

Pencirian dan Potensi Sisa Pepejal Universiti Kebangsaan Malaysia (UKM) Untuk Dikitar Semula

*Zulhafizal Othman
Noor Safwan Muhamad
Nur Masyitah Osman
Farah Wahida Mohd Latib*

ABSTRAK

Kajian ini dijalankan untuk menentukan ciri dan potensi sisa pepejal yang terjana di Universiti Kebangsaan Malaysia untuk dikitar semula. Terdapat beberapa parameter ciri-ciri sisa pepejal yang dikenalpasti dalam kajian ini. Antara parameter-parameter yang dikenalpasti adalah komposisi sisa pepejal, kandungan kelembapan sisa pepejal, ketumpatan sisa pepejal terjana, nilai pH bagi sisa organik dan nisbah C/N. Dalam menentukan komposisi sisa pepejal yang terjana, ujikaji komposisi dilakukan di tapak kajian selama satu minggu. Ini bertujuan untuk mendapatkan kepelbagaian komposisi sisa pepejal terjana. Berdasarkan keputusan komposisi sisa pepejal terjana menunjukkan bahawa sisa makanan terjana sebanyak 37 % diikuti pula dengan sisa kertas iaitu 21 % daripada jumlah berat keseluruhan. Sisa-sisa pepejal ini juga telah dibahagikan mengikut potensi kitar semula. Setelah ujikaji pencirian sisa pepejal dilakukan, sebanyak 315 kg sisa pepejal boleh dikitar semula. Hasil ujikaji makmal yang dilakukan menunjukkan nilai kandungan kelembapan sisa makanan menunjukkan peratusan tertinggi dimana sebanyak 30.5 % manakala diikuti polisterin iaitu 25 % daripada jumlah berat keseluruhan. Keputusan ujikaji ketumpatan yang diperolehi adalah 563.27kg/m³. Nilai pH bagi sisa organik pula menunjukkan purata nilai pH adalah 5.41 dan keputusan nisbah C/N yang diperolehi selepas dilakukan ujikaji makmal menunjukkan bacaan nisbah sebanyak 7.04:1. Secara keseluruhan, sisa pepejal yang berpotensi dikitar semula adalah 26% atau 315 kg dalam sehari.

Katakunci: *pencirian, kitar semula, sisa pepejal, institusi*

Pengenalan

Pada masa kini, terdapat pelbagai kaedah yang digunakan untuk menguruskan sisa pepejal iaitu insinerator, mengkompos, kambusan sanitari dan pirolisis. Kesemua kaedah ini penting dan sangat berperanan untuk menjalankan proses pelupusan hasil buangan yang semakin bertambah setiap masa. Namun demikian, setiap kaedah ini mempunyai kelemahan dan batasan dalam proses tertentu. Sebagai contoh, kaedah kambusan sanitari merupakan kaedah yang paling popular dan paling lama diamalkan di Malaysia. Kaedah ini mempunyai kelemahan iaitu memerlukan kawasan yang luas untuk menampung kapasiti bahan buangan yang semakin bertambah dan kawasan ini sangat terdedah kepada kewujudan penyakit yang boleh mengganggu kesihatan penduduk berdekatan. Sisa-sisa ini perlu dirawat adalah bertujuan untuk mengurangkan penyebaran penyakit berjangkit yang disebabkan oleh organisma-organisma patogen yang boleh tersebar melalui pelbagai medium. Selain itu, ianya juga bertujuan untuk mengurangkan kesan pencemaran kepada persekitaran yang boleh menjejaskan kesihatan.

Di Universiti Kebangsaan Malaysia ini sendiri mengalami masalah dengan pengurusan sisa pepejalnya, di mana UKM bakal mengalami masalah kawasan untuk pelupusan sampah untuk suatu tempoh jangkamasa yang panjang. Adalah menjadi tanggungjawab kepada sebahagian warga UKM untuk memikirkan dan mengatasi masalah ini daripada lebih meruncing. Dari semasa ke

semasa, kadar penghasilan sisa buangan semakin meningkat, ini adalah kerana pertambahan bilangan pelajar dan kakitangan di Universiti Kebangsaan Malaysia. Selain itu pertambahan sisa buangan ini adalah disebabkan peningkatan taraf ekonomi individu yang akan meningkatkan kuasa membeli kepada setiap individu. Bagi mengatasi masalah ini, suatu perancangan dan sistem yang efisien dan efektif perlu diwujudkan untuk tempoh jangkamasa yang panjang. Tidak dinafikan bahawa sistem pungutan sisa pepejal yang digunakan sekarang adalah baik, namun ianya perlu dipertingkatkan bagi meningkatkan mutu dan keberkesanan sistem pungutan sisa pepejal. Antara langkah yang difikirkan wajar dilaksanakan untuk memperbaiki sistem kini adalah dengan mewujudkan amalan pengasingan sisa di sumber. Dengan langkah ini, sisa pepejal dapat diurus dengan lebih baik dan cekap. Ianya juga dapat mengurangkan kos tanggungan pengoperasian. Ini kerana kesukaran untuk menguruskan sisa pepejal yang tidak diasing di sumber. Selain dari itu, adalah wajar juga diwujudkan suatu sistem pelupusan atau satu pusat pemulihan sisa pepejal di dalam Universiti Kebangsaan Malaysia itu sendiri. Dengan ini, dapat menjimatkan masa dan kos penghantaran sampah sebagaimana yang dilakukan pada masa kini.

Kajian Literatur

Pengertian Sisa Pepejal

Sisa pepejal adalah hasil buangan atau barangan sisa yang terjana akibat daripada aktiviti manusia atau haiwan yang kebanyakannya terdiri daripada pepejal yang dianggap sebagai bahan yang tidak berguna kepadanya lagi (Tchobanoglous et al. 1993). Sisa pepejal ditakrifkan sebagai semua sisa yang dihasilkan daripada aktiviti domestik, perindustrian dan pertanian. Dalam pengurusan sisa pepejal terdapat enam unsur yang perlu dititikberatkan. Enam unsur tersebut adalah kawalan penjanaaan, penyimpanan, pungutan, pemindahan dan pengangkutan, pemprosesan dan pelupusan sisa pepejal (Tchobanoglous et al. 1993).

Sisa pepejal boleh dibahagikan kepada dua kategori iaitu sisa pepejal yang bersifat bahan organik yang senang diuraikan atau bahan organik yang sukar diuraikan dan sisa pepejal yang berbentuk pepejal, separa pepejal atau cecair yang bersifat mudah dibakar atau tidak boleh dibakar.

Setiap bahan sisa pepejal bandaran mempunyai 3 ciri utama iaitu fizikal, kimia, dan biologi (Hecht 1983; Kiely 1998; Tchobanoglous et al. 1993). Maklumat berhubung ketiga-tiga ciri ini perlu diketahui kerana kebanyakan teknologi pengurusan sisa pepejal masa kini melibatkan proses proses kitar dan guna semula, transformasi dan pelupusan sisa.

Penjanaaan Sisa Pepejal di Malaysia

Isu sisa pepejal pada masa kini menjadikan suatu isu yang banyak diperkatakan, tidak kira dari perspektif pemerintah, akademik atau golongan bawahan. Kajian demi kajian dijalankan oleh penyelidik bagi mengenalpasti cara pengurusan sisa yang lebih efektif yang dapat menjimatkan kos serta dapat memelihara alam sekitar secara langsung. Sisa pepejal yang terjana sekiranya tidak diuruskan dengan baik dan berkesan, tidak mustahil negara ini pada suatu masa kelak akan mengalami masalah dengan pengurusan sisa pepejal yang efektif. Penyelidikan secara berterusan adalah perlu dilakukan dan harus mendapat banyak sokongan dari pelbagai pihak. Ini telah dibuktikan dengan bantuan yang telah diberikan oleh kerajaan melalui peruntukan kewangan yang dikhususkan kepada pengurusan sisa pepejal di Malaysia dan juga dengan penubuhan suatu jabatan di bawah kuasa kerajaan iaitu Jabatan Pengurusan Sisa Pepejal Negara. Beberapa akta berkaitan sisa pepejal juga telah digubal oleh kerajaan untuk mewujudkan sistem pengurusan sisa pepejal yang lebih teratur pada masa yang akan datang. Jadual 1 dan Jadual 2 menunjukkan salahsatu hasil kajian yang telah dilakukan terhadap sisa pepejal di Malaysia.

Jadual 1: Kajian penjanaan sisa pepejal di Malaysia

Jenis sisa	Perumahan (%)	Komersial (%)	Institusi (%)
Sisa makanan & organik	63.1	76.8	40.6
Kertas	6.7	7.6	16.0
Plastik	14.3	9.0	17.2
Tekstil	1.7	0.5	0.7
Getah	0.6	0.3	0.1
Sisa Taman	6.3	0.9	18.4
Kaca	2.1	0.9	1.5
Besi	2.3	1.4	2.8
Aluminium	0.1	0.1	1.3
Lain-lain	2.8	2.5	1.4

Sumber : Nazeri et al., 2002

Jadual 2: Kandungan ketumpatan dan kandungan kelembapan

Parameter	Perumahan	Komersial	Institusi
Ketumpatan (kg/m ³)	273.8	316.9	208.7
Kandungan Kelembapan (%)	55.3	65.0	54.1

Sumber : Nazeri et al., 2002

Kitar Semula

Kuantiti sisa pepejal sentiasa meningkat sejajar dengan peningkatan populasi penduduk dan kemajuan teknologi kerana pada masa kini pembungkusan barangan tidak kira samada untuk makanan yang dijual di pasaraya atau pun barangan lain seperti barangan elektrik, pakaian ataupun hadiah, melibatkan penjanaan sisa yang banyak. Jadual 3 Komposisi Sisa Pepejal Boleh Kitar Semula di Malaysia.

Jadual 3: Komposisi Sisa Pepejal Boleh Kitar Semula di Malaysia

Recyclable SW components	Mass(kg/Cap./year)	Percentage	Recycling rate (tons/year)
Food waste	387.63	56.80	155041.11
Mix paper	35.59	16.50	14235.00
Mix plastic	61.87	15.30	24747.00
Textile	07.12	01.30	2847.00
Rubber and leather	03.29	00.60	1314.00
Wood	02.19	00.40	876.00

Other combustible	00.00	00.00	00.00
Yard	25.73	04.70	10293.00
Fine	03.83	00.70	1533.00
Glass	06.57	01.20	2628.00
Ferrous	13.14	02.40	5256.00
Aluminum	00.55	00.10	219.00

Sumber: Saeed M.O et al., 2009

Terdapat beberapa sebab mengapa proses kitar semula harus diberi perhatian, diantaranya ialah:

- i. Pengurangan isipadu sisa pepejal
Melalui amalan kitar semula, isipadu sisa pepejal yang terjana dapat dikurangkan dan seterusnya kuantiti yang dilupuskan di tapak pelupusan sampah juga berkurangan. Oleh itu, jangka hayat tapak pelupusan dapat dipanjangkan dan digunakan untuk jangka masa yang lebih lama. Proses kitar semula dapat mengurangkan berat sisa sehingga 70% dari jumlah asal.
- ii. Menurunkan sisa kepada sumber. Melalui program kitar semula, sisa boleh menjadi sumber. Contohnya untuk menghasilkan 1 tan kertas, ia memerlukan penebangan 17 batang pokok bagi mendapatkan pulpa kayu. Dengan adanya program kitar semula, bukan sahaja pokok dapat diselamatkan tetapi menjimatkan tenaga sebanyak 4,100 kW/jam untuk setiap 1 tan kertas, 7,000 gelen air dan 2.29 m³ kawasan tapak pelupusan.
- iii. Mendapatkan sumber pendapatan. Mengasingkan bahan-bahan buangan seperti plastik, kaca, tin aluminium dan kertas kepada pelbagai gred boleh membawa pulangan yang baik dengan menjualkannya kepada agen-agen yang membeli bahan-bahan ini dan membekalkannya kepada kilang-kilang yang memerlukannya. Hasil dari pengumpulan surat khabar lama, kertas, kaca, tin aluminium dan kad bod yang banyak boleh menjadikan sumber pendapatan sampingan untuk keluarga.
- iv. Mengurangkan pencemaran alam sekitar dan menyelamatkan kehidupan liar. Dapat mengurangkan pencemaran alam kerana sisa pepejal terhasil adalah sedikit dengan ini secara tidak langsung dapat mengurangkan penajaan gas-gas seperti metana, karbon dioksida, hidrogen sulfida dan sebagainya yang berbahaya kepada kesihatan pekerja di tapak pelupusan. Gas metana dan karbon monoksida juga merupakan gas rumah kaca.
- v. Mewujudkan peluang pekerjaan dan industri baru. Ia akan mewujudkan peluang pekerjaan dalam pelbagai bidang, contohnya dalam pemisahan jenis-jenis bahan untuk dikitar semula, pengutipan bahan yang boleh dikitar semula dan sebagai pekerja operasi kilang kitar semula.
- vi. Menjimatkan tenaga dan kos pemprosesan.
Mengurangkan penggunaan bahan mentah asli dan ini secara langsung menjimatkan kos dan tenaga untuk pemprosesan dan pembuatan. Ini akan meminimumkan kos pengeluaran.

Senario Pengurusan Sisa Pepejal di UKM

Di Universiti Kebangsaan Malaysia, sistem pungutan sisa pepejal adalah dilaksanakan oleh kontraktor yang dilantik secara tender terbuka. Pada masa kini, kontraktor yang dilantik dan dipertanggungjawabkan bagi menguruskan sisa pepejal di dalam Universiti Kebangsaan Malaysia adalah Sepang Flora Sdn. Bhd. yang merupakan sub-kontraktor kepada Alam Flora Sdn. Bhd. Antara skop-skop kerja pihak kontraktor yang dilantik adalah (Roziara 2007), mengutip, mengangkut dan melupuskan sampah domestik, sampah basah kantin, sisa makanan dan sampah pepejal dari tempat pengumpulan sampah dan tong sampah konkrit yang telah ditentukan lokasinya ke tempat pembuangan sampah yang diluluskan oleh pihak berkuasa tempatan, menyapu dan membersihkan kawasan tiga meter sekitar tong sampah, mencuci tong dan tempat pengumpulan sampah sekali setiap dua minggu, menyapu, membersihkan kawasan tapak pesta, menyediakan tong dan plastik sampah semasa upacara rasmi Universiti seperti Majlis

Konvokesyen dan melakukan proses pengumpulan sisa sebanyak 2 kali sehari iaitu awal pagi dan petang.

Kaedah Penyelidikan

Proses persampelan sisa pepejal telah dilakukan selama 7 hari bermula pada jam 8.30 pagi setiap hari. Ujikaji yang dilakukan ditapak adalah ujikaji pencirian sisa pepejal dan ketumpatan, dimana sisa-sisa yang telah dikumpul akan diasingkan mengikut jenis-jenisnya. Sisa-sisa pepejal yang dikumpul akan ditimbang terlebih dahulu sebelum dilakukan pengasingan. Antara jenis sisa yang diasingkan adalah sisa kertas, plastik, aluminium, kaca, fabrik dan sisa organik. Kemudiannya, sisa yang telah diasingkan mengikut jenis akan ditimbang beratnya. Manakala ujikaji ketumpatan dilakukan dengan menggunakan sebuah kotak bersaiz 0.5 m x 0.5 m x 0.5 m dengan melakukan sebanyak 3 kali jatuh bebas dan penurunan sisa di dalam kotak diukur. Ujikaji-ujikaji lain yang dilakukan adalah penentuan kandungan kelembapan, nilai pH sisa organik, dan nisbah karbon kepada nitrogen (*C/N ratio*).

Menentukan Komposisi Sisa Pepejal (P. Aarne Vesilind et al. 2003)

Komposisi merupakan ciri terpenting yang akan mempengaruhi dalam pemilihan kaedah pelupusan atau pemulihan. Komposisi bahan bergantung kepada ciri-ciri sesebuah kolej atau komuniti kolej tersebut. Kaedah menentukan komposisi sisa pepejal adalah seperti berikut:

1. Sisa pepejal perbandaran UKM akan dikumpul setiap hari selama seminggu.
2. Beg plastik akan diedarkan kepada pekerja yang bertanggungjawab mengutip atau mengumpul sampah pada hari berkenaan.
3. Setelah beg plastik itu dikumpul, ia akan dibawa ke tempat pengumpulan dan setiap satu beg plastik sisa akan ditimbang.
4. Kemudian semua isi-isi beg plastik sampah itu akan diasingkan mengikut kategori-kategorinya. Katakan beg plastik sampah A akan diasingkan isi kandungannya.
5. Setiap sisa yang telah diasingkan itu akan diletakkan ke dalam talam dan ditimbang.
6. Kemudian semua berat sisa yang telah diasingkan itu akan ditambah dan pastikan hasil tambah setiap berat sisa yang dikategorikan itu sama dengan jumlah berat sebelum ianya dikategorikan.
7. Prosedur yang sama dilakukan untuk setiap beg plastik yang lain.
8. Untuk setiap kawasan kajian, berat sisa pepejal itu akan dipuratakan.
9. Kemudian, peratusan bagi setiap ciri-ciri sisa pepejal itu akan dikira.

Menentukan Ketumpatan Sisa Pepejal

Salahsatu ciri-ciri sisa pepejal yang dikaji adalah ketumpatan sisa pepejal. Langkah-langkah yang dilakukan dalam menentukan ketumpatan sisa adalah seperti berikut :

1. Sediakan sebuah kotak yang berukuran 0.5 m x 0.5 m x 0.5 m dan berat bekas ini ditimbang terlebih dahulu, M_1 .
2. Kemudian kotak tersebut diisi dengan sampel sehingga penuh tanpa melakukan pemadatan pada sampel tersebut. Kotak yang telah diisi dengan sampel tersebut, kemudiannya ditimbang.
3. Kotak yang berisi sampel itu tadi, diangkat setinggi 20 cm dari atas tanah dan dibiarkan jatuh bebas. Langkah ini diulang sebanyak 3 kali.
4. Penurunan tinggi sisa pepejal selepas mampatan diukur dengan menggunakan pembaris.
5. Langkah ke hingga 4 diulangi sebanyak 3 kali untuk mendapatkan bacaan purata ketumpatan sisa pepejal tersebut.

6. Penentuan ketumpatan sisa tersebut dikira dengan menggunakan persamaan di bawah :

$$\text{Ketumpatan } (D_1) = M_1 - M_2 / V_1 - V_2$$

Dimana :

- D_1 = Ketumpatan sampel pertama
- M_1 = Berat kotak tanpa sisa pepejal
- M_2 = Berat kotak dan sisa pepejal
- V_1 = Isipadu sisa pepejal sebelum jatuh bebas
- V_2 = Isipadu sisa pepejal selepas jatuh bebas

7. Ketumpatan bagi ketiga-tiga sampel dikira dengan menggunakan persamaan diatas dan kemudiannya nilai ketumpatan purata ditentukan dengan menggunakan persamaan dibawah:

$$\text{Ketumpatan } (D_t) = (D_1 + D_2 + D_3) / 3$$

Dimana :

- D_t = Ketumpatan purata

Menentukan Kelembapan Sisa Pepejal

Kandungan lembapan sisa ditentukan dengan mengeringkan sampel terlebih dahulu pada suhu 77°C selama 24 jam dan dikira dengan menggunakan formula berikut.

$$\% \text{ Kelembapan} = [(W_a - W_s) / W_a] \times 100\%$$

Dimana

W_a = berat awal

W_s = berat akhir (setelah dikeringkan selama 24 jam pada suhu 77°C)

Biasanya kelembapan adalah hasil terakhir yang diperolehi adalah sekitar 30 % - 50 % (Dickson et.al 1991). Peratusan kelembapan kompos dapat diperolehi daripada persamaan (Richard 1993).

Nisbah Karbon kepada Nitrogen

- a) **Kjeldahl Nitrogen** (W.H.Kaylor & N.S. Ulmer, 1971)

Ujikaji kjeldahl nitrogen dilakukan adalah untuk mengenalpasti kandungan nitrogen yang terdapat didalam sesuatu komponen.

1. Sebanyak 10 g sampel dikeringkan pada suhu 700°C.
2. Sampel yang telah dikeringkan ditimbang antara 1 ke 2.5 g dan dimasukkan ke dalam kelalang Kjeldahl. Sebanyak 3 sampel disediakan.
3. Kemudian sebanyak 16 g potassium sulfat, 0.7 merkuri oksida, 25 ml asid sulfurik dan manik kaca ditambah ke dalam kelalang kjeldahl.
4. Kelalang yang berisi sampel kemudiannya dididihkan sekurang-kurangnya selama satu jam.
5. Sementara kelalang menyejuk, isikan 500 ml kelalang yang mengandungi 50 ml asid borik dibawah kondenser.
6. Setelah sampel sejuk, 200 ml air suling ditambah dan gaulkan, kemudian 0.5 g zink ditambah dan digaulkan sekali lagi.
7. Tuang 75 ml larutan alkali trisulfat dibahagian bawah kelalang dan dengan kadar segera dikenakan kepada perangkap pemeluwap.
8. Penyulingan dilakukan sehingga isipadu bacaan pada kelalang adalah 200 ml (50 ml asid borik dan 150 ml hasil sulingan).

9. Tambahkan 4 titik larutan metil ungu ke dalam setiap kelalang dan titratkan dengan 0.1 N asid sulfurik kepada warna ungu terang. Jumlah asid sulfurik yang ditambah direkodkan.
10. Pengiraan peratus Kjeldahl nitrogen di dalam sampel adalah seperti di bawah:

$$\% N = (A \times 140) / C$$

Dimana :

A = 0.1 N asid sulfurik yang dititratkan

C = berat sisa pepejal yang digunakan

b) Jumlah Karbon (Wilson D.L., 1971)

1. Kisarkan sisa dan dikeringkan
2. Timbang bekas sisa dan kemudian timbang bekas beserta sisa yang telah dikisar.
3. Bakar pada suhu 600°C di dalam kebuk pembakaran tertutup sekurang-kurangnya selama 15 minit.
4. Kemudiannya, alihkan dan sejukkan dan timbang.
5. Perbezaan antara dua berat adalah pepejal meruap.

$$\text{Pepejal meruap (g/g)} = (a-b)/(a-c)$$

Dimana :

a= berat sisa beserta sisa awal

b= berat bekas sisa beserta sisa yang telah dibakar

c= berat bekas sisa

Anggaran Karbon adalah seperti berikut :

$$\text{Karbon (g/g)} = 0.47 \times \text{VS}$$

Nilai pH (Carnes, R.A & R.D Lossin, 1970)

Tujuan ujian pH dilakukan adalah bagi mengenalpasti sifat sisa pepejal yang dihasilkan samada bersifat asid atau beralkali. Langkah-langkah yang dijalankan bagi mengenalpasti nilai pH adalah seperti berikut :

1. Kisarkan sisa pepejal sehingga halus.
2. Kemudian, timbang 10 g sisa pepejal yang telah dikisar dan isikan ke dalam kelalang.
3. Seterusnya, tambahkan 500 ml air suling dan kacau sehingga rata untuk tempoh 3-5 minit.
4. Biarkan campur sebentar dan bacaan pH mula diambil dengan pH meter.

Analisis Data dan Keputusan

Komposisi sisa pepejal terjana

Berdasarkan hasil kajian yang dilakukan, penyumbang tertinggi sisa yang terjana adalah sisa organik iaitu sebanyak 450 kg sehari atau 37 % dari jumlah keseluruhan sisa yang terhasil. Sisa Kertas pula kedua tertinggi iaitu 260 kg dalam sehari. Faktor yang menyebabkan sisa kertas mempunyai peratusan yang tinggi adalah berkemungkinan dari aktiviti pembelajaran dan pengajaran yang berjalan. Peratusan sisa terjana ini diikuti dengan sisa polisterin dan plastik.

Aktiviti membungkus makanan di kafe dan kantin yang menggunakan polisterin mendorong kepada peningkatan penjumlahan sisa polisterin dan plastik. Jadual 4 menunjukkan berat sisa dan peratusan sisa pepejal terjana dalam sehari di UKM.

Jadual 4: Komposisi sisa pepejal

Jenis sisa	Berat sisa terjana (kg/hari)	Peratus sisa terjana (%)
Kertas	260	21
Aluminium	50	4
Plastik	180	15
Kotak minuman	60	5
Kaca	30	2
Polisterin	200	16
Sisa organik	450	37
Jumlah	1230	100

Kandungan kelembapan

Jadual 5 menunjukkan keputusan kandungan kelembapan setelah pengiraan dilakukan daripada data mentah yang diperolehi hasil dari ujikaji yang dijalankan. Contoh pengiraan kandungan kelembapan ditunjukkan seperti dalam lampiran. Sisa organik merupakan sampel yang tertinggi yang menunjukkan kandungan kelembapannya diikuti polisterin, botol plastik, beg plastik dan kertas. Manakala kotak minuman dan aluminium merupakan sampel yang paling sedikit kandungan kelembapannya.

Jadual 5: Kandungan kelembapan bagi sisa tak organik

Sampel	Peratus kelembapan (%)
Sisa Organik	30.5
Kertas	8.3
Aluminium	5.8
Botol plastik	14.7
Kotak minuman	5.7
Polisterin	25
Beg plastik	10

Nilai pH Sisa Organik

Penentuan nilai pH turut dijalankan ke atas sisa organik. Nilai pH merupakan pencirian sisa yang penting untuk diketahui. Pengambilan sampel sisa untuk menentukan nilai pH telah dilakukan sebanyak 3 ujikaji dan nilai purata dihitung dari data yang diperolehi. Sebanyak 9 sampel sisa organik diambil bagi menentukan nilai pH yang lebih tepat dan jitu. Nilai pH yang diperolehi selepas dipuratakan adalah 5.41.

Ketumpatan

Salah satu ciri sisa yang ingin dikaji dalam kajian ini adalah ketumpatan. Elemen ketumpatan penting diketahui adalah untuk menentukan kebolehan sisa untuk dimampatkan di tapak

pelupusan sisa. Selepas menjalankan ujikaji ketumpatan keatas sampel sisa pepejal, keputusan yang diperolehi adalah 563.27 kg/m³.

Nisbah C/N

Salah satu ciri-ciri sisa pepejal yang dikaji adalah kandungan nisbah karbon kepada nitrogen. Nisbah C/N adalah perlu diketahui. Dalam menentukan nisbah C/N, ujikaji dijalankan dengan menggunakan instrumen CHNS (model Flash EA 1112 series). Data yang dikeluarkan oleh alat tersebut kemudiannya dianalisa. Keputusan yang diperolehi ditunjukkan seperti dalam Jadual 6. Sebanyak 5 sampel sisa dilakukan dalam menentukan nisbah C/N dan apabila nilai nisbah untuk setiap sampel diperolehi maka nilai-nilai ini dipuratakan. Nilai putara nisbah C/N yang diperolehi adalah 7.04.

Jadual 6: Nisbah karbon kepada nitrogen

Kandungan Karbon	Kandungan Nitrogen	Nisbah C/N
47.75	6.78	7.04

Kesimpulan

Potensi Sisa Di Kitar Semula

Setelah mengambilkira anggaran jumlah keseluruhan sisa pepejal yang terjana di Universiti Kebangsaan Malaysia, peratusan potensi kitar semula di UKM boleh dikenalpasti melalui data-data sisa pepejal yang terjana. Jumlah anggaran keseluruhan sisa pepejal yang terjana di UKM dalam tempoh sehari adalah sebanyak 1230 kg. Data terperinci ditunjukkan dalam Jadual 7, Dimana sisa makanan menyumbang kepada jumlah tertinggi iaitu sebanyak 450 kg sehari. Sisa makanan ini adalah bersesuaian untuk dijalankan proses penghadaman anaerobik bagi proses pelupusan terakhirnya. Berdasarkan pengiraan yang dilakukan untuk mendapatkan potensi kitar semula di UKM menunjukkan sebanyak 26 % sisa yang terjana berpotensi di kitar semula. Walaubagaimanapun potensi kitar semula ini boleh ditingkatkan dengan pengurusan sisa kitar semula yang lebih baik supaya sisa seperti sisa kertas tidak dicampuradukkan dengan sisa lain kerana akan menyebabkan kualitinya berkurangan.

Jadual 7: Peratus anggaran sisa pepejal boleh dikitar semula

Jenis sisa	Berat sisa terjana (kg/hari)	Peratus sisa terjana (%)	Faktor guna semula (Tchobanoglous, 1993)	Berat kitar semula (kg/hari)	Kitar semula (%)
Kertas	260	21	0.50	130	41
Aluminium	50	4	0.90	45	14
Plastik	180	15	0.50	90	29
Kotak minuman	60	5	0.50	30	10
Kaca	30	2	0.65	20	6
Polisterin	200	16	0	0	0
Sisa organik	450	37	0	0	0
Jumlah	1230	100		315	100

$$\begin{aligned}
 \text{Pengiraan Peratus Potensi Kitar Semula} &= \frac{\text{Berat sisa terjana (kg/hari)}}{\text{Berat kitar semula (kg/hari)}} \times 100\% \\
 &= \frac{315}{1230} \times 100\% \\
 &= 26\%
 \end{aligned}$$

Pencirian sisa pepejal

Keputusan kajian pencirian sisa pepejal menunjukkan bahawa sisa pepejal yang terjana boleh dibahagikan kepada beberapa jenis antaranya ialah sisa organik, kertas, plastik, aluminium, kaca, fabrik, sisa taman dan lain-lain. Dari jenis-jenis sisa ini, sisa organik menunjukkan kuantiti yang tertinggi dihasilkan iaitu sebanyak 37% dari jumlah keseluruhan sisa pepejal atau bersamaan 450 kg. Sisa kertas pula sebanyak 260 kg atau 21% diikuti polisterin sebanyak 16%, plastik 15%, kotak minuman 5%, aluminium 4%, dan kaca 2%. Sisa pepejal yang terjana ini juga boleh dibahagikan mengikut potensi dikitar semula, yang mana menunjukkan sebanyak 315 kg sisa dalam sehari yang boleh dikitar semula.

Cadangan

Sepanjang kajian dijalankan terdapat beberapa perkara yang dirasakan perlu diperbaiki dan diambil perhatian. Berikut adalah perkara-perkara yang disarankan untuk diambil perhatian bagi kajian masa akan datang.

1. Dalam ujikaji menentukan kandungan kelembapan, perwakilan sampel dirasakan adalah perlu dilakukan bagi mendapatkan hasil yang lebih tepat. Sebagai contoh, 10% daripada berat sampel akan diambil untuk dilakukan ujikaji kandungan kelembapan.
2. Sebelum memulakan kajian, satu kerjasama yang jelas antara pihak kontraktor pembersihan dan pengkaji perlu dilakukan terlebih dahulu melalui taklimat tugas dan tanggungjawab masing-masing bagi memastikan perjalanan kajian berjalan dengan lancar.
3. Untuk mendapatkan satu keputusan penjanaan sisa pepejal yang menyeluruh di dalam UKM, lebih ramai tenaga yang diperlukan untuk memudahkan proses pencirian sisa dijalankan. Atau satu tempoh masa yang lebih lama diperlukan untuk mengumpul data pencirian sisa supaya keputusan yang diperolehi lebih tepat.
4. Semasa kerja-kerja pencirian sisa dijalankan, sisa pepejal adalah lebih terdedah kepada keadaan cuaca hujan yang kerap. Dengan demikian, ianya sedikit sebanyak akan memberi kesan kepada kandungan kelembapan sisa kerana kebanyakan tong sampah adalah terdedah kepada hujan dan takungan air.
5. Dalam ujikaji ketumpatan, kotak yang digunakan adalah kotak jenis kadbod. Kotak jenis ini adalah terdedah kepada resapan air dan ini menyebabkan kotak tidak dapat digunakan dengan lebih lama dan mudah koyak. Maka adalah disarankan agar penggunaan kotak seperti dari jenis plywood atau kayu digunakan kerana mempunyai daya tahan yang lebih lama.

Penghargaan

Penulis ingin merakamkan ucapan terima kasih dan setinggi-tinggi penghargaan kepada mereka yang terlibat secara langsung dan tidak langsung dalam menjayakan penyelidikan ini.

Rujukan

- Carnes, R.A., and Lossin, R.D. (1970). *An Investigation of the pH Characteristics of Compost Science*.
- Hecht, N.L. (1983). *Design principles of resource recovery engineering*. Penang: Butterworth Publisher.
- Kaylor, W.H., and Ulmer, N.S. (1970). *Laboratory Procedures to Determine the Nitrogen Content of Solid Waste*. Bureau of Solid Waste Management.
- Kiely, G. (1998). *Environmental engineering*. New York: McGraw-Hill Inc.
- Mohamed Osman Saeed a,*, Mohd Nasir Hassan b, M. Abdul Mujeebu. (2009). Assessment of municipal solid waste generation and recyclable materials potential in Kuala Lumpur, Malaysia. *Waste Management* 29, 2209–2213.
- Mohd Nazeri Salleh, M.N Hassan, Azni Idris, M. N. M. Yunus and S. Kathiravale. (2002). Physical and Chemical Characteristics of Solid Wastes in Kuala Lumpur, Malaysia. *Appropriate Environmental and Solid Waste Management and Technologies for Developing Countries, ISWA World Environment Congress*, Vol. 1:461 – 468.
- Roziana Mokhtar. (2007). *Pencirian sisa pepejal perbandaran di Universiti Kebangsaan Malaysia*. Tesis Sarjana Muda, Kejuruteraan Awam dan Struktur, UKM.
- Tchobanoglous, G. Theisen, H., and Vigil, S.A (1993). *Integrated solid waste management – engineering principles and management issues*. New York: McGraw-Hill Inc.
- Vesilind, P.A., William, A. Worella and Debra, R.Reinhart. (2002). *Method of Determination for Composition of Solid Waste in Institutional Waste*. Solid Waste Engineering. Australia: Thomson Learning.
- Wilson, D.L. (1971). *Method for Macrodetermination of Carbon and Hydrogen in Solid Waste*. Environmental Science and Technology.

ZULHAFIZAL OTHMAN, NOOR SAFWAN MUHAMAD, NUR MASYITAH OSMAN, FARAH WAHIDA MOHD LATIB.
 Universiti Teknologi MARA (Pahang).
 zulfahfizal445@pahang.uitm.edu.my, farahwahidaml@pahang.uitm.edu.my,
 nurmasyitah@pahang.uitm.edu.my, noorsafwanmuhamad@pahang.uitm.edu.my.