

KAJIAN TERHADAP KETAHANAN HENTAMAN KE ATAS KONKRIT BERBUSA  
YANG DIPERKUAT DENGAN SERAT KELAPA SAWIT

HASHIMAH KHO BINTI HASSAN

Tesis ini dikemukakan sebagai memenuhi sebahagian daripada syarat penganugerahan Ijazah  
Sarjana Kejuruteraan Awam

Fakulti Kejuruteraan Awam dan Alam Sekitar  
Universiti Teknologi Tun Hussein Onn

Julai, 2013

## ABSTRAK

Konkrit berbusa merupakan sejenis konkrit ringan yang mempunyai kebolehkerjaan yang baik dan tidak memerlukan pengetaran untuk proses pemadatan. Umum mengenali konkrit berbusa sebagai bahan binaan yang mempunyai sifat kekuatan yang rendah dan lemah terutama apabila bahan binaan ini dikenakan tenaga hentaman yang tinggi. Namun begitu, konkrit berbusa merupakan bahan yang berpotensi untuk dijadikan sebagai bahan binaan yang berkonsepkan futuristik. Binaan futuristik adalah binaan yang bercirikan ringan, ekonomi, mudah dari segi kerja pembinaan dan yang paling penting adalah mesra alam. Dalam kajian ini, konkrit berbusa ditambah serat buangan pokok kelapa sawit untuk meningkatkan sifat kekuatan atau rapuh. Serat kelapa sawit juga berfungsi mempertingkatkan ketahanan hentaman terutamanya aspek nilai penyerapan tenaga hentaman dan nilai tenaga hentaman. Kandungan peratusan serat kelapa sawit yang digunakan adalah 10%, 20% dan 30% dengan dua ketumpatan konkrit berbusa iaitu  $1000\text{kg/m}^3$  dan  $1400\text{kg/m}^3$ . Untuk menentukan nilai penyerapan tenaga hentaman dan nilai tenaga hentaman, ujikaji Indentasi dan ujikaji hentaman dilakukan ke atas sampel-sampel yang telah diawet selama 28 hari. Luas bawah graf tegasan-terikan yang diperolehi daripada ujikaji Indentasi merupakan nilai penyerapan tenaga hentaman bagi sampel konkrit berbusa. Untuk ujikaji hentaman, keputusan ujikaji dinilai berdasarkan nilai tenaga hentaman untuk meretakkan sampel yang diperolehi daripada mesin ujikaji *dynatup*. Secara keseluruhannya, hasil dapatan utama bagi kedua-dua ujikaji menunjukkan sampel yang mengandungi peratusan serat kelapa sawit sebanyak 20% mempunyai nilai penyerapan tenaga hentaman dan nilai tenaga hentaman yang tinggi. Serapan tenaga maksimum adalah sebanyak  $4.517\text{MJ/m}^3$  untuk ketumpatan  $1400\text{kg/m}^3$ . Ini menunjukkan ketumpatan  $1400\text{kg/m}^3$  berupaya menyerap tenaga lebih baik berbanding ketumpatan  $1000\text{kg/m}^3$ . Manakala untuk nilai tenaga hentaman maksimum adalah sebanyak  $27.229\text{J}$  untuk ketumpatan  $1400\text{kg/m}^3$ . Hasil dapatan tersebut

menunjukkan ketumpatan  $1400\text{kg/m}^3$  dengan peratusan serat sebanyak 20% berupaya mengalas tenaga hentaman yang lebih banyak sebelum sampel retak. Kesimpulannya, peningkatan ketumpatan konkrit berbusa dan penambahan serat buangan kelapa sawit ke dalam konkrit berbusa dapat meningkatkan ciri ketahanan hentaman konkrit berbusa khususnya aspek nilai penyerapan tenaga hentaman dan nilai tenaga hentaman.

## ABSTRACT

Foamed concrete is a lightweight concrete with good workability and do not need compaction process. Generally, foamed concrete known as a building material with low strength properties and weak, especially when the materials imposed with high impact energy. However, foamed concrete is potential to be used as a futuristic building material which has the following features: lightweight, economic, simple to be used in construction and most importantly is environmental friendly. In this study, foamed concrete was added with fibre waste from oil palm trees in order to improve its impact resistance properties, particularly the aspects of absorbed and impact energy. Percentage content of oil palm fibre used was 10%, 20% and 30% and added to two densities of foamed concrete that are  $1400\text{kg/m}^3$  and  $1000\text{kg/m}^3$ . The samples were tested to determine the absorbed and impact energy using indentation and impact testing methods carried out on the samples that had been cured for 28 days. The indentation test produced stress-strain graph, which gives the absorbed energy as the area under the graph. Whilst in the impact test, the impact energy was recorded by the dynatup equipment. The significant findings from these experiments were that samples containing 20% fibre attained highest absorption and impact energy. The samples with densities of  $1400\text{kg/m}^3$  absorbed  $4.517\text{MJ/m}^3$  energy which represented the maximum energy absorption. This indicated that the higher density of foamed concrete containing 20% fibre will be able to absorb energy better. As for the impact energy value, the foamed concrete with densities of  $1400\text{kg/m}^3$  which contained 20% fibres gave the maximum value of 27.229J which indicated that these samples were able to absorb a lot more energy before the sample cracked. It can be concluded that the addition of oil palm fibre waste into foamed concrete will improve its impact resistance characteristics.

## KANDUNGAN

<b>BAB</b>	<b>TOPIK</b>	<b>MUKA SURAT</b>
	<b>TAJUK</b>	i
	<b>PENGESAHAN</b>	ii
	<b>DEDIKASI</b>	iii
	<b>PENGHARGAAN</b>	iv
	<b>ABSTRAK</b>	v
	<b>ABSTRACT</b>	vii
	<b>KANDUNGAN</b>	viii
	<b>SENARAI RAJAH</b>	xiii
	<b>SENARAI JADUAL</b>	xvii
	<b>SENARAI SIMBOL</b>	xvii
	<b>SENARAI LAMPIRAN</b>	xix
<b>BAB I</b>	<b>PENDAHULUAN</b>	
1.1	Latar Belakang Kajian	1

1.2	Penyataan Masalah	5
1.3	Objektif Kajian	5
1.4	Skop Kajian	6
1.5	Struktur Tesis	7
<b>BAB II</b>	<b>KAJIAN LITERATUR</b>	
2.1	Pendahuluan	8
2.2	Konkrit Ringan	9
2.3	Konkrit Berbusa	10
	2.3.1 Bahan Asas Pembentukan	
	Konkrit Berbusa	11
	2.3.1.1 Simen	12
	2.3.1.2 Air	13
	2.3.1.3 Pasir	14
	2.3.1.4 Bahan Busa	15
	2.3.2 Ciri-ciri Konkrit Berbusa	16
	2.3.3 Faktor-faktor Mempengaruhi Kekuatan	18
	Konkrit Berbusa	
	2.3.4 Aplikasi Konkrit Berbusa	19
2.4	Konkrit Berbusa Berserat	23

2.5	Serat	25
	2.5.1 Serat semulajadi	27
	2.5.1.1 Serat Tumbuhan	27
	2.5.1.2 Komposisi Serat Kelapa Sawit	29
2.6	Fungsi Serat Dalam Konkrit Berbusa	31
2.7	Ketahanan Hentaman	33
	2.7.1 Nilai Penyerapan Tenaga Hentaman	34
	2.7.3 Graf Tegasan-Terikan Bahan Bersel	35
	2.7.4 Nilai Tenaga Hentaman	40
2.8	Rumusan	41
 <b>BAB III</b>		
<b>METODOLOGI KAJIAN</b>		
3.1	Pendahuluan	43
3.2	Carta Alir Proses Kajian	44
3.3	Penyediaan Bahan Asas Ujikaji	45
	3.3.1 Simen	45
	3.3.2 Agregat	45
	3.3.3 Air	47
	3.3.4 Bahan Busa	47

	3.3.5 Serat Kelapa Sawit	48
3.4	Rekabentuk Campuran Konkrit Berbusa	49
	3.4.1 Rekabentuk Konkrit Berbusa Tanpa Serat	49
	3.4.2 Rekabentuk Konkrit Berbusa Berserat	50
3.5	Kaedah Kerja Dan Kawalan Kualiti	52
	3.5.1 Proses Penyediaan Kotak Acuan	53
	3.5.2 Proses Penghasilan Sampel Ujikaji	54
	3.5.2.1 Proses Membancuh Konkrit Berbusa	55
3.6	Ujian Ketahanan Hentaman Konkrit Berbusa	59
	3.6.1 Ujikaji Indentasi	59
	3.6.1.1 Prosedur Ujikaji Indentasi	61
	3.6.2 Ujikaji Hentaman	69
	3.6.2.1 Prosedur Ujikaji Hentaman	70
3.7	Rumusan	72
<b>BAB IV</b>	<b>ANALISIS DATA DAN PERBINCANGAN</b>	
4.1	Pendahuluan	73
4.2	Keputusan Dan Perbincangan	73
	4.2.1 Ujikaji Indentasi	74



	4.2.2 Ujikaji Hentaman	79
4.3	Hubungkait Antara Nilai Penyerapan Tenaga Hentaman Dengan Nilai Tenaga Hentaman	83
4.4	Rumusan	84
<b>BAB V</b>	<b>KESIMPULAN</b>	
5.1	Kesimpulan	86
5.2	Cadangan Untuk Kajian Lanjutan	87
	<b>RUJUKAN</b>	89
	<b>LAMPIRAN</b>	97-98

## SENARAI RAJAH

NO.RAJAH	TAJUK	MUKA SURAT
Rajah 2.1	Penggunaan konkrit berbusa sebagai pembahagi jalan	11
Rajah 2.2	Penggunaan konkrit berbusa sebagai blok rumah	23
Rajah 2.3	Penggunaan konkrit berbusa sebagai penebat haba	23
Rajah 2.4	Kategori serat atau gentian	26
Rajah 2.5	Serat tumbuhan yang bersumberkan pokok kelapa sawit	29
Rajah 2.6	Skematik tindak balas serat terhadap proses keretakan	32
Rajah 2.7	Pelanggaran kereta pada tiang konkrit	33
Rajah 2.8	Jaket kalis peluru	34
Rajah 2.9	Kesan Hentaman Pada Permukaan Konkrit	35
Rajah 2.10	Pemecahan Serpihan	36
Rajah 2.11	Pengelupasan	36

Rajah 2.12	Penusukan	36
Rajah 2.13	Penebukan	37
Rajah 2.14	Nilai penyerapan tenaga hentaman-luas bawah graf tegasan- terikan)	39
Rajah 2.15	Regim-regim pada graf bahan bersel	39
Rajah 3.1	Carta alir kajian metodologi	44
Rajah 3.2	Ciri fizikal simen yang digunakan dalam kajian	45
Rajah 3.3	Pasir atau agregat yang digunakan dalam kajian	46
Rajah 3.4	Taburn agregat yang digunakan dalam kajian	46
Rajah 3.5	Generator portaform yang digunakan untuk menghasilkan buih busa stabil	47
Rajah 3.6	Agen pembusaan	48
Rajah 3.7	Serat kelapa sawit	48
Rajah 3.8	Bentuk acuan untuk sampel ujian hentaman	53
Rajah 3.9	Bentuk acuan untuk sampel ujian indentasi	53
Rajah 3.10	Proses membancuh mortar	55

Rajah 3.11	Mortar disukat dengan silinder penyukat	56
Rajah 3.12	Proses penghasilan konkrit berbusa	56
Rajah 3.13	Konkrit berbusa disukat dengan silinder penyukat	57
Rajah 3.14	Proses penghasilan konkrit berbusa berserat	57
Rajah 3.15	Minyak disapu pada permukaan dalam acuan	58
Rajah 3.16	Proses pengawetan konkrit berbusa dalam acuan	59
Rajah 3.17	Mesin Ujikaji Indentasi yang digunakan dalam kajian	60
Rajah 3.18	Indenter diletakkan pada paras sampel	61
Rajah 3.19	Proses penusukkan sampel	61
Rajah 3.20	Tegasan berdasar terikan bagi ketumpatan konkrit berbusa $1000\text{kg/m}^3$ dan $1400\text{kg/m}^3$ dengan serat 0% serat kelapa sawit	62
Rajah 3.21	Kecekapan tenaga berdasar terikan bagi ketumpatan konkrit berbusa $1000\text{kg/m}^3$ dengan serat 0% serat kelapa sawit	67
Rajah 3.22	Mesin ujikaji hentaman	70
Rajah 3.23	Sampel diletakkan pada mesin ujikaji	71
Rajah 3.24	Proses hentaman pada permukaan sampel	71

Rajah 3.25	Proses analisis data	72
Rajah 4.1	Nilai penyerapan tenaga hentaman dengan peratus serat yang berbeza	69
Rajah 4.2	Graf tegasan terikan dengan peratus serat yang berbeza bagi ketumpatan konkrit berbuisa $1000\text{kg/m}^3$	77
Rajah 4.3	Graf tegasan terikan dengan peratus serat yang berbeza bagi ketumpatan konkrit berbuisa $1400\text{kg/m}^3$	78
Rajah 4.4	Nilai tegasan plateau dengan peratus serat yang berbeza	78
Rajah 4.5	Rupa bentuk sampel selepas ujikaji indentasi	79
Rajah 4.6	Nilai tenaga hentaman dengan peratus serat yang berbeza	82
Rajah 4.7	Mekanisme keretakan selepas ujikaji hentaman	82
Rajah 4.8	Perbandingan nilai penyerapan tenaga hentaman dan nilai tenaga hentaman	84

## SENARAI JADUAL

NO.JADUAL	TAJUK	MUKA SURAT
Jadual 2.1	Komposisi bahan binaan konkrit biasa dan konkrit berbusa	10
Jadual 2.2	Jenis-jenis simen	13
Jadual 2.3	Ciri-ciri konkrit berbusa berdasarkan ketumpatan yang berbeza	18
Jadual 2.4	Ciri-ciri serat kelapa sawit	31
Jadual 3.1	Panduan untuk menghasilkan konkrit berbusa tanpa serat	50
Jadual 3.2	Panduan untuk menghasilkan konkrit berserat	51
Jadual 3.3	Contoh pengiraan campuran kajian untuk 1m <sup>3</sup>	52
Jadual 3.4	Bilangan sampel ujikaji indentasi	54
Jadual 3.5	Bilangan sampel ujikaji hentaman	54
Jadual 4.1	Keputusan ujikaji indentasi	68
Jadual 4.2	Keputusan ujikaji hentaman	81

**SENARAI SIMBOL**

<b>SIMBOL</b>	<b>KETERANGAN</b>
$\varepsilon$	Terikan (mm/mm)
$\sigma$	Tegasan(N/m <sup>2</sup> )
$\varepsilon_d$	Penumpatan Terikan ( <i>Densification strain</i> )(mm/mm)
$\sigma_p$	Tegasan Plateau ( <i>Plateau stress</i> ) (N/m <sup>2</sup> )
$\varepsilon_{cr}$	Titik permulaan penumpatan terikan (mm/mm)
$W$	Penyerapan tenaga hentaman (MJ/m <sup>3</sup> )

**SENARAI LAMPIRAN**

<b>NO.LAMPIRAN</b>	<b>TAJUK</b>	<b>MUKA SURAT</b>
LAMPIRAN A	Keputusan ujikaji indentasi dan ujikaji hentaman	97
LAMPIRAN B	Graf tegasan-terikan & graf kecekapan tenaga bagi ujikaji indentasi	98



## **BAB 1**

### **PENDAHULUAN**

#### **1.1 Latar Belakang Kajian**

Konkrit biasa adalah bahan binaan yang dihasilkan daripada simen, pasir, air dan batu baur. Konkrit biasa merupakan bahan binaan yang sangat meluas digunakan untuk membina pelbagai struktur binaan dari dulu hingga kini. Namun begitu, konkrit biasa ini kurang efektif untuk membina struktur yang menekankan ciri ketahanan hentaman. Ini berikutan berlakunya kesan hentaman setempat selepas tenaga hentaman dikenakan ke atas permukaan konkrit biasa. Dan kesan hentaman setempat tersebut adalah seperti pemecahan serpihan, pengelupasan, penusukan dan penebukan (Dancygier & Yankelevsky, 1996; Eduardo & Manuel, 1999; Li *et al.*, 2005; Steve Werner *et al.*, 2013). Kesan hentaman setempat ini bukan sahaja mencacatkan permukaan struktur binaan malah mengundang kecederaan dan mengancam keselamatan manusia yang berada berdekatan dengan kejadian hentaman tersebut. Contoh insiden yang boleh menyebabkan kesan hentaman setempat ini berlaku adalah kemalangan jalan raya iaitu diantara kenderaan dengan tembok penghadang jalan, letupan bom ke atas tembok konkrit, pukulan ombak ke atas penghadang ombak konkrit dan sebagainya. Oleh itu, penggunaan bahan alternatif lain selain konkrit biasa hendaklah dilakukan bagi mencegah kesan hentaman setempat dan bahan alternatif yang dilihat berpotensi adalah konkrit berbuisa (Ahmad Zaidi & Li, 2009; Ahmad Zaidi *et al.*, 2008).

Konkrit berbusa dikenali sebagai konkrit bersel atau bahan bersel kerana terdapatnya rongga-rongga udara di dalam bahan binaan ini (Ahmad Zaidi *et al.*, 2008; Ahmad Zaidi & Li, 2009; Wan Alwi, 2009). Bahan bersel didapati mempunyai ciri ketahanan hentaman yang lebih baik daripada bahan binaan konkrit biasa (Jones & McCarthy, 2005; Gibson & Ashby, 1998). Oleh yang demikian, konkrit berbusa berpotensi dijadikan sebagai bahan alternatif untuk struktur yang menekankan ciri ketahanan hentaman dalam pembinaannya. Ciri ketahanan hentaman yang dipunyai konkrit berbusa ada hubungkait dengan bahan asas yang digunakan untuk membentuk komposit tersebut dan bahan asas yang digunakan adalah simen, pasir, air dan busa (Kunhanandan & Ramamurthy, 2008; Wan Alwi, 2009). Bahan busa yang digunakan menjadikan konkrit berbusa berbeza dengan pembentuk konkrit biasa. Bahan busa tersebut telah menyebabkan konkrit berbusa mempunyai rongga-rongga udara dan sekaligus meningkatkan ciri ketahanan hentaman konkrit berbusa (Ahmad Zaidi *et al.*, 2008; Wan Alwi, 2009). Di samping itu, batu baur juga tidak digunakan dalam pembentuk konkrit berbusa. Justeru itu, konkrit berbusa mempunyai ketumpatan yang lebih rendah berbanding konkrit biasa. Selain daripada itu, konkrit berbusa juga mempunyai keboleherjaan yang baik dan amat mudah dikendalikan (Jones & McCarthy, 2005). Ini kerana pengetar tidak digunakan untuk meratakan konkrit berbusa segar. Ringkasnya konkrit berbusa mempunyai banyak kebaikan untuk pembinaan struktur futuristik yang bercirikan ringan, ekonomi, mudah dari segi kerja binaan dan yang paling penting mesra alam (Jones & McCarthy, 2005). Walaubagaimanapun, Konkrit berbusa tidak diaplikasikan sebagai bahan binaan stuktur disebabkan komposit ini mempunyai ciri kekurangan iaitu rapuh.

Konkrit berbusa mempunyai ciri rapuh adalah disebabkan struktur sel yang terdapat di dalam komposit tersebut berselerak dan ikatan sel kurang tegar (Ahmad Zaidi *et al.*, 2008; Ahmad Zaidi & Li, 2009). Bagi mengatasi ciri kekurangan konkrit berbusa, serat hendaklah ditambah ke dalam campuran konkrit berbusa (Ahmad Zaidi *et al.*, 2008; Ahmad Zaidi & Li, 2009; Jones & McCarthy, 2005). Serat yang

## RUJUKAN

- Abdul Khalil, H.P.S., Siti Alwani, M., & Mohd Omar, A.K. (2006).  
Chemical Composition, Anatomy, Lignin Distribution, and Cell  
Structure Of Malaysian Plant Waste Fibers, *Bio Resources* 1(2),  
220-232.
- ACI Comittee 311 (1975). *ACI Manual of Concrete Inspection*  
Publication SP-2: America Concrete Institute, Detroit.
- Ahmad Zaidi, A.M. (2008). *Local Impact Effects Of Hard Projectiles On*  
*Concrete Targets*. University Of Manchester: Tesis Phd.
- Ahmad Zaidi, A.M. & Li, Q.M.(2009). Investigation on Penetration  
Resistance of Foamed Concrete, *Proceeding of the ICE -*  
*Structures and Buildings*, Volume 162, issue 1, February 2009,  
pages 77-85.
- Ahmad Zaidi, A.M., Abdul Rahman, I. & Ahmad Zaidi,N.H.,(2008).  
*Behaviour of Fiber Reinforced Foamed Concrete: Indentation Test*  
*Analysis*. *Proceeding of The Seminar on Geotechnical Engineering,*  
*SGE 2008, 27 December 2007, Universiti Tun Hussein Onn*  
*Malaysia, Johor, Malaysia.*
- Alwahab, T., & Soroushian, P. (1987). **Characterization of Fiber**  
**Force Collated Fibrillated Polypropylene Fibers and Their**  
**Application to Concrete**. Research Report, Department of Civil  
and Environmental engineering, Michigan State University, 60 pp.

Aldridge, D., (2005). Introduction to foamed concrete: what, why, how?  
Proceeding of The International Conference Held at The University  
of Dundee, Scotland, UK, 5<sup>th</sup> July 2005.

At Naw, S.M., Sulaiman, S.A. & Yusup, S., (2011). A Simulation Study  
of Downdraft gasification of Oil Palm Fronds Using ASPEN  
PLUS. J. Applied Sci.,11: 1913-1920.

British Standard 8110 : Structural Use of Concrete

British Standard Institution, BS 12 : 1978. Ordinary and Rapid  
Hardening Portland Cement. British Standard Institution  
Publication, London.

Brandy, K., Watts, G. & Jones, M.R. (2001). Specification For  
Foamed Concrete. Highways Agency and TRL Application Guide  
AG 39.

Byun, K.J., Song, H.W. & Park, S.S. (1998). Development of Structural  
Lightweight Foamed Concrete Using Polymer Foam Agent. ICPIIC-  
98.

Cox, L. & Van Dijk, S. (2002). Foam Concrete: A Different Kind of  
Mix. Concrete, 36, No. 2, 54-55.

Dancygier, A.N. & Yankelevsky, D.Z.(1996). High strength concrete  
response to hard projectile impact, Int. J. Impact Engng vol 18,  
No.6, pp. 583-599.

- Dawood, E.T. & Ramli, M. (2011). Evaluation of Flowable High Strength Concrete Used As Repair Material(Review Study), *J. Applied Sci.*,11: 2111-2113.
- De Rose, L. & Morris, J. (1999). The influence of mix design on the properties of microcellular concrete. In: Dhir RK, Handerson NA, editors. *Specialist techniques and materials for construction*. London: Thomas Telford; p. 185–197.
- EBASSOC Technical Note (2008). *Application of Lightweight Foamed Concrete*. p.1-6.
- Eduardo, M.A. & Manuel, F.C.(1999). Behaviour of normal and steel fiber-reinforced concrete under impact of small projectiles, *Cem. Concr. Res*, 29,1807-1814.
- Fordos, Z. (1989). Natural or Modified Cellulose fibres as reinforcement in cement composites, *Concr. Technol. Des.*,5
- Gao, J., Sun, W. & Morino, K. (1997). Mechanical Properties of Steel Fiber Reinforced, High-Strength, Lightweight Concrete. *Cement Concrete Compos.* 19(4), 13-307.
- Ghosh, P. (2004). *Fibre Science And Technology*, Tata McGraw Hill Education Private Limited, New Delhi.
- Gibson, L.J. & Ashby, M.F.(1998). *Cellular solids: structure and properties*, Pergamon Press, Great Britain.

- Hamid, M.A., Sarmidi, M.R., Mokhtar, T.H., Sulaiman, W.R.W. & Aziz, R.A. (2011). Innovative Integrated Wet Process for Virgin Coconut Oil Production, *J. Applied Sci.*, 11: 2467-2469.
- Hamzah, M.O., Jamshidi, Z., Shahadan, M.R.M., Hassan & Yahaya, A.S. (2010). Evaluation of Engineering Properties and Economic Advantages of WMA Using Local Materials, *J. Applied Sci.*,10:2433-2439.
- Imam, M. & Vandewalle, L. (1996). How Efficient Are Steel Fibres In High Strength Concrete Beams. Fourth International Symposium On The Utilization Of High Strength Performance Concrete, vol.3, 29-31.
- Jones, M.R. & McCarthy, A. (2005). Preliminary Views On Potential Of Foamed Concrete As A Structural Material, *Mag. Concrete Research*, 57, 21-31.
- Jones, M.R. & McCarthy, A. (2005). Behaviour And Assessment Of Foamed Concrete For Construction Applications. In: Dhir RK, Newlands MD, McCarthy A, editors. *Use of foamed concrete in construction*. London: Thomas Telford; 61–88.
- Jones, M.R. & McCarthy, A. (2006). Heat Of Hydration In Foamed Concrete: Effect Of Mix Constituents And Plastic Density, *Cem Concr Res*;36(6):1032–41
- Jones, M.R. (2001). Foamed Concrete For Structural Use. In: *Proceedings of one day seminar on foamed concrete: properties, applications and latest technological developments*. Loughborough University; p. 27–60.

- Jacob, M., Thomas, S. & Varughese, K.T. (2004). Mechanical Properties of Sisal/Oil Palm Hybrid Fiber Reinforced Natural Rubber Composites, *Com. Scien and Tech.* 64, 955-965.
- Kayali, O. & Haque, M.N. (2000). Status of Australia As The New Millennium Dawns, *Concrete Australia.* 25(4), 5-22.
- Kayali, O., Haque, M.N. & Zhu, B. (2003). Some Characteristic of High Fiber Reinforced Lightweight Aggregate Concrete, *Cement Concrete Compos.* 25, 207-213.
- Kunhanandan Nambiar, E.K. & Ramamurthy, K. (2007). Air-void Characterisation of Foam Concrete, *Cement and concrete research,* 37, 221-230.
- Kearsley, E.P. & Wainwright, P.J. (2001). The Effect of High Fly Ash Content On The Compressive Strength of Foamed concrete, *Cement and concrete research,* 31, 105-112.
- Kearsley, E.P. (1999). Just Foamed concrete-an overview. In: Dhir RK, Handerson NA, editors. *Specialist techniques and materials for construction.* London: Thomas Telford: 1999.p.227-237.
- Kearsley, E.P. & Monstert, H.F (1997). Use Of Foam Concrete In Southen Africa . In *Proceedings From The ACI International Conference On High Performance Concrete.* SP 172-48; p.919-934.

- Li, Q.M., Reid, S.R., Wen, H.M. & Telford, A.R. (2005). Local Impact Effect of Hard Missiles On Concrete Targets, *Int. J. Impact Engng* 32, 224-284.
- Li, Q.M., Magkriadis, I. & Harrigan, J.J. (2006). Compressive Strain At The Onset of Densification of Cellular Solids, *Journal of Cellular Plastic*, Volume 42.
- Malhotra, V.M. (1999). Role of Supplementary cementing materials in reducing greenhouse gas emissions. *Sheffield Academic Press*: 27-42.
- Majeed, S.A. (2011). Effect of Specimen Size on Compressive, Modulus of Rupture and Splitting Strength of Cement Mortar, *J. Applied Sci.*, 11: 584-588.
- Mishra, S.P.C. (2000). *A Test Book Of Fibre Science And Technology*, New Age International (P) Limited Publisher, New Delhi.
- Malaysian Palm Oil Board (MPOB) (2001), *Oil Palm Statistic*, 21, 131
- Nataraja, M.C., Nagaraj T.S. & Basavaraja S.B. (2005). Reproportioning of Steel Fiber Reinforced Concrete Mixes and Their Impact Resistance, *Cem. Concr. Res.* 35, 2350-2359.
- Nambiar, E.K.K. & Ramamurthy, K. (2006). Influence of Filler Type On The Properties of Foam Concrete, *Cem. Concr. Res.* 28, 475-480.
- Neville, A.M. (1994). *Sifat Konkrit*, (terjemahan), Dewan Bahasa dan Pustaka, Kementerian Pendidikan Malaysia, Kuala Lumpur.



- Noor, Md., Sadiqul Hassan., Habibur Rahman sobuz., Shiblee Sayed, Md. & Saiful Islam, Md. (2012). The Use of Coconut Fibre In The Production of Structural Lightweight Concrete, *J. Applied Sci*, 12(9):831-839.
- Pickford, C. & Crompton, S. (1996). Foam Concrete In Bridge Construction, *Concrete*:14–15.
- Ramakrishna, G. & Sundarajan T. (2005). Impact Strength of a Few Natural Fiber Reinforced Cement Mortar Slabs:A Comparative Study, *Cement & concrete composites* 27, 547-553.
- Ramamurthy, K., Kunhanandan, E.K. & Indu, S.R. (2009). A Classification of Studies On Properties of Foam Concrete, *Cement & concrete composites* 31, 388-396..
- Short, A. & Kinniburgh, W. (1978). *Lightweight Concretes*, Applied Sciences Publishers, London.
- Sreekala, M.S., Thomas, S. & Neelakantan, N.R. (1997). *J Polym Eng*, 16:265.
- Steve, W., Karl, C.T. & Andrea, K. (2013). Study of Fractured Surfaces of Concrete Caused By Projectile Impact, *Int. J. Impact Engng* 52, 23-27.
- Tomosawa, F. (1996). Special HPCS II: Lightweight Aggregate HPC, Self Compacting HPC. Fourth International Symposium On The Utilization Of High Strength Performance Concrete, Vol.1, 29-31.

- Valle, M. & Buyukozturk, O. (1994). Behaviour of Fiber reinforced high strength concrete under direct shear. ACI SP-142, 201-219.
- Wan Alwi, W.A., (2009). Kekuatan dan Ketahanan Konkrit Ringan Berbusa Sebagai Bahan Struktur. Universiti Sains Malaysia : Tesis Ph.D
- Wan Alwi, W.A., & Mahyuddin, R. (2010). Sifat Kekuatan Konkrit Berbusa Dalam Medium Pengawetan Berbeza. Prosiding Seminar Kontemporari UiTM Perak, Kampus Seri Iskandar, Perak, Malaysia.
- Wee, T.H., Babu, D.S., Tamilselvan, T. & Lin, H.S., (2006). Air-Void Systems Of Foamed Concrete And Its Effect On Mechanical Properties. ACI Mater J;103(1):45-52.
- Zairul Affindy, A.B., (2010). Behaviour Of Foamed Concrete Under Quasi Static Indentation Test. Universiti Tun Hussein Onn Malaysia : Tesis Sarjana.
- Zuhri, M.M.Y., Sapuan, S.M., Napsiah, I. & Riza, W. (2010). Mechanical Properties of Short Random Oil Palm Fibre Reinforced Epoxy Composites. Sains Malaysiana, 39(1):87-92.