapa kelemahan dalam penggunaan siling asbestos. Siling asbestos mempunyai habuk yang halus yang sentiasa gugur dan berterbangan di udara seta sangat mudah untuk memasuki tubuh setiap kali menarik nafas terutama sekali waktu ketika sedang tidur. Habuk dari asbestos ini akan mengakibatkan kanser (*mesothelioma*) dan alahan kulit serta batuk. Rajah 1.4 menunjukkan kesan asbestos kepada pengguna.



Rajah 1.4: Kesan Asbestos [11]

1.2 Penyataan Masalah

Masih ramai yang tidak sedar lagi penggunaan siling asbestos memberi kesan negatif yang mendalam kepada penggunaanya. Maka permasalahan ini harus diselesaikan dengan menggantikan siling asbestos kepada siling yang lain yang mempunyai pontensi yang tinggi contohnya siling yang diperbuat daripada gentian sabut kelapa.



Rajah 1.5: Pemindahan Haba [6]

Penggunaan semula bahan-bahan buangan merupakan salah satu kaedah penjimatan yang menguntungkan tambahan lagi ianya menggunakan bahan-bahan semulajadi daripada alam sekitar yang mana ianya mudah diperolehi, kos lebih murah dan selesa serta selamat digunakan. Rajah 1.5 menunjukkan kelebihan dalam penggunaan penebat pada bangunan.

Bahan gentian asli merupakan bahan binaan alternatif yang baru dan perlu diterokai. Langkah yang sewajarnya harus diambil untuk mengkomersialkan teknologi yang melibatkan bahan gentian asli dari sumber tempatan. Dalam kajian ini, penggunaan gentian sabut kelapa dilihat secara kasar dapat membantu dalam penambahbaikan fungsi sesebuah siling. Maka seharusnya, gentian sabut kelapa akan digunakan sebagai penebat ke atas siling yang sedia ada bagi meningkatkan lagi kecekapan dan mutu kerja sesebuah siling. Secara tidak langsung, tenaga yang diperlukan di dalam sesebuah kediaman atau pejabat dapat dijimatkan. Sebagai contoh, penggunaan hawa dingin dapat dikurangkan kerana pemindahan haba dari

bumbung telah dikurangkan. Bukan itu sahaja malahan pelbagai kos dapat dijimatkan.

Walaupun pelbagai kajian tentang sabut kelapa telah banyak dikaji, namun ianya masih menjadi tanda-tanya. Kenapa siling daripada gentian kelapa ini belum lagi dikomersialkan di Malaysia? Apakah permasalahan yang wujud dalam proses untuk mengkomersialkannya? Seperti yang kita maklum perkara utama permasalahan penggunaan gentian ialah pereputan, namun sejauh manakah masalah ini menjejaskan dalam proses mengkomersialkannya? Selain itu, permasalahan dari segi kemudahbakaan pula akan dipersoalkan jika menggunakan siling daripada gentian ini. Seharusnya siling merupakan bahan untuk membantu mencegah kebakaran terus merebak. Maka kajian ini akan cuba untuk menghuraikan dan menyelesaikan masalah yang wujud ini.

1.2.1 Objektif Projek

Objektif utama kajian ini adalah:

- i. mengkaji pemindahan haba di dalam model ruang yang menggunakan siling berpenibat sabut kelapa yang disaluti dengan cat *fire-retardant*;
- ii. mengkaji pemindahan haba di dalam model ruang yang menggunakan siling tanpa penibat sabut kelapa;
- iii. membuktikan keberkesanan sabut kelapa sebagai penibat siling, sekaligus mengurangkan pemindahan haba dari sekitaran ke dalam bangunan; dan
- iv. mencadangkan penambahbaikan rekabentuk siling berpenibat sabut kelapa yang disaluti *fire-retardant* bagi tujuan pengkomersialan.

1.2.2 Skop Projek

Skop kajian untuk projek ini adalah seperti di bawah:

- i. kajian menggunakan saiz model berukuran 1.22 m x 1.22 m x 0.5 m;
- ii. penggunaan gentian sabut kelapa jenis kepingan sebagai penebat siling sahaja;
- iii. menggunakan kepingan sabut kelapa yang sediaada dipasaran dengan ketebalan 20 mm;
- iv. dua jenis ketebalan digunakan iaitu 20 mm dan 40 mm;
- v. menggunakan *fire-retardant* jenis cat;
- vi. pengukuran suhu lebih menitikberatkan perbezaan suhu pada bahagian atas dan bahagian bawah siling;
- vii. kajian hanya mengkaji kemampuan siling menghalang haba panas; dan
- viii. kajian dilakukan pada jam 9.00 pagi sehingga 5.00 petang iaitu selama 8 jam. Namun kajian ini bergantung kepada keadaan cuaca semasa ujikaji.

BAB 2

KAJIAN LITERATUR

Penebat diperlukan untuk meminimumkan fluks panas melalui bumbung ke persekitaran dalaman rumah untuk mengurangkan suhu, penggunaan tenaga dan memberikan persekitaran yang selesa kepada penghuni. Lampiran B menunjukkan sifat-sifat mekanikal bahan yang digunakan untuk pembuatan siling.

2.1 Siling

Pada amnya, terdapat dua jenis sistem pembinaan siling yang sering digunakan iaitu siling tetap dan siling gantung. Siling tetap ialah siling yang tidak boleh diubah dan kedudukannya tetap. Ianya dibina secara mendatar atau mengikut curam bumbung. Gelegar dan penjarak siling disokong oleh tembok atau tiang. Pembinaannya adalah kukuh dan papan siling dipaku pada gelegar daripada bawah.

Gypsum board dan *fibrous plaster* siling adalah antara siling tetap yang boleh didapati manakala siling gantung adalah siling yang dibina dengan sistem penggantungan menggunakan dawai ataupun *suspension rod bracket*. Siling ini tidak menerima sokongan daripada dinding dan ianya dikenali sebagai dinding palsu.

Jika siling-siling ini ditambah dengan penebat yang bersesuaian ianya akan menjimatkan kos dan tenaga yang diperlukan. Dalam kajian yang telah dibangunkan oleh E.H Mathew, M.Kleingeld dan P.B Taylor [31] telah membuktikan bahawa siling berpenebat yang merupakan elemet paling penting dalam sesebuah rumah. Di mana ia boleh menjimatkan tenaga yang diperlukan di rumah sebanyak \$60 setahun. Jika dalam masa 5 atau 6 tahun ianya sama dengan kos untuk pemasangan siling

yang berpenibat dan bukan itu sahaja, ianya juga menurunkan kesan gas rumah hijau sehingga 600 000 tan setahun. Jadual 2.1 menunjukkan peratus perbandingan penjimatan di dalam sesebuah rumah.

Jadual 2.1: Peratus Perbandingan Penjimatan Di Dalam Sesebuah Rumah [31].

No	Jenis penjimatan	% Penjimatan
1	Siling berpenibat	100
2	Warna luaran	32
3	Orientasi	48
4	Saiz cermin	30

Berikut adalah beberapa fungsi pembinaan siling. Antaranya ialah:

- i. mewujudkan ruang antara siling dan lantai (bagi bangunan yang bertingkat-tingkat). ruang ini boleh digunakan untuk menyalurkan paip, pendawaian, sistem pencegah kebakaran, pemasangan hawa dingin dan sebagainya. siling ini memerlukan panel yang boleh dibuka bertujuan memberi kemudahan untuk kerja-kerja penyelenggaraan;
- ii. siling dipasang pada struktur utama. maka berat binaanya hendaklah dihadkan kepada berat minimum, tetapi pembinaanya mestilah kuat dan kukuh untuk menanggung beban daripada alat-alat dan kemudahan yang dipasang pada siling itu;
- iii. siling boleh dijadikan permukaan penyerapan bunyi tetapi tidak mempunyai penibat bunyi yang baik;
- iv. dalam pembinaan siling, ianya hendaklah kukuh dan memberi rintangan api supaya apabila bangunan terbakar, ianya tidak membantu merebakkan kebakaran; dan
- v. menjadi penibat terhadap panas dari luar, seterusnya mengurangkan suhu panas dalam bangunan.

2.2 Gentian Semulajadi

Gentian merupakan bahan yang berbentuk seperti helaian rambut. Gentian ataupun filamen ini mempunyai nisbah panjang ke diameter yang hampir ke infiniti dan mempunyai diameter sekecil 10 μm . Jadual 2.2 menunjukkan sifat-sifat mekanikal beberapa jenis gentian semulajadi. Jadual ini boleh digunakan bagi memilih gentian yang bersesuaian untuk kajian ini. Beberapa aspek perlu dipertimbangkan sebelum memilih gentian ini. Aspek yang paling utama ialah ketumpatan sesuatu gentian itu. Ini kerana ia akan mempengaruhi konduktiviti termal penebat siling dan mempunyai diameter yang lebih kecil dari diameter bulknya (matriknya) namun harus lebih kuat dari bulknya serta harus mempunyai kekuatan tegangan yang tinggi.

Kebolehdapatan bahan gentian ini sepanjang masa juga memainkan peranan penting bagi melancarkan segala proses pembuatan. Jadual 2.3 menunjukkan musim buah-buahan.

Jadual 2.2: Sifat-Sifat Mekanikal Beberapa Jenis Gentian Semulajadi [12, 13]

Sifat-sifat	Jut	Pisang	Sisal	Nenas	Sabut kelapa	Kaca	Hampas	Tebu
Tebal/ diameter (mm)	-	80-250	50-200	20-80	100-450	7-8	0.2-0.4	0.24
Ketumpatan (g/cm^3)	1.3	1.35	1.45	1.44	1.15	2.5	170-290	20
Sudut micro-fibrillar ($^\circ$)	8.1	11	10-22	14-18	30-49	-		
Kandungan Selulosa / lignin (%)	61/12	65/5	67/12	81/12	43/45	-		
Modulus keanjalan (GN/m^2)	-	8-20	9-16	34-82	4-6	85.5	15-29	1.7
Ketegaran (MN/m^2)	440-533	529-754	568-640	413-1627	131-175	4585		
Pemanjangan (%)	1-1.2	1.0-3,5	3-7	0.8-1.6	15-40	5.7	0.2-0.4	0.24
Penyerapan kelembapan selepas 24 jam (%)	6.9	-	-	-	12	0.5		
Penyerapan air (%)			60-70		13-80		70-75	78.5
Nisbah aspek (L/D) (mm)	152-365	-	-	-	-	100-140		
Panjang gentian (mm)	1800-300				50-350		50-300	

Jadual 2.3: Musim Buah-Buahan [14]

No	Jenis	Bulan
1	Jack fruit (<i>Artocarpus heterophyllus</i>)	Januari hingga jun
2	Rambutan (<i>nephelium lappaceum</i>)	Jun hingga september
3	Durian (<i>durio zibethinus</i>)	Jun hingga ogos
4	Young coconut (<i>cocos nucifera</i>)	Sepanjang tahun
5	Pummelo (<i>citrus grandis</i> osb)	Ogos hingga november
6	Mangosteen (<i>garcinia mangostena</i> linn)	Jun hingga september

2.2.1 Kelapa

Kelapa merupakan satu bahan semulajadi yang boleh didapati di semua kawasan tropika dan ianya boleh mencapai ketinggian 6 hingga 30 m. Keseluruhan pokok kelapa dapat dimanfaatkan untuk pelbagai guna. Pokok kelapa (*cocos nucifera*) adalah ahli keluarga *Palma* (*arecacesae*). Ia merupakan spesis tunggal yang dikelaskan alam genus *cocos* dan merupakan pokok *Palma* yang besar dan tumbuh setinggi 30 m dengan pelepah daun sepanjang 2-6 meter dan helaian daun sepanjang 60-90 cm, pelepah yang tua akan luruh meninggalkan batang pokok yang licin.

Buah kelapa ringan dan timbul serta ianya mudah tersebar oleh arus laut yang mampu membawa buah kelapa pada jarak yang jauh. Pokok kelapa hidup subur di tanah berpasir, paya dengan cahaya matahari dan hujan yang tetap (75-100 cm setahun) yang menjadikan koloni di pantai agak mudah. Terdapat pelbagai nama yang digunakan. Jadual 2.4 menunjukkan nama lain bagi pokok kelapa dan Jadual 2.5 menunjukkan beberapa manfaat yang terdapat pada pokok kelapa.

Jadual 2.4: Nama Fiber Kelapa [17]

Kategori	Nama Lain Kelapa
German	Kokosfasern
English	Coconut fibre de coco, coir
French	Fibre de coco
Spanish	Fibra de coco
Scientific	Cocos nucifera
CN/HS number*	5305 1 ff

Jadual 2.5: Manfaat Beberapa Bahagian Pada Pokok Kelapa [20]

Bahagian Tumbuhan	Manfaat
Tempurung	Arang, Karbon Teraktif, Kraftangan
Isi buah	Kopra, Minyak Kelapa, Santan, Kelapa Parut Kering
Batang kelapa	Bahagian Bangunan Untuk Kerangka Atau Atap Jambatan
Daun kelapa	Lidi, Barangan Anyaman
Sabut	Bahan Pembuat Spring Katil, Tilam
Air kelapa	Nata De Coco, Cuka, Air Minuman

Secara umumnya gentian kelapa mempunyai kandungan lignin yang tinggi dan kandungan selulosa yang rendah. Nisbah lignin yang tinggi membuatkan gentian ini keras, teguh, poros terhadap udara dan biodegradasi serta sumber yang boleh diperbaharui. Jadual 2.6 menunjukkan Sifat-sifat mekanikal bagi gentian sabut kelapa

Jadual 2.6: Sifat-Sifat Mekanikal Bagi Gentian Sabut Kelapa [17-20]

Sifat Gentian Sabut Kelapa	Nilai
Kekuatan (MPa)	140-225
Modulus Young, E (Gpa)	3-5
Terikan (%)	25-40
Ketumpatan gentian g/m ³	1.47
Pemanjagan %	23.9-51.4
Kadar penyerapan air %	93.8%
Air yang larut	5.25
Pectin dan campuran yang berkaitan	3
Hemi-sellulosa	0.25
Lignin	45.84
Sellulosa	43.44
Habuk	2.22

Gentian kelapa diperolehi daripada sabut kelapa. Rajah 2.1 menunjukkan gentian sabut kelapa. Gentian kelapa mudah diekstrak dengan hanya rendaman dalam air dan kaedah mekanikal. Gentian ini dikenali sebagai bahan yang ideal kerana mesra alam dan menjadi penyelesaian kepada masalah ekologi. Penggunaan gentian ini dipercayai kerana potensinya, biodegrasi dan mesra alam.

Gentian yang terbaik untuk sesuatu sabut kelapa itu ialah keterangan warna, kuning keemasan atau coklat. Kandungan air yang tinggi akan mengakibatkan gentian ini akan lebih cepat reput. Kelembapan sesuatu sabut kelapa hendaklah dikenali pasti terlebih dahulu sebelum kajian dijalankan bagi memperolehi keputusan yang jitu dan persis.



Rajah 2.1: Gentian Kelapa [23]

2.3 *Fire-Retardant*

Terdapat pelbagai keadah mudah untuk meningkatkan prestasi pada produk selulosa. Kebanyakan *fire-retardant* yang ada berkesan dalam mengurangkan faktor-faktor yang mempengaruhi parameter kebolehbakaran seperti kebolehnyalaan, pembebasan haba dan penyebaran api. Rawatan *fire-retardant* untuk selulosa boleh dikategorikan dalam beberapa cara berbeza. Antaranya ialah:

- i. mekanisma yang bertindak untuk mengurangkan pembakaran;
- ii. jenis bahan kimia aktif;
- iii. kaedah yang digunakan;
- iv. aplikasi terakhir dan keperluannya; dan
- v. pemilihan *fire-retardant* dalam hubungkait antara produk dan proses diperlukan.

Pemilihan *fire-retardant* dalam permintaan produk dan proses yang dilaksanakan bergantung kepada beberapa faktor. Antara faktor penting yang perlu dipertimbangkan adalah:

- i. jenis produk yang dihasilkan;
- ii. mematuhi piawaian peraturan yang telah ditetapkan;
- iii. pembinaan yang baru atau penyelenggaraan;
- iv. keadaan persekitaran;
- v. keadaan pemasanga;
- vi. keperluan dalam penyelenggaraan; dan
- vii. kesannya.

Mekanisma tindakbalas *fire-retardant* untuk mengurangkan proses pembakaran termasuklah:

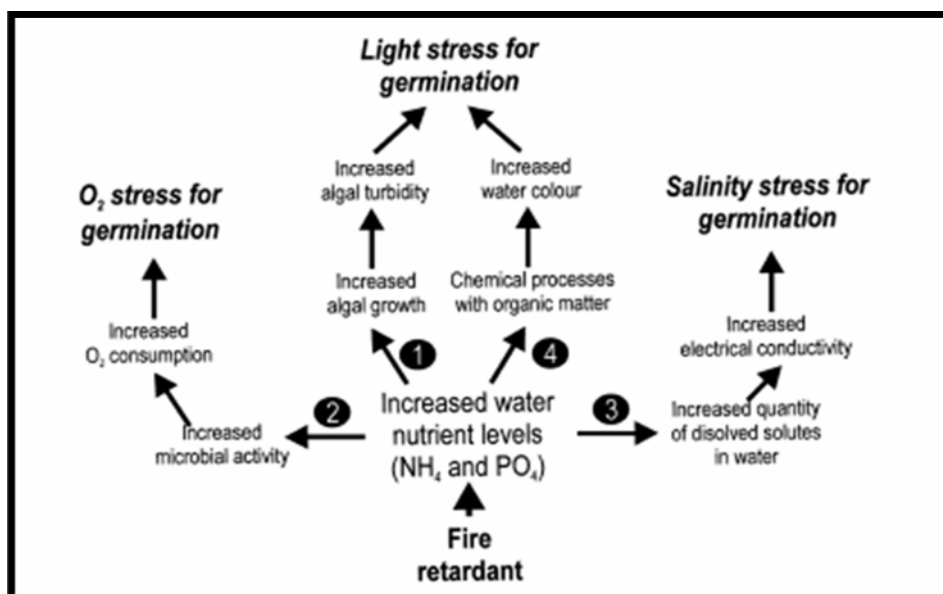
- i. penghasilan dalam pembentukan char;
- ii. penukaran daripada gas yang mudah meruap kepada gas lengai seperti wap air dan karbon dioksida;
- iii. pencairan gas *pyrolysis*;
- iv. reaksi berantai menghalang pembakaran dalam fasa gas; dan

- v. melindungi permukaan melalui proses penebatan.

Jenis bahan kimia aktif dalam *fire-retardant* termasuklah:

- i. bahan kimia larut dalam air;
- ii. bahan kimia dengan kelarutan rendah dalam air; dan
- iii. bahan kimia yang mengikat atau melekatkan selulosa.

Kandungan bahan kimia yang terdapat pada *fire-retardant* antaranya *fosforus*, *boron*, *nitrogen*, dan *silika* yang dikombinasikan secara sintetik. Rajah 2.2 menunjukkan antara kesan bahan kimia tersebut terhadap kualiti air.



Rajah 2.2: Kesan *Fire-Retardant* Terhadap Kualiti Air [25]

Kaedah yang digunakan dalam penggunaan *fire-retardant* pada produk ialah:

- i. merendamkan produk dalam *fire-retardant* dengan memberikan sedikit tekanan kepada produk;
- ii. pengabungan bahan dengan *fire-retardant* semasa proses pembuatan; dan
- iii. mengaplikasikan dengan cara mencat atau menyadur pada permukaan selepas proses pembuatan selesai.

Pelbagai aplikasi penggunaan *fire retardant* sedang giat dijalankan. Rajah 2.3 menunjukkan antara aplikasi penggunaan *fire retardant*.

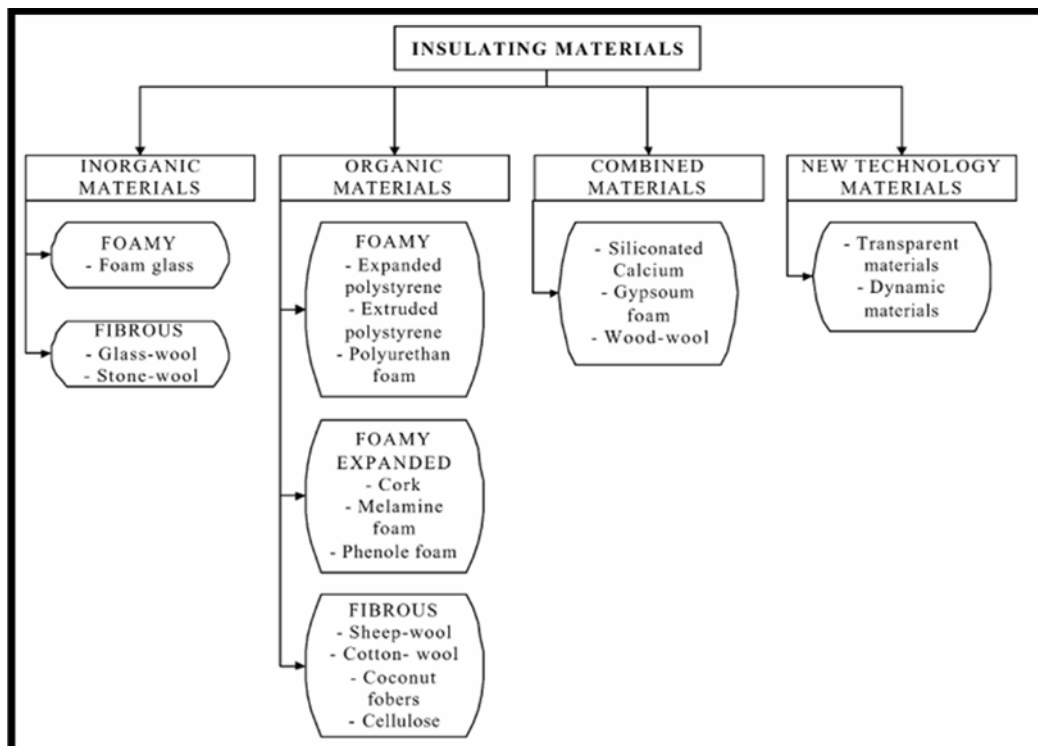


Rajah 2.3: Aplikasi *Fire-Retardant* Di Dalam Bangunan [24]

2.4 Penebat

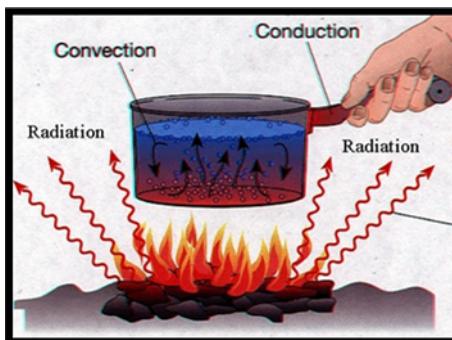
Penebat termal boleh didefinisikan sebagai bahan yang digunakan untuk mengurangkan kadar alir pemindahan haba. Ianya boleh dikelaskan seperti rajah 2.4. Secara umumnya, faktor-faktor yang mempengaruhi dalam melaksanakan proses penebatan dijalankan adalah seperti berikut:

- i. penjimatan tenaga;
- ii. perlindungan dan keselesaan sendiri;
- iii. penambahbaikan suhu persekitaran ataupun proses;
- iv. menghalang daripada pengkondensasian dan penghakisan;
- v. menghalang kebakaran;
- vi. menghalang pembekuan; dan
- vii. mengurangkan bunyi dan getaran.



Rajah 2.4: Jenis-Jenis Penebat [28]

2.4.1 Pemindahan Haba



Rajah 2.5: Pemindahan Haba [27]

Pemindahan haba berlaku kerana perbezaan suhu dan haba mengalir dari bahagian suhu tinggi ke bahagian suhu rendah. Mekanisma pemindahan haba boleh dibahagikan kepada tiga. Rajah 2.5 menunjukkan tiga mekanisma dalam pemindahan haba, (Q). Berikut adalah keterangan lebih lanjut mengenai mekanisma ini iaitu:

- i. Konduksi (*Conduction Fourier law*)

$$Q/A = - k dt / dx \quad (2.1)$$

Q = kadar pemindahan haba dalam arah x (unit Watt) negatif (–) bagi mengambilkira penurunan suhu.

A = luas keratan rentas – normal terhadap arah aliran haba (m^2)

T = suhu (Kelvin)

x = jarak (unit m)

k = kekonduksian terma ($W/m\ k$);

- ii. Perolakan (*convection*)

$$Q = hA (T - T_w) \quad (2.2)$$

h = pekali olakan bergantung kepada aliran

T_w = suhu dinding yang bersentuhan dengan bendalir

A = luas kawasan pemindahan haba; dan

- iii. Radiasi (*radiation*)

Pemindahan haba melalui ruang secara gelombang elektromagnet.

2.4.2 Kadar Pemindahan Haba Secara Konduktiviti [28]

Dalam mekanisma ini, kadar pemindahan haba dipengaruhi oleh:

- i. Geometri medium;
- ii. Ketebalan medium;
- iii. Jenis bahan medium yang digunakan; dan
- iv. Perbezaan suhu yang melalui medium.

Kadar pemindahan haba secara konduktiviti adalah berkadar terus dengan perbezaan suhu yang melalui lapisan dan juga luas pemindahan haba tetapi ianya berkadar songsang dengan ketebalannya. Selain itu juga, ianya berkadar terus dengan kekonduksian terma, medium tersebut. kekonduksian terma akan menunjukkan kebolehan bahan mengkonduksikan haba. Jika nilai kekonduksian terma tinggi maka ianya adalah konduktor haba yang baik namun sebaliknya jika nilai itu rendah. kekonduksian terma sesuatu bahan akan berubah mengikut suhu dimana semakin tinggi nilai suhu maka semakin rendah nilai kekonduksian terma sesuatu bahan.

Termal difusi, (α) juga memainkan peranan dalam analisis pemindahan haba untuk mekanisma ini. Termal ini akan menunjukkan secepat mana termal difusi ini melalui medium.

$$\alpha = \frac{k}{\rho c_p} \text{ (m}^2\text{/s)} \quad (2.3)$$

Parameter ρc_p kerap kali dijumpai dalam pemindahan haba dan ianya dikenali sebagai kapasiti haba dalam unit J/Kg. °C atau J/m³. °C. Nilai ini menunjukkan berapa banyak tenaga yang disimpan per unit isipadu. Bahan yang mempunyai termal konduktiviti yang tinggi dan rendah kapasiti haba akan menyebabkan termal difusi besar. Dengan nilai difusi termal yang tinggi maka penyebaran haba ke medium adalah laju.

2.5 Kajian Terdahulu

Merujuk kepada kajian yang dijalankan oleh Joseph Khedari, Borisut Suttisonk, Naris Pratinthong dan Jongjit Hirunlabh [14],

Di mana kesan panjang fiber mempengaruhi konduktiviti terma sesuatu medium. Secara umumnya, fiber yang pendek lebih susah disusun berbanding yang panjang namun semakin panjang fiber tersebut maka semakin tinggi nilai konduktiviti termalnya. Maka kajian ini telah menunjukkan bahawa panjang 2 mm ke bawah akan memperolehi konduktiviti terma yang rendah. Dalam kajian ini juga menunjukkan kecekapan penebat haba untuk sesuatu medium adalah berlawanan dengan ketumpatannya.

Kajian oleh Siti Norasikin [29],

Dalam kajian ini, lima sampel komposit terdiri dari campuran serat kelapa-polyurethane (PU). Didapati bahawa sampel yang mengandungi 15% serat kelapa menunjukkan komposisi yang terbaik bagi komposit serat bio yang sesuai bagi menggantikan komposit konvensional sebagai bahan penebat haba. Kajian mikrostruktur bahan terhadap sampel tersebut juga menunjukkan bahan tersebut mempunyai keliangan yang agak besar. Semakin besar peratus keliangan semakin baik sifat ketebatan terma sesuatu bahan. Jadual 2.7 menunjukkan keputusan kajian yang telah diperolehi. Oleh yang demikian, perkara yang memainkan peranan penting untuk sesuatu penebat ialah ketumpatan bahan, konduktiviti terma dan peratus keliangan. Dalam kajian ini dibuktikan bahawa semakin tinggi nilai peratus keliangan maka semakin baik nilai penebat sesuatu medium itu.

Jadual 2.7: Keputusan Kajian [29]

Peratus kandung PU dan sabut kelapa (%wt)		Thermal konduktiviti K (w/m °C)	Ketumpatan (g/cm ³)	Peratus keliangan (%)
Poliuretana	Serat kelapa			
85	15	1.132	0.1348	9.6

Daripada kajian yang dijalankan oleh Jun-Wei Gu, Guan-Cheng Zhang, Qiu Yu Zhang and Jie Kong [22],

Penyaduran *fire-retardant* dengan ketebalan 2 mm merupakan ketebalan yang baik untuk melambatkan proses pembakaran berlaku. Jadual 2.8 menunjukkan keputusan kajian yang telah diperolehi.

Jadual 2.8: Keputusan Kajian [22]

Nombor Salutan	Ketebalan (mm)	Masa Ketahanan Api (minit)
1	2.02	225
2	2.00	230
3	1.98	220
4	2.01	228
5	1.99	216

Merujuk kajian yang dijalankan oleh M.Mizanur Rahman Dan Mubarak A.Khan [8]

Kajian yang dilaksanakan adalah rawatan permukaan pada gentian kelapa dan memperbaiki sifat mekanikalnya. Dalam kajian ini didapati bahawa dengan penggunaan UV pretreatment pada sabut kelapa akan menunjukkan peningkatan kadar rintangan terhadap sinaran yang berdekatan dengan molekul selulosa semasa berlakunya SinaranUV. Penambahbaikan yang terbaik adalah dengan menggunakan 20% rawatan alkali dan diikuti dengan 50% monomer *ethylene dimethacrylate (EMA)*. Rawatan alkali juga akan mengurangkan *hydrophilicity* sabut dan yang paling penting dalam meningkatkan sifat ketegangan sabut. Sebelum eksperimen, Sabut juga akan dicuci dengan 2% bahan pembersih (serbuk penyuci, surf, unilever) pada suhu 70°C selama 1 jam kemudian rendam dengan air semalaman dan akhir sekali buang air dan keringkan dalam oven pada suhu 70°C. Selain itu juga pemilihan resin yang betul akan membantu dalam mengelakkan pereputan berlaku. Resin dari termoset yang tahan terhadap perubahan suhu dapat membantu pereputan tidak berlaku.

Merujuk kepada kajian yang dijalankan oleh Siti Mariam [19]

Hasil daripada kajian ini didapati bahawa sabut kelapa adalah berkadar langsung dengan sifat mekanikal sesuatu bahan. Komposisi 20% serat kelapa dan 80% poliuretana didapati menepati ciri-ciri dalam menggantikan siling asbestos sedia ada dimana bagi ujian lenturan dan ujian kadar penyerapan air nilai kekuatannya agak tinggi iaitu 6.1268Mpa dan 24.59% berbanding dengan peratus komposisi serat yang lain. Selain itu nilai kekuatan bagi ujian

kekerasan didapati agak lemah berbanding siling asbestos iaitu 38.11. Manakala bagi ujian suhu pula, semua komposisi menunjukkan bacaan suhu yang sama dengan siling asbestos sedia ada. Lampiran C menunjukkan keputusan kajian yang telah diperolehi.

Merujuk kepada kajian yang dijalankan oleh Mohd Rizafreen [32]

Dalam kajian ini, sabut kelapa digunakan sebagai bahan penguat dan matriknya adalah polyster. Polyster adalah tergolong dalam bahan termoset. Kajian ini akan mengkaji sifat mekanikal gentian kelapa. Daripada kajian yang dijalankan didapati bahawa, dengan penggunaan 15% gentian kelapa dan 85% resin polyster telah menunjukkan sifat mekanikal yang baik berbanding asbestos. Jadual 2.9 menunjukkan keputusan kajian yang telah diperolehi.

Jadual 2.9: Keputusan Kajian [32]

No	Jenis Ujian	Parameter	Sampel	Asbestos
1	Ujian tegangan	E (GPa)	1.27	4
2	3 titik lenturan	MOR (MPa)	33.55	5.35
3	Daya maksimum	(N)	604.16	389.31
4	Konduktiviti termal	W/m.K	1.62	1.29
5	Pekali pengurangan bising	Hz	0.0238	0.0036

Merujuk kepada kajian yang dijalankan oleh Mazlina [26],

Kajian mengenai sifat resin epoksi yang diperkuat dengan gentian semulajadi dari tumbuhan ke atas gentian sabut kelapa dan sabut kelapa sawit. Panjang setiap gentian adalah lebih kurang daripada 5.0 mm. Daripada keputusan-keputusan yang diperolehi melalui ujian-ujian yang telah dijalankan didapati bahawa resin epoksi yang diperkuat dengan gentian semulajadi daripada tumbuhan (sabut kelapa dan sabut kelapa sawit) mempunyai kekuatan tegangan dan hentaman yang baik. Walaubagaimanapun, hasil yang didapati adalah sebaliknya bagi ujian kekerasan. Secara umumnya, semua sampel yang diperkuat dengan gentian semulajadi dari tumbuhan menunjukkan sifat mekanikal yang lebih baik berbanding sampel yang disediakan menggunakan resin epoksi sahaja. Peratusan gentian di dalam sampel juga mempengaruhi sifat mekanikal sampel di mana lebih banyak gentian yang ada di dalam sampel, lebih baik sifat mekanikal yang akan diperolehi. Kajian ini juga mendapati bahawa penggunaan sabut kelapa akan memberikan keputusan yang lebih baik berbanding sabut kelapa sawit.

Merujuk kepada kajian yang dijalankan oleh Zarir Ramiz [35]

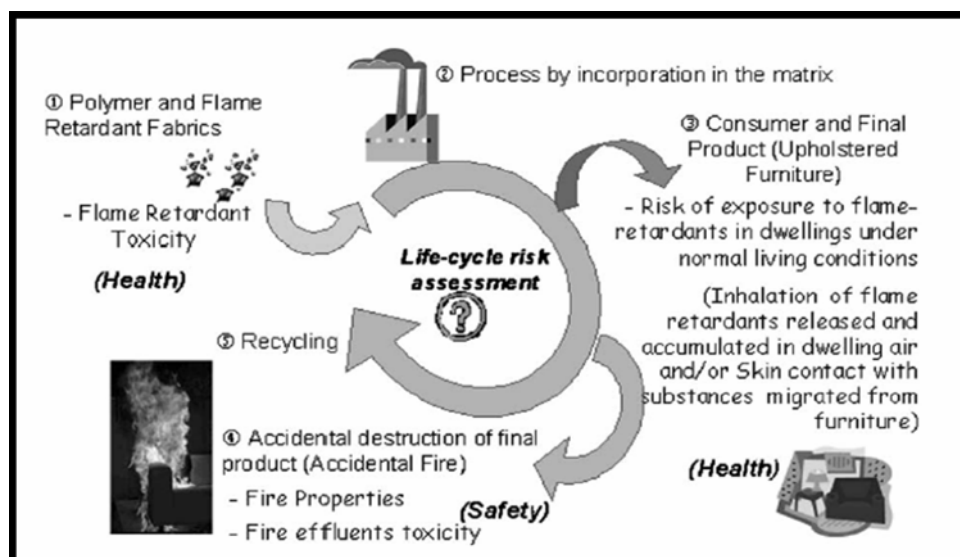
Daripada ujian yang dijalankan, saiz sampel yang digunakan ialah 100 mm x 100 mm x 100 mm. Dalam kajian ini didapati bahawa pengawetan sampel mempengaruhi kekuatan gentian kelapa dimana semakin lama sampel direndam di dalam air semakin tinggi beban maksimum yang boleh dikenakan. Jadual 2.10 menunjukkan keputusan kajian yang telah diperolehi.

Jadual 2.10: Keputusan Kajian yang telah Diperolehi

Umur (Hari)	Beban Maksimum (KN)	Kekuatan Purata (N/mm ²)
7	288.7	28.87
14	379.43	37.94
28	407.27	40.72

Merujuk kepada kajian yang dijalankan oleh C.Chivas, E. Guillaume, A. Sainrat, V Barbosa [23],

Melaksanakan pengkajian tentang risiko dan kelebihan dalam penggunaan *flame retardant* dalam penyaduran perabot di Eropah. Rajah 2.6 menunjukkan risiko dalam penggunaan *fire-retardant*.



Rajah 2.6: Risiko Dalam Penggunaan *Fire-Retardant*

Dalam kajian ini menunjukkan bahawa *fire-retardant* yang digunakan pada perabot tidak akan memmmberi kesan sekiranya:

- i. *fire-retardant* dan produk mematuhi peraturan yang telah ditetapkan. Ini termasuklah pertimbangan kehadiran terhadap risiko bahan, proses, pencemaran dan juga kesan kepada persekitaran; dan
- ii. perabot yang dihasilkan mengikut pengabungan yang telah ditetapkan.

Merujuk kepada kajian yang dijalankan oleh Ahmad Kairi [12]

Mampatan telah dilakukan di dalam acuan besi pada ukuran 180 mm x 180 mm x 3 mm dan dimampatkan dengan mesin tekanan hidraulik panas pada tekanan 2 tan dan 4 tan. Setiap mampatan mengambil masa 15, 30 dan 45 minit. Didapati bahawa komposisi sabut kelapa di dalam setiap sampel meningkat antara 27% hingga 31% jisim akibat daripada sesaran *epoksi-hardener* semasa mampatan. Kekuatan ujian menunjukkan bahawa hentaman komposit adalah 13.67 kJ/m² bagi sampel mampatan 2 tan dan 20.67 kJ/m² bagi sampel mampatan 4 tan. Nilai-nilai tersebut kurang daripada sampel yang disediakan menggunakan teknik *hand lay-up* tetapi lebih baik daripada sampel komposit polypropylene. *Modulus young* bagi sampel kajian didapati lebih tinggi berbanding sampel *hand layup* dan komposit polypropylene iaitu sebanyak 23.201 MPa bagi sampel mamptan 2 tan dan 17.806 MPa bagi sampel mampatan 4 tan. Kekerasan komposit telah berkurang di dalam lingkungan 70 hingga 75 kerana campuran epoksi yang tersesar akibat mampatan. Mikroskop imbasan electron menunjukkan ruangan kosong yang wujud di dalam struktur komposit akibat sesaran epoksi. Daripada kajian juga didapati bahawa kedalaman acuan dan keseragaman kepadatan sabut kelapa yang digunakan mempengaruhi kadar sesaran epoksi.

Merujuk kepada kajian yang dijalankan oleh Mohd Yuhazri [37]

Kajian ini telah dilakukan adalah untuk menentukan samaada komposit resin epoksi yang diperkuat dengan gentian semulajadi dari sabut kelapa boleh digunapakai sebagai lapisan luar yang keras pada tepi kelender. Komposisi gentian di dalam setiap sampel adalah ditetapkan pada 10% berbanding 90% resin epoksi berdasarkan berat. Bagi ujian kekerasan dan hentaman *charpy* didapati bahawa komposisi yang terpilih telah berjaya memperbaiki sifat mekanikal sampel. Hasil ujian *quasi-static penetration* sebanyak 4.375 kN