

Kajian Penggunaan Sistem ‘Waste-To-Energy’ (WTE) Bagi Pengurusan Tapak Pelupusan Sisa Pembinaan

**Nurul Nur Aini Janari¹, Narimah Kasim^{1,*}, Rozlin Zainal¹ &
Sharifah Meryam Shareh Musa¹**

¹Department of Construction Management, Faculty of Technology Management & Business, Universiti Tun Hussein Onn Malaysia, Parit Raja, Batu Pahat, Johor, 86400, MALAYSIA

*Corresponding Author

DOI: <https://doi.org/10.30880/rmtb.2020.01.01.037>

Received 30 September 2020; Accepted 01 November 2020; Available online 01 December 2020

Abstract: Nowadays, the construction sector in Malaysia is growing in terms of projects undertaken by the industry. However, it has led to an increase in construction waste generation. Indirectly resulting in lower levels of site management due to increased waste and limited site capacity. Therefore, the study introduces a waste-to-energy (WTE) system, a new technology that solves landfill management problems and construction waste generation. This study aims to identify the potential use of WTE systems for the management of dumping sites of construction waste and the challenges of using WTE systems for the management of dumping sites of construction waste. To achieve the objectives of the study, quantitative methods were used as primary data by conducting questionnaire distribution. The form was distributed to selected respondents, namely G7 registered contractors located around Johor. The findings of this study found that all potential uses of the system have potential in the management of construction waste disposal sites namely, potential energy, technical, system sustainability, economic, market and social. As for the challenges of using the WTE system, the challenges include shortages of energy, high costs, toxic gas emissions and the effects of global warming. It is hoped that through this study, the relevant parties will be able to apply the WTE system in the construction industry sector to improve the management of construction waste sites and reduce the generation of construction waste in Malaysia.

Keywords: Construction Waste, Landfill, Waste-to-Energy

Abstrak: Pada masa kini, sektor pembinaan di Malaysia semakin berkembang dari segi peningkatan projek yang dilaksanakan oleh pihak industri. Walaubagaimanapun, ianya memberi kesan kepada peningkatan penjanaaan sisa pembinaan. Secara tidak langsung ianya mengakibatkan tahap pengurusan tapak pelupusan adalah lemah disebabkan peningkatann sisa dan kapasiti tapak binaan yang semakin terhad.

Pelbagai inisiatif dilakukan bagi mengatasi permasalahan tersebut termasuk penggunaan teknologi terkini seperti sistem *waste-to-energy* (WTE) untuk pengurusan tapak pelupusan dan penjanaaan sisa pembinaan yang berkesan. Justeru itu, kajian ini bertujuan untuk mengenalpasti potensi dan cabaran penggunaan sistem WTE bagi pengurusan tapak pelupusan sisa pembinaan. Kaedah kuantitatif digunakan bagi pengumpulan data dengan melakukan pengedaran borang soal selidik. Borang soal selidik telah diedarkan kepada responden terpilih iaitu kontraktor G7 berdaftar yang berada di sekitar Johor. Kaedah analisis juga menggunakan data sekunder dimana maklumat diambil melalui kajian literatur seperti buku, jurnal, keratan akhbar, artikel, laman sesawang dan sebagainya. Hasil kajian yang diperolehi mendapati bahawa penggunaan sistem WTE berpotensi dalam pengurusan tapak pelupusan sisa pembinaan iaitu dari segi potensi tenaga, teknikal, kelestarian sistem, ekonomi, pasaran dan sosial. Bagi cabaran penggunaan sistem WTE pula adalah terdiri daripada kekurangan pengetahuan, kos yang tinggi, pelepasan gas toksik dan kesan pemanasan global. Secara kesimpulannya, pihak yang terlibat dalam industri pembinaan akan dapat mempraktikkan sistem WTE bagi meningkatkan pengurusan tapak pelupusan sisa pembinaan dan mengurangkan penjanaaan sisa pembinaan di Malaysia.

Kata kunci: Tapak Pelupusan, Sisa Pembinaan, Waste-to-Energy

1. Pengenalan

1.1 Latar Belakang Kajian

Pada masa kini, industri pembinaan di Malaysia berkembang disebabkan projek-projek pembinaan yang dilakukan oleh syarikat pembinaan. Rahim *et al.* (2017) menyatakan bahawa projek pembinaan di Malaysia menunjukkan nilai kerja pembinaan yang tinggi seperti yang dilaporkan oleh CIDB pada tahun 2017. Industri pembinaan di Malaysia memainkan peranan penting dalam menjana pendapatan melalui perkembangan yang berterusan dalam Keluaran Dalam Negeri Kasar (KDNK) dan mempengaruhi perkembangan infrastruktur dan pembangunan sosial ekonomi (Said *et al.*, 2012). Walaubagaimanapun, ianya memberi kesan kepada peningkatan penjanaaan sisa bahan binaan. Lembaga Pembangunan Industri Pembinaan (CIDB, 2018) menganggarkan penghasilan sisa bahan binaan adalah sebanyak 30% secara keseluruhan. Di samping itu, akibat pembuangan sisa tersebut dengan kuantiti yang banyak serta kawasan pelupusan sisa yang semakin berkurang dan terhad mengakibatkan pembuangan sisa bahan binaan dilakukan secara haram di kawasan yang tidak sepatutnya. Peningkatan sisa bahan binaan memberi tekanan kepada pihak berkuasa dalam pengurusan sisa pepejal (Ismail, 2017). Disamping itu juga, terdapat pihak termasuk kontraktor menjalankan pelupusan sisa bahan binaan dengan memilih tapak sendiri bagi menjimatkan kos (Bernama, 2019). Justeru itu, isu pengurusan sisa bahan binaan hendaklah boleh dilakukan melalui penggunaan teknologi terkini seperti Sistem *Waste-to-Energy* (WTE). Sistem WTE ini merujuk kepada pemulihan tenaga daripada bahan buangan kepada haba, elektrik, atau bahan api yang boleh digunakan semula. Penggunaan sistem melalui pembakaran sisa ini adalah pendekatan utama proses yang mengubah biomass menjadi elektrik (Zhao *et al.*, 2016). Menurut Ismail (2019), sistem WTE ini boleh diaktifkan penggunaannya kerana ianya adalah suatu sistem pengurusan sisa pepejal berteknologi tinggi dan terkehadapan.

1.2 Penyataan Masalah

Isu pembuangan haram bagi sisa bahan binaan telah menjadi masalah yang amat kritikal dan perlu dibendung. Rahmat dan Ibrahim (2007) menyatakan, 42% daripada 46% tapak pelupusan haram adalah dari sisa pembinaan yang dicatatkan di negeri Johor. Selain itu, terdapat lebih banyak tapak pelupusan haram di sepanjang kawasan jalan raya di Seberang Perai, Pulau Pinang. Kebiasaanya, tapak pelupusan

menerima sisa dari pelbagai sumber seperti sisa kediaman, sisa perindustrian, sisa komersial, sisa institusi, sisa pembinaan, dan sisa perkhidmatan perbandaran (Nagapan *et al.*, 2012a). Disamping itu, masalah kekurangan tanah sebagai tapak pelupusan sisa serta kos pengawasan dan penyelenggaraan yang mahal turut mengalakkan pembuangan sisa pembinaan secara haram (Ismail, 2017). Pengeluaran sisa bahan binaan dari projek pembinaan memberi impak negatif kepada alam sekitar. Menurut Perbadanan Pengurusan Sisa Pepejal dan Pembersihan Awam (SWCorp), selalunya pihak yang melupuskan sisa di tapak pelupusan haram gagal diberkas. Akhirnya, SWCorp dipertanggungjawabkan bagi menguruskan kerja-kerja pembersihan bagi mengatasi masalah pencemaran yang membelanjakan peruntukan yang tinggi (Luqman, 2019). Sistem *Waste-to-Energy* (WTE) adalah salah satu alternatif yang boleh dipraktikkan bagi mengatasi permasalahan pelupusan sisa bahan binaan dengan lebih berkesan dan sistematik. Walaubagaimanapun, penggunaan sistem WTE masih tidak dapat digunakan dengan meluas kerana pelbagai masalah. Menurut Nagapan *et al.* (2012b), sebilangan tapak pelupusan diurus dengan baik dan menggunakan teknologi yang berkesan. Namun, sesetengah tapak pelupusan menimbulkan gangguan pada persekitaran dan orang awam. Terdapat beberapa kesulitan dari aspek sosial yang mempengaruhi penggunaan sistem WTE ini seperti penyebaran toksik dan reaksi masyarakat. Dari sudut pandangan yang lain, sesetengah ciri sistem WTE tidak sesuai kepada pembangunan industri pembinaan seperti kos yang tinggi dan kesukaran dalam pembiayaan (Zhao *et al.*, 2016). Justeru itu, kajian ini adalah bertujuan untuk mengenalpasti potensi dan cabaran penggunaan sistem WTE bagi pengurusan tapak pelupusan sisa pembinaan dengan lebih berkesan.

1.3 Persoalan Kajian

- (i) Apakah potensi penggunaan sistem 'waste-to-energy' (WTE) bagi pengurusan tapak pelupusan sisa pembinaan?
- (ii) Apakah cabaran penggunaan sistem 'waste-to-energy' (WTE) bagi pengurusan tapak pelupusan sisa pembinaan?

1.4 Objektif Kajian

- (i) Menenalpasti potensi penggunaan sistem 'waste-to-energy' (WTE) bagi pengurusan tapak pelupusan sisa pembinaan.
- (ii) Menenalpasti cabaran penggunaan sistem 'waste-to-energy' (WTE) bagi pengurusan tapak pelupusan sisa pembinaan.

1.5 Kepentingan Kajian

Industri pembinaan di Malaysia merupakan industri yang menyumbang kepada pendapatan negara yang tinggi dan pertumbuhan ekonomi yang baik. Walaubagaimanapun, industri ini telah menjana kadar sisa pembinaan yang tinggi dan menyumbang pembuangan sisa pembinaan secara haram. Ini kerana tapak pelupusan sisa pembinaan amat terhad serta kos operasi yang tinggi. Teknologi terkini seperti sistem WTE juga tidak digunakan secara meluas dan perlu dipertingkatkan. Dengan itu, penyelidikan ia diharapkan dapat membantu pihak industri pembinaan menyelesaikan masalah tentang pengurusan di tapak pelupusan sisa pembinaan dan memberikan kesedaran tentang kebaikan penggunaan sistem WTE. Sistem ini juga diharapkan dapat mengurangkan penggunaan tapak pelupusan sisa bahan binaan disamping penjimatan kos pengurusan. Kajian ini juga amat penting kepada ahli akademik sebagai bahan rujukan dan bahan bacaan bagi tujuan penyelidikan dan pengajaran. Selain itu, hasil kajian ini turut dapat menyumbangkan maklumat dan pengetahuan baru dalam meningkatkan kepenggunaan sistem WTE.

1.6 Skop Kajian

Skop kajian ini tertumpu kepada potensi dan cabaran penggunaan sistem WTE bagi pengurusan tapak pelupusan sisa pembinaan di sekitar Johor. Kajian ini menggunakan kaedah kuantitatif melalui soal selidik bagi proses pengumpulan data. Borang soal selidik diedarkan kepada responden kajian yang terdiri daripada kontraktor G7. Pemilihan kontraktor G7 adalah kerana kontraktor kelas ini boleh memperolehi tender tanpa batasan dari segi nilai kontrak (Azman *et al.*, 2014). Hal ini juga kerana kontraktor G7 mempunyai keupayaan dan kemampuan yang lebih tinggi dalam penggunaan teknologi baharu. Kajian ini dilakukan di sekitar Johor kerana negeri ini merekodkan peratusan data aktiviti lambakan haram yang masih aktif (Rahim *et al.*, 2017). Responden bagi kajian ini terdiri daripada pengurus projek, penyelia tapak bina, pengurus tapak, jurutera tapak, dan jawatan lain yang berkenaan.

2. Kajian Literatur

2.1 Pengurusan Tapak Pelupusan Sisa Pembinaan

Tapak pelupusan merupakan destinasi terakhir dalam riwayat hidup kepelbagaian sisa. Pertambahan jumlah penduduk selari dengan perkembangan sektor pembinaan, terutamanya dalam penjanaan utama kepada peningkatan kuantiti sisa pembinaan dilupus di tapak pelupusan. Fenomena ini menimbulkan pelbagai masalah alam sekitar yang memberi impak negatif bukan sahaja kepada persekitaran fizikal, tetapi melibatkan persekitaran manusia. Sisa pembinaan mestilah tidak secara langsung perlu dilupuskan tetapi melalui beberapa proses sebelum dilupuskan melalui beberapa peringkat seperti mengelakan, meminimumkan, mengitar semula, dan merawat (Vasudevan, 2015). Sistem WTE merupakan teknologi baharu yang terdiri daripada pemprosesan rawatan sisa-sisa yang menghasilkan tenaga dalam bentuk tenaga elektrik, haba atau bahan api/diesel dari sumber sisa. Secara ringkas, sistem WTE secara tradisinya direka untuk pembuangan sampah yang bersih dan menjimatkan (Murrer *et al.*, 2016). Teknologi ini boleh dijalankan menggunakan beberapa jenis sisa samaada dari bahan semulajadi (enapan dari loji) kepada sisa bahan cecair (kumbahan domestik) dan gas (gas penapisan)

2.2 Penggunaan Sistem WTE

Potensi penggunaan sistem WTE dalam pengurusan tapak pelupusan sisa pembinaan adalah seperti berikut:

- *Potensi ekonomi dan teknikal* - Proses pembakaran WTE digunakan secara meluas untuk pengeluaran tenaga dalam bentuk haba dan elektrik. Proses pembakaran mempunyai modal tahunan yang lebih rendah dan pengurangan kos operasi setiap tan sisa (Ouda *et al.*, 2016). Selain itu, keperluan kemahiran pekerja dan pengendalian teknologi menjadikan sistem lebih mudah.
- *Potensi tenaga* – Proses hasil pembakaran WTE berpotensi untuk menjana tenaga elektrik. Kapasiti penjanaan kuasa ini meningkat setiap tahun disebabkan peningkatan populasi dan pembaziran sisa-sisa. Menurut Noor *et al.* (2013), pelepasan tenaga dari tapak pelupusan adalah mencukupi untuk menjana tenaga elektrik.
- *Kelestarian sistem WTE* - Sistem WTE bukan sahaja menyediakan penyelesaian pelupusan yang sihat untuk sisa, tetapi juga menyediakan manfaat ekonomi dan alam sekitar yang sangat besar. Bagi faedah alam sekitar, WTE memberi kesan baik dalam pengurangan pelepasan gas rumah hijau dari tapak pelupusan dan penjimatan tenaga. Walaubagaimanapun, terdapat isu dalam penggunaan teknologi WTE termasuk kecekapan prosesnya, skala pengkomersialan, persiapan bahan penguwapan, keperluan infrastruktur dan aplikasi penggunaan akhir (Ouda *et al.*, 2016).
- *Potensi pasaran*- Sistem WTE dapat membantu menyelesaikan masalah penjanaan sisa yang semakin meningkat, kos tenaga yang tinggi, isu alam sekitar yang semakin meningkat, dan kapasiti pelupusan yang terhad melalui pengurangan jumlah sisa dan pelepasan gas rumah hijau. Pada tahun 2012, pasaran global untuk teknologi WTE dinilai sebanyak USD 24 bilion, peningkatan purata tahunan sebanyak 5% dari tahun 2008 (Luca *et al.*, 2013). Di China, dikira

bahawa pelaburan dalam pasaran teknologi WTE akan menjadi \$ 14.2 bilion hingga \$ 17.7 bilion (Zhao *et al.*, 2015).

- *Potensi sosial* - Sistem WTE memainkan peranan penting dalam pemuliharaan tenaga dan tanah dan peluang pekerjaan. Menurut Zhao *et al.* (2015), potensi pelaburan bagi sistem WTE ini akan memberi kesan positif kepada ekonomu melalui pengurangan minyak, elektrik, atau import tenaga lain. Loji WTE boleh memberi kesan besar dalam kadar pertumbuhan ekonomi, pengurangan kadar pengangguran, mempromosikan urus niaga dalam pasaran dan mencapai peningkatan pendapatan awam (Tan *et al.*, 2014).

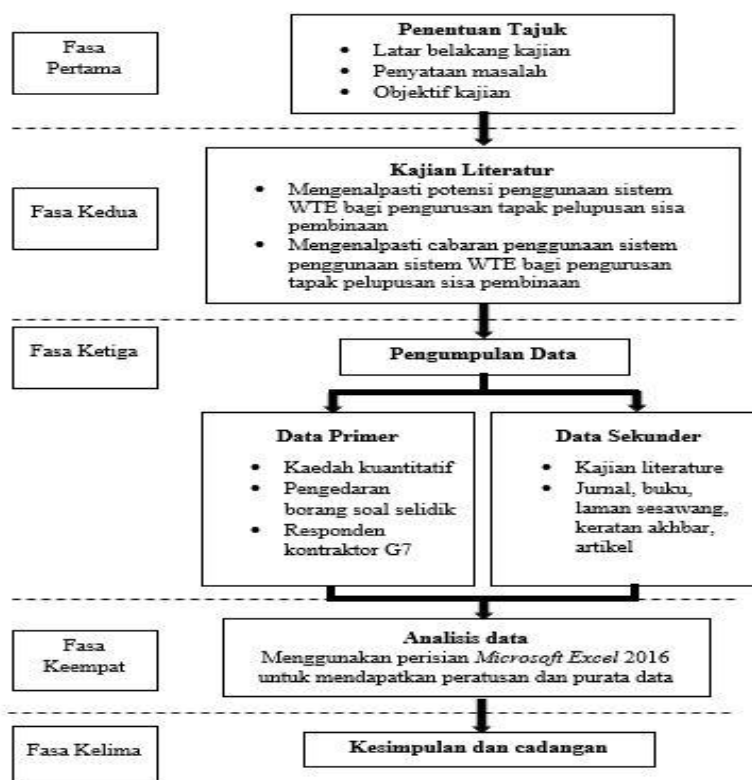
Cabaran penggunaan sistem WTE dalam pengurusan tapak pelupusan sisa pembinaan adalah seperti berikut:

- *Kos yang tinggi* – Penggunaan sistem WTE memerlukan kos operasi yang tinggi dan kepakaran pekerja teknikal (Tan *et al.*, 2014). Disebabkan itu, adalah menjadi satu cabaran untuk mencari teknologi pembakaran yang mampu membakar sisa dengan kandungan kelembapan yang tinggi disertai dengan nilai kalori yang rendah dan pada masa yang sama beroperasi pada kos yang rendah.
- *Pelepasan gas toksik* – Melalui penggunaan teknologi WTE dalam pelupusan sisa menghasilkan toksik yang perlu diuruskan dengan berkesan. Oleh itu, penggunaan sistem WTE mestilah berpotensi untuk menghindari pembebasan toksik ke udara (Luca *et al.*, 2013).
- *Kesan alam sekitar* – Penggunaan sistem WTE memberi kesan terhadap alam sekitar (Edo dan Johansson, 2018). Teknologi WTE boleh mengundang impak negatif seperti pemanasan global (pembebasan CO₂) yang menyumbang pelepasan gas rumah hijau, pengasidan (pembebasan SO₂) penciptaan Ozon Fotokimia (C₂H₂) menyebabkan pengeluaran bahan di troposfera (Ionescu *et al.*, 2013). Dari segi operasi, pada masa ini, sistem WTE perlu dilengkapi dengan teknologi canggih dan beroperasi menurut protokol alam sekitar dan keselamatan.
- *Penerimaan orang awam* - Berdasarkan kajian Zhao *et al.* (2015), penerimaan awam dianggap paling kritikal untuk keberkesanan sistem WTE dalam pengurusan sisa buangan. Pilihan tapak yang tidak sesuai untuk loji pembakaran sisa pepejal juga merupakan cabaran bagi sistem WTE seperti dibina terlalu dekat dengan kawasan kediaman dan juga sekolah, serta berhampiran tasik atau sungai yang menyediakan sumber air bersih kepada penduduk (Zhang *et al.*, 2015).
- *Kekurangan pengetahuan* - Kekurangan pengetahuan tentang pengendalian dan pengurusan teknologi WTE dengan efisien dan selamat adalah penghalang untuk pelaksanaan sistem WTE. Adalah menjadi tanggungjawab kerajaan dan pihak berkuasa tempatan untuk meningkatkan kesedaran orang ramai dengan memberikan pendidikan dan maklumat kepada mereka yang memerlukannya (Zhang *et al.*, 2015).

3. Metodologi Kajian

3.1 Rekabentuk Kajian

Kajian ini menggunakan pendekatan kuantitatif melalui pengumpulan data seperti data primer dan data sekunder. Bagi data primer, pengumpulan data dilakukan melalui pengedaran borang soal selidik kepada responden yang terpilih iaitu kontraktor G7 di sekitar Johor. Sebanyak 234 set sampel borang soal selidik diedarkan kepada responden menggunakan email dan *google form*. Bagi data sekunder, pengumpulan data melalui kajian literatur seperti pembacaan dari tesis, jurnal, buku, surat khabar, laman sesawang dan lain-lain. Untuk analisis data, perisian *Microsoft Excel 2016* digunakan untuk mentafsir data yang diperoleh daripada hasil soal selidik. Rajah 1 menunjukkan proses metodologi kajian ini.



Rajah 1: Proses metodologi kajian

3.2 Pengumpulan Data

Data primer adalah data utama yang diperolehi dengan mengadakan kaedah kuantitatif iaitu pengedaran borang soal selidik kepada responden-responden yang terpilih. Kajian kuantitatif ditakrifkan sebagai kajian ke atas masalah manusia atau sosial yang dihadapi oleh komuniti semasa. Ianya adalah berdasarkan kepada soalan hipotesis atau teori yang terdiri daripada beberapa pembolehubah, diukur dengan nombor dan analisis dengan prosedur statistik untuk mengesahkan teori-teori ini (Naoum, 2007). Kaedah ini membolehkan pengkaji memilih responden yang sesuai dan mampu untuk menjawab borang soal selidik bagi mencapai tujuan kajian iaitu potensi dan cabaran penggunaan sistem WTE bagi pengurusan tapak pelupusan sisa pembinaan. Bagi kajian ini, data primer didapati dikumpulkan kepada responden-responden terdiri daripada kontraktor G7 yang berpengalaman dalam industri pembinaan selama 5 tahun dan berpengetahuan tentang tajuk kajian. Menurut Ikau *et al.* (2016), responden diminta menamakan kedudukan mereka dalam syarikat, nama syarikat dan nombor telefon yang dipilih, kategori syarikat mereka, jenis organisasi perniagaan, tahun penubuhan, status syarikat, lokasi syarikat, pendidikan tinggi mereka, pengalaman dalam industri pembinaan, dan jenis projek pembinaan.

Berdasarkan kajian Jusoh dan Samsudin (2007), data sekunder terdiri daripada pemerhatian lapangan dan analisis dokumen seperti laporan perakaunan, peta, laporan perbandaran tahunan, dan sebagainya. Oleh itu, sumber pengumpulan data sekunder yang digunakan dalam kajian ini adalah melalui kajian literatur iaitu pembacaan daripada tesis, jurnal, buku, surat khabar, laman sesawang dan lain-lain. Beberapa maklumat yang boleh dikategorikan sebagai data sekunder adalah maklumat mengenai pengurusan tapak pelupusan sisa pembinaan dan isu yang berkaitan, jenis sisa pembinaan dan faktor penjaan sisa tersebut, undang-undang dan penguatkuasaan, serta potensi dan cabaran penggunaan sistem WTE bagi pengurusan tapak pelupusan sisa bahan binaan. Data sekunder merupakan data sampingan yang digunakan dalam kajian untuk menyokong dan menguatkan data

primer yang diperoleh. Populasi bagi kajian ini adalah sebanyak 602 kontraktor di Johor dan mempunyai pangkat G7 serta mempunyai pengalaman dalam industri pembinaan selama 5 tahun pengalaman kerja menurut CIDB (2018). Manakala, bagi sampel kajian pula dipilih berdasarkan jadual penentuan saiz sampel Krejcie dan Morgan (1970) iaitu 234.

3.3 Analisis Data

Analisis data dilakukan dengan berpandukan kepada objektif kajian iaitu potensi dan cabaran penggunaan sistem WTE. Data diperolehi dianalisis menggunakan perisian *Microsoft Excel 2016*. Selain itu, perisian dapat menampilkan data sebagai grafik garis, histogram dan carta, dan dengan paparan grafik tiga dimensi yang sangat terhad (Harvey & Grey, 2006). Oleh yang demikian, data yang dianalisis dengan perisian didapati menentukan kekerapan, peratusan, dan min bagi kedua-dua objektif kajian iaitu potensi dan cabaran penggunaan sistem WTE dalam pengurusan tapak pelupusan sisa pembinaan di Malaysia.

4. Analisis Data dan Keputusan

Terdapat kira-kira 234 sampel soal selidik telah dihantar dan hanya berjaya mengumpul sebanyak 70 soal selidik dari responden yang memberi maklumbalas. Maklumbalas daripada responden adalah sebanyak 30% daripada sampel asal. Menurut Fellows *et al.* (1997), kadar maklumbalas yang boleh digunapakai adalah sekitar dari 25% hingga 35. Jadual 3 menunjukkan pengagihan dan pengembalian soal selidik kajian. Jadual 1 menunjukkan pengagihan dan pengembalian borang soal selidik bagi kajian ini.

Jadual 1: Pengagihan dan Pengembalian Borang Soal Selidik Kajian

Pengagihan soal selidik kajian	234
Pengembalian soal selidik kajian	70
Peratus (%)	30%

4.1 Latar Belakang Responden

Berdasarkan hasil dapatan dari soal selidik kepada 70 responden, ianya menunjukkan bilangan responden lelaki adalah sebanyak 30 orang bersamaan 42.9% manakala jumlah responden perempuan adalah sebanyak 40 orang iaitu bersamaan dengan 57.1%. Ini menunjukkan rata-rata responden yang terlibat dalam soal selidik kajian penggunaan sistem WTE bagi pengurusan tapak pelupusan sisa pembinaan adalah perempuan. Seramai 22 orang yang berumur 20 hingga 29 tahun bersamaan 31.4% dan diikuti responden yang berumur 30 hingga 39 tahun iaitu seramai 19 orang bersamaan dengan 27.1%. Pada peringkat umur 40 hingga 49 tahun, seramai 24 orang iaitu 34.3% berbanding responden yang berumur 50 tahun dan keatas seramai 5 orang bersamaan dengan 7.1%. Ia menunjukkan bahawa responden yang menguruskan tapak pelupusan sisa pembinaan dan mengetahui mengenai sistem WTE adalah berumur dalam lingkungan 40 hingga 49 tahun. Terdapat 24 orang responden yang bekerja kurang daripada 5 tahun bersamaan dengan 34.3%. Selain itu, seramai 23 orang responden yang mempunyai pengalaman bekerja di industri selama 6 hingga 10 tahun bersamaan dengan 32.9% manakala responden yang mempunyai pengalaman kerja 11 hingga 15 tahun adalah sebanyak 16 orang iaitu sebanyak 22.9%. Akhir sekali, kepada responden yang berpengalaman kerja lebih dari 16 tahun mempunyai bilangan yang kecil iaitu seramai 7 orang bersamaan dengan 10.0%. Ini menunjukkan

bahawa majoriti responden adalah kurang dari 5 tahun kerana masih baru di dalam bidang pembinaan dan isu-isu pengurusan tapak sisa pembinaan timbul ketika bekerja.

Seramai 22 orang responden yang berjawatan sebagai jurutera tapak bersamaan dengan 31.4%. Selain itu, responden yang berjawatan sebagai penyelia tapak bina adalah seramai 19 orang bersamaan dengan 27.1%. Seterusnya, terdapat seramai 12 orang responden yang berjawatan sebagai pengurus projek iaitu bersamaan dengan 17.1% dan 9 orang responden sebagai pengurus tapak dengan peratus sebanyak 12.9%. Majoriti responden adalah berjawatan jurutera tapak membuktikan responden mengetahui isu kajian. Seramai 33 orang responden mempunyai tahap pendidikan ijazah sarjana muda bersamaan dengan 47.1% manakala 22 orang responden yang mempunyai tahap pendidikan STPM/Diploma bersamaan dengan 31.4%. Lebih daripada itu, responden yang mempunyai tahap pendidikan Master mempunyai kekerapan sebanyak 6 orang bersamaan dengan 8.6%. Seterusnya, responden yang berpendidikan SPM sebanyak 5 responden bersamaan 7.1%. Akhir sekali, sebanyak 4 orang responden dengan tahap pendidikan PhD yang terlibat dalam sesi soal selidik kajian bersamaan dengan 5.7%. Kesimpulannya, majoriti responden mempunyai tahap pendidikan peringkat ijazah sarjana muda dan berkelayakan. Jadual 2 di bawah menunjukkan ringkasan latar belakang responden yang terlibat dalam kajian ini.

Jadual 2: Latar Belakang Responden

Item	Kekerapan	Peratusan (%)
Jantina		
Lelaki	30	42.9
Perempuan	40	57.1
Umur		
20-29 Tahun	22	31.4
30-39 Tahun	19	27.1
40-49 Tahun	24	34.3
50 dan keatas	5	7.1
Pengalaman		
< 5 tahun	24	34.3
6-10 tahun	23	32.9
11-15 tahun	16	22.9
> 16 tahun	7	10.0
Jawatan		
Pengurus Projek	12	17.1
Pengurus Tapaak	9	12.9
Penyelia Tapak Bina	19	27.1
Jurutera Tapak	22	31.4
Pendidikan		
SPM	5	7.1
STPM/Diploma	22	31.4
Ijazah	33	47.1
Master	6	8.6
PhD	4	5.7

4.2 Potensi Penggunaan Sistem WTE bagi Pengurusan Tapak Pelupusan Sisa Pembinaan

Berdasarkan Jadual 3, nilai min yang tertinggi adalah 4.28 iaitu menunjukkan penggunaan sistem WTE berpotensi di dalam penjana tenaga bagi pengurusan tapak pelupusan sisa pembinaan. Potensi tenaga menunjukkan kekerapan yang tinggi dari persepsi responden. Sistem WTE berkebolehan dalam menjimatkan penggunaan tenaga semula jadi dengan nilai min tertinggi 4.30. Selain itu, ianya juga

dapat meningkatkan jumlah penjanaan tenaga elektrik melalui proses pembakaran sisa buangan. Ouda *et al.* (2016) menyatakan bahawa pelepasan gas CH₄ di Malaysia dari tapak pelupusan pada tahun 2010 mencukupi untuk menghasilkan 2.20×10^9 kWh elektrik bernilai 219.5 juta US\$ dan anggaran untuk tahun 2015 dan 2020 masing-masing adalah 243.63 dan 262.79 US\$ juta jika bertukar kepada sistem WTE. Bagi kedudukan kedua potensi penggunaan sistem WTE adalah dalam bidang teknikal dengan nilai min 4.12 dan mempunyai kekerapan yang tinggi. Responden memilih “setuju” apabila sistem WTE dapat mengurangkan kos operasi pelupusan sisa pembinaan dan meningkatkan kecekapan teknologi WTE berputaran secara berterusan. Analisis dapat diyakinkan menurut kajian Tang *et al.* (2015) di mana sistem WTE dapat mengurangkan jisim dan isipadu sisa pepejal (termasuk sisa pembinaan) secara mendadak, sehingga keperluan untuk melupus sisa ke tapak pelupusan berkurangan.

Kelestarian sistem WTE berada di kedudukan ketiga potensi penggunaan sistem bagi pengurusan tapak pelupusan sisa pembinaan. Ini menunjukkan bahawa kekerapan potensi masih “tinggi, setuju” dengan mendapat nilai julat min skor sebanyak 4.08. Kajian mendapati sistem WTE dapat mengurangkan pencemaran udara dari tapak pelupusan sisa pembinaan. Kenyataan tersebut boleh dikuatkan lagi mengikut kajian dari Ouda *et al.* (2016) dimana sistem WTE memberi kesan yang baik dalam pengurangan pelepasan gas rumah hijau dari tapak pelupusan. Di samping itu, ia juga boleh mengurangkan jumlah pelupusan sisa pembinaan serta menyelesaikan masalah kapasiti tapak pelupusan yang terhad. Berdasarkan Jadual 3, potensi yang terdapat pada kedudukan keempat merupakan potensi ekonomi dengan mengumpul nilai julat min skor sebanyak 4.07. Kekerapan bagi potensi tersebut adalah tinggi dari persepsi responden. Kajian mendapati sistem dapat memberikan hasil sampingan melalui penjanaan elektrik dan haba. Selain itu, sistem WTE juga menghasilkan sisa pembinaan sebagai sumber pendapatan negara. Seterusnya, responden bersetuju sistem WTE dapat mengurangkan modal tahunan pengurusan tapak pelupusan. Berdasarkan kajian dari Ouda *et al.* (2016), proses pembakaran mempunyai modal tahunan yang lebih rendah (\$ 14.5-22 / tan) dan kos operasi (\$ 1.5-2.5 / tan) mengikut jumlah tan sisa dan jumlah keperluan buruh berkemahiran. Ini dapat disahkan bahawa potensi ekonomi bagi penggunaan sistem WTE juga adalah tinggi dan memberi kelebihan pada pihak industri.

Seterusnya, pasaran sistem WTE juga berpotensi dalam penggunaan sistem bagi pengurusan tapak pelupusan sisa pembinaan. Potensi ini mendapat kedudukan kelima dan mempunyai kekerapan yang tinggi dengan jumlah julat min skor sebanyak 3.91. Responden juga memilih untuk “bersetuju” bahawa sistem WTE dapat meningkatkan pasaran sisa buangan kepada tenaga melalui promosi teknologi WTE. Dari segi pasaran, rantau Asia-Pasifik adalah platform pemasaran WTE paling cepat dimajukan di China dan India sekitar tahun 2015. Sebilangan besar negara ini melihat sistem WTE sebagai alternatif yang lain untuk tapak pelupusan sisa (Luca *et al.*, 2013). Seterusnya, sistem juga turut menyumbang kepada penurunan defisit imbalan perdagangan melalui pengurangan import tenaga. Sistem WTE dapat memberi kesan yang baik kepada keluaran dalam negara kasar melalui pengurangan minyak dan elektrik. Ini membuktikan bahawa pasaran sistem WTE berpotensi dalam pengurusan tapak pelupusan sisa pembinaan. Berdasarkan analisis kajian pada Jadual 3, potensi sosial merupakan potensi yang terakhir bagi penggunaan sistem WTE bagi pengurusan tapak pelupusan sisa pembinaan. Potensi sosial menduduki tangga keenam dengan jumlah julat nilai min skor sebanyak 3.77. Kekerapan potensi ini masih tinggi walaupun menduduki tempat yang terakhir. Bagi sistem WTE dapat mengurangkan pengangguran dan memberi peluang pekerjaan dan dapat meningkatkan nilai pendapatan pekerja, responden memilih untuk menjawab “sederhana” dalam soal selidik. Nilai taburan min masing-masing 3.60 dan 3.65 merujuk kepada Jadual 3. Ini kerana dengan menggunakan teknologi WTE, proses tersebut menggunakan peralatan atau mesin automatik. Jadi keperluan untuk pekerja buruh berkurangan mengakibatkan berlakunya pengangguran dan penurunan pendapatan kerja (Zhao *et al.*, 2015).

Jadual 3: Potensi Penggunaan Sistem WTE Bagi Pengurusan Tapak Pelupusan Sisa Pembinaan

Bil.	Perkara	Purata	Kekerapan	Kedudukan
------	---------	--------	-----------	-----------

a)	Potensi Ekonomi	4.07	Tinggi	4
1.	Sistem WTE dapat mengurangkan modal tahunan pengurusan tapak pelupusan.	3.96	Tinggi	3
2.	Sistem WTE dapat menjadikan sisa pembinaan sebagai sumber pendapatan negara.	4.04	Tinggi	2
3.	Sistem WTE dapat memberikan hasil sampingan yang berguna melalui penjanaan elektrik dan haba.	4.20	Tinggi	1
b)	Potensi Teknikal	4.12	Tinggi	2
1.	Sistem WTE dapat mengurangkan kos operasi pelupusan sisa pembinaan.	4.23	Tinggi	1
2.	Sistem WTE dapat meningkatkan kecekapan melalui putaran secara berterusan.	3.93	Tinggi	3
3.	Sistem WTE dapat dilakukan melalui pekerja berkemahiran dalam pengendalian loji.	4.21	Tinggi	2
c)	Potensi Tenaga	4.28	Tinggi	1
1.	Sistem WTE dapat meningkatkan jumlah penjanaan tenaga elektrik melalui proses pembakaran sisa buangan.	4.27	Tinggi	3
2.	Sistem WTE dapat meningkatkan kapasiti penjanaan kuasa haba melalui penggunaan penghasilan sisa pembinaan.	4.28	Tinggi	2
3.	Sistem WTE dapat menjimatkan penggunaan tenaga semula jadi.	4.30	Tinggi	1
d)	Potensi Kelestarian Sistem WTE	4.08	Tinggi	3
1.	Sistem WTE dapat mengurangkan pencemaran udara dari tapak pelupusan sisa pembinaan.	4.01	Tinggi	3
2.	Sistem WTE dapat mengurangkan jumlah pelupusan sisa pembinaan.	4.15	Tinggi	1
3.	Sistem WTE dapat menyelesaikan masalah kapasiti tapak pelupusan yang terhad.	4.07	Tinggi	2
e)	Potensi Pasaran	3.91	Tinggi	5
1.	Sistem WTE dapat meningkatkan pasaran sisa buangan kepada tenaga melalui promosi teknologi WTE	4.03	Tinggi	1
2.	Sistem WTE dapat menurunkan defisit imbalan perdagangan melalui pengurangan import tenaga.	3.81	Tinggi	3
3.	Sistem WTE dapat memberi kesan positif kepada keluaran dalam negara kasar (KDNK) melalui pengurangan minyak dan elektrik.	3.90	Tinggi	2
f)	Potensi Sosial	3.77	Tinggi	6
1.	Sistem WTE dapat mengurangkan pengangguran dan memberi peluang pekerjaan.	3.60	Sederhana	3
2.	Sistem WTE dapat meningkatkan nilai pendapatan pekerja.	3.65	Sederhana	2
3.	Sistem WTE dapat menjadikan sisa sebagai sumber kekayaan dan mempunyai masa depan yang baik.	4.07	Tinggi	1
	Nilai Min Keseluruhan	4.04	Tinggi	-

4.3 Cabaran Penggunaan Sistem WTE bagi Pengurusan Tapak Pelupusan Sisa Pembinaan

Berdasarkan analisis yang dijalankan, Jadual 4 menunjukkan taburan min purata bagi 4 cabaran utama penggunaan sistem WTE bagi pengurusan tapak pelupusan sisa pembinaan. Cabaran penggunaan sistem WTE terdiri daripada kekurangan pengetahuan, kos pengurusan yang tinggi, pelepasan gas

toksik dan kesan pemanasan global. Dari persepsi 70 orang responden, kesemua cabaran penggunaan sistem WTE telah dipersetujui mempunyai kekerapan yang tinggi. Berdasarkan analisis yang terkumpul, keseluruhan nilai min bagi cabaran-cabaran yang didapati adalah sebanyak 4.12 nilai. Cabaran bagi kekurangan pengetahuan penggunaan sistem WTE mengumpul nilai min paling tertinggi iaitu sebanyak 4.37. Kekerapan cabaran ini adalah tinggi dan mendapat kedudukan pertama dalam cabaran penggunaan sistem WTE bagi pengurusan tapak pelupusan sisa pembinaan. Responden bersetuju mengenai sistem WTE yang tidak difahami masyarakat dan pihak industri. Sistem ini juga memerlukan ilmu pengetahuan yang tinggi untuk mengendali dan mengurus loji tersebut. Oleh itu, kerajaan perlulah menyebarkan maklumat mengenai sistem WTE kepada pihak industri dengan tepat dan jelas. Pelaksanaan dan pembangunan sesuatu kemudahan awam, seperti loji WTE memerlukan ketelusan yang tulen, tetapi jika kerajaan sebagai pelabur dan pengawal selia, masyarakat sukar mendapat maklumat yang jelas dari agensi negara, dan boleh mengakibatkan kepercayaan masyarakat mundur (Zhang *et al.*, 2015).

Bagi cabaran tempat kedua penggunaan sistem WTE merupakan kos pengurusan yang tinggi. Julat min skor untuk cabaran peningkatan kos mengumpul sebanyak 4.32 dan mempunyai kekerapan yang tinggi. Kelemahan sistem WTE adalah kerana memerlukan pembiayaan kos yang tinggi bagi pelupusan sisa pembinaan termasuk kos operasi loji serta kos pengendaliannya. Ini dapat disahkan dengan kajian Zhang *et al.* (2015) dimana berbanding dengan teknologi loji yang lain, loji WTE memerlukan pelaburan modal yang besar dan kos operasi yang tinggi. Menurut Zhao *et al.* (2015), kos loji WTE dibahagikan kepada dua iaitu kos pelaburan dan kos operasi. Kos pelaburan merangkumi perbelanjaan kemudahan, infrastruktur, dan penggunaan tapak. Manakala, kos operasi pula ditentukan dengan hasil dari pengiraan keseimbangan yang kompleks seperti baki terak dan debu untuk dibuang, bahan bakar dan bahan kimia tambahan. Seterusnya, cabaran dalam penggunaan sistem WTE juga melibatkan pelepasan gas toksik yang berbahaya. Analisis mendapati nilai min akibat daripada pelepasan gas toksik pada semua peringkat pemprosesan adalah 3.97. Responden memilih untuk “bersetuju” dalam soal selidik mengenai sistem WTE memerlukan penapis khas untuk memerangkap toksik dari keluar serta pelupusan khas bagi melupuskan sisa toksin yang terhasil. Ini kerana menurut kajian lepas, masalah hakisan sering berlaku pada sistem WTE di mana gas pembakaran yang mengandungi pelbagai bahan kimia menghasilkan kadar hakisan pada tiub dandang loji WTE (Zhang *et al.*, 2025). Dengan analisis yang dilakukan, cabaran pelepasan toksik berada pada kedudukan ketiga dan mempunyai kekerapan yang tinggi.

Cabaran yang terakhir dalam penggunaan sistem WTE merupakan kesan pemanasan global. Berdasarkan Jadual 4, kesan pemanasan global mengumpul julat min skor sebanyak 3.83 di samping menduduki tempat keempat, kekerapan cabaran masih tinggi dari persepsi responden. Kekerapan bagi sistem WTE memberi kesan buruk kepada alam sekitar dan menyumbang pemanasan global dan pelepasan gas rumah hijau adalah sederhana. Masing-masing nilai min purata adalah 3.62 dan 3.67. Ini kerana terdapat teknologi yang lebih maju bagi menyelesaikan masalah pemanasan global dalam sistem WTE seperti sistem *anaerobic digestion* dimana proses semula jadi menguraikan bahan organik menjadi bahan mudah meruap, memberi produk akhir iaitu biogas (Ionescu *et al.*, 2013). Responden juga bersetuju jika sistem WTE dibenarkan beroperasi jika pematuhan protokol alam sekitar dan keselamatan dipatuhi.

Jadual 4: Cabaran Penggunaan Sistem WTE Bagi Pengurusan Tapak Pelupusan Sisa Pembinaan

Bil.	Perkara	Purata	Kekerapan	Kedudukan
a)	Kos Tinggi	4.32	Tinggi	2
1.	Sistem WTE memerlukan pembiayaan kos yang tinggi bagi pelupusan sisa pembinaan.	4.39	Tinggi	1

2.	Sistem WTE memerlukan kos operasi loji yang tinggi.	4.35	Tinggi	3
3.	Sistem WTE memerlukan kos pengendalian yang tinggi.	4.36	Tinggi	2
4.	Sistem WTE memerlukan tapak yang sesuai untuk pengendalian loji.	4.18	Tinggi	4
b)	Pelepasan Toksik	3.97	Tinggi	3
1.	Sistem WTE mengakibatkan pelepasan gas toksik pada semua peringkat pemprosesan.	3.77	Tinggi	3
2.	Sistem WTE memerlukan penapis khas memerangkap toksik keluar.	4.09	Tinggi	1
3.	Sistem WTE memerlukan pelupusan khas membuang sisa toksin yang dihasilkan.	4.05	Tinggi	2
c)	Kesan Pemanasan Global	3.83	Tinggi	4
1.	Sistem WTE memberi kesan buruk kepada alam sekitar dan persekitaran.	3.62	Sederhana	3
2.	Sistem WTE menyumbang pemanasan global dan pelepasan gas rumah hijau.	3.67	Sederhana	2
3.	Sistem WTE tidak dibenarkan beroperasi jika pematuhan protokol alam sekitar dan keselamatan diabaikan.	4.20	Tinggi	1
d)	Kurang Pengetahuan	4.37	Tinggi	1
1.	Sistem WTE tidak difahami oleh masyarakat dan pihak industri.	4.37	Tinggi	1
2.	Sistem WTE memerlukan penyebaran maklumat yang tepat dan jelas.	4.37	Tinggi	1
3.	Sistem WTE memerlukan ilmu pengetahuan yang tinggi untuk pengendalian dan pengurusan loji.	4.37	Tinggi	1
	Nilai Min Keseluruhan	4.12	Tinggi	-

5. Kesimpulan

Berdasarkan kajian yang dilakukan, dua objektif kajian telah dicapai, iaitu untuk mengenalpasti potensi dan cabaran penggunaan sistem WTE bagi pengurusan tapak pelupusan sisa pembinaan. Kajian ini bertujuan untuk memberikan manfaat dan memberikan rujukan kepada pihak-pihak tertentu seperti penyelidik akademik, pihak industri pembinaan dan lain-lain. Pakar akademik yang relevan dapat merujuk kepada topik yang berkaitan dan diharapkan dapat digunakan dalam membantu bidang yang berkaitan dengan kajian akademik. Disamping itu, pihak industri seperti kontraktor tempatan dapat merujuk penggunaan sistem WTE bagi mengelak permasalahan yang berkaitan dan meminimumkan risiko dalam menjalankan pengurusan tapak pelupusan sisa pembinaan di Malaysia. Selain itu, kerajaan juga dapat merujuk penelitian tersebut untuk mendorong pihak industri untuk mempraktikkan penggunaan sistem WTE. Cabaran yang didapati juga boleh dirujuk bagi menghindari daripada risiko seperti kerugian dan sebagainya.

Acknowledgement

The authors would also like to thank the Faculty of Technology Management and Business, Universiti Tun Hussein Onn Malaysia for its support.

Rujukan

Azman, M. N. A., Dzulkalnine, N., Hamid, Z. A., & Bing, K. W. (2014). Payment Issue in Malaysian Construction
480

- Industry: Contractors' Perspective. *Jurnal Teknologi*, 70(1), pp. 57–63.
- Bernama (2019). Penduduk Terjejas Kesan Pelupusan Sampah Haram. *Berita Harian Online*. Diambil dari <https://www.bharian.com.my/berita/wilayah/2019/04/548547/penduduk-terjejas-kesan-pelupusan-sampah-haram>.
- Edo, M., & Johansson, I. (2018). International perspectives of energy from waste: Challenges and trends. *IRRC waste-to-Energy conference*, 8, pp. 47-61.
- Ikau, R., Joseph, C., & Tawie, R. (2016). Factors influencing waste generation in the construction industry in Malaysia. *Procedia-Social and Behavioral Sciences*, 234, pp. 11-18.
- Ionescu, G., Rada, E. C., Ragazzi, M., Mărculescu, C., Badea, A., & Apostol, T. (2013). Integrated municipal solid waste scenario model using advanced pretreatment and waste to energy processes. *Energy Conversion and Management*, 76, pp. 1083-1092.
- Ismail, A. (2017). Teknologi Tinggi Urus Sampah Jana Ekonomi. *Berita Harian Online*. Diambil dari <https://www.bharian.com.my/node/286262>
- Jusoh, J., & Samsudin, S. (2007). Improving MSW landfilling system of developing countries: An assessment of current conditions and situations in Kedah, Malaysia. *International Journal of Management Studies*, 14(2), pp. 17-33.
- Krejcie, R. V., & Morgan, D. W. (1970). Determining sample size for research activities. *Educational and psychological measurement*, 30(3), pp. 607-610.
- Luca, L. R. L., Gianmarco, P., & Mohamad, T. (2013). World Energy Resources: Waste to Energy. *World Energy Council*, pp. 1-14.
- Luqman, A. A. K. (2019). Dalang Tapak Pelupusan Haram Licik. *Berita Harian Online*. Diambil dari <https://www.bharian.com.my/berita/nasional/2019/07/590339/dalang-tapak-pelupusan-haram-licik>.
- Murer, M. J., Spliethoff, H., Waal, C. M. W. D., Wilpshaar, S., Berkhout, B., Berlo, M. A. J. V., Gohlke, O., & Martin, J. J. E. (2011). High efficient waste-to-energy in Amsterdam: getting ready for the next steps. *Waste Management & Research*, 29(10), pp. 20-29.
- Nagapan, S., Rahman, I. A., & Asmi, A. (2012a). Factors Contributing to Physical and Non-Physical Waste Generation in Construction Industry. *International Journal of Advances in Applied Sciences*, 1(1), pp. 1-10.
- Nagapan, S., Rahman, I. A., Asmi, A., Memon, A. H., & Zin, R. M. (2012b). Identifying causes of construction waste—case of Central Region of Peninsula Malaysia. *International Journal of Integrated Engineering*, 4(2), pp. 22-28.
- Naoum, S., G. (2007). Dissertation Research & Writing for Construction Students. Elsevier Ltd. London. United Kingdom.
- Noor, Z. Z., Yusuf, R. O., Abba, A. H., Hassan, M. A. A., & Din, M. F. M. (2013). An overview for energy recovery from municipal solid wastes (MSW) in Malaysia scenario. *Renewable and Sustainable Energy Reviews*, 20, pp. 378-384.
- Ouda, O. K., Raza, S. A., Nizami, A. S., Rehan, M., Al-Waked, R., & Korres, N. E. (2016). Waste to energy potential: a case study of Saudi Arabia. *Renewable and Sustainable Energy Reviews*, 61, pp. 328-340.
- Rahim, M. H. I. A., Kasim, N., Mohamed, I., Zainal, R., Sarpin, N., & Saikah, M. (2017). Construction waste generation in Malaysia construction industry: illegal dumping activities. *IOP Conferences Series: Materials Science and Engineering*, 271, pp. 1-9
- Rahmat, N., R., & Ibrahim, A., H., (2007). Illigal Dumping Site: Case Study in the District of Johor Bahru Tengah, Johor., pp. 89-91.
- Said, I., Osman, O., Wira, M., Shafiei, M., Mohamad, W., Rashideh, A., & Kooi, T. K. (2012). Modelling of Construction Firms Sustainability. Diambil dari <http://www.jgbm.org/page/22%20Ilias%20Said%20>.
- Tan, S. T., Hashim, H., Lim, J. S., Ho, W. S., Lee, C. T., & Yan, J. (2014). Energy and emissions benefits of renewable energy derived from municipal solid waste: Analysis of a low carbon scenario in Malaysia. *Applied Energy*, 136, pp. 797-804.
- Tang, P., Florea, M. V. A., Spiesz, P., & Brouwers, H. J. H. (2015). Characteristics and application potential of municipal solid waste incineration (MSWI) bottom ashes from two waste-to-energy plants. *Construction and Building Materials*, 83, pp.77-94.
- Vasudevan, G. (2015). Study on the demolition waste management in Malaysia construction industry. *International Journal of Scientific Engineering and Technology*, 4(3), pp. 131-135.
- Zhang, D., Huang, G., Xu, Y., & Gong, Q. (2015). Waste-to-energy in China: Key challenges and opportunities. *Energies*, 8(12), pp. 14182-14196.
- Zhao, X. G., Jiang, G. W., Li, A., & Wang, L. (2016). Economic analysis of waste-to-energy industry in China. *Waste Management*, 48, pp. 604-618.