Kajian Terhadap Kriteria Rekabentuk Blok Saling Kunci dengan Pendekatan Perindustrian, Fleksibel dan Nyah-Pasang

(Study on the Criteria of Interlocking Block Design from Industrial, Flexible and Demountable Approaches)

Mohd Azizuddin Tarja, Maslina Jamil*, Muhammad Fauzi Mohd Zain
Pusat Senibina & Alam Bina Inovatif (SErAMBI), Fakulti Kejuruteraan & Alam Bina, Universiti Kebangsaan Malaysia

ABSTRACT

Industrialised building system (IBS) is a construction system that uses the minimum additional work where the components, elements and panels are produced manufactured, transported, positioned and assembled into a complete building structure. The wall components are one of the main elements of the buildings that use IBS. Lack of design which meets the requirements of the construction cause waste. IBS production has not been able to meet the demand of the market that increased over the years. Therefore the Government encourages the development and production of IBS. The objectives of this study are to identify the needs and requirements of the wall design in construction of IBS, to develop wall panels system with effective installation technique based on IBS principle and to analyse in order to achieve the best design in accordance to industrial, flexible and demountable (IFD) concept. Results of the study show that respondents are more likely to choose the size of the panel at 600mm x 300mm x 150mm by using lightweight concrete. Study on IBS innovation through IFD approach is important in bringing a new era of improving building technology in Malaysia.

Keywords: Block design; Precast; Interlocking

ABSTRAK

Sistem binaan berindustri (IBS) adalah suatu sistem pembinaan yang menggunakan kerja-kerja tambahan yang minimum di mana komponen, elemen dan panel dihasilkan di kilang, diangkut, ditempatkan dan dipasang menjadi struktur bangunan yang lengkap di tapak bina. Komponen dinding adalah salah satu elemen utama bangunan yang menggunakan IBS. Kekurangan rekabentuk terbaik yang mampu memenuhi kehendak binaan di tapak menyebabkan pembaziran. Pengeluaran IBS belum mampu memenuhi permintaan pasaran pembinaan yang meningkat saban tahun. Justeru kerajaan sangat menggalakkan pembangunan dan pengeluaran produk IBS. Objektif kajian ini adalah untuk mengenalpasti keperluan binaan komponen dinding dalam pembinaan IBS seterusnya menganalisis data bagi mendapatkan rekabentuk terbaik yang memenuhi konsep pemasangan dinding IFD (Industrial, Flexible and Demountable). Metodologi kajian yang dijalankan adalah pengumpulan maklumat melalui kajian soal selidik kepada responden yang terlibat secara langsung dalam industri IBS. Berdasarkan analisa data, keputusan yang telah diperolehi mendapati bahawa responden lebih cenderung memilih saiz koordinasi panel 600mm x 300mm x 150mm dengan menggunakan konkrit ringan sebagai bahan pilihan. Kajian rekabentuk inovasi IBS melalui pendekatan IFD adalah penting dalam membawa satu era baru dalam peningkatan teknologi binaan di Malaysia.

Kata Kunci: Rekabentuk blok; Pasang siap; Saling kunci

PENGENALAN

Malaysia kini pesat membangun dalam era menuju negara maju menjelang 2020 dan usaha itu bakal disusuli dengan perancangan dan pelaksanaan Tranformasi Nasional 2050 (TN50). Sehubungan itu, dalam Pelan Induk Industri Pembinaan Malaysia (CIMP 2006-2015) mensasarkan lebih 80% penggunaan pendekatan IBS pada projek binaan di Malaysia. Rangka kerja telah dibuat dalam menaiktaraf sistem teknologi binaan di Malaysia di mana Pelan Tindakan IBS 2003-2015 telah dirangka bagi menggantikan cara binaan konvensional. Lima jenis IBS yang digunakan secara meluas di Malaysia iaitu kaedah pasang siap, panel dan sistem

kekotak, kaedah acuan keluli, kaedah kerangka keluli, kaedah kerangka kayu dan kaedah kerja blok.

Kemampuan IBS dalam mengembangkan kemampuan teknologi binaan bangunan memberi peluang yang besar bagi sistem binaan terbuka. Dalam usaha mencari alternatif yang lebih mudah dan efektif dalam pembinaan elemen dinding bangunan, inovasi unit dinding saling kunci tanpa menggunakan mortar dapat diperkenalkan dengan merujuk kepada koordinasi modular yang telah digariskan oleh Lembaga Pembangunan Industri Pembinaan Malaysia (CIDB) disamping rekabentuk berasaskan perindustrian, fleksibel dan nyah-pasang (IFD) menjadi pendekatan utama dalam pembinaan bangunan.

IBS MELALUI PENDEKATAN PERINDUSTRIAN, FLEKSIBEL DAN NYAH-PASANG

Pendekatan IFD ini telah lama diamalkan oleh peradaban masyarakat dunia sejak dari dulu. Rajah 1 menunjukkan beberapa contoh bangunan tradisional yang mengamalkan pendekatan IFD. Sistem bangunan berindustri (IBS) adalah istilah yang digunakan di Malaysia untuk teknik pembinaan

dimana komponen bangunan dihasilkan dalam persekitaran terkawal, sama ada di tapak atau di luar tapak, ditempatkan dan dipasang untuk kerja pembinaan. IBS juga dikenali sebagai pembinaan pra-fabrikasi, kaedah pembinaan moden (MMC) dan pembinaan luar tapak (*off-site construction*). Perbincangan telah dibuat oleh penyelidik terdahulu berkenaan kelebihan IBS yang dirangkumkan dalam Jadual 1.

(a)

(b)

RAJAH 1 (a) Rumah melayu tradisional (b) Rumah 'Minka' Jepun

JADUAL 1. Perbincangan mengenai kelebihan IBS

Isu dan penyelesaian	Cadangan
i) Penjimatan kos pembinaan yang berpunca dari bahan buangan binaan, masa pembinaan, penggunaan jentera dan perkakasan binaan yang berulang di samping meningkatkan produktiviti kerja.	Azmi et. al. 2012; Thanoon et al. 2003; Pan et al. 2012; Idrus et al. 2008; Kamar et al. 2012; Arif & Egbu, 2010; Alinaitwe et al. 2011
ii) Pembinaan yang lebih pantas dengan penghasilan komponen IBS di kilang dan sistem binaan yang terancang.	Azmi et. al. 2012; Asiah et al 2012; C. Haas et al. 2000; Nawi et al. 2007; Aburas. 2011; Thanoon et al 2003
iii) Penghasilan komponen berindustri mengurangkan tenaga kerja di tapak terutamanya warga asing.	Kadir et al. 2005
iv) Pengawalan mutu melalui proses industri oleh perunding yang berpengalaman dan keselamatan tapak binaan.	Tam et al. 2007; Pan et al.2007; Alinaitwe et al. 2011
v) Kemampuan dari segi fleksibiliti dalam reka bentuk seni bina, membenarkan inovasi dan mengurangkan keseragaman fasad bangunan yang berulang.	Keymer 2000; Graedts 2001; Macozoma 2001; Slaughter 2001; Dorsthorst et al 2002; Thanoon et al. 2003; Wasim 2017; Richard 2006; Webster et al. 2005

Konsep asas rekabentuk fleksibel ditakrifkan pada akhir abad ke-20 oleh penyelidik dalam sistem sokongan perumahan (Habraken et al. 1981). Fleksibiliti adalah istilah yang digunakan secara meluas merujuk kepada penyesuaian ciri-ciri bangunan kepada keperluan pengguna. Manakala nyah-pasang pula merujuk kepada kebolehan sesuatu komponen dipasang dan dibuka semula.

Pendekatan fleksibel dan nyah-pasang diperkenalkan bertujuan untuk menghasilkan produk dan rekabentuk yang lebih terurus dan versatil, di mana integrasi antara komponen bangunan menghasilkan rekabentuk yang membenarkan

kebebasan dan perubahan susunatur (Asiah. 2012; Keymer 2000; Graedts 2001; Macozoma 2001; Slaughter 2001; Dorsthorst et al. 2002; Thanoon et al. 2003; Wasim S. 2017; Webster et al. 2005). Dalam merekabentuk sesebuah produk berdasarkan IFD, terdapat 3 faktor penting yang mesti mempertimbangkan sebelum merekabentuk sesebuah produk (Brian et al. 1999, EnGen, 2005) . Ia terdiri dari pemilihan bahan, kaedah penyambungan dan struktur produk dan rekabentuk. Kaedah tersebut dapat membantu meningkatkan mutu disamping penjimatan ekonomi. Jadual 2 menunjukkan cadangan perincian daripada faktor tersebut.

JADUAL 2. Faktor asas dalam merekabentuk produk melalui IFD

Faktor	Perincian
i) Pemilihan Bahan	- Pemilihan bahan yang meminimumkan pencemaran semasa pemprosesan, penggunaan, kitar semula dan pelupusan - Mengurangkan jenis bahan yang berlainan di setiap bahagian - Mengurangkan bilangan bahan yang berbeza dalam - Menbenarkan bahagian atau komponen yang dibuka untuk dikitar semula - Memudahkan pengenalanpastian bahan - Pemilihan bahan yang bersesuaian - Mengurangkan kepelbagaian bahan keseluruhan - Gunakan semua bahan secara optimum
ii) Kaedah Pengikat dan penyambungan	- Meminimumkan jenis dan bilangan pengikat dan sambungan yang digunakan dalam sesebuah rekabentuk - Menentukan pengikat dan sambungan yang mudah dan lebih cepat semasa pembongkaran - Mengelakkan pengikat yang tidak boleh ditanggalkan - Gunakan pengikat yang sesuai - Rekabentuk yang membenarkan proses pembongkaran secara manual - Elakkan pelekut yang tidak sesuai yang merendahkan kitar semula bahan
iii) Struktur Produk dan reka bentuk	- Memastikan produk lebih mudah dan ekonomi semasa pembongkaran atau nyah-pasang - Mengurangkan bilangan operasi penyambungan secara keseluruhan - Memastikan hayat produk atau komponen lebih lama dan bersesuaian - Reka bentuk produk modular bagi tujuan penyelarasan - Mengurangkan variasi bilangan bahagian yang digunakan - Mengurangkan bahagian atau komponen yang mudah rosak dan membolehkan penggunaan semula atau pemasangan semula - Mementingkan penggunaan semula bahan dan komponen

Menurut Richard (2006) sistem binaan bangunan adalah rangkuman dari lima subsistem yang terdiri daripada; struktur (*structure*), sampul (*envelope*), pembahagi (*partition*), perkhidmatan (*services*) dan peralatan (*equipment*)

seperti yang ditunjukkan pada Rajah 3. Integrasi antara subsistem tersebut mampu memberi kebebasan rekabentuk bagi memperoleh ruang yang lebih fleksibel dan mesra pengguna.

RAJAH 2. Pembahagian subsistem dalam sesebuah bangunan (Richard,2006)

Sistem modular (*Modular system*); Secara amnya sistem Modular ditakrifkan sebagai sistem yang memecahkan bahagian yang besar kepada komponen-komponen kecil yang dipanggil modul. Koordinasi modular pula adalah kaedah penyelarasan saiz komponen atau modul supaya ia mempunyai piawaian yang tersendiri. Kaedah ini juga diiktiraf diperingkat antarabangsa. Sesuatu binaan yang menggunakan sistem modul dan koordinasi modular berpiawai lebih terurus semasa proses pembinaan dan pembongkaran dijalankan (Richard 2006; Tam et al. 2006; Mecozoma 2002; Geraedts 2001).

Penyambungan mekanikal (*Mechanical connection*); menggunakan sambungan mekanikal yang ringkas membolehkan komponen dibuka dan dipasang kembali semasa pembinaan atau selepas pembinaan. (Addis 2004; Webb et al. 1997). Penggunaan mortar dan teknik kimpalan mengehadkan proses penggunaan semula komponen dan kitar semula bahan bangunan.

Sambungan kering (*Dry joint*); Penghasilan komponen dengan penyambungan kering dan ringkas biasanya terdiri dari penyambungan tanpa menggunakan bahan kimia (Asiah 2012; Richard 2006). Ia terdiri dari penyambungan menggunakan bolt dan nat, tanggam, saling kunci dan sebagainya. Penggunaan bahan binaan seperti konkrit sebagai binaan pula lebih popular kerana ia mudah didapati dan boleh berintegrasi dengan penyambungan kering seperti skru disamping kemampuannya terhadap ketahanan api dan bunyi.

PELUANG DARIPADA REKABENTUK UNTUK DI NYAH-PASANG

Guna semula (Reuse); perincian kepada kaedah penyambungan komponen direkabentuk supaya ia mampu dibuka semula

dan memudahkan proses pembongkaran (Webster, 2005). Mengguna semula komponen yang sedia ada memberi peluang kepada penjimatan masa dan bahan dari terbuang (Richard 2006; Thanoon et al. 2003). Selain dari itu peluang untuk pemindahan bangunan juga mampu dilakukan tanpa merosakkan struktur bangunan sediaada.

Kitar Semula (Recycle) Kaedah nyah-pasang membenarkan pembongkaran bangunan secara sistematik dan teratur. Komponen yang rosak mampu dikeluarkan dan diperbaiki tanpa merosakkan struktur asal binaan sedia ada. Proses tersebut mampu memperbaiki kitaran hayat bangunan tanpa membuat pembongkaran secara menyeluruh disamping mengekalkan kemampuan didalam pembinaan (Richard 2006).

METODOLOGI KAJIAN

Metodologi kajian yang terlibat adalah pengumpulan data melalui kaji selidik. Kaji selidik dilaksanakan ke atas populasi kajian yang terdiri daripada 40 orang pelaksana di tapak bina termasuk arkitek reka bentuk di sekitar Selangor, Wilayah Persekutuan Kuala Lumpur dan Negeri Sembilan yang terlibat dalam pembinaan berasaskan IBS di Malaysia.

Maklumat dari kajian literatur dan kaji selidik ini dikategorikan berdasarkan isu semasa, garis panduan sedia ada dan cadangan rekabentuk seperti yang ditunjukkan pada Jadual 3. Seterusnya, keputusan analisis ini akan dirangkumkan sebagai maklumat bagi menghasilkan reka bentuk baru blok saling kunci.

JADUAL 3. Senarai ringkas persoalan kajian

Bahagian	Persoalan Kajian	Analisis Kandungan	No. Soal Selidik
A	Pandangan mengenai IBS	Peratusan sebagai rujukan	1, 2, 3, 4, 5, 6
B	Aplikasi panel konkrit dalam pembinaan	Analisis min sebagai rujukan	7, 8, 9, 10, 11, 12, 13, 14, 15, 16
C	Cadangan rekabentuk panel dan blok konkrit	Analisis min sebagai rujukan	17, 18, 19, 20, 21, 22, 23, 24
D	Saranan dan cadangan	Analisis pendapat	25

KEPUTUSAN DAN PERBINCANGAN

Dalam set kaji selidik ini, maklumbalas responden yang terlibat dengan sektor pembinaan IBS dikenalpasti. Ia dapat membantu menambah informasi dalam mengenalpasti blok dinding konkrit agar lebih relevan. Set soalan kaji selidik ini mengandungi 4 bahagian:

1. Bahagian A: Pengetahuan berkaitan teknologi binaan berasaskan industri
2. Bahagian B: Pengalaman binaan berkaitan panel konkrit
3. Bahagian C: Penambahbaikan rekabentuk panel konkrit
4. Bahagian D: Cadangan saiz rekabentuk blok konkrit

BAHAGIAN A

Keputusan pada set soalan Bahagian A yang majoriti terdiri dari responden yang berpengalaman lebih 10 tahun pengalaman dalam bidang pembinaan mendapati sistem konkrit blok dan pra-tuang banyak digunakan dalam pembinaan terutamanya pada projek perumahan. Oleh kerana responden banyak terlibat dalam projek perumahan, kebiasaannya mereka menggunakan konkrit pra tuang dan juga panel atau blok. Sistem acuan kurang popular kerana ia memerlukan skala projek yang besar dan banyak bagi memperoleh pulangan keuntungan disebabkan kos acuan, bahan dan jentera yang agak mahal. Manakala bahan rencam dan juga konkrit ringan pula menjadi bahan yang sesuai sebagai komponen

dinding kerana ia mudah diangkut di samping kekuatan dan ketahanan bahan. Teknologi bahan binaan terutamanya konkrit semakin berkembang dengan penemuan teknik baru dalam menghasilkan komponen bangunan.

BAHAGIAN B

Panel konkrit merupakan salah satu komponen IBS yang sering digunakan dalam sistem pembinaan di Malaysia. Sumber asas bagi konkrit juga mudah didapati. Keputusan

maklumbalas kaji selidik berkaitan permasalahan teknikal komponen dinding IBS seperti Rajah 3 menunjukkan majoriti responden berpendapat bahawa proses penyelenggaraan dan pengubahsuaian (*renovation*) harus diambil peduli. Salah satu cara penyelesaian adalah dengan pendekatan komponen nyah-pasang yang menawarkan penyambungan kering kepada komponen dinding. Ini mampu menyelesaikan permasalahan ubahsui bangunan dan pertukaran komponen dinding yang rosak di samping menambah jangka hayat sesebuah bangunan.

RAJAH 3. Keputusan set soalan B

Bahagian ini memberi penumpuan kepada cadangan penggunaan panel dan blok IBS. Keputusan yang diperolehi

seperti Rajah 4 menunjukkan majoriti responden sangat bersetuju terhadap empat perkara iaitu:

RAJAH 4. Keputusan set soalan C

1. Menyediakan panduan lengkap mengenai komponen dan penyambungan

Dalam merekabentuk komponen dinding bangunan, strategi pemilihan dinding melalui kaedah integrasi subsistem

bangunan ditentukan dari awal proses rekabentuk seperti Jadual 4. Bermula dari dinding luar sehingga dinding sekat yang berada di dalam bangunan.

JADUAL 4. Strategi pemilihan dan rekabentuk komponen dinding

Kategori	Integrasi	Jenis dan kedudukan komponen	Pengindustrian Teknologi dan garis panduan	Fleksibiliti dan nyah-pasang
Struktur + Sampul	Penuh	Dinding tahan beban	- Tahan beban - Kawalan rekabentuk dan saiz	- Rekabentuk mudah - Penyambungan kering / mekanikal
Struktur + Pembahagi	Penuh dan sebahagian	Dinding tahan beban <i>Shear wall</i> <i>Party wall</i>	- Bahan rencam dan ringan - Pra-fabrikasi - Sistem modular - Pra-fabrikasi - Integrasi komponen bangunan lain (tingkap, pintu dan sebagainya)	- Rekabentuk terbuka - Mampu dibuka semula untuk tujuan penyelenggaraan, pembongkaran dan pemindahan
Sampul + Pembahagi	Penuh	Dinding sekat <i>Party wall</i>		
Sampul + Perkhidmatan	Sebahagian	Dinding luar diruang tandas Dinding luar untuk pendawaian elektrik	- Bahan rencam dan ringan - Sistem modular - Pra-fabrikasi - Kawalan rekabentuk dan aliran perkhidmatan	- Rekabentuk mudah - Pasang siap - Penyambungan kering / mekanikal - Mampu dibuka semula untuk tujuan penyelenggaraan, pembongkaran dan pemindahan
Sampul + Perkhidmatan	Sebahagian	Dinding dalam ruang tandas Dinding dalam untuk pendawaian elektrik		
Pembahagi + Peralatan	Penuh dan sebahagian	Dinding dalam dengan peralatan perabot	- Bahan rencam dan ringan - Sistem modular - Pra-fabrikasi	- Rekabentuk mudah - Pasang siap - Penyambungan kering / mekanikal
Sampul + Peralatan	Penuh dan sebahagian	Dinding luar dengan peralatan perabot	Kawalan rekabentuk dan piawaian peralatan	Mampu dibuka semula untuk tujuan penyelenggaraan, pembongkaran dan pemindahan

2. Menggunakan penyambung yang berpiawai

Dari segi piawaian, garis panduan dan skor penggunaan produk IBS telah diwujudkan untuk memperkenalkan suatu disiplin geometri tertentu melalui satu cara yang praktikal dan berkait untuk menyelaraskan kedudukan dan ukuran komponen-komponen dan ruang dalam bangunan. Koordinasi Modular telah dibangunkan mengikut Piawaian Malaysia dikenali sebagai MS 1064. Ianya selaras dengan piawaian *International Organization for Standardization (ISO)* yang diiktiraf di peringkat antarabangsa. MS 1064 mengandungi 10 bahagian di bawah tajuk garis panduan kepada Koordinasi Modular (KM) dalam pembinaan sebagaimana berikut:

- a. *Part 1: General Principles*
- b. *Part 2: Storey Height And Room Heights*
- c. *Part 3: Coordinating Sizes And Preferred Sizes For Stairs And Openings*

- d. *Part 4: Coordinating Sizes And Preferred Sizes For Doorsets*
- e. *Part 5: Coordinating Sizes And Preferred Sizes For Windowsets*
- f. *Part 6: Coordinating Sizes And Preferred Sizes For Rigid Flat Sheets*
- g. *Part 7: Coordinating Sizes And Preferred Sizes For Tiles*
- h. *Part 8: Coordinating Sizes And Preferred Sizes For Masonry Brick And Blocks*
- i. *Part 9: Coordinating Sizes And Preferred Sizes For Cabinets*
- j. *Part 10: Coordinating Sizes And Preferred Sizes For Reinforced Concrete Components*

Kombinasi antara garis panduan tersebut mampu menghasilkan rekabentuk yang terbaik dan berpiawaian.

Setiap elemen bangunan mempunyai koordinasi tersendiri yang dipanggil modul. Nilai bagi modul asas itu dikira sebagai M. Ianya selaras dengan piawaian yang digunakan di banyak negara, sebagaimana contoh berikut:

M = 100mm

M = Simbol bagi Modul Asas

Contoh : $2M = 2 \times (100\text{mm})$
 $= 200\text{mm}$

3. Menggalakkan inovasi reka bentuk yang mudah diselenggara di masa akan datang dan,
4. Menggunakan penyambung yang mudah diaplikasi

Bagi tujuan penyambungan yang lebih mudah, pendekatan sistem saling kunci dan nyah-pasang adalah bertepatan dengan kehendak masa akan datang untuk tujuan penyelenggaraan dan pemindahan. Pihak pereka dan pengeluar perlu menyediakan pelan perincian khas bagi teknik binaan IBS yang dibina. Jenis operasi nyah-pasang boleh dikategorikan kepada 2 seperti yang ditunjukkan di dalam Jadual 5.

JADUAL 5. Jenis operasi nyah-pasang

Operasi nyah-pasang	Penerangan
a) Melibatkan penggantian (tidak musnah)	Tujuan operasi pembongkaran blok bagi memastikan bahagian /komponen bangunan tidak rosak atau musnah. Ia mengambil sebahagian blok keluar dari pada keseluruhan susunan blok pada sesebuah bangunan. Ia membolehkan penggunaan semula blok yang telah dibuka pada komponen yang lain.
b) Melibatkan pemusnahan	Operasi blok pembongkaran bertujuan untuk memisahkan unit blok dengan memusnahkan kemudian penggantian dilakukan. Dalam kata lain proses penyelenggaraan dilakukan dengan menarik keluar dengan memotong atau memecahkan bahagian yang rosak dan menggantikan dengan blok yang baru tanpa merosakkan komponen yang lain.

BAHAGIAN D

Pada akhir kaji selidik, responden mencadangkan saiz rekabentuk blok sebagai penyelesaian kepada isu yang dibangkitkan dalam set soalan kaji selidik. Saiz yang dicadangkan adalah berdasarkan ringkasan jadual yang

diambil daripada Piawaian Malaysia iaitu MS 1064, Bahagian 8 : Koordinasi saiz dan cadangan saiz bagi bata dan blok seperti Jadual 6. Saiz blok dipilih dan dibahagi kepada 6 saiz yang berbeza bermula dari piawaian saiz terkecil hingga terbesar.

JADUAL 6. Koordinasi saiz blok

Panjang	Tinggi	Lebar
3M	2M	1M
3M	2M	1.5M
4M	2M	1M
4M	2M	1.5M
4M	2M	2M
4.5M	1.5M	1M
4.5M	1.5M	1.5M
4.5M	1.5M	2M
4.5M	2M	1M
4.5M	2M	1.5M
4.5M	2M	2M
4.5M	3M	1M
4.5M	3M	1.5M
4.5M	3M	2M
6M	2M	1M
6M	2M	1.5M
6M	2M	2M
6M	3M	1M
6M	3M	1.5M
6M	3M	2M

Nota: M adalah simbol sebagaimana didefinisikan dalam MS 1064: Bahagian 1 dan mempunyai nilai 100 mm

Sumber: SIRIM (2001)

RAJAH 5. Cadangan konfigurasi saiz

Rajah 5 memaparkan blok bersaiz 6M x 3M x 2M memperoleh 45% manakala blok bersaiz 6M x 3M x 1.5M memperoleh 40%. Berdasarkan saiz yang dipilih, menunjukkan saiz maksima dalam konfigurasi saiz yang dicadangkan oleh piawaian Malaysia adalah lebih popular. Saiz ini mampu mengurangkan jumlah blok yang digunakan semasa pembinaan berbanding saiz blok dan bata yang lebih kecil di pasaran. Ia juga memudahkan proses pengangkutan dan penyimpanan disamping ukurannya yang sesuai untuk tenaga kerja minimum.

Melalui keputusan kaji selidik ini telah mendapati bahawa responden amat memandang positif kepada inovasi dan penambahbaikan kepada komponen dinding pada bangunan. Berikut adalah cadangan kriteria rekabentuk hasil daripada kajian ini iaitu:

1. Saiz yang dicadangkan adalah antara 6M x 3M x 2M dan 6M x 3M x 1.5M.
2. Konkrit pratuang dan blok konkrit menjadi pilihan.
3. Bahan binaan yang dicadangkan bagi menghasilkan komponen dinding bangunan ialah bahan rencam dan konkrit ringan
4. Sistem sambungan komponen yang fleksibel, saling kunci mampu diubahsuai dan dinyah-pasang.
5. Ukuran piawaian bagi memudahkan kombinasi antara komponen-komponen bangunan yang lain.
6. Sambungan blok yang bersifat fizikal dan mekanikal.

KESIMPULAN

Kebaikan sistem bangunan industri (IBS) tidak boleh dinafikan. Penerapan pendekatan IFD mampu mempertingkatkan kemampuan komponen IBS sedia ada. Berdasarkan kajian ini dapat disimpulkan bahawa penyambungan mekanikal dan kering sesuai untuk blok saling kunci kerana lebih mudah semasa proses nyah-pasang. Kajian berkaitan penemuan asas ini memerlukan penelitian lanjutan untuk mencapai kesempurnaan rekabentuk.

PENGHARGAAN

Setinggi penghargaan dan terima kasih kepada kumpulan penyelidikan Sustainable Construction Material & Building System (SUCOMBS), Pusat Senibina & Alam Bina Inovatif (SErAMBI), Fakulti Kejuruteraan & Alam Bina, Universiti Kebangsaan Malaysia di atas bantuan dan kemudahan yang disediakan dalam menyempurnakan kajian ini. Projek kajian ini telah dibiayai di bawah geran penyelidikan DIP-2016-006 dan FRGS/1/2017/TK06/UKM/02/2.

RUJUKAN

- Aburas, H., 2011. Off-site construction in Saudi Arabia: The way forward. *Journal of Architectural Engineering* 17(4): 122-124.
- Addis, W., & Schouten, J. 2004. Principles of Design for Deconstruction Facilitate to Reuse and Recycling. CIRIA.
- Arif, M., & Egbu, C. 2010. Making a case for offsite construction in China. *Engineering, Construction and Architectural Management* 17(6): 536-548
- Alinaitwe, H. M., Mwakali, J. & Hansson, B. 2006. Assessing the degree of industrialisation in construction—a case of Uganda. *Journal of Civil Engineering and Management* 12(3): 221-229.
- Asiah, A.A., Zuhairi I.H.Z., Zulkefle, I. & Kamarul, A.M.K. 2012. *Procedia-Social and Behavioral Sceince* 50(2012): 369-382
- Bari, N. A. A., Abdullah, N. A., Yusuff, R., Ismail, N. & Jaapar, A. 2012. Environmental awareness and benefits of industrialized building systems (IBS). *Procedia-Social and Behavioral Sciences* 50: 392-404.

- Brian S.T. 1999. Environmentally-sensitive design: Leonardo WAS right. *Materials and Design* 20(1): 23-30
- CIDB. 2011. The current state of industrialised building system (IBS) construct forward. *Proceedings of 1st IBS Roundtable Workshop*, CIDB.
- Dorsthorst, B.J.H. & Kowalczyk, T. 2002. Design for Recycling. *Decostruction Meeting CIB World Building Congress* 272: 71-81.
- EnGen Institute. 2005. Design for disassembly guidelines, active disassembly research. *EnGen Institute Australia*.
- Geraedts, R.P. 2001. Upgrading the flexibility of building. *CIB World Building Congress Wellington, New Zealand*, 1-9.
- Haas, C.T. & Fagerlund, W.R. 2002. *Preliminary Research On Prefabrication, Pre-Assembly, Modularization And Off-Site Fabrication In Construction*. University of Texas At Austin, Construction Industry Institute
- Habraken, N. J. & Habraken, N. J. 1976. Variations: The systematic design of supports. Cambridge – Mass & London: Laboratory of architecture and planning at MIT.
- Hamid, Z.A., Zain, M.Z.M., Rahim, A.H.A., Ghani, M.K., Azman, M.N.A., Majid, T.A. & Ahamad, M.S.S. 2012. Drivers and barriers of industrialised building system (IBS) roadmaps in Malaysia. *Malaysian Construction Research Journal* 9(1): 1-8.
- Idrus, A., Hui, N.F.K. & Utomo, C. 2008. Perception of Industrialized Building System (IBS) Within the Malaysian Market. *International Conference on Construction and Building Technology*. ICCBT2008, 75-92.
- Keymer, M.A. 2000. Design Strategies For New and Renovation Costruction That Increase The Capacity of Building to Accomodate Change. (Doctoral dissertation, Massachusetts Institute of Technology).
- Macozoma, D. S. 2002. Understanding the concept of flexibility in design for deconstruction. *Proceeding of the CIB, Design for Deconstruction and Material Reuse* 272.
- Pan, W., Gibb, A.G. & Dainty, A.R. 2012. Strategies for integrating the use of o-site production technologies in house building. *Journal of Construction Engineering and Management* 138(11): 1331-1340.
- Richard R.B. 2006. Industrialized, flexible and demountable building systems: Quality, economy and sustainability. In Proc. of CRIOCM 2006 International Symposium on Advancement of Construction Management and Real Estate, 1-10.
- Tam, V.W.Y., Tam, C. M., John, K.W.C., William C.Y.N. 2006. Cutting construction waste by prefabrication. *International Journal of Construction Management* 6(1): 15-25.
- Thanoon, W.A., Peng, L.W., Kadir M.R.A., Jaafar, M.S. & Salit, M.S. 2003. The Experiences Of Malaysia And Other Country In Industrialize Building System. In *Proceeding International Conference Industrialised Building Systems* 255-261.
- Wasim, S. 2017. Design of concrete buildings for disassembly: An explorative review. *International Journal of Sustainable Built Environment* 6(2):617-635
- Webb, R.S., Kelly, J.R., Thomson, D.S. 1997. Building services component reuse: An FM response to the need for adaptability, *Facilities* 15(12/13): 316-322.
- Webster, M.D. & Costello, D.T. 2005. Designing structural systems for deconstruction: how to extend a new building's useful life and prevent it from going to waste when the end finally comes. In *Proceedings of the 2005 Greenbuild conference, Atlanta, USA*.

Mohd Azizuddin Tarja
Maslina Jamil*
Muhammad Fauzi Mohd Zain

Pusat Senibina & Alam Bina Inovatif (SErAMBI),
Fakulti Kejuruteraan & Alam Bina,
Universiti Kebangsaan Malaysia
43600 UKM Bangi, Malaysia

*Corresponding author;
Phone: +603 - 8911-8331
Email address: maslinajamil@ukm.edu.my

Received date : 4th August 2017
Accepted date : 20th February 2018
In Press date : 1st April 2018
Published date : 30th April 2018