

Penggunaan Serat Selulosa Di Dalam Panel Konkrit (IBS)

Hazruwani A Halim
Politeknik Sultan Salahuddin Abd Aziz Shah
hazruwani@psa.edu.my

Abstract

IBS components are widely used nowadays due to the lower concrete panels. This IBS has the potential to be lightweight, economical, facilitating construction and environmental friendly works. Previous studies have begun to focus on the modification of concrete panels (IBS) by added material to enhance the capacity of the concrete properties of the panel. In this study, the "concrete panel", with the density of 1600kg/m³ was produced with the use of 0.3% and 0.5% of the cellulose fibre-added substance. Separation of fibre from recycled paper through the process of "Deinking washing". Laboratory tests are compression strength test at the age of the concrete in the age of 7 and 28 days. The results of compressive strength testing showed the use of a percentage of total fibre of 0.3% to increase compression strength by 1.7% at age 28 days. For the 0.5% compression of compressive strength increased by 2.7%. Therefore, the results of compression test prove that the concrete panel (IBS) has achieved the desired strength.

Keywords: IBS, cellulose, panel

Abstrak

Komponen IBS banyak digunakan pada masa kini kerana ketumpatannya lebih rendah berbanding panel konkrit biasa. IBS ini berpotensi menjadi bahan binaan yang ringan, ekonomik, memudahkan kerja-kerja pembinaan dan mesra alam. Kajian dahulu mula memberi fokus terhadap pengubahsuaian panel konkrit (IBS) dengan pencambahan bahan tambah bagi meningkatkan keupayaan sifat-sifat konkrit panel. Dalam kajian ini, "panel konkrit" dengan ketumpatan 1600kg/m³ telah dihasilkan dengan penggunaan 0.3% dan 0.5% bahan tambah serat selulosa. Pengasingan serat selulosa daripada kertas yang dikitar semula melalui proses "Deinking Washing". Ujian makmal iaitu Ujian Kekuatan mampatan dilakukan pada usia kematangan konkrit pada umur 7 dan 28 hari. Keputusan bagi ujian kekuatan mampatan menunjukkan penggunaan peratus serat selulosa sebanyak 0.3% meningkatkan kekuatan mampatan sebanyak 1.7% pada usia kematangan 28 hari. Bagi serat selulosa 0.5% kekuatan mampatan meningkat sebanyak 2.7%. Oleh itu, keputusan ujian mampatan membuktikan panel konkrit (IBS) telah mencapai kekuatan yang dikehendaki.

Keywords: IBS, selulosa, panel

1.0 Pengenalan

IBS telah diperkenalkan bermula dengan projek pembinaan Flat Jalan Pekeliling iaitu dengan menggunakan kaedah konkrit pra tuang. Ini merupakan usaha kerajaan dalam projek awam dalam industri pembinaan iaitu menggunakan kaedah pintar Rahman dan Wahid (2006). CIDB telah meletakkan sasaran iaitu 70 % dalam projek awam dan 30% dalam projek swasta bagi mencapai markah IBS score (CIDB, 2003). IBS adalah satu kaedah yang mampu menggantikan kaedah konvensional yang mampu menjimatkan masa dan tenaga buruh (Azman et al., 2012). Pelaksanaan IBS di Malaysia masih pada skala yang kecil dan mereka lebih fokus kepada projek pembinaan yang berskala besar (Nawi et al., 2011). Kawalan kualiti

bahan dalam projek pembinaan IBS meletakkan standard yang tinggi (Kamar et al., 2011). Oleh itu penggunaan bahan yang tidak mengikuti standard dapat dikurangkan dalam projek IBS. Kerajaan telah memperkenalkan Kerajaan menerusi *Construction Industry Transformation Plan* (CITP) 2016-2020 memberi penekanan berat terhadap penggunaan Sistem Bangunan Brindustri (IBS) dalam industri pembinaan. Ini adalah kerana industri pembinaan menjadi asas kepada struktur ekonomi yang mendorong kepada peningkatan pertumbuhan aktiviti ekonomi secara domestik dalam merealisasikan Wawasan 2020 (CIDB, 2015).

1.1 Pernyataan masalah

Industri pembinaan berkembang secara pesat dengan penambahan populasi penduduk dan teknologi terkini. Dengan era semakin canggih dalam industri pembinaan telah meningkatkan penggunaan bahan mentah dalam penghasilan konkrit. Walau bagaimanapun, sumber bahan mentah semulajadi semakin berkurangan dan penggunaan batu baur dalam konkrit menambahkan berat konkrit. Oleh demikian, satu jalan alternatif adalah dengan menggunakan konkrit ringan. Namun, konkrit ringan berketumpatan rendah mempunyai kekuatan mampatan yang rendah dalam menanggung beban.

Menurut Hassan (2013), kajian menunjukkan harga pembinaan bagi menghasilkan IBS adalah tinggi. Ini kerana beberapa jenis panel konkrit (IBS) menggunakan bahan kimia untuk menghasilkan ketumpatan yang rendah dan konkrit yang kosong. Bagi menghasilkan konkrit ringan yang lebih baik dan berkualiti, penggunaan bahan tambah boleh digunakan dalam panel konkrit. Bahan buangan daripada jenis kertas merupakan salah satu penyumbang kepada peningkatan harga proses pelupusan sampah. Bahan buangan kertas sesuai untuk digunakan semula bagi mengelakkan berlakunya pencemaran alam sekitar. Serat selulosa yang digunakan dalam pembuatan kertas dapat digunakan sebagai bahan tambah bagi menguji kekuatan.

1.2 Tujuan dan objektif kajian

Tujuan kajian ini adalah untuk menghasilkan panel konkrit yang lebih baik yang terdiri daripada beberapa objektif:

- i. Untuk menghasilkan panel konkrit (IBS) yang mengandungi serat selulosa sebagai bahan tambah.
- ii. Untuk menentukan kekuatan mampatan panel konkrit (IBS) yang mengandungi serat selulosa sebagai bahan tambah.

1.3 Skop kajian

Kajian ini dijalankan bagi menghasilkan panel konkrit (IBS) dengan bahan tambah serat selulosa. Serat selulosa ini adalah hasil daripada bahan kitar semula di dalam campuran panel konkrit (IBS) di mana untuk menguji ketahanan terhadap kekuatan dalam penghasilan komponen IBS pada masa kini. Proses penghasilan serat selulosa dilakukan dengan mengekstrak kertas terpakai yang dikitar semula dengan menggunakan proses yang dikenali "*Deinking washing*" bagi menghasilkan panel konkrit (IBS). Saiz acuan kiub 100mm x 100mm x 100mm digunakan bagi sampel ujian kekuatan mampatan. Dalam kajian ini, reka bentuk air simen yang digunakan adalah 1:2:0.5 dimana nisbah 1 mewakili simen, 2 mewakili pasir dan 0.5 mewakili air manakala bagi peratusan penggunaan serat

selulosa di dalam campuran konkrit ringan ini adalah 0%, 0.3% dan 0.5%. Ujian ini dijalankan bagi menguji kekuatan mampatan konkrit dengan bahan tambah serat selulosa dan membandingkannya dengan kekuatan mampatan konkrit biasa.

1.4 Kepentingan kajian

Panel konkrit (IBS) yang sedia ada kini diketahui memiliki ketumpatan yang rendah menjadikan konkrit adalah lebih ringan. Oleh itu, kajian ini penting bagi menghasilkan komponen IBS iaitu konkrit panel (IBS) yang ringan dengan bahan tambah serat selulosa. Kajian ini dilakukan bagi menguji keupayaan serat selulosa terhadap kekuatan. Selain itu, penggunaan bahan mentah yang dihasilkan daripada bahan kitar semula menjadikan harga bahan ini lebih rendah dan mesra alam. Selain itu, ianya dapat mengatasi masalah pengurusan bahan buangan yang berlebihan.

2.0 Kajian literatur

2.1 Pengenalan IBS

IBS adalah singkatan kepada teknologi Sistem Binaan Berindustri atau *Industrialised Building System*. Istilah yang digunakan di Malaysia untuk teknik pembinaan yang mana komponennya dibuat dalam persekitaran yang terkawal, di tapak atau luar tapak dan kemudiannya diletakkan dan dipasang di tapak pembinaan. Teknik ini adalah jawapan terbaik bagi menyelesaikan masalah yang sering berlaku di tapak pembinaan di negara ini. Statistik menunjukkan bahawa 1,214,000 pekerja yang berdaftar adalah pekerja asing (Hamid et al., 2011). Kebanyakan pekerja asing yang datang ke Malaysia adalah pekerja yang tidak mahir. Ini memberi kesan kepada kualiti produk yang dihasilkan dalam industri pembinaan pada masa kini.

Oleh itu, komponen IBS diperkenalkan dan diberi penekanan samada sektor swasta dan kerajaan agar dapat mengurangkan pekerja asing. Selain itu, penggunaan komponen Sistem Bangunan Berindustri dilakukan di kilang diuji. Namun ianya dapat menarik minat pekerja tempatan dalam meningkatkan tahap produktiviti komponen yang efektif serta dapat menjamin keselamatan dan kualiti komponen dalam keadaan yang terkawal dan bermutu tinggi. IBS merupakan satu kaedah pembinaan dimana semua struktur seperti dinding, bumbung, tangga telah dibina di kilang atau di tapak projek dan pengawalan ketat terhadap komponen tersebut bagi menjamin kualiti dan standard bagi mengurangkan aktiviti pekerja di tapak bina (Abadi, Fathi dan Mirasa, 2011).

2.2 Klasifikasi IBS

IBS merupakan kaedah pembinaan yang menawarkan reka bentuk yang ekonomi, kerja-kerja di tapak pembinaan dan bahan-bahan dalam tempoh yang singkat dan jimat kos, kualiti kawalan yang lebih baik dan imuniti kepada perubahan cuaca. Ini jelas terbukti di beberapa buah negara maju seperti United Kingdom, Jepun, Singapura dan Australia CIDB (2016). Dari klasifikasi struktur, terdapat tiga kumpulan utama IBS yang dikenal pasti digunakan di negara ini. Klasifikasi tipikal adalah seperti berikut:

- a) Konkrit Pra-tuang

Komponen seperti tiang, papak dan dinding diperbuat dengan menggunakan konkrit di mana acuannya diperbuat daripada keluli atau gentian kaca. Ini termasuklah komponen seperti tangga, balkoni, teras lif dan lain-lain.

b) Blok

Kategori blok agak sinonim dengan kaedah yang berasaskan batu-bata tetapi saiznya diadaptasikan daripada *Guide to Modular Coordination in Buildings* (MS 1064: Part 8 Coordinating Sizes and Preferred Sizes for Masonry Bricks and Blocks). Terdapat dua sistem blok iaitu blok konkrit biasa dan blok ringan. Blok konkrit biasa digunapakai bagi membina komponen tiang dan dinding galas beban manakala blok ringan digunakan sebagai alternatif kepada bata konvensional dan plaster.

c) Kerangka Keluli

Didalam kategori ini keluli diguna pakai untuk menghasilkan komponen seperti tiang, rasuk, lantai dan kekuda bumbung. Ia digunakan secara meluas dalam pembinaan bangunan yang segera dan dguna untuk kekuda keluli ringan. Kerangka portal keluli adalah sebagai alternatif kepada yang lebih berat.

d) Kerangka Kayu

Kayu diguna pakai untuk menghasilkan komponen seperti tiang, dinding, rasuk dan kekuda bumbung. Selain itu ia terdiri daripada bingkai bangunan kayu dan kekuda bumbung kayu. Walaupun keduanya adalah biasa akan tetapi kerangka bangunan kayu menawarkan reka bentuk yang menarik dari unit-unit kediaman yang mudah seperti chalet untuk resort.

e) Sistem Inovatif

Sistem inovatif adalah satu sistem yang terkini dalam jenis-jenis Sistem Bangunan Berindustri (IBS) di mana ia menggabungkan pelbagai "hijau" unsur-unsur yang dianggap inovatif dalam industri. Contohnya inovasi adalah campuran dua unsur-unsur seperti polistirena dan konkrit. Komponen tersebut digunakan dalam pembinaan dinding yang mempunyai haba yang lebih baik. Namun dengan kemajuan teknologi dan inovasi bahan-bahan baru yang diperkenalkan pada peringkat fabrikasi.

2.3 Pembinaan di tapak yang minimum

Elemen-elemen atau komponen-komponen pembinaan telah bina di kilang, maka pembinaan di tapak adalah minimum kecuali bagi kerja-kerja penyambungan dan mengimpal sahaja dijalankan di tapak. Menurut Kamar et al. (2009) sistem pembinaan berindustri, jenis pembinaan di tapak ini perlu diminimumkan dengan mempermudah perincian sambungan yang mana *embeded inserts* dan *bonded plates* untuk pengimpalan atau kerja konkrit di tapak yang digunakan. Kamar et, al., (2009) dalam kajiannya menyatakan komponen-komponen yang diperlukan telah disiapkan di kilang dan apabila diperlukan di tapak bina komponen akan dihantar dengan menggunakan pengangkutan yang tertentu dan dipasang tanpa membazirkan masa yang lama.

Sesetengah IBS menjimatkan masa pembinaan sebanyak 75 % jika dibandingkan dengan sistem pembinaan tradisional. Menurut Nawi et al. (2014) jurutera projek JKR di negeri Perlis turut memberi pandangan sama iaitu sistem pembinaan IBS dapat menjimatkan masa pembinaan sehingga 50 %, di samping dapat mengurangkan aktiviti - aktiviti pembinaan yang

remeh seperti melepai, pertukangan kayu dan penyusunan bata yang mengambil masa yang lama. Memandangkan IBS bergantung kepada teknik mekanikal untuk menghasilkan elemen yang diprefabrikasikan di kilang dan pembinaan di tapak yang minimum, membolehkan pengurangan permintaan tenaga buruh untuk memasang elemen dan membina di tapak. Sistem IBS ini hanya menggunakan buruh mahir dan buruh separa mahir di mana penggunaan buruh tidak mahir hampir dihapuskan secara menyeluruh. Contohnya, dalam sistem IBS terbuka, kemahiran yang mustahak dalam pengendalian peralatan perkilangan dan dalam pembinaan boleh di salurkan melalui program dan latihan (CIDB, 2009).

2.4 Serat selulosa komponen utama kertas

Serat Selulosa ialah serat semulajadi dan merupakan serat daripada tumbuhan. Serat selulosa boleh didapati daripada pelbagai jenis tanaman semulajadi seperti kayu. Serat selulosa adalah bahan mentah yang penting bagi penghasilan kertas. Kertas mempunyai kekuatan dan keupayaan menanggung beban (Denoyelle, 2011). Pada masa kini, kertas telah digunakan dengan sangat meluas dan hampir setiap hari sisa bahan buangan kertas dihasilkan.

Oleh yang demikian, satu langkah penggunaan semula telah diambil dengan menggunakan kertas terpakai untuk dikitar semula dan diekstrak bagi menghasilkan serat selulosa sebagai bahan tambah bagi campuran konkrit ringan. Penggunaan bahan kitar semula adalah satu langkah untuk menangani masalah pengurusan bahan buangan yang semakin hari semakin tinggi berikutan peningkatan populasi pengguna dan secara tidak langsung dapat mengurangkan pembaziran dan pencemaran alam. Kertas adalah bahan nipis digunakan terutamanya untuk cetakan dan pembungkusan. Ianya diperolehi dengan menekan bersama-sama serat selulosa lembap dan kemudian pengeringan menjadi kepingan. Walaupun beberapa komponen ditambah, gentian selulosa boleh dianggap sebagai satu-satunya unsur penghasilan kertas kerana penggunaannya hampir 80% (Denoyelle, T. 2011).

Serat selulosa adalah bahan mentah yang penting bagi penghasilan kertas dan papan. Pada tahun 2003, 187 juta tan pulpa dan 325 juta tan kertas dan papan telah dihasilkan seluruh dunia (Dufrense et, al., 2010). Sifat-sifat serat dan bahan mentah lain didefinisikan sebagai sifat yang dimiliki bagi produk yang dihasilkan daripadanya. Semua bahan kayu membentuk serat, iaitu helaian selulosa kecil terperangkap bersama-sama dengan bahan pekat semula jadi yang dikenali sebagai lignin dan proses pengasingan dan penyusunan semula serat telah menghasilkan kertas. Beberapa kertas dihasilkan melalui pokok-pokok kecil yang dituai hanya untuk tujuan tersebut atau daripada sisa kayu daripada kilang papan yang ditinggalkan selepas pokok-pokok besar dijadikan kayu. Selain itu, sumber kedua bahan membuat kertas adalah daripada serat-serat yang dikitar semula Mathew et al. (2013).

2.5 Kelebihan serat selulosa

Serat selulosa mempunyai banyak kelebihan berbanding serat sintetik yang menjadikannya menarik sebagai tetulang dalam bahan komposit, boleh diperbaharui dan harga yang rendah. Serat selulosa mempunyai kekuatan yang rendah, namun menghasilkan sifat komposit

yang tinggi. Tidak seperti gentian rapuh yang lain seperti gentian kaca dan karbon, selulosa adalah fleksibel dan tidak patah apabila proses lebih kelengkungan yang tajam. Hal ini membolehkan gentian untuk mengekalkan nisbah aspek keinginan untuk prestasi yang baik.

Selain itu, daripada aspek sosio-ekonomi, penggunaan gentian selulosa sebagai sumber bahan mentah memberi manfaat dan serat selulosa juga tidak bertoksik. Mudah untuk dikendalikan serta tidak mendatangkan masalah kesihatan seperti gentian kaca yang boleh menyebabkan kegatalan pada kulit dan penyakit respiratori apabila debu berserabut dihidu. Serat selulosa menawarkan keupayaan yang tinggi untuk pengubahsuaian permukaan, sangat ekonomik, memerlukan jumlah tenaga yang rendah untuk kerja pemprosesan dan mesra alam, (Chen *et al*, 2013).

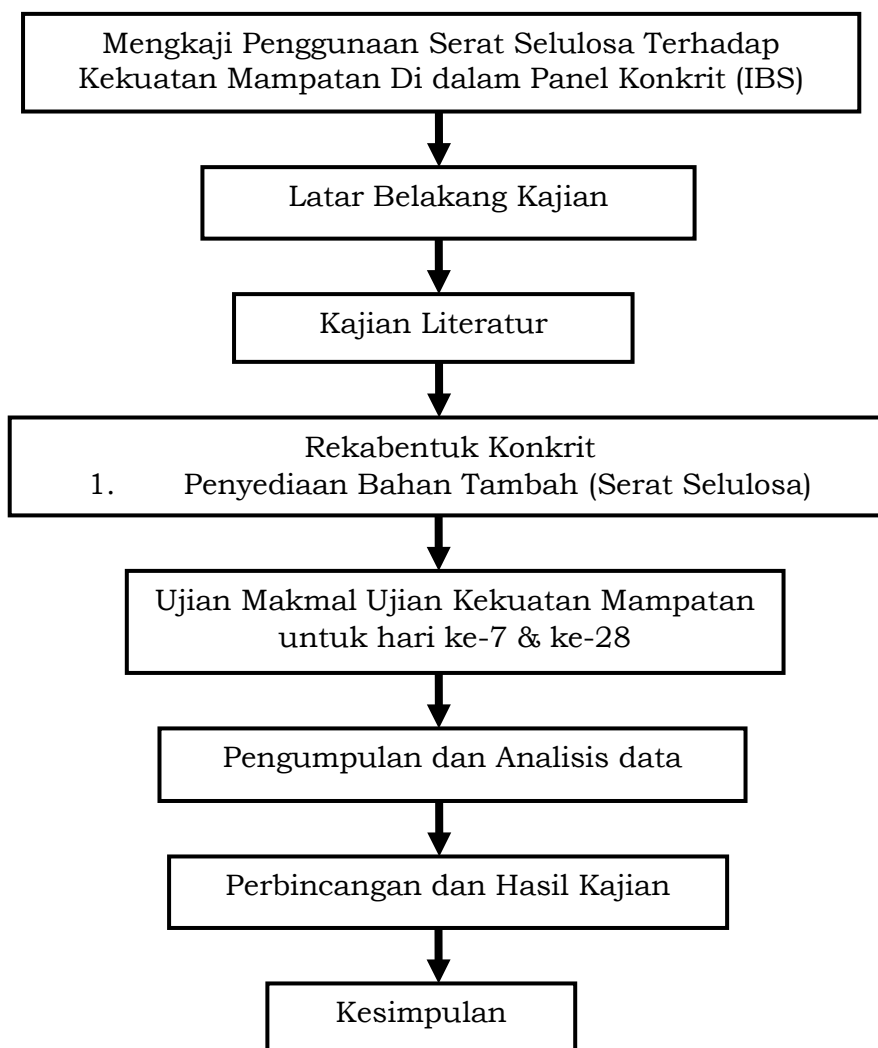
3.0 Kajian metodologi

Kajian Metodologi adalah kaedah untuk mendapatkan pemahaman yang lebih baik mengenai langkah-langkah yang perlu dilakukan dalam menjalankan kajian ini. Selain itu, metodologi adalah ringkasan parameter kritikal dan penting yang diperlukan untuk kajian. Rekabentuk kajian merupakan elemen penting bagi memudahkan kerja pelaksanaan projek dilakukan. Apabila pengkaji menggunakan metodologi yang berkesan, maka keputusan kajian yang jelas, tepat, sah, kukuh dan kebolehpercayaan yang tinggi terhadap sesuatu kajian. Carta aliran keseluruhan kajian metodologi telah digambarkan seperti rajah 1.

3.1 Ujian konkrit

Ujian konkrit dilakukan bagi menentukan ciri-ciri dan sifat konkrit. Ujian konkrit terbahagi kepada dua jenis iaitu ujian musnah dan ujian tanpa musnah. Ujian musnah adalah seperti ujian kekuatan mampatan, ujian momen, ujian tegasan manakala ujian tanpa musnah adalah seperti ujian ultrasonic, ujian penyerapan bunyi, dan ujian elektromagnet tertutup. Menurut Poo (2004), dalam usaha untuk mengkaji kelakuan konkrit, ujian konkrit perlu dilakukan untuk menentukan ciri-ciri bahan dan struktur bagi setiap jenis konkrit ringan dan bagaimana sifat-sifat ini berbeza mengikut jenis yang berbeza campuran dan komposisinya.

Ujian mampatan dilakukan ke atas sampel konkrit untuk membuktikan keupayaan konkrit adalah seperti yang dirancang atau untuk menemui sifatnya yang tertentu. Bagi konkrit baru ini, biasanya melibatkan spesimen daripada konkrit baru dan menguji mereka untuk pelbagai sifat konkrit yang matang. Bagi kajian ini, ujian kekuatan mampatan dilakukan pada umur kematangan konkrit yang ke-7 dan ke-28 hari.



Rajah 1: Carta alir kajian metodologi

3.2 Nisbah campuran konkrit

Dalam kajian ini, nisbah campuran konkrit ringan 1:2:0.5 telah digunakan bagi mencapai kekuatan mampatan konkrit yang paling maksima dengan ketumpatan konkrit ringan 1600 kg/m³ pada umur konkrit yang ke-7 dan ke-28 hari. Lapan belas sampel konkrit bersaiz 100mm x 100mm x 100mm kiub bagi Ujian Kekuatan Mampatan. Setiap bancuhan konkrit mengandungi peratusan kandungan bahan tambah serat selulosa sebanyak 0%, 0.3% dan 0.5%. Berat bancuhan bagi setiap sampel adalah seperti yang dilampirkan di dalam Jadual 3.1.

Jadual 3.1: Bancuhan konkrit bagi sampel 100 x 100 x 100 mm.

No	Sampel	Umur (Hari)	Nisbah campuran				
			Simen portland (kg/m ³)	Air (kg/m ³)	Pasir (kg/m ³)	Agen berbusa (kg/m ³)	Serat selulosa (kg/m ³)
A	A1	7	400	200	800	235	NIL
	A2	7	400	200	800	235	NIL
	A3	7	400	200	800	235	NIL
	A1	28	400	200	800	235	NIL

No	Sampel	Umur (Hari)	Nisbah campuran				
	A2	28	400	200	800	235	NIL
	A3	28	400	200	800	235	NIL
B	B1	7	400	200	800	235	4.80
	B2	7	400	200	800	235	4.80
	B3	7	400	200	800	235	4.80
	B1	28	400	200	800	235	4.80
	B2	28	400	200	800	235	4.80
	B3	28	400	200	800	235	4.80
C	C1	7	400	200	800	235	11.20
	C2	7	400	200	800	235	11.20
	C3	7	400	200	800	235	11.20
	C1	28	400	200	800	235	11.20
	C2	28	400	200	800	235	11.20
	C3	28	400	200	800	235	11.20

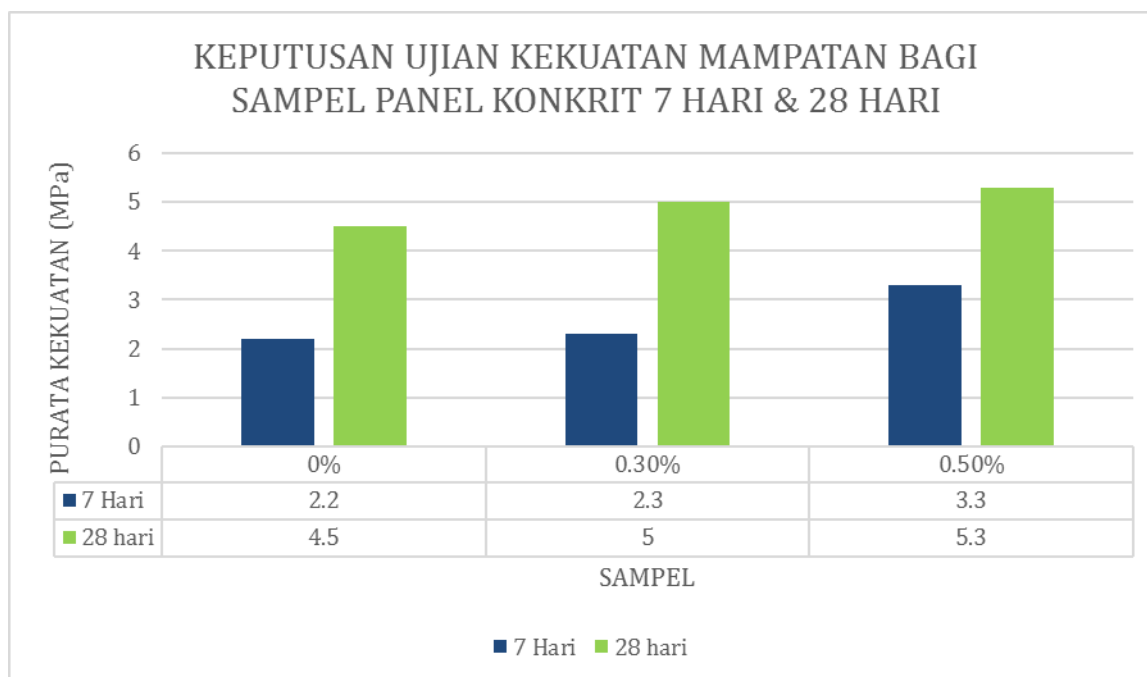
4.0 Keputusan dan analisis

Keputusan ujikaji dianalisa bagi melihat perbandingan keputusan diantara ujian terhadap panel konkrit (IBS) yang mengandungi peratusan bahan tambah yang berbeza. Kesan perbezaan peratus serat selulosa pada setiap bancuhan diuji bagi melihat faktor kekuatan mampatan.

4.1 Ketumpatan serat selulosa

Ketumpatan bahan tambah memberi kesan kepada ketumpatan panel konkrit (IBS) yang dihasilkan. Sekiranya ketumpatan panel konkrit selepas penggunaan bahan tambah mempunyai ketumpatan yang lebih tinggi berbanding ketumpatan panel konkrit yang ditetapkan, maka konkrit tersebut tidak dikategorikan sebagai konkrit ringan. Menurut America Concrete Institute (ACI 1999), ketumpatan konkrit ringan adalah 300kg/m³ hingga 1850 kg/m³. Rekabentuk campuran yang telah digunakan dalam bancuhan panel dinding ialah 1:2:0.3 bagi semua campuran panel dinding dan telah ditetapkan sebagai kawalan dan perbezaan kandungan peratus bahan tambah iaitu serat selulosa ialah 0.3% dan 0.5%. Rajah 1 dan 2 masing-masing menunjukkan keputusan ujian kekuatan mampatan bagi sampel konkrit 7 hari dan 28 hari.

Rajah 2 menunjukkan keputusan bagi ujian kekuatan mampatan pada kematangan panel konkrit 7 hari dan 28 hari. Berdasarkan keputusan menunjukkan purata kekuatan mampatan 3.3 MPa telah dihasilkan oleh sampel panel konkrit 7 hari dan 5.3 MPa telah dihasilkan oleh sampel panel konkrit 28 hari dengan 0.5% serat selulosa. Manakala purata kekuatan mampatan 2.3 MPa telah dihasilkan oleh sampel panel konkrit 7 hari dan purata kekuatan mampatan 5.0 MPa telah dihasilkan oleh sampel panel konkrit 28 hari dengan 0.3% dan kekuatan mampatan 2.2 Mpa telah dihasilkan oleh panel konkrit pada 7 hari dan purata kekuatan mampatan 4.5 Mpa telah dihasilkan oleh panel konkrit dengan 0% serat selulosa. Ini menunjukkan, keupayaan beban yang mampu ditanggung dan rintangan kekuatan mampatan oleh sampel panel konkrit (IBS) dengan peratus serat selulosa yang tinggi semakin meningkat berbanding sampel kawalan iaitu 0% serat selulosa.



Rajah 2: Kekuatan mampatan 7 hari dan 28 hari

5.0 Perbincangan dan kesimpulan

Secara keseluruhannya, objektif untuk menghasilkan panel konkrit (IBS) yang mengandungi serat selulosa sebagai bahan tambah. Objektif yang dijalankan berjaya dicapai dengan menghasilkan panel konkrit (IBS) dengan bahan tambah serat selulosa kerana campuran konkrit ringan ini berjaya dihasilkan dengan ketumpatan 1600kg/m^3 mengikut ketumpatan konkrit ringan seperti yang telah ditetapkan oleh *America Concrete Institute* (ACI) iaitu 300 kg/m^3 hingga 1850 kg/m^3 . Objektif kajian yang kedua ialah untuk menentukan kekuatan mampatan panel konkrit (IBS) yang mengandungi serat selulosa sebagai bahan tambah. Hasil daripada ujian ini menunjukkan keputusan yang baik apabila kekuatan mampatan yang diperoleh semakin meningkat dengan bahan tambah serat selulosa yang semakin meningkat pada kematangan konkrit pada umur 7 dan 28 hari. Berdasarkan ujian yang dijalankan kehadiran bahan tambah serat selulosa berupaya meningkatkan kekuatan panel konkrit (IBS) sebanyak 3.3 mpa pada umur kematangan 7 hari dan 5.3 mpa pada umur kematangan 28 hari. Oleh itu, kesimpulan bagi ujian kekuatan mampatan ini semakin tinggi peratus serat selulosa digunakan, semakin tinggi kekuatan mampatan panel konkrit (IBS).

Rujukan

A. B. A. Rahman and W. Omar. (2006). *Issues and challenges in the implementation of IBS in Malaysia*. 6th Asia-Pacific Structural Engineering and Construction Conference (ASPEC 2006) Kuala Lumpur.

ACI Committee 213. (1999). *Guide of Structural lightweight aggregate concrete*. Farmington Hills: American Concrete Institute

CIDB. (2003). *A Survey on the Usage of IBS in Malaysian Construction Industry*. Kuala Lumpur : Construction Industry Development Board.

Construction Industry Development Board (2009). *Industrialised building system (IBS) roadmap 2003-2010*. Kuala Lumpur: CIDB Malaysia.

Construction Industry Development Board (2015). *Construction industry transformation programme 2016-2020*. Kuala Lumpur: CIDB Malaysia.

Construction Industry Development Board (2016). *Construction industry transformation programme 2016-2020*. Kuala Lumpur: CIDB Malaysia.

Chen, Yu, W. L., Chirayll, C. J., Thomas, S. (2013). Review on recent research in nano cellulose preparation from different lignocellulosic fiber. *Journal of Review Advance Material Science*, (37), 20-28.

Denoyelle, T. (2011). *Mechanical properties of material made of nano cellulose*. Degree Thesis . Royal Institute of Technology, Stockholm: 2nd.

Dufrense, A. (2010). Review: Current international research cellulose nanofibres homocomposites. *Journal of Material Science*, (45), 33. Malaysia.

Hassan, H. K. (2013). *Kajian Terhadap ketahanan hentaman keatas konkrit berbasa yang diperkuat serat kelapa sawit*. Tesis Sarjana Muda. Universiti Tun Hussein Onn.

Kamar, K. A. M., Alshawi, M., & Hamid, Z. (2009). *Barriers to industrialized building system (IBS): the case of Malaysia*. 9th International Postgraduate Research Conference (IPGRC), Salford, United Kingdom.

K. A. M. Kamar, Z. A. Hamid, M. N. A. Azman, and M. S. S. Ahamad. (2011). Industrialized building system (IBS): revisiting issues of definition and classification. *International Journal of Emerging Sciences*. 1: 120–132.

Mathew, L., Chirayll, C. J., Thomas, S. (2013). Review on Recent Research in Nano cellulose preparation from different lignocellulosic fiber. *Journal of Review Advance Material Science*, (37),20-28.

M. Abedi, M. S. Fathi, and A. K. Mirasa. 2011. *Establishment and development of IBS in Malaysia*. In International Building and Infrastructure Technology Conference (BITECH 2011). Penang.

M. N. A. Azman, M. S. S. Ahamad, T. A. Majid, and M. N. S. A. Shah. (2012). A study of precast concrete in Malaysia. *Concrete*, 46,50–52.

M. N. M. Nawawi, A. Lee, K. A. M. Kamar, and Z. A. Hamid. (2011). A critical literature review on the concept of team integration in industrialised Building (IBS) project. *Malaysian Construction Research Journal*, 9, 1–17.

Nawi, M. N. M., Lee, A., Azman, M. N. A., & Kamar, K. A. M. (2014). Fragmentation issue in Malaysian industrialised building system (IBS) projects. *Journal of Engineering Science & Technology (JESTEC)*, 9(1), 97-106.

Nawi, M. N. M., Lee, A., & K. M. (2011). Barriers to implementation of the industrialised building system (IBS) in Malaysia. *The Built & Human Environment Review*, 4(2), 34-37.