PERBANDINGAN PENGHASILAN SISA PEPEJAL BINAAN ANTARA SISTEM BANGUNAN BERINDUSTRI (IBS) DENGAN SISTEM KONVENSIONAL

COMPARISON OF CONSTRUCTION WASTE GENERATION BETWEEN INDUSTRIAL BUILDING SYSTEMS (IBS) WITH CONVENTIONAL SYSTEMS

Sharifah Meryam Shareh Musa¹

Fakulti Pengurusan Teknologi Dan Perniagaan,
Universiti Tun Hussein Onn Malaysia (UTHM), Malaysia.
(Email: meryam@uthm.edu.my)

Azlina Md Yassin²

Fakulti Pengurusan Teknologi Dan Perniagaan,
Universiti Tun Hussein Onn Malaysia (UTHM), Malaysia.
(Email: azlina@uthm.edu.my)

Rozlin Zainal³

Fakulti Pengurusan Teknologi Dan Perniagaan,
Universiti Tun Hussein Onn Malaysia (UTHM), Malaysia.
(Email: rozlin@uthm.edu.my)

Haryati Shafii⁴

Fakulti Pengurusan Teknologi Dan Perniagaan,
Universiti Tun Hussein Onn Malaysia (UTHM), Malaysia.
(Email: haryati@uthm.edu.my)

Yeo Pei Yin⁵

Fakulti Pengurusan Teknologi Dan Perniagaan,
Universiti Tun Hussein Onn Malaysia (UTHM), Malaysia.

Received date: 26-04-2019

Revised date: 23-05-2019

Accepted date: 05-09-2019

Published date: 12-09-2019

To cite this document: Musa, S. M. S., Md Yassin, A., Zainal, R., Shafii, H., & Yoe, P Y. (2019). Perbandingan Penghasilan Sisa Pepejal Binaan antara Sistem Bangunan Berindustri (IBS) dengan Sistem Konvensional. *Journal of Information System and Technology Management*, 4(14), 72-83. DOI: 10.35631/jistm.414007

Abstrak: Pertumbuhan pesat industri pembinaan telah meningkatkan penghasilan sisa binaan dan meninggalkan impak yang serius terhadap alam sekitar. Di Malaysia, kebanyakan kontraktor masih menggunakan kaedah konvensional sebagai kaedah utama dalam proses pembinaan. Penggunaan kaedah konvensional dalam menjalankan kerja-kerja pembinaan adalah tidak mesra alam kerana kawalan kualiti yang rendah di tapak bina dan ia menghasilkan sisa pepejal binaan

yang tidak terkawal. Keadaan ini telah menyumbang kepada masalah pencemaran alam sekitar seperti pencemaran udara, air dan sisa pepejal binaan. Tujuan kajian ini dilakukan adalah untuk mengenalpasti jenis-jenis sisa binaan dan punca berlakunya penghasilan sisa pepejal binaan diantara kaedah konvensional dengan kaedah IBS. Kajian ini juga akan mencadangkan langkah-langkah untuk mengurangkan penghasilan sisa pepejal di tapak bina. Kajian ini menggunakan kaedah kuantitatif iaitu borang soal selidik sebagai instrumen kajian. Sebanyak 200 borang soal selidik telah diedarkan kepada kontraktor G7 dan pemaju di negeri Johor untuk mendapat maklum balas. Data-data yang diperolehi telah dianalisis dengan menggunakan kaedah statistik dan indeks purata min. Hasil kajian, mendapati bahawa jenis sisa binaan yang paling tinggi dalam pembinaan konvensional adalah kayu dengan skor min (3.85) tetapi dengan penggunaan IBS, penghasilan sisa kayu boleh dikurangkan, dimana skor minnya adalah (3.15). Bagi punca penghasilan sisa pula menunjukkan bahawa proses pengendalian menjadi punca utama dengan nilai skor min (3.47) dalam IBS dan skor min (3.75) semasa pembinaan dijalankan bagi kaedah konvensional. Oleh itu penggunaan IBS adalah pilihan atau langkah yang terbaik untuk mengurangkan penghasilan sisa pepejal di tapak bina.

Kata Kunci: Pembinaan, Sisa Pepejal Binaan, Sistem Bangunan Berindustri (IBS), Kaedah Konvensional, Alam Sekitar

Abstract: *Rapid growth in the construction industry has increased construction waste generation and caused serious impact on the environment. In Malaysia, most contractors are using the conventional method as a main method in construction process. However, using conventional method for construction work is not environmentally friendly because of the poor-quality control at the construction site and the uncontrolled waste production. This has contributed to pollution problems to the environment in the form of air and water pollution, and construction waste. The aim of this study was to identify type of construction waste and causes of waste generation from conventional methods with IBS. In addition, this study also suggests measures to minimize construction waste generation at the construction site. This study used quantitative methods of questionnaires as an instrument. A total of 200 questionnaires were distributed to the G7 contractors and developers in Johor to get feedback. The data obtained were analyzed using statistical methods and indices mean. From the results, it was found that most types of solid waste high in conventional construction is wood (3.85) but with the use of IBS, wood waste generation can be reduced (3.15). For the source of waste generation, it shows that the handling process is the main cause with the mean score (3.47) in IBS and the mean score (3.75) during construction is carried out for conventional methods. Therefore, the IBS technology is the considered best option in order to minimize waste generation at the construction site.*

Keywords: *Construction, Construction Solid Waste, Industrial Building System (IBS), Conventional Method, Environment*

Pengenalan

Industri pembinaan merupakan nadi utama pembangunan sesebuah negara. Walau bagaimanapun, pembangunan pesat industri pembinaan ini telah menyebabkan banyak sisa binaan dihasilkan di negara ini (Osmani, 2012). Sisa pepejal binaan terhasil di setiap peringkat pembinaan iaitu ketika merancang, merekabentuk dan semasa proses pembinaan. Hal ini telah memberi impak terhadap

ekonomi, sosial dan alam sekitar. Di Malaysia, penghasilan sisa pepejal binaan meliputi setiap peringkat dalam aktiviti pembinaan. Antara bahan binaan yang dikategorikan sebagai sisa pepejal binaan utama adalah kayu, konkrit, batu bata, logam, jubin/seramik, pembungkusan dan bahan-bahan lain seperti paip PVC, saluran elektrik dan pendawaian serta tong cat (Begum *et al.*, 2010; Ahmad *et al.*, 2014). Sisa pepejal binaan ini boleh menjadi satu masalah persekitaran yang serius terhadap negara jika tiada pengurusan yang baik dalam mengurus sisa buangan di sektor pembinaan. Dengan itu, industri pembinaan harus mempunyai satu alternatif untuk mengurangkan sisa pepejal binaan.

Menurut Begum *et al.*, (2010), penggunaan teknologi seperti kaedah Sistem Bangunan Berindustri (IBS) dapat mengurangkan sisa pepejal binaan yang banyak. Sistem IBS adalah satu teknologi yang dapat mengurangkan sisa pepejal binaan dengan lebih berkesan. Sistem ini juga dapat memelihara alam sekitar, mengurangkan penggunaan bahan binaan di tapak, dapat meminimumkan penghasilan sisa pepejal binaan serta menjadikan tempoh pembinaan lebih singkat jika dibandingkan dengan sistem konvensional. Walau bagaimanapun, penggunaan IBS masih lagi rendah di Malaysia. Menurut Kamarul *et al.*, (2010), jumlah kontraktor IBS yang berdaftar di bawah CIDB adalah sebanyak 894 dan sebanyak 334 adalah kontraktor yang berdaftar di bawah G7. Bilangan ini adalah kecil daripada keseluruhan kontraktor yang berdaftar di bawah CIDB. Oleh yang demikian, pihak kerajaan sedang giat mempromosikan secara besar-besaran sebagai usaha menggalakkan penggunaan IBS dalam industri pembinaan supaya penghasilan sisa pepejal binaan dapat dikurangkan (Begum *et al.*, 2010). Berdasarkan kepada permasalahan kajian yang diatas, antara objektif kajian ini dilakukan adalah untuk mengenalpasti jenis-jenis sisa binaan yang terhasil daripadakaedah konvensional dan kaedah IBS, menentukan sumber penghasilan sisa pepejal binaan diantara kaedah konvensional dengan kaedah IBS. Kajian ini juga akan mencadangkan langkah-langkah untuk mengurangkan penghasilan sisa pepejal yang terhasil di tapak bina.

Perbandingan Penghasilan Sisa Pepejal Antara Kaedah Konvensional Dengan Kaedah IBS

Begum *et al.*, (2010) menunjukkan bahawa IBS mempunyai potensi untuk mengurangkan penghasilan sisa pepejal dan dapat menguruskan sisa pepejal dengan baik. Penggunaan IBS dapat mengurangkan kesalahan yang dilakukan oleh pekerja dalam proses pembinaan. Dengan itu, penghasilan sisa pepejal dapat dikurangkan berbanding dengan kaedah konvensional. Penggunaan IBS juga dapat mengawal kualiti pembinaan dengan baik dan mengurangkan masa untuk kerja-kerja pemasangan dan pengurangan penggunaan bahan di tapak bina.

Menurut Tria Yuliani (2007) sistem IBS dapat mengurangkan penghasilan sisa pepejal sebanyak 60% jika di bandingkan dengan kaedah konvensional. Oleh itu, kaedah IBS adalah pilihan yang terbaik untuk menyelesaikan penghasilan sisa pepejal yang banyak di tapak bina (Azhari *et al.*, 2013). IBS adalah proses pembinaan yang menggunakan teknik atau komponen pembinaan yang melibatkan pemasangan komponen binaan di tapak bina. Dengan penggunaan kaedah IBS, penghasilan sisa pepejal di tapak bina dapat diminimumkan dan mewujudkan tapak bina yang lebih teratur, bersih dan selamat serta tempoh pembinaan yang lebih singkat (Yazid, 2011).

Punca Berlakunya Penghasilan Sisa Pepejal Binaan

Terdapat empat punca utama yang dikenalpasti sebagai penyumbang kepada sumber sisa pepejal di tapak bina. Antara punca-punca tersebut adalah melalui aktiviti rekabentuk, perolehan bahan, pengendalian bahan dan semasa proses pembinaan dijalankan (Nagapan *et al.*, 2012).

Reka Bentuk

Menurut kajian Rosniza (2012) menunjukkan bahawa salah satu punca berlakunya sisa pepejal binaan adalah disebabkan oleh sentiasa berlaku perubahan pada rekabentuk oleh klien semasa proses pembinaan yang sedang dijalankan. Tambahan pula, kesilapan dalam rekabentuk disebabkan oleh pereka yang kurang berpengalaman atau tidak mempunyai maklumat yang tepat semasa merekabentuk juga merupakan punca utama terhasilnya sisa pepejal binaan di tapak (Wahab dan Lawal, 2011).

Perolehan Bahan

Perolehan bahan pula melibatkan dua pihak iaitu pembekal dan kontraktor atau sub kontraktor. Dalam perolehan bahan, punca yang menyumbang kepada penghasilan sisa pepejal ialah kesilapan dalam pesanan, kuantiti bahan yang rendah, kesilapan pembekal dan lain-lain. Selain dari itu berlaku juga bahan yang dihantar tidak sama seperti kuantiti yang dipesan kerana berlaku kesilapan pesanan daripada pekerja. Dengan itu, berlaku lebih penghasilan sisa pepejal yang banyak.

Pengendalian Bahan

Semasa proses pengendalian bahan-bahan sisa pepejal binaan, pembaziran atau sisa juga boleh berlaku disebabkan oleh sikap pekerja dan pasukan projek yang kurang berpengalaman dalam pengurusan bahan binaan di tapak. Bahan binaan akan mengalami kerosakan semasa penghantaran ke tapak disebabkan pembungkusannya yang tidak sempurna, contohnya seperti kaca. Selain itu, tempat penyimpanan bahan binaan yang tidak bersesuaian juga menyebabkan kerosakan dan penghasilan sisa pepejal binaan (Rozniza, 2012).

Semasa Pembinaan Dijalankan

Penghasilan sisa pepejal binaan semasa proses pembinaan adalah berkaitan dengan kesilapan yang dilakukan oleh pekerja, kecuaihan, penggunaan bahan yang tidak sesuai dan lain-lain lagi. Kesilapan yang dilakukan oleh pekerja telah menghasilkan sisa pepejal yang banyak. Hal ini disebabkan pekerja yang tidak mengikut pelan atau lukisan yang diberi tidak mematuhi arahan kontraktor dan menyebabkan penghasilan sisa pepejal yang banyak. Jika kerja yang dibuat tidak mengikut pelan maka ianya perlu dibuat semula.

Kaedah Kajian

Kajian ini dilakukan dengan menggunakan kaedah kuantitatif dengan menggunakan borang soal selidik kepada kontraktor G7 dan pemaju yang berdaftar dengan CIDB yang menggunakan sistem konvensional dan sistem IBS dalam projek pembinaan di negeri Johor. Hal ini disebabkan negeri Johor merupakan antara negeri yang menghasilkan sisa pepejal yang semakin meningkat (Azrina, 2013). Manakala kelas G7 digunakan adalah kerana kumpulan ini merupakan kelas yang melibatkan paling ramai kontraktor yang menggunakan kaedah IBS dalam projek pembinaan (Kamarul *et al.*, 2010). Dalam kajian ini, populasi yang disasarkan adalah terdiri daripada kontraktor G7 yang berdaftar dengan Lembaga Pembangunan Industri Pembinaan Malaysia (CIDB) di sekitar negeri Johor. Data yang diperolehi daripada CIDB Johor menunjukkan terdapat

lebih kurang 400 buah syarikat kontraktor yang berdaftar di bawah G7 di negeri Johor. Menurut Krejcie dan Morgan (1970) sampel yang boleh digunapakai bagi bilangan 400 adalah bersamaan dengan 146 responden. Oleh itu, dalam kajian ini sebanyak 200 buah syarikat kontraktor G7 telah dipilih secara rawak untuk digunakan sebagai responden.

Borang soal selidik ini telah diedarkan melalui e-mel dan serahan tangan di tapak pembinaan. Borang soal selidik ini dibahagikan kepada empat bahagian iaitu:

- i. Bahagian A: Data umum mengenai latar belakang responden.
- ii. Bahagian B: Data mengenai jenis projek pembinaan yang sedang/pernah dijalankan dan mengenai jenis sisa pepejal binaan seperti kayu, konkrit, batu-bata, logam, jubin, tanah, dan pembungkusan bahan.
- iii. Bahagian C: Data mengenai punca yang menyebabkan berlaku penghasilan sisa pepejal.
- iv. Bahagian D: Cadangan langkah-langkah untuk mengurangkan penghasilan sisa pepejal binaan di tapak bina.

Hasil Kajian dan Perbincangan

Kajian ini, menggunakan kaedah statistik kebolehppercayaan, indek purata min dan peratusan untuk menganalisis data-data yang diperolehi. Melalui soal selidik yang dilakukan dengan mengedarkan borang soal selidik sebanyak 200 set hanya 52 set atau (26%) borang dikembalikan semula, lihat **Jadual 1**. Baki sebanyak 148 set (74%) borang soal selidik tidak dikembalikan semula. Situasi ini juga dialami oleh Berawi *et al.* (2012) dalam kajian beliau dimana 500 set soal selidik diedarkan tetapi hanya 47 set (9.40%) sahaja dikembalikan. Oleh itu, walaupun maklum balas yang diterima dalam kajian ini adalah rendah, namun data yang diperolehi boleh mewakili senario sebenar kerana semua responden adalah memenuhi kriteria untuk menyumbang pendapat dalam kajian ini.

Jadual 1: Agihan Dan Maklum Balas Borang Soal Selidik

Bilangan Syarikat	Bilangan Responden		Peratusan dikembalikan (%)
	Bil. Diedarkan	Bil. Dikembalikan	
Syarikat yang guna sistem IBS	100	26	13
Syarikat yang guna sistem binaan konvensional	100	26	13
Jumlah	200	52	26

Latar Belakang Responden

Maklumat dan latar belakang responden mengenai projek pembinaan yang terlibat dalam kajian ini dapat dilihat dalam **Jadual 2** yang terdiri daripada jenis syarikat, jawatan responden, pengalaman responden dan jenis projek yang dijalankan.

Jadual 2: Maklumat Latar Belakang Responden

Item	Kekerapan N=52	Peratus (%)
Jenis Syarikat Yang Dijalankan		
• Kontraktor	50	96.2
• Pemaju	2	3.8
Jawatan Responden		
• Jurutera	8	15.4
• Juruukur bahan	9	17.3
• Pengurus projek	18	34.6
• Penyelia tapak	13	25.0
• Lain-lain		
❖ Pengarah	3	5.8
❖ Kerani tapak	1	1.9
Pengalaman Bekerja Dalam Industri Pembinaan		
• Kurang 1 tahun	7	13.5
• 1-5 tahun	15	28.8
• 6-10 tahun	9	17.3
• Lebih 10 tahun	21	40.4
Jenis Projek Yang Dijalankan		
• Perumahan	24	46.2
• Pusat Perniagaan	20	38.5
• Infrastruktur	8	15.4

Jenis Sisa Pepejal Binaan

Terdapat lapan jenis sisa pepejal binaan yang lazim terhasil semasa kerja-kerja pembinaan atau pengubahsuaian bangunan dijalankan yang menghasilkan sisa pepejal binaan yang tidak digunakan. Jenis sisa pepejal binaan yang lazim terhasil di tapak bina ialah kayu, konkrit, batu bata, logam, jubin dan seramik, tanah dan pasir, pembungkusan bahan dan bahan lain seperti kaca, paip PVC dan tong cat. Lihat **Jadual 3**.

Jadual 3: Purata Min Jenis Sisa Pepejal Antara Sistem IBS Dan Sistem Konvensional

Jenis Sisa Pepejal	Projek Konvensional			Projek Secara IBS		
	Purata Min	Tahap Kekerapan	Kedudukan	Purata Min	Tahap Kekerapan	Kedudukan
Kayu	3.84	Kerap	1	3.15	Sederhana	3
Konkrit	3.61	Kerap	2	3.31	Sederhana	1
Batu bata	3.42	Sederhana	3	3.23	Sederhana	2
Logam	3.31	Sederhana	4	3.15	Sederhana	4

Pembungkusan bahan	2.92	Sederhana	7	2.84	Sederhana	7
Jubin/Seramik	3.04	Sederhana	6	3.04	Sederhana	5
Tanah dan Pasir	3.23	Sederhana	5	2.92	Sederhana	6
Bahan Lain (tong cat, saluran elektrik, paip PVC)	2.88	Sederhana	8	2.73	Sederhana	8

Dalam sistem pembinaan konvensional, kayu adalah sisa pepejal binaan yang kerap terjana dengan purata min 3.84. Kenyataan ini dapat disokong oleh Lachimpadi *et al.*, (2012) yang menyatakan kayu merupakan sisa yang paling banyak terhasil di tapak bina. Ini adalah disebabkan kayu sering digunakan sebagai sokongan sementara untuk kerja-kerja konkrit terutamanya bagi projek yang menggunakan sistem pembinaan secara tradisional. Sifat kayu yang mudah reput dan direkabentuk juga menyebabkan kayu adalah sisa pepejal binaan yang paling tinggi dihasilkan dalam sistem pembinaan konvensional. Ini juga disokong oleh Lau dan Whyte (2007) yang menyatakan bahawa kayu adalah sisa pepejal yang paling tinggi dihasilkan dalam kajian beliau. Selain itu, Wahid *et al.*, (2006) menyebutkan bahawa bahan kayu telah digunakan pada tahap yang minimum dalam pembinaan projek perumahan di Malaysia.

Jenis sisa pepejal yang kedua tertinggi dalam sistem pembinaan konvensional adalah konkrit dengan purata min 3.61. Sisa konkrit adalah tinggi disebabkan konkrit sering digunakan untuk kerja-kerja tapak dan lantai bawah. Oleh sebab itu, konkrit merupakan salah satu bahan penghasilan yang tinggi di tapak bina. Ini disokong oleh Cochran *et al.*, (2007) yang menunjukkan bahawa sisa binaan yang paling tinggi dalam projek perumahan adalah sisa konkrit. Selain itu, menurut kajian Lau dan Whyte (2007) juga menunjukkan bahawa konkrit adalah sisa pepejal binaan kedua tinggi dihasilkan di tapak bina (20.7%).

Seterusnya, sisa pepejal binaan yang ketiga tinggi dihasilkan dalam penggunaan sistem pembinaan konvensional adalah batu bata dengan purata min 3.42. Kebanyakan projek pembinaan telah menggunakan batu bata untuk kerja dinding. Bahan-bahan ini boleh dikategorikan sebagai bahan rapuh yang memerlukan perhatian yang penuh di tapak bina. Kenyataan ini juga disokong oleh Lau dan Whyte (2007) yang menyatakan bahawa batu bata adalah sisa ketiga tertinggi dihasilkan (9.1%) dalam kajian beliau. Sisa batu bata adalah tinggi kerana ia merupakan bahan reput yang mudah retak. Sisa batu bata terhasil semasa penghantaran dan pemunggahan akibat kekurangan kawalan, kelemahan pengendalian, perancangan susun atur, dan penggunaan peralatan yang tidak mencukupi merupakan punca utama terhasilnya sisa pembinaan. Kemudian, sisa pepejal yang keempat dihasilkan adalah logam dan diikuti oleh tanah dan pasir, jubin dan seramik, pembungkusan bahan dan bahan lain seperti tong cat dan PVC paip.

Dalam pembinaan secara IBS, jenis sisa pepejal yang paling kerap terjana adalah konkrit dengan purata min 3.41. Ini disebabkan mutu kerja yang dilakukan tidak sesuai dan pekerja yang menggunakan konkrit tidak berhati-hati sehingga menghasilkan sisa konkrit. Penghasilan sisa konkrit juga berlaku apabila kuantiti yang dipesan di tapak melebihi daripada kuantiti yang sebenar. Keadaan ini berlaku disebabkan kesilapan dalam menentukan kuantiti untuk membuat pesanan

(Ahmad Tarmizi, 2011). Ini disokong oleh Kermanshahi *et al.*, (2015) yang menyatakan konkrit adalah sisa utama yang terhasil di tapak bina dengan menggunakan sistem IBS (17%).

Jenis sisa pepejal yang kedua tertinggi dalam sistem pembinaan IBS adalah batu bata dengan purata min 3.23. Ini disokong oleh Kermanshahi *et al.*, (2015) yang menyatakan batu bata adalah sisa kedua yang terhasil di tapak bina dengan menggunakan sistem IBS (15%). Ini diikuti oleh logam dan kayu. Purata min bagi logam dan kayu adalah purata min 3.10. Walau bagaimanapun, purata min ini adalah lebih rendah berbanding sistem konvensional. Penggunaan sistem acuan keluli, sistem kerangka keluli dan sistem kerangka kayu telah meminimumkan penghasilan sisa ini di tapak bina. Seterusnya, ia diikuti oleh jubin dan seramik, tanah dan pasir, pembungkusan bahan seperti plastik dan akhir sekali adalah bahan lain seperti kaca, tong cat dan PVC paip. Semua jenis sisa pepejal ini adalah lebih rendah berbanding dengan pembinaan konvensional. Ini kerana kebanyakan komponen struktur bagi pembinaan IBS dihasilkan di kilang yang dapat mengurangkan penggunaan bahan binaan dan juga mengurangkan penghasilan sisa pepejal di tapak.

Punca Berlaku Penghasilan Sisa Pepejal Binaan

Daripada kajian literatur yang dilakukan mendapati, terdapat 14 punca telah dikenalpasti daripada empat punca utama iaitu punca rekabentuk, punca perolehan bahan, punca pengendalian bahan dan semasa pembinaan dijalankan. **Jadual 4** dan **Jadual 5** menunjukkan punca berlakunya penghasilan sisa pepejal binaan antara kaedah konvensional dan IBS.

Jadual 4: Punca Utama Berlaku Penghasilan Sisa Pepejal Binaan (Sistem IBS)

Punca	Purata Min
P3- Pengendalian bahan	3.47
P4-Semasa pembinaan dijalankan	3.21
P1- Rekabentuk	3.03
P2- Perolehan bahan	2.95

Jadual 5: Punca Utama Berlaku Penghasilan Sisa Pepejal Binaan (Sistem Konvensional)

Punca	Purata Min
P4-Semasa pembinaan dijalankan	3.75
P3- Pengendalian bahan	3.23
P1- Rekabentuk	3.23
P2- Perolehan bahan	3.12

Daripada hasil yang diperolehi, kebanyakan responden IBS berpendapatan bahawa punca utama menyebabkan penghasilan sisa pepejal binaan adalah pengendalian bahan. Hal ini disebabkan oleh proses pengendalian yang lemah yang menyebabkan bahan rosak ketika proses penghantaran bahan binaan dan tempat penyimpanan bahan yang tidak sesuai juga akan menyebabkan terhasilnya sisa pepejal binaan. Manakala bagi responden konvensional berpendapatan bahawa punca utama berlaku penghasilan sisa pepejal adalah disebabkan oleh proses semasa pembinaan dijalankan dengan purata min 3.75. Hal ini disebabkan proses pembinaan melibatkan ramai pekerja. Kebanyakan kontraktor mungkin tidak dapat memantau semua pekerja di tapak bina.

Dengan itu, kesilapan dan kesalahan kerja akan berlaku dan keadaan itu menyebabkan penghasilan sisa pepejal yang banyak.

Responden IBS berpendapatan bahawa punca seterusnya adalah semasa pembinaan dijalankan iaitu dengan purata min 3.2 dan diikuti oleh proses rekabentuk dengan purata min 3.03. Manakala bagi responden konvensional berpendapatan bahawa punca seterusnya adalah disebabkan oleh pengendalian bahan dan rekabentuk dengan masing-masing mempunyai purata min 3.23. Kedua-dua responden berpendapatan bahawa perolehan bahan adalah punca terakhir yang menghasilkan sisa pepejal binaan dengan purata min 2.95 (IBS) dan 3.12 (konvensional).

Cadangan Langkah-Langkah Mengurangkan Sisa Pepejal Binaan Di Tapak

Kajian yang dilakukan ini telah mengenalpasti, punca utama yang menyebabkan berlakunya penghasilan sisa pepejal binaan dalam sistem binaan konvensional adalah disebabkan kesilapan semasa pembinaan dijalankan. Keadaan ini adalah disebabkan pekerja yang tidak mengikut arahan kontraktor atau pekerja yang kurang pengalaman dalam menjalankan kerja-kerja pembinaan. Dengan itu, sisa pepejal binaan akan terhasil. Salah satu langkah yang boleh diambil untuk menyelesaikan masalah ini adalah dengan menggunakan sistem IBS. Sistem IBS merupakan sistem pembinaan di mana komponen yang dihasilkan di kilang dan seterusnya dibawa dan dipasang dalam kerja pembinaan dengan menggunakan tenaga kerja yang minimum (Elias & Shaari, 2005). Dengan erti kata yang lain, IBS merupakan proses pembinaan yang menggunakan teknik, produk, komponen atau sistem pembinaan yang melibatkan prefabrikasi atau pasang siap dan pemasangan komponen-komponen binaan di tapak pembinaan. Dengan itu, kesilapan atau kesalahan pekerja dapat dikurangkan serta mengurangkan penggunaan pekerja di tapak bina.

Menurut Begum *et al.*, (2010) menunjukkan bahawa IBS mempunyai potensi untuk mengurangkan penghasilan sisa pepejal dan dapat menguruskan sisa pepejal dengan baik. Sistem IBS menjanjikan kelebihan-kelebihan seperti pengurangan pekerja di tapak, pengurangan penghasilan dan pembaziran sisa pepejal binaan, pengurangan bahan binaan di tapak, masa pembinaan yang lebih singkat, kawalan kualiti yang lebih baik, tapak bina yang lebih teratur, bersih dan selamat serta lebih mesra alam sekitar (Nadia, 2009). Selain itu, IBS juga merupakan suatu alternatif penggantian kepada kaedah yang banyak bergantung kepada kerja-kerja basah yang menjadikan tapak bina kotor, sukar dan tidak selamat.

Guna semula sisa dan kitar semula juga adalah salah satu langkah untuk mengurangkan penghasilan sisa pepejal. Kenyataan ini disokong oleh Vivian (2011) yang menyatakan bahawa pengurusan guna semula dan kitar semula merupakan pilihan yang terbaik dalam pengurusan sisa pembinaan dan mengurangkan penghasilan sisa binaan. Menurut Sharifah Meryam *et al.*, (2009) menyatakan bahawa penggunaan semula dan kitar semula dapat membantu dalam memaksimumkan kegunaan bahan dalam aplikasi yang sama atau berlainan pada tapak yang sama atau lain. Ini juga disokong oleh Nujid *et al.*, (2011) yang menyatakan guna semula sisa dan kitar semula merupakan kaedah pengurusan yang lebih berfaedah dan berkesan dalam meminimumkan sisa. Malah, pengurusan sisa pembinaan ini dapat membantu kontraktor dalam penjimatan kos yang lebih terkawal.

Bagi pembinaan IBS, punca utama yang menyebabkan penghasilan sisa pepejal adalah disebabkan tempat penyimpanan bahan yang tidak sesuai. Dengan itu, kontraktor perlulah mempunyai

perancangan tempat yang strategik untuk menyimpan bahan binaan. Contohnya, bahan besi perlu ditutup dengan kain atau menggunakan penutup yang sesuai supaya besi itu tidak rosak apabila hujan lebat berlaku.

Di samping itu, pengendalian bahan yang lemah juga merupakan punca berlaku penghasilan sisa pepejal dalam pembinaan IBS. Oleh itu, kontraktor perlu memilih sistem pengendalian bahan yang bersistematik bagi mengelakkan berlakunya kerosakan semasa proses penghantaran. Menurut Aziz *et al.*, (1998) menunjukkan bahawa sistem '*just-in-time*' ialah suatu sistem produksi bahan secara berterusan dengan tujuan untuk mengurangkan dan menghapuskan segala pembaziran dan penghasilan sisa pepejal binaan. Sistem ini adalah kaedah yang paling cekap dan berkesan dalam menghapuskan sisa pembinaan disamping dapat meningkatkan produktiviti industri dan menghapuskan pembaziran aktiviti yang memberi kesan buruk terhadap alam sekitar.

Kesimpulan

Kesimpulannya kajian yang dijalankan ini mendapati, jenis sisa pepejal yang paling banyak dihasilkan dalam sistem IBS adalah konkrit manakala dalam sistem binaan konvensional adalah kayu. Selain itu, kajian ini turut mengenalpasti punca-punca yang menyebabkan berlaku penghasilan sisa pepejal binaan antara sistem IBS dan sistem konvensional berdasarkan empat punca utama iaitu punca rekabentuk, perolehan bahan, punca pengendalian bahan dan semasa pembinaan dijalankan. Kontraktor-kontraktor perlu mengenalpasti punca yang berlaku penghasilan sisa pepejal binaan untuk menjalankan pengurusan sisa bahan yang teratur dan sistematik bagi mengurangkan penghasilan sisa pepejal binaan. Jika sisa pembinaan tidak diuruskan dengan sistematik, impak tersebut boleh mendatangkan kesan yang buruk terhadap masyarakat dan persekitaran. Pihak yang bertanggungjawab terutamanya kontraktor perlu memainkan peranan dalam menjalankan pengurusan sisa pepejal binaan yang lebih baik terhadap persekitaran. Dengan itu, pihak kontraktor mesti mengubah acara berfikir dan sikap mereka dimana dengan menggunakan teknologi yang canggih seperti penggunaan sistem IBS dapat mengurangkan penghasilan sisa pepejal di tapak bina serta mewujudkan persekitaran yang bersih, selamat dan mesra alam sekitar.

Rujukan

- A. Che Ahmad, N.I. Husin, H. Zainol, A. H. Abdul Tharim, N. A. Ismail, A.M. Ab Wahid. (2014). *The Construction Solid Waste Minimization Practices Among Malaysian Contractors*. Matec Web of Conferences 15, 01037 (2014). Published By EDP Sciences.
- Ahmad Tarmizi M. T. (2011). *Meminimumkan Pembaziran Bahan Binaan di Tapak Pembinaan*. Universiti Teknologi Malaysia. Tesis Sarjana Muda Kejuruteraan Awam.
- Azhari A., Kamarul M. K. dan Nasrun M. N. (2013). Industrialised Building System in Reducing Waste of Construction Industry. *American Journal of Environmental Sciences* 2, 96-103.
- Aziz Abd. H., Ezani. H., Arawati. A. (1988). Amalan Konsep Pengeluaran Just-In-Time: Kajian Kes Sebuah Syarikat Perkilangan di Malaysia dan Pembekal-Pembekalnya. *Jurnal Pengurusan* 6(7), 3-19.
- Azrina Binti Sobian. (2013). *Pengurusan Sisa Pepejal di Malaysia dan Masalahnya*. [Online]. Diakses dari <http://www.ikim.gov.my/index.php/en/artikel/7193-pengurusan-sisa-pepejal-di-malaysia-dan-masalahnya>

- Begum, R. A., Satari, S. K. dan Pereira, J. J. (2010). Waste Generation and Recycling: Comparison of Conventional and Industrialized Building Systems. *American Journal of Environmental Sciences* 6(4), 383-388.
- Borg, W. R., Gall, M.D. & Gall, J.P. (1993). *Educational research*. New Jersey: Prentice Hall.
- Cochran, K., Townsend, T., Reinhart, D. & Heck, H. (2007). Estimation of regional buildingrelated C&D debris generation and composition: Case Study for Florida, US. *Waste Management* 27(7), 921 - 923.
- Ekanayake. L. L., and Ofori. G. (2000). *Construction material waste source evaluation*
- Kamarul. K., M. A. Azman, and M. Nawi. (2010). IBS Survey 2010: Drivers, Barriers and Critical Success Factors in Adopting Industrialised Building System (IBS) Construction By G7 Contractors In Malaysia. *Journal of Engineering Science and Technology* 9(4), 490 - 501.
- Kermanshahi E. K., Hossein, Z. I., Ehsan, H. (2015). Material Waste Reduction between IBS and Conventional Construction. *Journal of Mechanical and Civil Engineering* 12, 94-97.
- Krejcie, R.V. & Morgan, D.W. (1970). Determining sample size for research activities. *Journal Educational and Psychological Measurement* 30, 607-610.
- Lachimpadi, S.K., Pereira, J.J., Taha, M.R., Mokhtar, M. (2012). Construction Waste Minimisation Comparing Conventional and Precast Construction (Mixed System and IBS) methods in High-rise Buildings: A Malaysia Case Study. *Resources. Conservation and Recycling*, 68, 96–101
- Lau H.H., dan A.Whyte. (2007). *A Construction Waste Study for Residential Projects in Miri, Sarawak*. Conference Sustainable Building South East Asia, 5-7 November 2007, Malaysia
- Nadia. A.B. (2009). *Kepentingan Teknologi Sistem Pembinaan Berindustri (IBS) dalam Mempertingkatkan Keberkesanan Projek Pembinaan*. Universiti Teknologi Malaysia. Tesis Ijazah Sarjana Sains Kejuruteraan.
- Nagapan, S., Ismail, A. R., Ade Asmi, A. H., Rosli, M. Z. (2012). Identifying Causes of Construction Waste - Case of Central Region of Peninsula Malaysia. *International Journal of Integrated Engineering* 4 (2), 22-28.
- Nujid, M. M., Juhari, N., & Martin, J., (2011). Kajian Penjanaan Sisa Pepejal Dan Tahap Kesedaran Penduduk Terhadap Kitar Semula Di Seluruh Negeri Perlis. *Jurnal Intelek* 6(1), 123-131.
- Osmani M. (2012). Construction Waste Minimization in the UK: Current Pressures for Change and Approaches. *Procedia Social and Behavioral Sciences* 40, 37–40.
- Rosniza Bt Mohd Tahir. (2012). *Pengurusan Pembaziran Bahan Binaan Di Tapak Bina*. Universiti Teknologi Malaysia. Tesis Sarjana Muda Kejuruteraan Awam.
- Sharifah Meryam, S. M., Haryati, S. and Syarifah Nursyahadilla, S.M.Z (2009). *Potensi kitar semula dalam industri pembinaan: kajian kes Daerah Batu Pahat, Johor*. The 3rd Malaysian Technical Universities Conference on Engineering and Technology (MUCEET2009), 20-22 June 2009, Kuantan, Pahang.
- Tria Yuliani B. Resat. (2007). *Industrialised Building System Versus Conventional System Towards Sustainability In Construction*. Universiti Teknologi Malaysia. Tesis Sarjana Muda Kejuruteraan Awam.
- Vivian, W. Y. T., (2011), *Rate Of Reusable and Recyclable Waste In Consruction*, (1) 28-32
- Wahab, A.B. dan Lawal A. F. (2011). An evaluation of waste control measures in construction industry in Nigeria. *African Journal of Environmental Science and Technology* 5(3) 246-254.

- Wahid, J., Ghani, A.N.A., Nordin, N.M. dan Idris, M.F. (2006). *Teknik Binaan dan Bahan Bangunan dalam Sektor Perumahan Di Malaysia*. Proceeding of International Conference on Construction Industry 109, 254-261.
- Yazid, A.S. (2011). *Keberkesanan Sistem Pembinaan Berindustri (IBS) Dalam Projek Perumahan Di Negeri Kelantan*. Universiti Teknologi, Malaysia. Tesis Kejuruteraan Awam.