

Anggaran dan Ciri Fizikokimia Sisa Buangan Makanan di Bandar Baru Bangi

(Estimates and Physicochemical Properties of Food Waste
in Bandar Baru Bangi)

LEOW KIM TECK*, AMINAH ABDULLAH
& MUSHRIFAH IDRIS

ABSTRAK

Anggaran kuantiti dan pencirian fizikokimia sisa buangan makanan adalah pra-keperluan untuk mengoptimumkan proses pengkomposan. Satu tinjauan untuk menganggar jumlah sisa buangan makanan yang dijana oleh sektor komersial ($n=10$) dan isi rumah ($n=50$) di Bandar Baru Bangi telah dilakukan. Kehadiran komponen sisa nasi, sisa berasaskan daging, ikan, sayur-sayuran dan buah-buahan dan sisa buangan makanan basah yang lain juga diperiksa. Ciri fizikokimia sisa buangan makanan juga dianalisis. Jumlah sisa buangan makanan yang dijana di Bandar Baru Bangi dianggarkan sebanyak 11.41 MT sehari. Sektor isi rumah menyumbang 67.3% manakala sektor komersial menyumbang 32.7% daripada jumlah sisa buangan makanan yang dihasilkan. Ke kerapian sisa buangan makanan berkeadaan basah adalah lebih tinggi ($p<0.05$) di sektor komersial berbanding sektor isi rumah. Sisa nasi merupakan komponen sisa buangan makanan yang paling kerap dijana oleh sektor isi rumah dan sektor komersial. Penilaian ciri fizikokimia menunjukkan nilai pH, kandungan abu, bahan organik, karbon organik, nitrogen dan lemak serta nisbah C/N adalah berbeza ($p<0.05$) antara sisa buangan makanan yang dijana pada hari yang berlainan. Sisa buangan makanan bersifat asid (pH 4.82-5.17) mempunyai kandungan air (65.9-69.5%) dan lemak yang tinggi (13.1-20.2%) tetapi kandungan nitrogen yang rendah (0.63-0.85%). Walau bagaimanapun, nisbah C/N masih berada dalam julat (20-25) yang sesuai untuk pengkomposan yang berkesan. Oleh yang demikian, dengan memperkenalkan proses pengkomposan, sisa buangan makanan berkenaan berpotensi digunakan sebagai kompos.

Kata kunci: Bandar Baru Bangi; pengkomposan; sisa buangan makanan

ABSTRACT

Estimating the quantity and physicochemical characterization of food waste is necessary to optimize composting process. A survey was conducted to estimate the amount of food waste generated by commercial ($n=10$) and household ($n=50$) sectors in Bandar Baru Bangi. The presence of cooked rice residue, meat based residue, fish based residue, vegetable and fruit residue and whether the food waste was in wet condition were also examined. Physicochemical characteristics of the food waste was also analysed. About 11.41 MT of food waste was generated daily in Bandar Baru Bangi. From the total, household sector contributed 67.3% whereas commercial sector contributed another 32.7%. Compared to household sector, food waste in wet condition was found more frequently ($p<0.05$) in the commercial sector. Rice residue was the most frequent food waste component of household and commercial sector. Physicochemical analysis showed that pH value, ash, organic matter, organic carbon, nitrogen and crude fat contents as well as C/N ratio were found significantly different ($p<0.05$) among food waste generated on different days. Food waste was acidic (pH 4.82-5.17), contained high moisture (65.9-69.5%) and crude fat content (13.1-20.2%) but low in nitrogen content (0.63-0.85%). Nevertheless, the C/N ratio was still within an appropriate range (20-25) for effective composting. Hence, if composting process is introduced, the food waste has the potential to be converted into compost.

Keywords: Bandar Baru Bangi; composting; food waste

PENDAHULUAN

Sisa buangan makanan didefinisikan sebagai makanan masak terbiar seperti nasi, daging, ikan, mi, roti dan ubi kentang (Derman & Bentham 2006). Di Malaysia, rumah kediaman dan industri pemprosesan makanan seperti hotel, restoran, gerai makanan, kilang pemprosesan daging, kilang pemprosesan makanan laut dan kilang pembuatan

roti banyak menjana sisa buangan makanan setiap hari. Mengikut laporan Rancangan Malaysia ke-9, pada tahun 2005, dianggarkan sebanyak 9.57 juta MT sisa buangan pepejal terhasil dan daripada jumlah ini 25% atau 2.39 juta MT merupakan sisa buangan makanan. Jumlah sisa buangan makanan dijangka mencapai 3.75 juta MT pada tahun 2020 (25% daripada jumlah 15.0 juta tan pada tahun itu).

Sisa makanan yang lembap kaya dengan bahan organik (Tsai et al. 2007) dan zat galian mudah pula reput (Yang et al. 2006). Sekiranya sisa buangan makanan ini terbiar dan tidak dirawat segera, ia mudah diurai oleh mikroorganisma perosak dari persekitaran (Tsai et al. 2007), menggalakkan persinggahan serangga perosak, menimbulkan penyakit dan mengeluarkan bau busuk yang boleh menjejaskan keindahan alam sekitar (Yang et al. 2006).

Pengisian dalam tanah masih merupakan suatu kaedah pelupusan sisa buangan makanan yang paling lumrah dilakukan walaupun kaedah ini diketahui membazir penggunaan tanah yang luas dan menimbulkan kesan sampingan yang negatif kepada kehidupan manusia. Untuk mengurangkan pergantungan kepada penggunaan tapak pelupusan sisa pepejal perbandaran, banyak bandar besar di dunia telah memperkenalkan infrastruktur untuk melancarkan projek kitaran semula. Contohnya daerah Nova Scotia di Kanada (Da Costa et al. 2004) dan bandar Adelaide di Australia (Department for Environment and Heritage South Australia 2000).

Banyak kajian lepas telah menunjukkan sisa buangan makanan boleh dirawat dan dikitar semula sebagai ramuan makanan ternakan, digunakan dalam pengkomposan untuk menghasilkan baja organik, bahan ramuan untuk menghasilkan biogas dan menghasilkan haba (Wang et al. 2006; Yang et al. 2006).

Mengikut Metin et al. (2003), untuk membolehkan sesebuah bandar melaksanakan sistem pengurusan sisa organik yang berkesan, kadar penghasilan dan komposisi sisa organik berkenaan mestilah diketahui dahulu. Pengkomposan merupakan salah satu pendekatan yang biasa digunakan untuk mengitar semula sisa organik perbandaran dengan sisa buangan makanan merupakan komponen yang utama. Menurut Adhikari et al. (2007), pemahaman ciri fizikokimia sisa buangan makanan adalah penting untuk membina reka bentuk sistem pengkomposan yang tepat kerana terdapat tabiat pengambilan makanan dan ketersediaan produk hasil tempatan yang berbeza. Pace et al. (1995) juga melaporkan bahawa sisa buangan makanan perlu dicirikan tahap kandungan air, pH dan nisbah karbon/nitrogen (C/N) untuk pengkomposan yang optimum.

Kajian ini bertujuan menentukan anggaran sisa buangan makanan (sehari dan sebulan), ciri fizikokimia sisa buangan makanan serta kekerapan kehadiran komponen sisa buangan makanan tertentu yang terdapat di kawasan komersial dan kawasan perumahan di sekitar Bandar Baru Bangi. Dengan adanya maklumat yang terkumpul ini, pihak berkuasa tempatan khususnya Majlis Perbandaran Kajang dapat merancang sistem pengkomposan yang cekap untuk mengitar semula sisa organik perbandaran yang terdapat di Bandar Baru Bangi.

BAHAN DAN KAEDAH

KAWASAN TINJAUAN

Bandar Baru Bangi dipilih sebagai kawasan kajian. Menurut Anon. (2007a), bandar ini merangkumi kawasan seluas 2,925 hektar. Bilangan tempat kediaman dianggarkan sebanyak 15,000 unit (saiz keluarga dianggarkan seramai 5 orang per unit) dan jumlah penduduk dianggarkan seramai 75,000 orang pada tahun 2000. Sehingga 1 Jun 2007, sebanyak 218 unit kedai makan (meliputi gerai makan, kedai makan, restoran, kafeteria, kantin sekolah dan kantin kilang) yang berada di sekitar Bandar Baru Bangi telah berdaftar dengan Majlis Perbandaran Kajang (Anon. 2007b).

KAEDAH PENSAMPELAN

Kaedah pensampelan kebarangkalian dilakukan dalam tinjauan ini. Sebanyak 10 unit kedai makan dari sektor komersial dan 50 isi rumah yang berada di beberapa seksyen dalam Bandar Baru Bangi telah mengambil bahagian dalam tinjauan ini masing-masing bermula dari 13 Mei 2007 hingga 8 Jun 2007 dan 4 Jun 2007 hingga 26 Jun 2007. Pensampelan dan penimbangan berat dilakukan ke atas sisa buangan makanan yang terdapat pada hari yang telah ditetapkan.

KAEDAH MENGANGGAR KUANTITI SISA BUANGAN MAKANAN

Jumlah sisa buangan makanan dijana oleh kedai makan individu untuk bulan berkenaan (kg), (Y_{individu}), $Y_{\text{individu}} = B_{\text{purata}} \times 22 \text{ hari} + M_{\text{purata}} \times 8 \text{ hari}$, dengan B_{purata} merupakan berat purata sisa buangan makanan yang dijana oleh seunit kedai makan pada hari biasa. M_{purata} merupakan berat purata sisa buangan makanan yang dijana oleh seunit kedai makan pada hujung minggu.

Min sisa buangan makanan dijana oleh seunit kedai makan dalam masa sebulan ialah

$$Y_{\text{min}} = \frac{Y_1 + Y_2 + Y_3 + \dots + Y_n}{n} = \frac{\sum Y_i}{n},$$

dengan Y_{min} ialah min, Y_1, Y_2, Y_3 ialah nilai individu kedai makan (Y_i) dan n ialah bilangan kedai makan

SEKTOR ISI RUMAH

Min sisa buangan makanan dijana oleh isi rumah individu sehari (kg) ialah

$$X_{\text{individu}} = \frac{[H1 + H2 + H3]}{3},$$

dengan $H1$, $H2$ dan $H3$ merupakan berat sisa buangan makanan yang dijana pada ketiga-tiga hari biasa yang ditetapkan.

Min sisa buangan makanan dijana oleh seunit isi rumah sehari ialah

$$X_{\min} = \frac{X1+X2+X3+\dots+Xn}{n} = \frac{\sum Xi}{n},$$

dengan X_{\min} = min, $X1$, $X2$, $X3$ = nilai individu isi rumah (Xi) dan n = bilangan unit isi rumah

PENENTUAN KEKERAPAN KEHADIRAN KOMPONEN SISA MAKANAN

Penentuan kekerapan kehadiran komponen sisa makanan tertentu dalam sisa buangan makanan di sektor komersial (diwakili oleh 5 unit restoran dan 5 unit gerai makanan) dan sektor isi rumah (diwakili oleh 50 unit isi rumah) diulang sebanyak 3 kali mengikut tiga hari yang dipilih secara rawak. Kekerapan kehadiran komponen sisa nasi, komponen sisa berasaskan daging (SBD), komponen sisa berasaskan ikan (SBI), komponen sisa berasaskan sayur-sayuran dan buah-buahan (SSB) dan samada sampel berkenaan berkeadaan basah atau sebaliknya ditentukan dalam sampel sisa buangan makanan yang dikumpul.

ANALISIS FIZIKOKIMIA

Penyediaan Sampel Sisa buangan makanan diperolehi dari kafeteria Fakulti Sains dan Teknologi, di Universiti Kebangsaan Malaysia, Bangi. Sampel sekurang-kurangnya 250 g dihancurkan sehingga homogen dalam lesung. Sampel yang telah dihomogenkan kemudian dipindah ke dalam bekas yang tidak mengakis dan ditutup ketat. Hancuran sampel ini kemudian disubsampel untuk analisis yang seterusnya. Analisis fizikokimia dilakukan ke atas 3 kelompok sisa buangan makanan yang dijana untuk 3 hari yang berlainan.

Penentuan Nilai pH Nilai pH bagi sampel diukur dengan menggunakan pH meter MODEL PHM210 Meter Lab® (Radiometer Analytical S.A.). Alat ini dikalibrasi dengan menggunakan penimbal piawai pH 4 dan pH 7 setiap kali pengukuran dilakukan. Kemudian, elektrod dibilas dengan air ternyahion sebelum dan selepas pengukuran dilakukan. Sampel disediakan dengan menghomogenkan 1.0 g sampel dalam 50 mL air suling (AOAC 1990).

Penentuan Kandungan Air Kandungan air dalam sampel ditentukan dengan mengeringkan 5 g sampel di dalam piring nikel dalam oven semalaman pada suhu 105°C. Sampel kemudian disejukkan dalam bekas pengeringan dan ditimbang. Pemanasan, penyejukan dan penimbangan diulangi sehingga berat yang tetap tercapai (Nielsen 2003).

Penentuan Kandungan Abu & Bahan Organik Mangkuk silika penyejat bersama penutupnya dipanaskan dalam "muffle furnace" pada suhu 450-550°C selama semalaman dan kemudiannya disejukkan dalam bekas pengeringan dan ditimbang beratnya selepas mencapai suhu bilik. Sebanyak 5 g sampel ditimbang dalam mangkuk silika penyejat bersama penutup yang diketahui beratnya. Mangkuk silika penyejat dan kandungannya kemudiannya dipanaskan semalaman dengan penutupnya yang separa terbuka dalam muffle furnace bermula daripada suhu rendah dan ditingkatkan suhu secara berlahan-lahan sehingga suhu mencapai 450-550°C. Mangkuk silika penyejat dan penutupnya kemudian dipindah dan disejukkan dalam bekas pengeringan sebelum ditimbang beratnya. Pemanasan pada suhu 450-550°C diulangi sehingga berat mangkuk silika penyejat dan penutupnya mencapai berat yang tetap (Nielsen 1994). Peratus kandungan abu dikira melalui persamaan:

$$\text{Kandungan abu (\%)} = \frac{W1 \times 100}{W2},$$

dengan $W1$ adalah berat sisa selepas pemanasan dan $W2$ adalah berat sampel basah

Peratus kandungan bahan organik dikira dengan persamaan:

$$\text{Kandungan bahan organik (\%)} = \frac{(W2 - W1 - \text{Berat Kandungan Air}) \times 100}{W2},$$

$W1$ adalah berat sisa selepas pemanasan dan $W2$ adalah berat sampel basah

Pengiraan Kandungan Karbon Organik Kandungan karbon organik (%) = $\frac{(W2 - W1 - \text{Berat Kandungan Air}) \times 100}{1.724 \times W2}$,

dengan $W1$ adalah berat sisa selepas proses pengabuan dan $W2$ adalah berat sampel basah (Department of Standards Malaysia 2001).

Penentuan Kandungan Nitrogen Jumlah kandungan nitrogen ditentukan melalui kaedah Makro-Kjeldahl (AOAC 1990; Anon. 1995). Sebanyak 1 g sampel ditimbang dalam kelalang penghadaman Kjeldahl 100 mL. Kemudian sebanyak 5 g campuran mangkin yang mengandungi (10 bahagian K_2SO_4 : 1 bahagian $CuSO_4$) ditambahkan. Asid sulfurik H_2SO_4 pekat (graviti spesifik = 1.84) sebanyak 12.5 mL seterusnya dimasukkan untuk menghadam campuran berkenaan. Proses penghadaman dilakukan dalam set pemanasan yang dilengkapi dengan alat kondensasi di hujung kelalang penghadaman Kjeldahl sehingga campuran bertukar menjadi hijau-kebiruan yang cerah (menandakan penghadaman sudah selesai). Kelalang penghadaman Kjeldahl kemudiannya disejukkan sehingga suhu bilik dan dicampurkan dengan 100 mL air suling sebelum ditindak balas dengan 50 mL

NaOH 50% (w/v) dalam mesin pendidihan automatik. Tindak balas dan penyulingan dilakukan sehingga larutan dalam kelalang kon Erlenmeyer penerima (mengandungi 25 mL asid Borik 4% dan 2-3 titis penunjuk protein (0.5 g metil merah + 0.5 g bromokresol yang dilarutkan dalam 100 mL metanol) mencapai 150 mL dan berwarna biru kehijauan. Campuran bersama hasil sulingan ini kemudiannya dititrat dengan H₂SO₄ 0.05 M sehingga larutan berubah menjadi warna merah.

Kandungan nitrogen dikira menggunakan formula berikut:

$$\text{Kandungan nitrogen (\%)} = \frac{1.1401 \times V}{W}$$

adalah isipadu H₂SO₄ 0.05 M yang dititrat sehingga mencapai takat akhir dan *W* adalah berat sampel basah yang digunakan

Penentuan Kandungan Lemak Kandungan lemak dalam sampel ditentukan selepas diekstrak secara automatik dengan peralatan Soxtec System HT 1043 Extraction Unit (AOAC 1997). Sebanyak 1 g sampel diekstrak dengan 50 mL pelarut heksana dalam kelalang aluminium. Kemudian ekstrak dididih selama 20 minit, diikuti dengan pembilasan selama 35 min dan diakhiri dengan pengewapan selama 10 min. Kelalang yang mengandungi lemak dikeringkan di dalam ketuhar (105°C) selama 60 minit dan disejukkan dalam balang penyejuk sebelum ditimbang.

Kandungan lemak dikira menggunakan formula berikut:

$$\text{Kandungan lemak (\%)} = \frac{[(\text{berat kelalang} + \text{lemak}) - (\text{berat kelalang})]}{\text{berat sampel}} \times 100.$$

Pengiraan nisbah karbon kepada nitrogen C/N diberikan sebagai:

$$C/N = \frac{\text{Kandungan karbon organik (\%)}}{\text{Kandungan nitrogen (\%)}}$$

Analisis Statistik Data yang dikumpul dianalisis dengan perisian Microsoft Excel untuk mendapatkan nilai min dan sisihan piawainya. ANOVA satu hala dilakukan melalui perisian Design Expert versi 6.0.10. untuk menentukan sama ada terdapat perbezaan bererti di antara min

perlakuan ($p \leq 0.05$). Ujian LSD (*least significant difference*) dilakukan melalui perisian yang sama untuk menentukan perbezaan bererti ($p \leq 0.05$) di antara min perlakuan. Ujian kuasa dua chi (χ^2) juga dilakukan untuk menentukan sama ada terdapat perbezaan bererti ($p \leq 0.05$) bagi kekerapan sisa buangan makanan berkeadaan basah, kekerapan kehadiran komponen sisa nasi, sisa berasaskan daging, sisa berasaskan ikan dan sisa berasaskan sayur-sayuran dan buah-buahan antara sektor komersial dan sektor isi rumah.

HASIL DAN PERBINCANGAN

ANGGARAN KUANTITI SISA BUANGAN MAKANAN

Seperti yang ditunjukkan dalam Jadual 1, min sisa buangan makanan yang dijana oleh seunit kedai makan di sektor komersial selama sebulan adalah 513.78 kg. Bagi sektor isi rumah yang melibatkan penyertaan 50 isi rumah, min sisa buangan makanan yang dijana oleh seunit isi rumah per hari adalah 0.51 kg. Pengiraan yang seterusnya menunjukkan jumlah sisa buangan makanan yang dijana sehari di Bandar Baru Bangi adalah dianggarkan sebanyak 11.41 MT. Sektor isi rumah merupakan penyumbang utama sisa buangan makanan di Bandar Baru Bangi dengan menjana 67.3% atau 7.68 MT manakala sektor komersial menyumbang sebanyak 32.7% atau 3.73 MT. Dalam tempoh sebulan (30 hari), dianggarkan sebanyak 342.40 MT sisa buangan makanan dihasilkan di Bandar Baru Bangi.

Memandangkan penganggaran kuantiti sisa buangan makanan dalam kajian ini hanya melibatkan pihak sektor komersial yang berdaftar dengan Majlis Perbandaran sahaja dan tidak termasuk sisa buangan makanan yang dijana oleh pengusaha makanan yang tidak berdaftar, maka bolehlah dikatakan jumlah sisa buangan makanan yang dianggarkan merupakan jumlah yang konservatif iaitu kurang daripada apa yang sebenarnya. Mengikut Jabatan Statistik (2002), kawasan seksyen 17 di bandar Petaling Jaya dianggarkan didiami oleh seramai 4300 unit tempat kediaman dengan purata 3.78 orang penduduk per unit isi rumah dan jumlah penduduk dianggarkan seramai 16,389 orang. Walaupun bilangan penduduk per unit isi rumah di Bandar Baru Bangi iaitu 5 orang adalah lebih tinggi daripada bandar Petaling Jaya, kuantiti sisa

JADUAL 1. Anggaran sisa buangan makanan yang dijana sehari dan sebulan oleh sektor komersial dan sektor isi rumah di Bandar Baru Bangi

| Sektor | Bilangan unit | Min Dijana Per Hari/Unit (kg) | Jumlah Dijana Sehari (MT) | Min Dijana Per Bulan/Unit (kg) | Jumlah Dijana Sebulan (MT) |
|-----------|---------------|-------------------------------|---------------------------|--------------------------------|----------------------------|
| Komersial | 218* | 17.13 | 3.73 | 513.78 ± 214.90 | 112.00 |
| Isi rumah | 15 000** | 0.51 ± 0.43 | 7.68 | 15.36 | 230.40 |
| Jumlah | | | 11.41 | | 342.40 |

*Sumber: Anon. 2007b

**Sumber: Anon. 2007a

buangan makanan yang dijana sehari oleh seunit isi rumah di Bandar Baru Bangi lebih rendah daripada Seksyen 17 bandar Petaling Jaya iaitu masing-masing 0.51 kg sehari dan 1.65 kg sehari (Ali & Tarig Mohamed 2003).

Jumlah sisa buangan makanan yang dijana sehari oleh sektor isi rumah di Seksyen 17 Petaling adalah 7.09 MT (pengiraan berdasarkan kepada hasil kajian Ali & Tarig Mohamed 2003). Jumlah ini adalah 8% kurang daripada jumlah sisa buangan makanan yang dijana sehari oleh sektor isi rumah di Bandar Baru Bangi. Keputusan ini menunjukkan bahawa walaupun jumlah penduduk di Bandar Baru Bangi adalah 4.58 kali ganda lebih ramai berbanding dengan Seksyen 17 Petaling Jaya (iaitu 75,000 orang berbanding dengan 16,389 orang), jumlah sisa buangan makanan yang dijana sehari di sektor isi rumah hanya menunjukkan peningkatan 8% sahaja. Fenomena ini menceminkan bahawa jumlah sisa buangan makanan yang dijana sehari di sektor isi rumah di sesebuah bandar adalah tidak berkadar terus dengan bilangan penduduk yang menetap di bandar berkenaan. Agamuthu (2001) melaporkan bahawa kadar penjana dan komposisi sisa pepejal perbandaran di bandar Malaysia dipengaruhi oleh ciri komposisi etnik, status ekonomi, kelakuan dan gaya hidup penduduk di sesebuah bandar. Menurut Adhikari et al. (2007), dengan mengetahui jumlah sisa buangan makanan yang dijana di sesebuah bandar, pusat pengkomposan dengan kapasiti yang sesuai dapat dibangunkan.

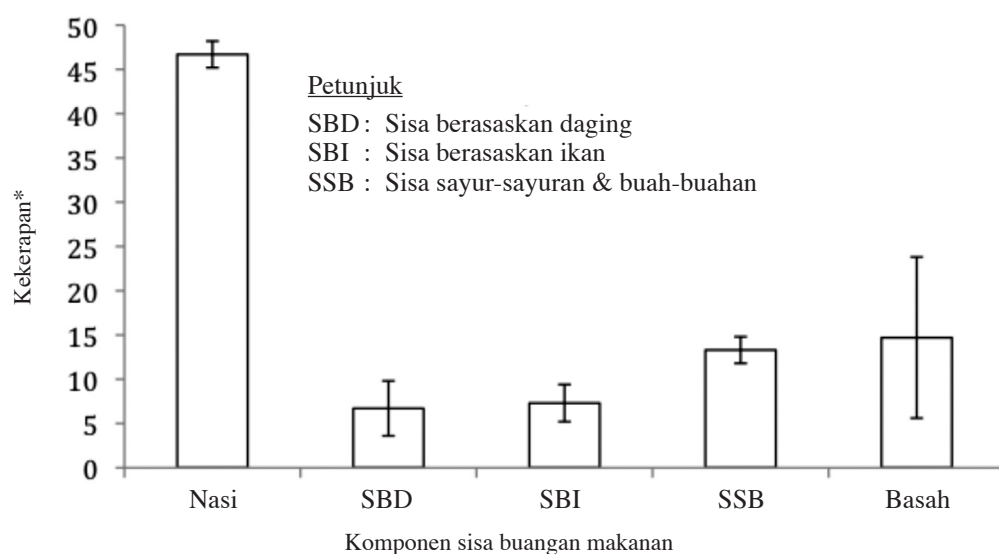
KEKERAPAN KEHADIRAN KOMPONEN SISA BUANGAN MAKANAN

Rajah 1 dan 2 menunjukkan kekerapan kehadiran komponen sisa makanan tertentu dalam sisa buangan makanan di sektor isi rumah dan sektor komersial. Di sektor isi rumah, komponen sisa buangan makanan dalam bentuk

nasi merupakan komponen yang paling kerap dikesan. Daripada 50 unit isi rumah yang dikaji, 46.7 unit isi rumah didapati menjana komponen sisa buangan makanan dalam bentuk nasi. Kekerapan komponen sisa yang lain adalah rendah secara relatif iaitu dalam julat 6.7 hingga 13.3. Sisa buangan makanan yang basah memberikan gambaran bahawa sisa buangan makanan mengandungi tahap air yang tinggi. Kandungan air yang tinggi dalam sisa buangan makanan bukan sahaja menyukarkan pengangkutannya ke tapak pelupusan ataupun tapak pengkomposan, bahkan ia menggalakkan pencetus bau busuk disebabkan oleh proses pereputan dan penguraian semasa penyimpanan akibat pertumbuhan mikroorganisma perosak yang aktif.

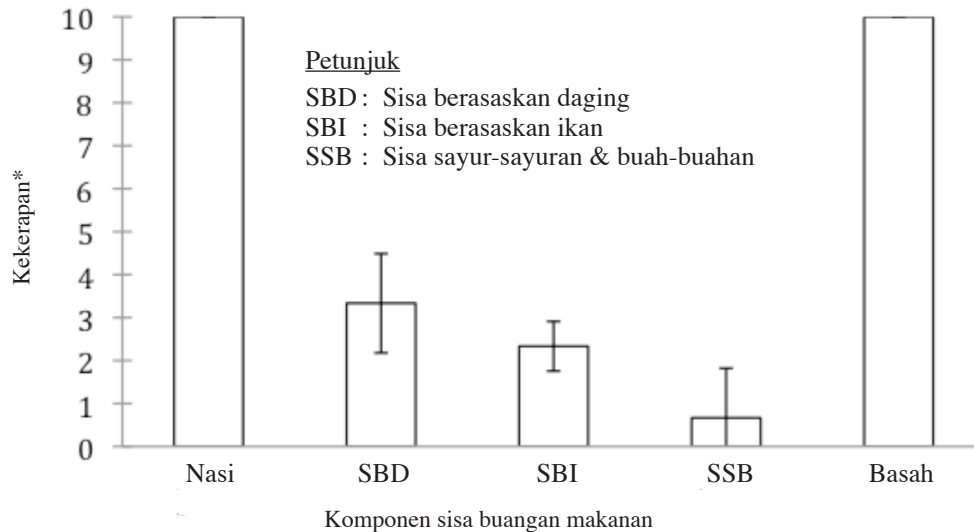
Rajah 1 menunjukkan kekerapan komponen sisa buangan makanan berkeadaan basah adalah tidak tinggi di sektor isi rumah iaitu hanya dapat dikesan di 14.7 unit isi rumah daripada 50 unit isi rumah yang dikaji. Di sektor komersial pula, kehadiran sisa buangan makanan dalam bentuk nasi adalah 100% iaitu dapat dikesan dalam semua sampel restoran dan gerai makanan. Sisa buangan makanan juga didapati dalam keadaan basah bagi semua sampel yang dijana di restoran dan gerai makanan.

Ujian kuasa dua chi (χ^2) mengesahkan terdapat perbezaan yang signifikan bagi kekerapan sisa buangan makanan berkeadaan basah antara sektor komersial dan sektor isi rumah ($p < 0.05$). Kekerapan sisa buangan makanan berkeadaan basah adalah lebih tinggi di sektor komersial berbanding dengan sektor isi rumah ($p < 0.05$). Namun begitu ujian kuasa dua chi (χ^2) menunjukkan tiada perbezaan yang signifikan antara sektor komersial dan sektor isi rumah dari segi kekerapan sisa buangan makanan mengandungi komponen nasi, kekerapan sisa buangan makanan mengandungi komponen sisa berasaskan daging (SBD), kekerapan sisa buangan makanan mengandungi komponen sisa berasaskan ikan (SBI) dan kekerapan sisa



RAJAH 1. Histogram menunjukkan kekerapan kehadiran komponen sisa buangan makanan tertentu di sektor isi rumah yang melibatkan 50 unit isi rumah (N=50). Bar ralat menunjukkan sisihan piawai

* Penentuan kekerapan kehadiran komponen sisa makanan tertentu di sektor isi rumah diulang sebanyak 3 kali untuk mendapatkan nilai min ± sisihan piawai



RAJAH 2. Histogram menunjukkan kekerapan kehadiran komponen sisa buangan makanan tertentu di sektor komersial yang melibatkan 10 unit kedai makan (N=10). Bar ralat menunjukkan sisihan piawai

* Penentuan kekerapan kehadiran komponen sisa makanan tertentu di sektor komersial ditulang sebanyak 3 kali untuk mendapatkan nilai min \pm sisihan piawai

buangan makanan mengandungi komponen sisa berasaskan buah-buahan dan sayur-sayuran (SSB).

CIRI FIZIKOKIMIA SISA BUANGAN MAKANAN

Ciri fizikokimia sisa buangan makanan yang dijana pada hari yang berlainan ditunjukkan dalam Jadual 2. Ujian ANOVA menunjukkan tiada perbezaan bererti ($p > 0.05$) dalam kandungan air antara sisa buangan makanan yang dijana pada hari yang berlainan. Namun begitu terdapat perbezaan bererti ($p < 0.05$) dalam nilai pH, kandungan abu (%), kandungan bahan organik (%), kandungan karbon organik (%), kandungan nitrogen (%), kandungan lemak (%) dan nisbah C/N antara sisa buangan makanan yang dijana pada hari yang berlainan.

pH sisa buangan makanan ialah 4.82-5.17 iaitu bersifat asid lemah. Kandungan air dalam sisa buangan makanan adalah tinggi iaitu 65.9-69.5%. Kandungan bahan organik pula berada dalam julat 13.5-17.4%. Kandungan nitrogen adalah rendah (0.63-0.85%) manakala kandungan lemak secara relatifnya adalah tinggi (13.1-20.2%). Berbanding dengan ciri fizikokimia sisa buangan makanan yang dilaporkan oleh Tsai et al. (2007) di Taiwan, nilai pH, kandungan air dan kandungan lemak sisa buangan

makanan dalam kajian ini menunjukkan julat yang sama. Namun begitu, sisa buangan makanan dalam kajian ini adalah lebih rendah secara relatif daripada segi kandungan abu (%), kandungan karbon organik (%) dan kandungan nitrogen (%) sebaliknya nisbah C/N bagi kajian ini lebih tinggi (18.6-21.5) berbanding dengan 13.74.

Bagi produk makanan berasaskan haiwan, kandungan abu biasanya mengandungi nilai mineral yang tetap. Bagi produk yang berasal daripada tumbuhan, kandungan abu tidak menunjukkan hubungan yang sedemikian. Kebanyakan produk yang berasal daripada tumbuhan segar jarang mencapai kandungan abu yang melebihi 5% (Nielsen 2003). Mengikut Diaz et al. (1993), nisbah C/N sisa buangan makanan yang berada dalam julat 20-25 adalah sesuai untuk pengkomposan yang berkesan. Maka berdasarkan fakta ini, nisbah C/N sisa buangan makanan bagi kajian ini iaitu 20.43 (nilai purata daripada 3 hari yang berlainan) merupakan nisbah yang sesuai untuk pengkomposan yang cekap. Mengikut Golueke (1992), untuk pengkomposan yang berkesan, sisa buangan makanan dengan nilai pH yang rendah perlu digaul bersama agen pemukul yang bersifat mendekati keadaan neutral (pH di sekitar 6.5-7.5) supaya nilai pH permulaan campuran substrat untuk pengkomposan dapat diatur

JADUAL 2. Ciri fizikokimia sisa buangan makanan mengikut hari yang berlainan

| Hari | pH | Air (%) | Bahan organik (%) | Abu (%) | Karbon organik (%) | Nitrogen (%) | Lemak (%) | C/N |
|------|-------------------------|--------------------------|---------------------------|-------------------------|---------------------------|-------------------------|--------------------------|--------------------------|
| I | 4.82 ^a ±0.07 | 69.46 ^a ±0.68 | 23.24 ^a ±0.67 | 7.29 ^a ±0.03 | 13.48 ^a ±0.39 | 0.63 ^a ±0.04 | 13.06 ^a ±2.68 | 21.54 ^a ±0.59 |
| II | 5.17 ^b ±0.02 | 68.35 ^a ±4.06 | 27.02 ^{ab} ±3.94 | 4.63 ^b ±0.15 | 15.78 ^{ab} ±2.30 | 0.85 ^b ±0.10 | 16.20 ^a ±0.82 | 18.60 ^b ±0.87 |
| III | 5.05 ^b ±0.01 | 65.89 ^a ±1.10 | 29.85 ^b ±0.89 | 4.26 ^b ±0.34 | 17.30 ^b ±0.52 | 0.82 ^b ±0.04 | 20.21 ^b ±1.56 | 21.16 ^a ±1.42 |

* Setiap nilai ditunjukkan sebagai min \pm sisihan piawai (n = 3)

^{ab} Min dalam lajur yang sama diikuti dengan abjad yang berlainan menunjukkan perbezaan bererti ($p < 0.05$)

dalam julat 6.0-7.5. Kandungan air yang tinggi dalam sisa buangan makanan juga memerlukan penggunaan agen pemukul yang mempunyai kapasiti penyerapan air yang baik seperti sekam padi, jerami padi dan habuk papan supaya pengkomposan yang berkesan dapat dilakukan (Adhikari et al. 2007).

KESIMPULAN

Sisa buangan makanan yang dijana di Bandar Baru Bangi dianggarkan sebanyak 11.41 MT sehari dan 342.40 MT dalam tempoh sebulan (30 hari). Sektor isi rumah menyumbang 67.3% manakala sektor komersial menyumbang 32.7% daripada jumlah sisa buangan makanan yang dihasilkan. Kekekapan sisa buangan makanan berkeadaan basah adalah lebih tinggi di sektor komersial berbanding dengan sektor isi rumah ($p < 0.05$). Komponen sisa buangan makanan yang paling kerap dijumpai di sektor isi rumah dan sektor komersial adalah sisa nasi. Nilai pH, kandungan abu, kandungan bahan organik, kandungan nitrogen, kandungan lemak dan nisbah C/N adalah berbeza antara sisa buangan makanan yang dijana pada hari yang berlainan. Walau bagaimanapun, nisbah C/N masih berada dalam julat yang sesuai untuk pengkomposan yang berkesan. Oleh yang demikian, dengan memperkenalkan proses pengkomposan, sisa buangan makanan berkenaan berpotensi digunakan sebagai kompos.

PENGHARGAAN

Projek penyelidikan ini telah dibiayai oleh geran UKM-OUP-BTT-28/2007 dan UKM-GUP-ASPL-07-05-019, Universiti Kebangsaan Malaysia.

RUJUKAN

- Adhikari, B.K., Barrington, S., Martinez, J. & King, S. 2007. Characterization of food waste and bulking agents for composting. *Waste Management* doi:10.1016/j.wasman.2007.08.018
- Agamuthu, P. 2001. *Solid Waste: Principal and Management with Malaysian Case Studies*. Kuala Lumpur: University of Malaya.
- Ali Adnan Ali & Tarig Mohamed Khalid Ahmed. 2003. Household waste generation and composition in section 17, Petaling Jaya, Malaysia. Tesis MSc. Institute of Research Management and Consultancy, Kuala Lumpur: University of Malaya.
- Anon. 1995. *Kjeltec System 1026 Distilling Unit: Instrument and Instruction Manual. Rev. 2.0*. Sweden: Tecator AB.
- Anon. 2007a. *Nota Ringkas Perancangan dan Pembangunan Bandar Baru Bangi*. Bandar Baru Bangi: Perbadanan Kemajuan Negeri Selangor.
- Anon. 2007b. *Laporan Terpericinci Mengikut Jenis Perniagaan*. Kajang: Majlis Perbandaran Kajang Selangor.
- AOAC. 1990. *Official Methods of Analysis*. Ed. ke-15. Washington D.C.: Association of Official Analytical Chemists International.
- AOAC. 1997. *Official Methods of Analysis*. Ed. ke-16. Washington D.C.: Association of Official Analytical Chemists International.

- Da Costa, E., Gewerts, M., Hanley, K., Kulhanek, S. & McKellar, K. 2004. *Creating a composting infrastructure for the city of Montreal*. Sierra Club of Canada, Quebec Group. Montreal: School of the Environment, McGill University Montreal.
- Dearman, B. & Bentham, R.H. 2006. Anaerobic digestion of food waste: Comparing leachate exchange rates in sequential batch systems digesting food waste and biosolids. *Waste Manage.* doi:10.1016/j.wasman.2006.08.006
- Department for Environment and Heritage South Australia. 2000. *Waste Management in South Australia – background paper*. Adelaide: Department for Environment and Heritage, South Australia.
- Department of Standards Malaysia. 2001. *Specification for organic fertilizers*. MS1517. Putrajaya: Department of Standards, Malaysia.
- Diaz, L.F., Savage, G.M., Eggeith, L.L. & Golueke, C.G. 1993. *Composting and Recycling Municipal Solid Waste*. Boca Raton: Lewis Publishers.
- Golueke, C.G. 1992. Bacteriology of composting. *Biocycle* January: 55-57.
- Jabatan Statistik 2002. *Urban and rural areas, population and housing census of Malaysia, 2000*.
- Metin, E., Eroztur, A. & Neyim, C. 2003. Solid waste management practices and review of recovery and recycling operations in Turkey. *Waste Management* 23: 425-432.
- Nielsen, S.S. 1994. *Introduction to the Chemical Analysis of Foods*. Boston: Jones and Bartlett Publishers, Inc.
- Nielsen, S.S. 2003. *Food Analysis*. Ed. ke-3. New York: Kluwer Academic/Plenum Publishers.
- Pace, M.G., Miller, B.E. & Farrell-Poe, K.L. 1995. *The Composting Process*. USA: Utah State University Extension.
- Tsai, S.H., Liu, C.P. & Yang, S.S. 2007. Microbial conversion of food waste for biofertilizer production with thermophilic lipolytic microbes. *Renewable Energy* 32: 904-905.
- Wang, L.K., Hung, Yung-Tse, Lo, H.H. & Yapijakis, C. 2006. *Waste Treatment in the Food Processing Industry*. Boca Raton: Taylor & Francis.
- Yang, S.Y., Ji, K.S., Baik, Y.H., Kwak, W.S., & McCaskey, T.A. 2006. Lactic acid fermentation of food waste for swine feed. *Bioresource Technology* 97: 1858-1859.

Leow Kim Teck* & Aminah Abdullah
Program Sains Makanan
Pusat Pengajian Sains Kimia dan Teknologi Makanan
Fakulti Sains dan Teknologi
Universiti Kebangsaan Malaysia
43600 UKM Bangi, Selangor D.E.
Malaysia

Mushrifah Idris
Program Sains Sekitaran
Pusat Pengajian Sains Sekitaran dan Sumber Alam
Fakulti Sains dan Teknologi
Universiti Kebangsaan Malaysia
43600 UKM Bangi, Selangor D.E.
Malaysia

*Pengarang untuk surat-menyurat; email: victor_leow@yahoo.com

Diserahkan: 13 Ogos 2009
Diterima: 22 Februari 2010