

**POTENSI PENGGUNAAN SERPAI KAYU SEBAGAI BAHAN GANTIAN  
AGGREGAT KASAR DALAM CAMPURAN KONKRIT**

**Oleh**

**MARIA ZURA BINTI MOHD. ZAIN**

**Tesis yang diserahkan untuk  
memenuhi keperluan bagi  
Ijazah Sarjana Sains**

**Disember 2008**

## PENGHARGAAN

Dengan Nama Allah Yang Maha Pemurah Lagi Maha Penyayang. Syukur kepada Allah di atas keizinan yang telah diberikan untuk menyiapkan tesis ini dan diharapkan segala ilmu yang diperolehi serta yang dipelajari sepanjang pengajian ini akan diberkati oleh Allah S.W.T.

Terlebih dahulu jutaan terima kasih kepada penyelia utama saya iaitu Prof. Madya Dr. Badorul Hisham Abu Bakar dan penyelia lapangan saya iaitu Dr. Mohd. Dahlan Jantan di atas tunjuk ajar, idea dan masa yang diluangkan sepanjang tempoh penyiapan projek ini. Jutaan terima kasih juga kepada semua pensyarah Pusat Pengajian Kejuruteraan Awam, Universiti Sains Malaysia, terutama Dr. Taksiah dan Dr. Megat yang banyak membantu dan memberi semangat kepada saya menghabiskan pengajian saya dengan jayanya.

Saya amat terhutang budi dengan komitmen yang telah diberikan oleh semua kakitangan FRIM terutama Ir. Mohd. Shukari Midon, kakitangan Unit Kejuruteraan Kayu dan Pembinaan; En. Othman Desa, En. Mohd. Yatim, En. Kunasegaran, En. Roszalli dan Pn. Chong yang banyak membantu. Tidak lupa kepada Dr. Omar dan Dr. Hamdan yang tidak putus-putus memberi dorongan kepada saya untuk menyiapkan tesis ini.

Kepada semua penyelidik yang terlibat dengan Projek CIDB/LESTARI/FRIM yang telah banyak membantu dan memberi tunjuk ajar kepada saya dalam penyelidikan dan menyiapkan projek ini. Victor dan Siti yang

bersama-sama bertungkus lumus menyiapkan penyelidikan ini. Kepada Dr. Zuhairi dan rakan-rakan CREAM; terima kasih di atas sokongan yang diberikan.

Penghargaan yang tinggi saya hadiahkan kepada bonda dan ayahanda tercinta, Mohd. Zain Hj. Basri dan Darawisa Mat Ila. Tidak lupa juga kepada suami dan anak-anak tersayang, Ridhwan Abdul Hamid, Ahmad Razin Adnan, Ahmad Amir Adnan dan Ahmad Ammar Adnan di atas sokongan, kesabaran dan pengorbanan yang diberikan. Kepada semua kakak dan abang tersayang, Maria Zulyani, Basri, Nor Azlan, Noriza, Nor Uriz, Suhaslin, Nor Izhar, Wan Rohana, Maria Zunita malah kepada anak-anak saudara yang tersayang terima kasih yang tidak terhingga di atas dorongan dan semangat yang diberikan.

Kepada semua yang tidak tertulis nama di atas tetapi membantu dalam penyelidikan dan juga penyiapan tesis ini terima kasih tidak terhingga dan hanya Allah yang dapat membalas jasa kalian.

Wassalam

## JADUAL KANDUNGAN

Muka Surat

<b>PENGHARGAAN</b>	ii
<b>JADUAL KANDUNGAN</b>	iv
<b>SENARAI JADUAL</b>	ix
<b>SENARAI GAMBARAJAH</b>	x
<b>SENARAI RAJAH</b>	xii
<b>SENARAI SIMBOL</b>	xiii
<b>ABSTRAK</b>	xiv
<b>ABSTRACT</b>	xv
<b>BAB 1 : PENGENALAN</b>	
.1 PENDAHULUAN	1
.2 OBJEKTIF KAJIAN	3
.3 PENGENALAN PROJEK	3
.4 SKOP KAJIAN	9
.4.1 Kajian Lapangan	10
.4.2 Limitasi Kajian Lapangan	11
.4.3 Analisis Kayu Terbuang daripada Tapak Pembinaan	11
.4.4 Kajian dan Ujikaji Campuran Konkrit	11

## **BAB 2 : KAJIAN ILMIAH**

2.1	PENGENALAN	13
2.2	PRINSIP KONKRIT GENTIAN KAYU	16
2.2.1	Hubungan Kandungan Mineral Gentian kayu dan Simen	16
2.3	CIRI-CIRI BAHAN	18
2.4	CIRI-CIRI KONKRIT BERAGGREGAT KAYU	22
2.4.1	Rintangan kebakaran	23
2.4.2	Penebat haba	23
2.4.3	Penyerapan bunyi	24
2.4.4	Ketahanlasakan	24
2.4.5	Kebolehtelapan	25
2.5	DEFINISI KEKUATAN KONKRIT	26
2.5.1	Faktor-faktor yang mempengaruhi kekuatan konkrit	26
2.5.1.1	Nisbah Air-Simen	26
2.5.1.2	Air	28
2.5.1.3	Simen	29
2.5.1.4	Kandungan agregat	32
2.5.1.5	Kesan suhu	40
2.5.1.6	Kesan umur	40
2.5.1.7	Keadaan pengawetan	41
2.4	FAKTOR KETAHANLASAKAN KONKRIT	42

### **BAB 3 : METADOLOGI**

3.1	PENGENALAN	44
3.2	PERANCANGAN KAJIAN	44
3.3	PERINCIAN KERJA-KERJA MAKMAL	46
3.4	BAHAN-BAHAN YANG DIGUNAKAN	48
3.4.1	Kekuatan Kayu	48
3.4.1.1	Ujian Lenturan Statik	49
3.4.1.2	Ujian Mampatan Selari Ira	52
3.4.1.3	Ujian Kericihan Selari Ira	53
3.4.1.4	Ujian Kelembapan	54
3.4.2	Serpai Kayu	54
3.4.2.1	Pemprosesan Serpai Kayu	55
3.4.3	Simen Portland Biasa	58
3.4.4	Air	59
3.4.5	Pasir	59
3.4.6	Batuan Terhancur	60
3.5	REKABENTUK CAMPURAN KONKRIT	60
3.6	KUANTITI BAHAN YANG DIPERLUKAN DALAM CAMPURAN KONKRIT	62
3.7	UJIAN REKABENTUK CAMPURAN	63
3.7.1	Ayakan Agregat	63
3.7.2	Ujian Kelembapan dan Ketumpatan Kayu	65
3.7.3	Prosedur Pembancuhan Campuran Konkrit	66
3.7.4	Ujian Penurunan	68

3.7.5	Ujian Faktor Pemadatan	70
3.7.6	Pemadatan Konkrit	72
3.7.7	Ujian-ujian ke atas Konkrit Keras	73
3.7.7.1	Ujian Mampatan	73
3.7.7.2	Ujian Kelenturan	75
3.7.8	Ujian –ujian Ketahananlasakan Konkrit	77
3.7.8.1	Ujian Keliangan	78
3.7.8.2	Ujian Kebolehtelapan	80

#### **BAB 4 : KEPUTUSAN DAN PERBINCANGAN**

4.1	PENGENALAN	82
4.2	UJIAN ANALISIS SIFAT-SIFAT KEKUATAN KAYU TERBUANG DARI TAPAK PEMBINAAN	83
4.2.1	Ujian Sifat Kekuatan Kayu	83
4.3	UJIAN KELEMBAPAN DAN KETUMPATAN KAYU CAMPURAN DARI TAPAK PEMBINAAN	86
4.4	PENGARUH SAIZ AGGREGAT KE ATAS KEKUATAN KONKRIT	87
4.4.1	Analisis Ayakan Agregat Halus	88
4.4.2	Analisis Ayakan Agregat Serpai Kayu	90
4.4.3	Analisis Ayakan Agregat Batuan Terhancur	92
4.5	UJIAN PENURUNAN	94
4.6	UJIAN FAKTOR PEMADATAN	96
4.7	ANALISA KETUMPATAN	97
4.8	UJIAN KEKUATAN MAMPATAN	101
4.9	UJIAN KELENTURAN	104

4.10	UJIAN SERAPAN AIR DAN KELIANGAN CAMPURAN KONKRIT	108
4.11	UJIAN KEBOLEHTELAPAN	113
<b>BAB 5</b>		
<b>KESIMPULAN</b>		
5.1	KESIMPULAN	117
5.2	KAJIAN MASA HADAPAN	121
<b>RUJUKAN</b>		124
<b>SENARAI PENERBITAN</b>		130



## SENARAI JADUAL

	<b>Muka Surat</b>
Jadual 1.1 : Jenis kayu gergaji yang terdapat di tapak pembinaan	7
Jadual 2.1 : Ciri-ciri utama pelbagai jenis konkrit gentian kayu	16
Jadual 2.2 : Ciri-ciri mekanikal untuk konkrit gentian kayu	18
Jadual 2.3 : Ciri-ciri fizikal konkrit gentian kayu	19
Jadual 2.4 : Komponen utama dalam simen Portland	32
Jadual 2.5: Pengelasan bentuk agregat batuan	36
Jadual 2.6 : Tekstur permukaan agregat	38
Jadual 3.1: Kuantiti bahan mengikut peratusan serpai kayu	62
Jadual 4.1 : Keputusan ujian sifat kekuatan sampel kayu terbuang	84
Jadual 4.2 : Keputusan ujian kelembapan dan ketumpatan	86
Jadual 4.3: Keputusan ujian ayakan agregat halus	88
Jadual 4.4 : Keputusan ujian ayakan agregat serpai kayu	90
Jadual 4.5 : Keputusan ujian ayakan agregat batuan terhancur	92
Jadual 4.6 : Keputusan ujian penurunan yang dijalankan	94
Jadual 4.7 : Keputusan ujian faktor pemadatan	96
Jadual 4.8 : Keputusan analisa ujian ketumpatan	98
Jadual 4.9 : Keputusan ujian kekuatan mampatan	102
Jadual 4.10 : Keputusan ujian kelenturan ke atas rasuk konkrit	105
Jadual 4.11 : Keputusan ujian serapan air dan keliangan	108
Jadual 4.12 : Keputusan ujian kebolehtelapan konkrit beragregat serpai kayu	114

## SENARAI GAMBARAJAH

	Muka Surat
Gambarajah 1.1 : Kayu sebagai acuan dan penyokong konkrit di tapak pembinaan	5
Gambarajah 1.2 : Kayu sebagai struktur sementara	6
Gambarajah 1.3 : Kayu sebagai acuan dan penyokong konkrit di tapak pembinaan	9
Gambarajah 1.4 : Kayu sebagai struktur sementara	10
Gambarajah 3.1 : Sampel kayu yang telah di uji mengikut spesis yang berlainan	49
Gambarajah 3.2 : Ujian lenturan statik dijalankan ke atas sampel	51
Gambarajah 3.3 : Ujian mampatan selari ira	52
Gambarajah 3.4: Kayu terbuang di tapak bina	56
Gambarajah 3.5: Proses pengambilan sampel kayu dari tapak bina	56
Gambarajah 3.6: Proses pembersihan sampel kayu	56
Gambarajah 3.7: Proses peyerpaian kayu menggunakan mesin penyerpai	57
Gambarajah 3.8: Mesin ayakan yang digunakan untuk menapis serpai kayu	57
Gambarajah 3.9: Serpai kayu yang telah ditapis	57
Gambarajah 3.10: Batuan terhancur dan serpai kayu yang digunakan dalam ujikaji	61
Gambarajah 3.11: Alat yang digunakan untuk mengayak pasir	64
Gambarajah 3.12: Alat yang digunakan untuk ayakan serpai kayu dan batuan terhancur	65
Gambarajah 3.13: Dulang ayakan yang digunakan	65
Gambarajah 3.14: Bancuhan konkrit di dalam mesin pencampur	67

Gambarajah 3.15: Sampel di awet menggunakan guni basah selama 24jam	68
Gambarajah 3.16: Sampel diawet di dalam takungan air biasa	68
Gambarajah 3.17: Ujian Penurunan sedang dijalankan	70
Gambarajah 3.18: Alat yang digunakan untuk Ujian Faktor Pemadatan	72
Gambarajah 3.19: Konkrit di dalam acuan yang sedang dipadatkan menggunakan meja penggetar	73
Gambarajah 3.20: Mesin ujian mampatan	74
Gambarajah 3.21: Mesin ujian mampatan sampel kiub yang telah dikenakan beban mampatan	75
Gambarajah 3.22: <i>Universal Testing Machine</i>	76
Gambarajah 3.23: Mesin penebuk konkrit	77
Gambarajah 3.24: Konkrit berukuran diameter 50mm yang telah ditebuk	78
Gambarajah 3.25: Alat untuk Ujian Keliangan	79
Gambarajah 3.26: Sampel disimpan dalam “ <i>desiccator</i> ”	81
Gambarajah 3.27: Alat Ujian Kebolehtelapan	81

## SENARAI RAJAH

	Muka Surat
Rajah 1.1 Graf komposisi bahan terbuang di tapak pembinaan	2
Rajah 3.1: Prosedur kerja makmal ke atas sampel campuran konkrit	45
Rajah 3.2 : Skematik ujian lenturan statik	51
Rajah 3.3 : Skematik ujian kerichan	53
Rajah 3.4: Skematik menunjukkan kelenturan yang terhasil selepas rasuk dikenakan beban	76
Rajah 4.1: Peratus pasir sungai halus melepasi ayakan melawan saiz pengayak	89
Rajah 4.2: Peratus agregat serpai kayu melepasi ayakan melawan saiz pengayak	91
Rajah 4.3: Peratus agregat batuan terhancur melepasi ayakan melawan saiz pengayak	93
Rajah 4.4 : Graf ketumpatan campuran konkrit melawan umur konkrit	99
Rajah 4.5 : Graf kekuatan mampatan campuran konkrit melawan umur konkrit	102
Rajah 4.6 : Graf modulus kepecahan konkrit melawan umur konkrit	106
Rajah 4.7 : Graf peratus kadar serapan air konkrit melawan peratusan serpai kayu	109
Rajah 4.8 : Graf peratus kadar serapan air melawan umur konkrit	110
Rajah 4.9 : Graf kadar keliangan konkrit melawan peratusan serpai kayu	111
Rajah 4.10 : Graf kadar keliangan konkrit melawan umur konkrit	111
Rajah 4.11 : Graf kebolehtelapan konkrit melawan peratusan serpai kayu	115
Rajah 4.12: Graf kebolehtelapan konkrit melawan umur konkrit	116

## SENARAI SIMBOL

w	Jumlah resapan air yang dibanding dengan berat kering konkrit yang dikeringkan pada suhu 105 °C (%)
$\rho$	ketumpatan konkrit kering ( $\text{kgm}^{-3}$ )
R	Daya tegasan
P	Beban maksimum
A	Keluasan permukaan ( $\text{mm}^2$ )
MOR	Modulus Kepecahan ( $\text{N/mm}^2$ )
F	Beban maksima yang dikenakan kepada sampel (kN)
W	Lebar sampel kayu (mm)
T	Tebal sampel kayu (mm)
L	Panjang sampel (mm)
$\Delta l$	Lengkungan yang dapat dicapai oleh sampel setelah dikenakan beban (mm)
MOE	Modulus Keanjalan ( $\text{N/mm}^2$ )
$\frac{\Delta F}{\Delta l}$	Kecerunan daripada graf Beban melawan Lengkungan (kN/mm)
bh	Luas permukaan yang telah tericik ( $\text{mm}^2$ )
P%	Peratus Keliangan
W <sub>2</sub>	Berat di dalam udara
W <sub>3</sub>	Berat di dalam air
W <sub>4</sub>	Berat sampel setelah dikeringkan di dalam ketuhar pembakar
k	Kebolehtelapan ( $\text{m}^2$ )
V	Kadar aliran ( $\text{cm}^3/\text{s}$ )
L	Ketebalan spesimen ( $\text{m}^2$ )
A	Keratan rentas permukaan spesimen ( $\text{m}^2$ )
P <sub>1</sub>	Tekanan sebenar yang dikenakan (bar), tekanan atmosfera + P <sub>2</sub>
P <sub>2</sub>	Tekanan dari kadar aliran

## **POTENSI PENGGUNAAN SERPAI KAYU SEBAGAI BAHAN GANTIAN AGGREGAT KASAR DALAM CAMPURAN KONKRIT**

### **ABSTRAK**

Penyelidikan intensif telah dijalankan untuk memahami potensi serpai kayu sebagai bahan gantian agregat konkrit. Bahan buangan kayu dari tapak binaan telah dikitar semula untuk tujuan pemuliharaan alam sekitar. Penggunaan bahan buangan ini di dalam konkrit akan dapat mengurangkan penggunaan granit dalam konkrit konvensional. Lebih daripada 60 spesis berlainan kayu terbuang telah dikenalpasti daripada tapak pembinaan yang digunakan sebagai kayu perancah dan juga sebagai acuan konkrit sementara di tapak bina. Peratusan serpai kayu bersaiz 20mm iaitu 10%, 20%, 30%, 40% dan 50% telah digunakan bagi menggantikan agregat kasar dalam campuran konkrit. Nilai nisbah air-simen adalah di antara 0.57 hingga 0.77 untuk nilai penurunan 60mm hingga 180mm yang telah ditetapkan di dalam rekabentuk campuran konkrit tersebut. Ujian-ujian untuk menentukan kekuatan dan ketahanan lasakan campuran konkrit telah dijalankan yang melibatkan ujian mampatan, ujian kelenturan, ujian keliangan dan ujian kebolehtelapan ke atas konkrit 7 hari, 14 hari, 28 hari dan 90 hari dengan mengambil kira kebolehkerjaan konkrit dan ketumpatan konkrit tersebut. Daripada keputusan yang diperolehi, peratusan optimum gantian agregat serpai kayu di dalam konkrit adalah sebanyak 10% dan 20% mengikut nisbah isipadu. Dapat disimpulkan dari penyelidikan ini, kayu terbuang dari tapak binaan dapat diguna semula sebagai satu produk yang berguna dan bernilai tambah serta mempunyai berpotensi ekonomi yang baik pada masa akan datang.

# **POTENTIAL USE OF WOODCHIPS AS A COURSE AGGREGATE REPLACEMENT IN CONCRETE MIX**

## **ABSTRACT**

Intensive research was carried out to assess the potential of wood chips as a replacement of aggregate in concrete. This study recycled wood waste from construction site to preserve the environment. Wood waste was used as a replacement aggregate to reduce the usage of granite in the concrete conventional course aggregates. More than 60 odd species of wood waste were identified from the off-cuts scaffoldings and formwork. The percentage of recycled woodchips used as aggregate were 10%, 20%, 30%, 40% and 50% of mesh size 20mm. Water-cement ratio were between 0.57 to 0.77 for the was of 60mm to 180mm as specified in the concrete design. The strength and durability test carried out included the compression test, bending test, porosity and permeability test of 7 days, 14 days, 28 days and 90 days concrete. Test was also carried out on the workability and density of the concrete. From the results, optimum percentage of replacement woodchips was between 10% and 20% in volume ratio. From this study, it was concluded that the wood waste from construction sites can be transformed into useful and value added product which have a good economic potential in the future.

# BAB 1

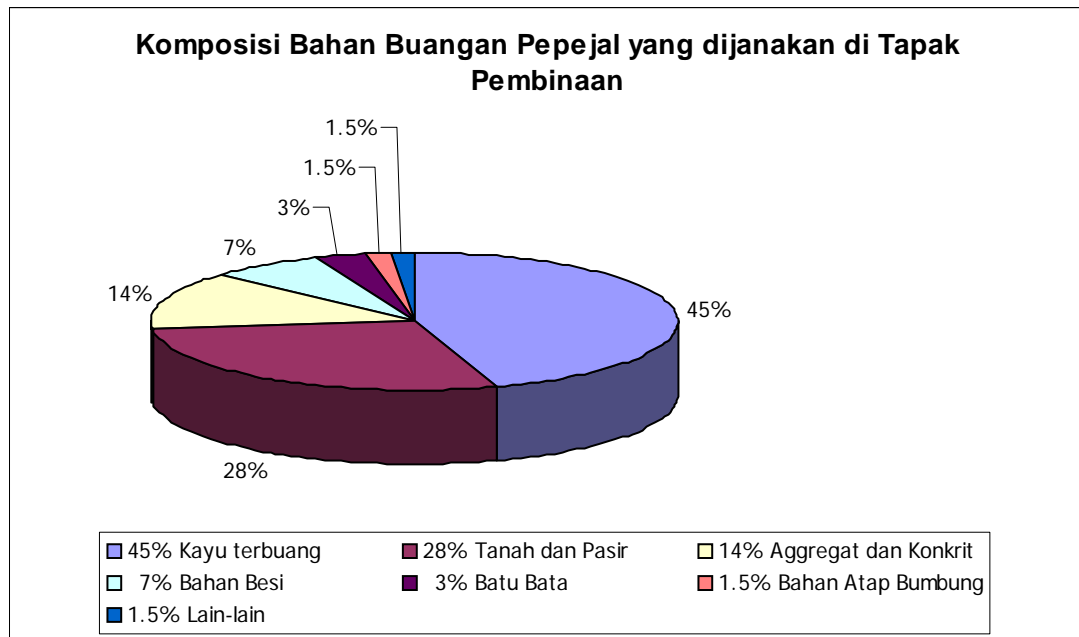
## PENGENALAN

### 1.1 PENDAHULUAN

Kayu merupakan bahan yang baik sebagai bahan struktur pembinaan kekal atau sementara kerana kekuatan relatifnya yang baik mengikut spesies dan gred yang digunakan. Kayu yang cukup kering adalah medium yang baik sebagai bahan penebat seperti haba, bunyi dan elektrik. Struktur sel yang ada pada kayu akan memerangkap udara di dalamnya menjadikan ia penebat udara panas yang baik (Mohd. Dahlan, et. al. 2007). Penggunaannya sangat mudah kerana senang untuk dibentuk menggunakan alatan tangan atau mesin, mudah untuk disambungkan menggunakan perekat jika perlu pada rentangan yang lebar atau pemakuan atau menggunakan skru, selak dan penyemat. Disebabkan harga yang tinggi di pasaran serta kurang bekalan, kayu kurang digunakan sebagai anggota struktur bangunan berbanding konkrit.

Kajian yang telah dijalankan oleh kumpulan penyelidik *Waste Minimization And Recycling Potential of Constuction Materials* merujuk kepada Rajah 1.1 mendapati sebanyak 45% daripada komposisi keseluruhan bahan buangan di tapak bina kawasan kajian Kamsis-H adalah kayu terbuang, 28% adalah bahan pasir dan tanah, 14% konkrit dan agregat batuan, 7% bahan besi, 3% blok dan bata dan masing-masing 1.5% dan 1.5% bahan bumbung dan lain-lain. Peratusan ini di nilai mengikut komposisi purata isipadu bahan buangan di tapak bina (Rawshan et. al., 2006).





(Rujukan: Rawshan, et. al., 2006)

Rajah 1.1 Graf Komposisi Bahan Terbuang di Tapak Pembinaan

Daripada kajian ini juga, kayu-kayu terbuang di tapak bina adalah kayu gergaji yang telah digunakan sebagai struktur kekal (kerangka bumbung) dan struktur sementara (kerja acuan dan penyokong konkrit). Kayu terbuang sebanyak 85% merupakan struktur sementara manakala 15% adalah dari struktur kekal yang merupakan keratan kecil kerangka bumbung. Kerangka bumbung yang digunakan di tapak kajian lapangan adalah jenis pasang siap, oleh itu kayu terbuang daripada struktur kerangka bumbung adalah paling minimum (Mohd. Dahlan, et. al, 2007).

Penggunaan semula kayu terbuang di tapak pembinaan boleh digunakan dilaluan pejalan kaki sebagai salah satu kawalan kepada hakisan tanah. Kegunaan lain kayu terbuang juga adalah sebagai alternatif gantian agregat di dalam konkrit blok atau bata (Patterson, 2003).

## **1.2 OBJEKTIF KAJIAN**

Kajian kelakuan kekuatan konkrit dengan penambahan serpai kayu dalam peratusan yang berbeza sebagai gantian batuan terhancur agregat kasar mempunyai lima objektif utama, iaitu:

1. Menentukan ciri-ciri kayu terbuang yang terdapat di tapak pembinaan.
2. Menghasilkan campuran konkrit yang menggunakan serpai kayu sebagai bahan gantian agregat kasar.
3. Menentukan nisbah optimum serpai kayu dalam campuran konkrit.

Daripada data-data yang diperolehi di atas, maka perbandingan akan dibuat untuk setiap sampel bancuhan konkrit yang berlainan peratusan serpai kayu iaitu 0% sebagai sampel kawalan, 10% 20%, 30%, 40% dan 50%. Dengan mengetahui sifat dan ciri-ciri konkrit tersebut, maka peratusan serpai kayu yang terbaik dalam penambahannya di dalam campuran dapat ditentukan.

## **1.3 PENGENALAN PROJEK**

Konkrit serpai kayu adalah salah satu daripada bahan terubahsuai yang luas penggunaannya. Konkrit ini diubahsuai dengan menggunakan serpai kayu jenis kayu campuran sebagai gantian agregat kasar batuan terhancur. Konkrit beragregat serpai kayu ini dapat digunakan sebagai penebatan dan akustik, elemen struktur penahan beban dan tidak penahan beban. Kayu gergaji yang digunakan adalah daripada jenis kayu campuran (*mix hardwood*) dan diserpaikan menggunakan mesin

penyerpai dan digunakan sebagai agregat kasar yang mana menggantikan batuan terhancur dalam pembuatan konkrit. Kayu-kayu gergaji ini diambil daripada dari sisa industri pembinaan bagi menengahkan konsep “mesra alam”.

Pendekatan yang diambil dalam kajian ini secara ringkasnya menggabungkan antara kajian ilmiah, kajian lapangan dan ujikaji makmal untuk membuktikan dan menganalisis kemampuan ketahanan dan kebolehkerjaan konkrit beragregat kayu terbuang dari tapak bina. Isu-isu alam sekitar dan pengurusan bahan buangan dari tapak bina yang dialami oleh sektor pembinaan di Malaysia masa kini diharap dapat dikurangkan dengan adanya alternatif bagi menggunakan bahan buangan kayu ini pada masa akan datang.

Pada amnya, keadaan fizikal kayu dari tapak bina yang telah digunakan sebagai struktur sementara mempunyai paku dan bersalut simen konkrit dipermukaannya. Terdapat juga kayu-kayu yang telah reput, berukuran kecil dan pendek yang akan menimbulkan masalah kepada pengkitaran semula kayu-kayu tersebut untuk menghasilkan produk baru. Sebelum ujikaji dan kajian lanjut dijalankan, kayu-kayu terbuang perlu dibersihkan terlebih dahulu dari bahan-bahan asing ini. Selain dari itu, pengecaman sampel-sampel kayu gergaji dan penentuan kandungan kelembapan dan pengawetan turut juga dilakukan. Untuk tujuan ini, sampel-sampel kayu terbuang tersebut disampelkan dan diambil daripada kawasan lapangan dan dibawa ke makmal untuk kerja-kerja analisis seterusnya.

Daripada sampel kayu terbuang dari kawasan lapangan kajian di dapati beberapa perbandingan dan rumusan ringkas seperti di bawah:

1. Longgokan kayu dan papan lapis boleh dibahagikan ke dalam 3 kategori :
  - i. Kayu gergaji dan papan lapis yang belum digunakan.
  - ii. Kayu gergaji dan papan lapis yang bakal diguna semula.
  - iii. Kayu gergaji dan papan lapis terbuang.

2. Di tapak pembinaan, kitaran guna semula kayu kerja acuan dan kayu penyokong adalah sebanyak empat (4) kali. Gambarajah 1.1 dan 1.2 menunjukkan kayu digunakan untuk struktur sementara di tapak pembinaan sebagai penyokong dan kerja acuan. Di kawasan pengumpulan yang disediakan oleh kontraktor, didapati bahawa terdapat 90% hingga 95 % kayu gergaji dan papan lapis yang masih boleh digunakan untuk kali kedua dan kurang daripada 10% dikategorikan terbuang. Untuk penggunaan kali ketiga peratusan kayu gergaji yang boleh digunakan ialah diantara 80% ke 85%.



Gambarajah 1.1 : Kayu sebagai acuan dan penyokong konkrit di tapak pembinaan



Gambarajah 1.2 : Kayu sebagai struktur sementara

3. Kayu gergaji dan papan lapis yang digunakan terdiri dari berbagai-bagai jenis dan kumpulan dan ini dinyatakan di dalam Jadual 1.1. Ukuran panjang kayu gergaji adalah antara 0.6 meter hingga 4 meter dan keratan rentasnya antara 25mm X 50mm hingga 38mm X 100mm. Walau bagaimanapun, ketebalan papan lapis yang digunakan adalah seragam, iaitu 12mm tebal.

Jadual 1.1 : Jenis kayu gergaji yang terdapat di tapak pembinaan

KUMPULAN	NAMA BIASA	NAMA SAINTIFIK
Kayu Keras Berat ( <i>Heavy Hardwood</i> )	Bekak Bitis Dungun Kekotong Mempening	<i>Amoora</i> spp. <i>Madhuca</i> spp. <i>Heritiera littoralis</i> <i>Cynometra</i> spp. <i>Lithocarpus</i> spp.
Kayu Keras Sederhana ( <i>Medium Hardwood</i> )	Bangkal Berangan Bungor Dedali Kasai Keruing Kulim Mahang Mengkulang Mentulang Merbatu Nyatoh Kuning Nyireh Pepijat Putat Rengas Simpoh Tampoi	<i>Nauclea</i> spp. <i>Castanopsis</i> spp. <i>Lagerstroemia</i> spp <i>Strombosia javanica</i> <i>Pometia</i> spp. <i>Dipterocarpus</i> spp. <i>Scorodocarpus borneensis</i> <i>Macaranga</i> spp. <i>Heritiera</i> spp. <i>Alangium</i> spp. <i>Maranthes corymbosa</i> <i>Planchonella</i> spp. <i>Xylocarpus</i> spp. <i>Prunus</i> spp. <i>Barringtonia</i> spp. <i>Gluta</i> spp. <i>Dillenia</i> spp. <i>Baccaurea</i> spp.
Kayu Keras Ringan ( <i>Light Hardwood</i> )	Merawan Nyatoh Penarahan Pulai Sesendok Terap Terentang Durian Geronggang Kedondong Medang Mempisang	<i>Hopea</i> spp. <i>Palaquium</i> spp. <i>Myristica</i> spp. <i>Alstonia</i> spp. <i>Endospermum</i> spp. <i>Artocarpus</i> spp. <i>Camptosperma</i> spp. <i>Durio</i> spp. <i>Cratoxylum</i> spp. <i>Santiria</i> spp. <i>Cinnamomum</i> spp. <i>Mezzettia</i> spp.

(Rujukan: Mohd. Dahlan, et. al., 2007)

4. Kayu yang digunakan dalam industri pembinaan untuk kerja acuan dan penyokong adalah daripada spesies campuran dan kebanyakan kayu gergaji yang digunakan mempunyai peratusan kayu gubal (*sapwood*) yang tinggi dan ini dianggarkan antara 60% ke 70%. Penggunaan kayu gergaji yang mempunyai

peratusan kayu gubal yang tinggi tidak dapat bertahan lama jika dibandingkan dengan keratan yang terdiri daripada kayu teras (*heartwood*) sahaja. Kayu gubal amat mudah diserang oleh agen-agen perosak kayu seperti kulat dan serangga perosak, termasuk anai-anai. Walau bagaimanapun, jika kayu gergaji yang mengandungi kayu gubal ini diawet dengan sempurna, jangkamasa penggunaannya boleh dipanjangkan dengan ketara (Lee et. al., 1993). Untuk kajian ini didapati bahawa sebanyak 85% sampel kayu terbuang tidak mencapai piawaian Rambatan Kering Garam (DSR) di bawah  $5.6 \text{ kgm}^{-3}$ . Ini bermakna 15% sahaja kayu yang dibuang daripada tapak pembinaan telah diawet. Daripada angka ini, didapati ianya adalah kayu terbuang struktur kekuda bumbung yang telah dibuat dan dipasang di kilang mengikut saiz yang dikehendaki. Kepingan kecil daripada struktur kekuda bumbung ini dipotong untuk disesuaikan mengikut saiz bumbung yang diperlukan (Mohd. Dahlan et. al., 2007).

5. Kayu gergaji dan papan lapis yang digunakan dalam kerja-kerja acuan dan penyokong telah digunakan sekurang-kurangnya satu kali. Walaupun begitu, kesesuaian penggunaan semula kayu gergaji dan papan lapis untuk kerja-kerja acuan adalah bergantung kepada perkara-perkara berikut :

- i. Keadaan fizikal kayu gergaji dan papan lapis ini masih baik dan memuaskan.
- ii. Kayu gergaji dan papan lapis yang baik ini biasanya disyor untuk digunakan semula oleh kontraktor untuk kerja acuan dan penyokong. Kayu gergaji dan papan lapis untuk kerja acuan dan penyokong akan digunakan sebanyak empat (4) kali.

6. Umumnya, kayu gergaji dan papan lapis yang dibuang akan digunakan sebagai penambak tanah sekitar kawasan pembinaan (Faniran et. al., 1998). Tambakan ini dilakukan setelah sesuatu projek pembinaan selesai. Kayu-kayu yang digunakan sebagai penambak akan menjadi makanan kepada anai-anai, dan serangga ini akan terus bertapak di kawasan berkenaan. Keadaan ini akan memberikan kesan negatif kepada bangunan di masa hadapan (Mohd. Dahlan et. al., 2007).

#### **1.4 SKOP KAJIAN**

Skop kajian bagi projek meliputi analisa jenis-jenis kayu terbuang, sifat-sifat fizikal dan mekanikal yang merangkumi kekuatan kayu terbuang dan yang paling utama ialah menjadikan serpai kayu daripada kayu buangan industri pembinaan sebagai bahan gantian batuan terhancur di dalam bancuhan konkrit.

Kajian ini menggunakan kayu terbuang iaitu kayu daripada struktur sementara acuan konkrit dan penyokongnya. Pembolehubah kajian adalah nisbah air simen dan peratusan kayu yang digunakan di dalam setiap bancuhan yang berbeza. Peratusan serpai kayu yang digantikan dengan agregat batuan terhancur di dalam bancuhan konkrit adalah 0% (kawalan), 10%, 20%, 30%, 40% dan 50%. Ujikaji dilakukan ke atas setiap sampel dengan peratusan komposisi agregat serpai kayu yang berbeza pada umur konkrit 7 hari, 14 hari, 28 hari dan 90 hari.

Skop ujikaji pula merangkumi analisa kebolehkeraan terhadap konkrit segar, analisa keupayaan konkrit menanggung bebanan mampatan maksima, kekuatan lenturan yang dapat ditanggung oleh konkrit tersebut, kadar kebolehtelapan dan



keliangan yang terdapat pada konkrit yang dibancuh. Daripada ujian-ujian yang dijalankan ke atas konkrit beragregat serpai kayu ini, peratusan optimum serpai kayu dalam konkrit sebagai gantian batuan terhancur dapat dikenalpasti.

#### **1.4.1 Kajian Lapangan**

Kajian lapangan merupakan salah satu kajian yang perlu dijalankan untuk memperolehi input dan pengambilan sampel untuk diujikaji. Lapangan yang di pilih adalah di kawasan pembinaan kolej kediaman Kamsis-H, Universiti Kebangsaan Malaysia (UKM), Bangi, Selangor. Kawasan pembinaan baru ini meliputi 49,662 m<sup>2</sup> bukaan lantai. Tapak pembinaan yang dipilih ini akan menjadi asas untuk mendapatkan gambaran sebenar proses-proses pembinaan di tapak pembinaan. Tapak kajian ini juga digunakan untuk mengenalpasti proses-proses yang terlibat dalam menghasilkan kitaran bahan kayu yang telah digunakan sebagai struktur tetap dan sementara.

Tapak kajian kedua adalah satu blok bangunan pejabat penyelenggaraan di Institut Penyelidikan Perhutanan Malaysia (FRIM), Kepong, Selangor yang meliputi lebih kurang 6,000 m<sup>2</sup> bukaan lantai. Kedua-dua lokasi tapak digunakan untuk menyelidik, mengumpul data dan juga untuk pengambilan sampel. Sampel-sampel yang diambil digunakan untuk tujuan ujikaji-ujikaji seperti yang dibincangkan dalam bab-bab seterusnya.

#### **1.4.2 Limitasi Kajian Lapangan**

Kajian ini mempunyai beberapa limitasi terhadap menggunakan tapak kajian lapangan sebagai kajian kes bagi mewakili hasil kajian. Penyelidikan hanya dijalankan di dua tapak tersebut kerana faktor masa yang terhad untuk menjalankan kajian lapangan. Ini disebabkan masa yang panjang diambil untuk menyiapkan sesuatu projek pembinaan juga telah menghadkan bilangan tapak projek pembinaan untuk dijadikan kajian kes.

#### **1.4.3 Analisis Kayu Terbuang daripada Tapak Pembinaan**

Beberapa data dianalisis daripada sampel yang diperolehi daripada tapak kajian lapangan. Analisa dijalankan ke atas sampel kayu untuk mengetahui jenis-jenis kayu terbuang, ciri-ciri fizikal dan mekanikal kayu terbuang. Ujikaji ke atas sampel kayu tersebut dilakukan untuk mengetahui keadaan dan gambaran sebenar kayu terbuang sebelum digunakan sebagai agregat gantian dalam campuran konkrit.

#### **1.4.4 Kajian dan Ujikaji Campuran Konkrit**

Campuran konkrit yang dihasilkan adalah dengan menggantikan agregat batuan terhancur kasar dengan menggunakan serpai kayu daripada tapak pembinaan. Sampel daripada kajian lapangan tapak pembinaan digunakan dan dipotong menggunakan mesin penyerpai kayu untuk menghasilkan serpai kayu.

Beberapa ujikaji analisis ayakan terhadap agregat kasar termasuklah batuan terhancur dan serpai kayu daripada kayu terbuang di tapak bina dijalankan. Malah analisis terhadap agregat halus yang menggunakan pasir juga dilakukan. Pengkelasan am agregat dapat ditentukan dengan menjalankan analisis ayakan tersebut.

Untuk menjalankan ujikaji terhadap campuran konkrit, beberapa ujian ke atas konkrit tersebut dilakukan. Ujian campuran konkrit basah dijalankan untuk menentukan keboleherjaan campuran konkrit semasa basah. Ujian Penurunan dan Ujian Faktor pemadatan dilakukan ke atas konkrit basah yang telah direkabentuk.

Diantara ujian terhadap konkrit terkeras yang dijalankan adalah Ujian Mampatan, Ujian Kelenturan, Ujian Kebolehtelapan dan Ujian Kadar Keliangan konkrit. Dengan itu, penilaian terhadap keupayaan dan kekuatan konkrit dapat ditentukan. Perbandingan kekuatan konkrit dilakukan dengan membuat ujian pada umur konkrit 7, 14, 28 dan 90 hari.

## **BAB 2**

### **KAJIAN ILMIAH**

#### **2.1 PENGENALAN**

Komposit kayu-simen adalah bahan yang menarik untuk dihasilkan pada masa kini berbanding konkrit konvensional (Beraldo, 1995). Kayu merupakan salah satu bahan alternatif agregat ringan yang sedang giat dijadikan bahan penyelidikan di dalam campuran konkrit. Penggunaannya tidak dipelbagaikan dan lebih kepada pengeluaran bahan penyalutan dan tujuan akustik, simen kayu untuk pertukangan batu dan sebagai partikel yang menanggung beban dan tidak menanggung beban (Sarja, 1988). Konkrit beragregat kayu ini dihasilkan daripada kayu terbuang dan di guna semula, tidak toksid dan sangat kukuh untuk kegunaan di dalam pembinaan rumah dan bangunan kecil. Teknologi konkrit beragregat ringan termasuklah konkrit beragregat kayu telah mula dilakukan penyelidikan dan digunakan di Eropah semenjak kurun ke-19 lagi (Walter, 1992). Konkrit beragregat kayu ini kuat, tahan lasak, ringan dan mudah dikerjakan jika menggunakan pemotong, penebuk lubang dan lain-lain. Kebaikan lain yang terdapat kepada konkrit ini ialah ia merupakan penebat haba, elemen strukturnya yang ringan, keboleherjaan yang baik dan mulur terhadap bahan yang lebih keras. Konkrit beragregat kayu ini sesuai untuk kegunaan negara-negara membangun dan industri. Sifat-sifatnya yang menarik seperti yang dinyatakan di atas sangat sesuai untuk kegunaan membaik pulih struktur pembinaan (Sarja, 1988).

Sarja (1988) juga menyatakan bahawa aplikasi pertama menggunakan konkrit beragregat kayu ini adalah untuk kegunaan sistem panel dinding yang tidak menanggung beban dalaman atau luaran untuk bangunan bertingkat. Manakala, konkrit ini menanggung beban pada dinding dan papak lantai adalah untuk aplikasi kepada rumah yang tidak terlalu besar. Beliau juga menyatakan bahawa produk ini juga banyak diaplikasikan di dalam sistem struktur dinding bangunan bertingkat dan rumah kos rendah di negara barat.

Di Malaysia, kayu merupakan salah satu bahan yang digunakan sebagai struktur sementara dalam penghasilan acuan pembuatan konkrit di tapak bina. Kayu-kayu ini digunakan semula sehingga empat kali dan akan lupuskan. Pelupusan kayu-kayu terbuang ini biasanya akan dibakar atau dibuat tambakan di kawasan pembinaan tersebut. Ini akan mengakibatkan masalah alam sekitar yang ketara akibat pembakaran terbuka dan penambakan atau pembuangan secara haram. Jabatan Alam Sekitar telah mengemukakan akta alam sekitar di dalam Akta Kualiti Alam Sekitar (EQA) 1974 dan Pindaan (1985 dan 1996) yang merujuk kepada akta Alam Sekitar di kawasan tapak bina di Malaysia. Oleh yang demikian, kayu-kayu terbuang ini sangat sesuai diketengahkan sebagai bahan alternatif dalam penghasilan konkrit beragregat ringan.

Dasar Pertanian Negara-1984 menyarankan agar diadakan suatu hasil baru daripada sisa buangan memandangkan penjanaaan sisa yang semakin meningkat di Malaysia ini. Oleh itu, penggunaan kayu dalam campuran ini adalah daripada sisa binaan dan boleh ditakrifkan sebagai konkrit gentian kayu. Ia mudah didapati dan penggunaannya adalah bersifat “mesra alam” (Kartini et. al., 2003).

Konkrit gentian kayu didefinisikan sebagai bahan komposit yang mengandungi sekurang-kurangnya simen hidraulik, air dan gentian kayu yang bersaiz paling halus dengan majoriti ukuran panjang gentian sebanyak 5mm (Sarja, 1988). Sehubungan dengan itu, konkrit gentian kayu juga mengandungi pasir atau agregat halus dan bahan gantian seperti pozzolana atau wasap abu terbang dan bahan tambah seperti bahan pencepat atau bahan perencat. Namun begitu, konkrit gentian kayu mempunyai pelbagai ciri dan kegunaannya mengikut jujuk konkrit tersebut, rekabentuk campuran dan kaedah penghasilannya. Ia boleh diklasifikasikan kepada :

i) Gentian kayu yang mengandungi adunan simen dan gentian kayu seperti:

- Tatal kayu berbentuk bebenang
- Komposit kepingan, empingan atau serpai kayu agregat ringan (simen kepingan kayu)
- Komposit simen-kayu (simen partikel kayu)

ii) Komposit agregat-simen bermineral kayu (konkrit gentian kayu berstruktur)

Jika dilihat dari aspek pemasaran, konkrit gentian kayu adalah penghasilan industri yang begitu berpotensi (Sarja, 1988). Contoh dan penggunaannya dalam industri pembinaan dan kegunaan harian malah ciri-ciri utama untuk pelbagai jenis konkrit gentian kayu juga boleh diklasifikasikan seperti dalam Jadual 2.1.

Jadual 2.1 Ciri-ciri Utama Pelbagai Jenis Konkrit Gentian Kayu

Jenis	Juzuk Asas	Ketumpatan (kg/m <sup>3</sup> )	Kekedapan	Penggunaan
Papan tatal	Racikan kayu pependek (panjang > 80 mm), simen, air dan bahan tambah	350 – 600	Tiada	Penyalutan terma, panel akustik dan panel acuan
Simen serpai kayu	Serpai kayu pependek (panjang < 20 mm), simen, air dan bahan tambah	400 – 600	Tulen	Blok untuk pertukangan batu seperti dinding dan penyalutan terma
Simen partikel kayu	Serpai kayu pependek (panjang < 20 mm), simen, air dan bahan tambah	1000 – 1200	Sederhana	Papan untuk dinding pemisah, siling dan lantai
Konkrit gentian kayu berstruktur	Serpai kayu pependek (panjang < 30 mm), simen, agregat, air, bahan tambah dan bahan gantian	1200 – 1800	Baik hingga sederhana	Dinding berstruktur dan komponen papak

(Rujukan: Sarja, 1988)

## 2.2 PRINSIP KONKRIT GENTIAN KAYU

Prinsip konkrit gentian kayu ini mencakupi kandungan mineral gentian kayu tersendiri dan ketahanan lasakan konkrit beragregat gentian kayu terhadap persekitarannya. Hubungan kandungan mineral gentian kayu dan simen dan ketahanan lasakan gentian kayu yang digunakan dalam konkrit perlu dititikberatkan dalam penyelidikan supaya prinsip ini difahami dengan mendalam.

### 2.2.1 Hubungan Kandungan Mineral Gentian Kayu dan Simen

Menurut Sarja (1988), hasil adunan simen dengan gentian kayu akan membentuk satu salutan antara gentian dan simen yang secara tidak langsung mineral tersebut akan menutupi liang-liang udara dalam racikan kayu yang digunakan. Proses

pembauran mineral dalam gentian kayu ini akan berterusan dalam satu jangka masa yang lama dan dikenali sebagai proses mineralisasi. Proses ini akan mengubah sifat fizikal gentian kayu itu yang mana ia akan menjadi lebih berintang api, kulat dan kulapok. Ia berlaku secara semula jadi antara juzuk semula jadi dengan gentian selular yang berubah menjadi silikat setelah beberapa lama. Magnesium, silikon, aluminium dan kalsium adalah elemen pengikat dalam gentian kayu. Pembauran adalah suatu proses yang berulang dan darjah mineralisasi kayu adalah mengikut ketebalan gentian kayu. Ia dapat bertahan selagi kesan mineralisasi berlaku.

Kajian secara praktikal dan makmal telah membuktikan bahawa kelembapan bandingan dan udara yang kebiasaannya menyebabkan penguraian dalam kayu tidak mempengaruhi konkrit gentian kayu (Sarja, 1988). Hal ini juga telah dibuktikan oleh Coatanlem (2005) dimana konkrit gentian kayu tidak berkulat dan mengandungi bakteria kerana tiada medium nutrien yang wujud dalam penghasilan konkrit gentian kayu. Khususnya, persekitaran yang beralkali ( $\text{pH} > 11$ ) menyebabkan pembauran kalsium hidroksida akan menghalang pembentukan kulat dan bakteria (Sarja, 1988 & Coatanlem, 2005). Ia juga berkemungkinan bahawa terdapat komponen pengikat lain yang mempunyai pengaruh toksik dan menembusi dinding sel konkrit tersebut. Tidak seperti kayu biasa, gentian kayu bermineral tidak akan rosak apabila terdedah kepada cahaya, dan tidak dipengaruhi oleh faktor cahaya, air dan kelembapan sekiranya proses pengerasan telah lengkap. Pemerhatian penyelidikan yang dilakukan ke atas ketahanan lasakan konkrit serpai kayu telah menunjukkan bahawa tiada kesan terhadap reaksi antara kesan pozzolanik dan pereputan terhadap kayu sehingga kini (Coatanlem, 2005).



### 2.3 CIRI-CIRI BAHAN

Ciri-ciri bahan untuk pelbagai jenis gentian konkrit adalah sangat luas (Sarja, 1988). Salah satu daripadanya ialah ciri mekanikal yang boleh diringkaskan seperti Jadual 2.2. Jenis konkrit gentian kayu yang mengalami perubahan yang besar ialah konkrit gentian kayu berstruktur yang mana ia mempunyai ketumpatan antara 800 ke 2000 kg/m<sup>3</sup> dan dalam sesetengah kes berada dalam lingkungan 2500 hingga 3000 kg/m<sup>3</sup> (CEB/FIP Manual of Design and Technology, 1977).

Jadual 2.2 : Ciri-ciri mekanikal untuk konkrit gentian kayu

<b>Ciri</b> \ <b>Jenis</b>	<b>Tatal kayu berbentuk bebenang</b>	<b>Simen Racikan Kayu</b>	<b>Simen Partikel Kayu</b>	<b>Konkrit Gentian Kayu Berstruktur</b>
Ketumpatan (kg/m <sup>3</sup> )	350 – 600	400 – 600	1000 – 1200	1200 - 2000
Lenturan : kekuatan tegangan (N/mm <sup>2</sup> )	0.4 – 1.7	0.7 – 1.0	10 – 15	2 – 6
Mampatan : kekuatan prisma (N/mm <sup>2</sup> )	(1)*	1.2 – 2.0	(2)*	6 – 20
Modulus keanjalan (N/mm <sup>2</sup> )	(1)*	300	3000	3000 – 20000
Kebolehkeraan: Selepas pengerasan	Mudah dipotong, tiada ikatan	Mudah dipotong, tiada ikatan	Boleh digergaji dengan alatan biasa, mempunyai ikatan yang terhad	Boleh digergaji dengan alatan biasa dan khas, ikatan yang kuat

Nota: (1)\* tidak tertakrif pada kekuatan mampatan 0.3 N/mm<sup>2</sup>

(2)\* tidak tertakrif

(Rujukan: Sarja, 1988)

Ciri fizikal pula adalah berpandukan Jadual 2.3 dengan mengambil kira resapan air dan pembengkakan akibat resapan air, penebatan dan penyerapan bunyi dan konduktiviti terma (Sarja, 1988). Beliau juga membincangkan dari segi pembengkakan akibat resapan air, konkrit gentian kayu diuji dengan meningkatkan kelembapan persekitaran (RH) yang mengeraskan konkrit bermula dari 40% ke 90%.

Jadual 2.3 : Ciri-ciri fizikal konkrit gentian kayu

<b>Jenis Ciri</b>	<b>Tatal (<i>wood wool</i>)</b>	<b>Simen Racikan/Serpai Kayu</b>	<b>Simen Partikel Kayu</b>	<b>Konkrit Gentian Kayu Berstruktur</b>
Konduktiviti terma (kJ/K)	0.10 – 0.15	0.10 – 0.15	0.25 – 0.35	0.37 – 0.80
Konduktiviti lembapan (kg/Pa x 10 <sup>-12</sup> )	Sangat tinggi	50 – 25	20 – 15	15 – 10
Tebatan bunyi	Tiada	Sederhana	Baik	Baik hingga sangat baik
Resapan bunyi	Tinggi (> 60%)	Tinggi (± 60%)	Baik (± 40%)	Baik (30% hingga 40%)
Rintang api	Kelas 1 BS 476: Part 7, 1968	Rintang api	Rintang api	Kalis api

(Rujukan: Sarja, 1988)

Beliau mendapati bahawa tiada sebarang pembengkakan akibat resapan air yang telah berlaku. Bagi ujian yang lainnya, sampel diawet pada kelembapan persekitaran relatif (RH) 65% dan direndam di dalam air selama 24 jam. Pada ketumpatan 700 kg/m<sup>3</sup> dan 1500 kg/m<sup>3</sup>, keterikan akibat pembengkakan masing-masing bernilai 3 x 10<sup>-3</sup> dan 2 x 10<sup>-3</sup>. Oleh yang demikian, beliau merumuskan bahawa keterikan akibat pembengkakan adalah sebanyak 8%.

Jumlah resapan air pula diuji mengikut *RILEM Recommendation* No. 11.1, yang merumuskan:

$$w = ( 800 / \rho ) 50 \quad (2.1)$$

Dimana,

$w$  = jumlah resapan air yang dibanding dengan berat kering konkrit yang dikeringkan pada suhu 105 °C (%) dan  
 $\rho$  = ketumpatan konkrit kering ( $\text{kgm}^{-3}$ )

Tamba (2001) dan Coatanlem (2005) menggunakan syor yang diajukan oleh RILEM seperti persamaan di atas di dalam penyelidikannya terhadap agregat serpai kayu. Penggunaan syor persamaan yang dicadangkan ini amat penting kerana ia bersesuaian jika penggunaan kayu sebagai agregat di dalam konkrit. Ini kerana kayu mempunyai ciri-ciri penyerapan air dan pembengkakkan yang mana, syor RILEM amat berguna untuk mengetahui jumlah serapan air yang akan berlaku di dalam konkrit.

Menurut Kartini et. al. (2003), beliau telah mengkaji tentang penggunaan debu kayu gergaji dalam campuran konkrit dan ia dianggap sebagai bahan tambah yang dapat meningkatkan tindak balas penyimenan. Debu tersebut diperoleh daripada kayu Meranti yang telah dibakar pada suhu yang tidak tetap dan diayak menggunakan ayakan melepasi saiz 90  $\mu\text{m}$ . Untuk mengetahui kandungan kimia dalam debu kayu gergaji, beliau telah menggunakan teknik “*X- Ray Fluorescence*” dan mendapati kandungan kimia dalam bahan tersebut adalah sama seperti yang

terkandung dalam simen Portland biasa tetapi dengan peratusan yang lebih tinggi. Ini menunjukkan bahawa debu tersebut berpotensi untuk digunakan dalam industri pembuatan konkrit kerana dengan peratusan silikon dioksida, aluminium oksida, ferum oksida dan kalsium oksida yang tinggi, oleh itu kekuatan mampatan konkrit dapat ditingkatkan. Gentian semulajadi seperti gentian tebu juga mempunyai kandungan silika yang tinggi yang sama seperti sifat pozolana simen. Gentian semulajadi yang dijadikan bahan pengukuh di dalam campuran motar dapat meningkatkan kekuatan regangan dan hentaman mortar tersebut (David, 1994).

Penambahbaikan ikatan antara simen dan serpai kayu dengan menggunakan rawatan larutan silika juga dijalankan oleh Coatanlem (2005). Keputusan daripada ujikaji ini menunjukkan bahawa dengan merendam serpai kayu *pine* dalam larutan sodium silikat akan menambahkan kekuatan mampatan walaupun telah didedahkan dalam udara persekitaran biasa.

Dari aspek kebolehkerjaan pula pertambahan kuantiti debu kayu gerigi adalah berkadar terus dengan nilai penurunannya. Ini bermakna semakin banyak debu gerigi ditambahkan semakin menurun tahap kebolehkerjaannya dan pertambahan kuantiti debu kayu gerigi menurunkan nilai faktor mampatan (Kartini et. al., 2003). Hal ini menyokong teori yang menyatakan semakin halus bahan yang digunakan, semakin banyak luas permukaan yang perlu dibasahi dan ini mengurangkan kandungan air di dalam campuran tersebut seterusnya menurunkan tahap kebolehkerjaannya (Neville, 1981).

Perbandingan antara ciri-ciri kekuatan mampatan dan pengecutan kering dengan konkrit yang menggunakan debu kayu terbakar yang berada di bawah relau (*furnace bottom ash (FBA)*) sebagai agregat halus menggantikan pasir telah dijalankan oleh Bai (2005). Beliau telah melakukan ujikaji dengan menggunakan dua set kajian iaitu menetapkan nilai nisbah air simen 0.45 dan 0.55 dan menetapkan nilai penurunan. Beliau peroleh dengan peningkatan peratusan FBA yang merupakan agregat semulajadi ini dan menghasilkan nilai penurunan yang meningkat dengan menetapkan nisbah air simen di dalam campuran konkrit. Malahan, dengan penetapan nisbah air simen akan mengurangkan kekuatan mampatan dan pengecutan kering yang mendadak. Walau bagaimanapun, dengan menetapkan nilai penurunan, kekuatan mampatan pada nilai 30% campuran FBA sebagai agregat setanding nilai campuran konkrit setanding dengan campuran konkrit kawalan. Beliau merumuskan bahawa penggunaan FBA sebanyak 30% dapat menghasilkan konkrit berkekuatan sama seperti konkrit kawalan tanpa mengambil berat tentang pengecutan keringnya. Beliau menggunakan gantian 0% (kawalan), 30%, 50%, 70% dan 100% FBA ke dalam isipadu pasir.

#### **2.4 CIRI-CIRI KONKRIT BERAGGREGAT KAYU**

Sifat agregat serpai kayu yang ringan dan mudah untuk dikerjakan menjadikan ia penting di dalam pembinaan struktur yang tidak menampung beban. Misalnya, dinding pemisah dan sekatan di dalam bangunan tinggi. Penyebaran beban juga berkurangan kerana beban mati yang terlibat hanya menanggung kesan beban yang sedikit (Sarja, 1988).

#### **2.4.1 Rintangan kebakaran**

Dalam membincangkan hal ini, konkrit ringan adalah konkrit yang mempunyai kadar pengaliran haba yang rendah. Oleh yang demikian, ia amat sesuai dijadikan pelindung bagi melindungi tetulang di dalam konkrit. Daya ketahanan haba konkrit ringan adalah jauh lebih baik daripada konkrit biasa. Dengan merujuk kepada Jadual 2.3, konkrit serpai kayu merupakan bahan yang baik dalam rintangan api manakala konkrit gentian kayu berstruktur adalah bahan yang kalis api. Hal ini berbeza dengan pandangan konvensional yang menganggap konkrit beragregat kayu tidak mempunyai rintangan dan ketahanan terhadap kebakaran (Sarja, 1988 dan Siddique, 2004).

#### **2.4.2 Penebat haba**

Seperti yang kita ketahui, konkrit agregat serpai kayu yang ringan merupakan penebat haba yang baik. Oleh itu, ia amat sesuai digunakan dalam bilik yang berhawa dingin untuk mengelakkan pengaliran keluar haba sejuk tersebut. Secara tidak langsung, kita dapat menjimatkan tenaga (Siddique, 2004). Jadual 2.3 menunjukkan bahawa konkrit gentian kayu menggunakan agregat tatal kayu berbentuk bebenang, serpai, partikel dan gentian kayu berstruktur mempunyai nilai konduktiviti terma yang baik. Nilai konduktiviti terma yang rendah diantara 0.10 hingga 0.80 menunjukkan kebolehaliran terma yang rendah dalam konkrit beragregat kayu (Sarja, 1988).

### **2.4.3 Penyerapan bunyi**

Penyerapan bunyi bagi konkrit agregat ringan adalah jauh lebih tinggi daripada konkrit biasa. Disebabkan kelebihan ini, maka ia digunakan secara meluas dalam pembinaan dinding pemisah kerana penghasilan bunyi di dalam sesebuah bilik tidak akan memberi kesan kepada bilik di sebelah lainnya (Coatanlem, 2005). Hal ini kerana, kayu merupakan bahan yang dapat menyerap bunyi dan keadaan ini dapat membantu konkrit yang mengandungi serpi kayu di dalam campuran sebagai penyerap bunyi yang baik.

### **2.4.4 Ketahananlasakan**

Konkrit agregat ringan mempunyai kebolehtelapan yang tinggi dan ini bermakna ia dapat menyerap air dan udara dengan mudah. Ia juga terdedah kepada serangan agen-agen perosak dan serangan bahan kimia. Di samping itu, ia juga tidak sesuai untuk penggunaan struktur di dalam air yang bersulfat, klorida dan keadaan yang terdedah kepada cuaca panas (Tamba, 2001 dan Coatanlem, 2005). Namun begitu, bahan ini boleh digunakan dengan penyediaan selaput sebagai pelindung.

Aspek ketahananlasakan merintangi persekitaran yang agresif pula adalah merujuk kepada keupayaan konkrit untuk melindungi dirinya daripada serangan kimia, penyejukan dan perubahan cuaca. Untuk mencapai kriteria tersebut konkrit mestilah terdiri daripada jenis yang berkualiti serta mempunyai kadar percampuran bahan-bahan bersesuaian. Penambahbaikan terhadap ketahananlasakan konkrit beragregat kayu telah dijalankan dengan merawat agregat tersebut di dalam larutan sodium silika sebelum digunakan sebagai agregat dalam campuran konkrit. Dengan penambahan silika di dalam kayu dilaporkan dapat memberi kesan yang baik untuk