

## **Pengembalian Sisa sebagai Sumber Proses Metabolisme untuk Kelestarian Bandar Malaysia**

AHMAD FARIZ MOHAMED, ABDUL SAMAD HADI, SHAHARUDIN IDRUS,  
MUHAMMAD RIZAL RAZMAN & ABDUL HADI HARMAN SHAH

### **ABSTRAK**

*Proses pembangunan bandar di Malaysia berlaku dengan kadar pantas selepas merdeka pada tahun 1957. Pertumbuhan ekonomi, pertambahan penduduk dan aktiviti yang menyokongnya telah meluaskan kawasan perbandaran di bandar-bandar utama Malaysia. Kesan daripada proses perbandaran ini, penggunaan sumber untuk pelbagai aktiviti ekonomi dan kehidupan masyarakat bandar telah meningkatkan proses metabolisme bandar. Sisa domestik dan industri terutamanya adalah antara hasil daripada peningkatan proses metabolisme bandar yang selama ini dilihat sebagai hasil negatif. Walaupun negatif ia perlu diuruskan dengan sebaik mungkin bagi mengelakkan impak yang lebih berbahaya kepada alam sekitar dan kesihatan manusia. Penghasilan sisa pepejal bandar di Malaysia menunjukkan peningkatan daripada 13,000 ton sehari pada tahun 1996 kepada 19,100 ton sehari pada tahun 2005, iaitu purata 0.8 Kg perkapita sehari. Kajian juga telah menganggarkan sisa pepejal bandar akan meningkat kepada 30,000 ton sehari menjelang tahun 2020. Cabaran pengurusan sisa bandar adalah amat tinggi kerana penghasilannya boleh dikaitkan dengan pertambahan penduduk dan aktiviti ekonomi. Sejak tahun 1957, sisa bandar di Malaysia diurus dengan pendekatan hujung paip di mana sisa dilupus di tapak pelupusan adalah pilihan utama pengurus bandar. Namun dengan keadaan di mana persaingan untuk penggunaan tanah yang lebih mengutamakan kepentingan manusia dan perlindungan alam sekitar, pendekatan ini perlu diubah. Antara langkah yang kini telah diambil adalah dengan mengembalikan semula sisa sebagai sumber untuk bandar. Pendekatan ini merupakan pendekatan yang penting kerana ia mampu membekalkan sumber alternatif kepada industri terutama untuk sumber yang tidak boleh diperbaharui dan mengurangkan kebergantungan guna tanah untuk tapak pelupusan baru. Antara contoh pengembalian semula seperti sisa plastik dan kertas boleh mengurangkan kebergantungan kepada industri pembalakan dan petroleum. Bagi memastikan transisi pengurusan sisa daripada hujung paip bersifat linear kepada pengembalian semula sisa sebagai sumber yang bersifat kitaran berlaku dengan berkesan, setiap proses, tindakan, peranan pihak yang berkaitan dan impak perlu dikenalpasti dan difahami. Sehubungan dengan itu bidang ilmu berbentuk rentas disiplin yang menggabungkan pelbagai disiplin ilmu perlu dibangunkan. Asas pergabungan ini perlu dipaksakan kepada ilmu sains untuk kelestarian. Di mana pembangunan ilmu untuk merubah kefahaman sisa sebagai sumber bernilai penting untuk proses metabolisme bandar perlu mengemblingkan pelbagai disiplin ilmu seperti pengurusan, kejuruteraan, fizik, kimia, biologi, sains sosial, ekonomi dan undang-undang. Mekanisme bagaimana bidang ilmu ini boleh menyumbang dan memberi manfaat perlu dibangunkan. Diperingkat awal ini mekanisme ini boleh dibentuk dengan memahami bagaimana transisi pendekatan linear kepada kitaran ini boleh berlaku. Kemudiannya dikenalpasti apakah input dan faktor yang mempengaruhi proses transisi ini dan bagaimana ia memberi kesan terutama dalam proses untuk mengembalikan semula sisa sebagai sumber untuk metabolisme bandar. Kajian kepentingan interaksi pelbagai bidang ilmu ini penting sebagai asas dan input penting bagi memastikan kelestarian pengurusan sisa bandar Malaysia di masa hadapan.*

*Kata kunci: sisa, sumber, transisi, sains kelestarian*

**ABSTRACT**

*The process of urban development in Malaysia was very rapid after independence in 1957. Economic growth, population increase and supporting activities have increased the extent of main urban areas in Malaysia. As a result of the urbanisation process the utilisation of resource for various economic activities and urban living has increased urban metabolism process. Domestic and industrial waste especially are among the products of increase in metabolism process which previously was regarded as negative product. Even though it is a negative product it has to be properly managed to avoid more harmful impact to the environment and human health. Urban solid waste generation in Malaysia has shown an increase from 13,000 tonnes per day in 1996 to 19,100 tonnes per day in 2005: an average of 0.8 kg per capita per day. Studies have estimated that urban solid waste will increase to 30,000 tonnes per day by 2020. The challenge in managing urban waste is very high because the generation can be related to population increase and economic activities. Since 1957, the management of urban solid waste in Malaysia was carried out using end-of-pipe approach by disposing waste at waste disposal sites. However, the approach needs to be changed as presently the competition for the use of land is for human interest and protection of the environment. Among the steps that have been taken is returning urban waste as urban resource. This is an important approach as it is capable of supplying alternative energy to industries especially for non-renewable energy and reducing the need for land for new landfill sites. Examples of the returned waste are plastic and paper that are capable of reducing dependency on timber and petroleum industries. In order to determine the effectiveness of the transition of solid waste management from linear end-of-pipe, every process, action, role of related entities and impacts should be identified and understood. In relation to that, a trans-disciplinary body of knowledge that combines various disciplines need to be developed. The basis of the combination should be based on sustainability science. The development of knowledge to change understanding to that waste has an important value to urban metabolism need to garner various disciplines such as management, engineering, physics, chemistry, biology, social science, economics and laws. The mechanism on how the field of knowledge can contribute and becoming beneficial should be developed. Initially the mechanism may be determined by understanding how the transition of linear approach to the cycle is possible. And then identify the input and factors determining the transition process and how they would give an impact especially in the process of returning waste as resource for urban metabolism. Study on the importance of interaction of various fields of knowledge is essential as a basis and important input to determine the sustainability of future urban waste management in Malaysia.*

*Key words: waste, source, transition, sustainability science*

**PENGENALAN**

Pembangunan sesebuah bandar sentiasa akan meningkatkan keperluan untuk perkhidmatan alam sekitar. Kelestarian sesebuah bandar bergantung kepada kedudukan geografinya dan kesediaan sumber semulajadi. Ini adalah kerana ia akan menentukan keupayaan perkhidmatan alam sekitar yang akan diperlukan oleh sesebuah bandar bagi menampung keperluan pertambahan penduduk, aktiviti ekonomi, proses pembangunan dan kadar metabolisme bandar. Bagi memahami proses untuk kelestarian bandar, antara faktor yang penting adalah mengurus secara cekap proses dan kadar metabolisme bandar. Adalah penting bagi sesebuah bandar memastikan input yang mencukupi untuk populasinya dan aktiviti ekonominya dan pada masa yang sama perlu menangani dengan baik hasilan proses tersebut (Wolman 1965; Boydon et al. 1981; Douglas 1983; Douglas et al. 2002).

Salah satu daripada hasilan proses metabolisme bandar adalah sisa. Isu-isu berkaitan dengan sisa bandar telah dikenalpasti oleh manusia seawal kewujudan bandar. Sebagai contoh pada tahun 500 sebelum masehi, bandar Athens telah mewujudkan satu peraturan bahawa tapak pelupusan perbandaran hanya boleh disediakan sekurang-kurangnya satu batu jauhnya daripada sempadan bandar. Di Malaysia pula pengurusan sisa secara komprehensif telah diwujudkan seawal 1918 oleh bandar Seremban untuk keperluan peraturan sanitari dibawah

tanggungjawab Jawatankuasa Perancangan Bandar. Untuk Malaya pula, Peraturan Lembaga Sanitari 1929 telah diluluskan oleh Majlis Persekutuan pada 6 November 1929. Kemudiannya Enakmen Lembaga Sanitari (CAP 137) telah dikuatkuasakan pada 1930 termaktub sebagai Bahagian IX Akta Perancangan Bandar sebagai undang-undang.

Sebahagian besar bandar-bandar di Negara maju dan sedang membangun kini menghadapi cabaran untuk mengurus sisa bandar dengan cekap. Peningkatan penghasilan sisa bandar akibat daripada peningkatan populasi dan aktiviti ekonomi memberi tekanan kepada pengurus bandar. Sebagai contoh bandar-bandar di Asia Pasifik dijangka akan meningkat penduduknya daripada 1.56 billion pada tahun 2009 kepada 2.21 billion pada tahun 2020. Dengan peningkatan aktiviti industri penghasilan sisa bandar juga meningkat malahan mencipta pelbagai bentuk dan jenis sisa yang perlu diuruskan dengan cekap dan berkesan. Sehubungan dengan itu keperluan untuk pengurusan sisa lestari adalah kritikal, kerana apabila sesebuah bandar membangun dan meningkatnya permintaan untuk sumber penghasilan sisa juga akan meningkat (Schulz 2007; Fernandez 2007). Hubungan proses metabolisme bandar dan penghasilan sisa akan meningkatkan keperluan untuk perkhidmatan tertentu terutamanya ruang, infrastruktur, kewangan, teknologi dan sumber manusia. Bandar dengan sumber yang terhad terutamanya ruang perlu ada sistem pengurusan sisa strategik bagi membolehkan mereka mengurus sisa bandar secara lestari. Salah satu pendekatan yang boleh diambil adalah dengan melaksanakan pengembalian sisa sebagai sumber bagi mengurangkan kebergantungan kepada ruang yang terhad, kewangan, teknologi, infrastruktur dan sumber manusia. Pengembalian semula sisa sebagai sumber terutama melalui kitar semula akan merubah proses metabolisme bandar daripada amalan linear kepada kitaran yang akan dapat meningkatkan kecekapan proses metabolisme bandar. Bagi sebuah bandar yang matang dimana terdapat keseimbangan input dan hasilan bandar, barangan kitar semula boleh diguna untuk menggantikan sebahagian besar sumber untuk input bandar (Xuemei 2007).

Menangani isu pengurusan sisa secara lestari tiada jawapan yang umum. Setiap aspek dalam aktiviti pengurusan bandar yang lestari perlu ditangani satu persatu, kerana kunoikan setiap isu tersebut. Mungkin ada kesamaan ilmu yang boleh digunapakai namun tidak secara spesifik. Perlunya kefahaman mengenai bidang-bidang ilmu yang penting mempengaruhi pengurusan sisa bandar lestari terutama dalam konteks untuk mengubah sisa tiada nilai kepada sumber bernilai. Sedemikian itu penggunaan pendekatan ekosistem dalam pengurusan sisa bandar boleh digunakan terutamanya untuk mengimplementasikan pengembalian semula sisa sebagai sumber didalam ekosistem bandar. Sehubungan dengan itu integrasi bidang-bidang ilmu ini perlu dipaksikan kepada satu pendekatan multidisiplin iaitu ilmu sains untuk kelestarian. Ia merupakan disiplin yang dapat menyediakan wadah bagi mengintegrasikan ilmu-ilmu sektoral dengan hasrat untuk mencapai objektif utama iaitu kelestarian. Malahan Komiya dan Takeuchi, (2006) mendefinisikan bahawa disiplin sains kelestarian ini mampu mengarah penyelidikan dan proses membuat keputusan kearah mencapai masyarakat lestari. Dalam konteks ini, kertas kerja ini menggarap kepentingan ilmu multidisiplin untuk kelestarian pengurusan sisa bandar bagi memastikan proses metabolisme bandar yang lestari.

#### MENANGANI ISU METABOLISME BANDAR DAN PENGHASILAN SISA

Setiap tahun penghasilan sisa oleh bandar-bandar di Malaysia meningkat terutamanya daripada aktiviti ekonomi, domestik dan perindustrian. Pengurusan sisa menjadi isu penting bandar di Malaysia kerana jumlah penghasilan sisa telah meningkat terutamanya sisa pepejal. Dianggarkan peningkatan dari 13,000 tan sehari pada tahun 1996 meningkat kepada 19,100 tan sehari pada tahun 2005. Dijangkakan penghasilan sisa domestik akan meningkat kepada 30,000 tan sehari pada tahun 2020 (KPKT 2004; JICA 2006). Kepentingan pengurusan sisa juga telah menyebabkan kos pengurusan yang agak tinggi, dimana dari tahun 1998 hingga 2007, Kementerian Perumahan dan Kerajaan Tempatan telah mengeluarkan perbelanjaan tambahan sebanyak RM 68.4 juta daripada belanjawan sedia ada setiap bandar di Malaysia khusus untuk

mengurus sisa bandar (KPKT 2009). Secara amnya perbelanjaan untuk pengurusan sisa oleh pihak berkuasa tempatan bandar di Malaysia dianggarkan sebanyak 30 hingga 40% perbelanjaan mengurus bandar oleh pihak berkuasa tempatan. Sehingga kini pendekatan yang diguna pakai oleh pengurus bandar adalah secara linear iaitu mengutamakan pelupusan sisa di tapak pelupusan. Sejumlah 95 hingga 97% sisa yang dikutip di Semenanjung Malaysia dibawa ketapak pelupusan hanya sekitar 3% hingga 5% sahaja dikembalikan semula samada melalui kitar semula, guna semula atau proses semula (JICA 2006). Kesan daripada pendekatan ini sejumlah besar sisa masuk kesistem semulajadi melalui tapak pelupusan yang mana memberi kesan negatif kepada kesihatan ekosistem alam sekitar. Isu kritikal disini jika terus menggunakan pendekatan linear adalah keperluan lebih banyak ruang yang bersesuaian untuk tapak pelupusan. Jadual 1, menunjukkan 176 tapak pelupusan masih lagi aktif digunakan, dimana sebahagian besar jangka hayat tapak pelupusan dianggarkan antara 8 hingga 15 tahun. Negeri yang mempunyai populasi besar dan pesat membangun seperti Selangor dan Pulau Pinang menunjukkan keadaan kritikal dimana jumlah tapak pelupusan yang kecil tidak mampu untuk menampung pertambahan penghasilan sisa dimasa hadapan. Malahan jika lebih banyak tanah diguna sebagai tapak pelupusan, ia akan mewujudkan lebih banyak tanah cemar yang tidak sesuai untuk diguna terutama untuk pertanian, hartanah dan institusi. Kesyediaan tanah untuk tapak pelupusan dibandar yang sedang membangun juga makin berkurangan kerana wujud persaingan dengan guna tanah lain terutama hartanah dan industri. Beberapa tapak pelupusan terpaksa ditutup awal kerana tekanan daripada peluasan kawasan perumahan yang mengarah ke tapak pelupusan. Sebagai contoh tapak pelupusan sanitari pertama Malaysia, di Air Hitam, Puchong Selangor, terpaksa ditutup awal kerana penduduk dikawasan perumahan berdekatan mahu ianya ditutup kerana masalah alam sekitar seperti pelepasan air larut lesapan, bau dan isu estetik. Namun begitu penghasilan sisa daripada bandar berterusan meningkat jumlahnya, amalan sekarang dan ruang yang ada tidak dapat mengurus sisa secara berkesan. Ini akan menyebabkan berlaku pelupusan sisa secara haram yang dilakukan dikawasan jauh dan terasing terutamanya diladang, kolam lombong tinggal, sungai, tasik dan kawasan hutan. Amalan ini memberi kesan negatif kepada alam sekitar dan kualiti bekalan sumber semulajadi terutamanya bekalan air bersih.

Jadual 1. Bilangan tapak pelupusan aktif dan tidak aktif di Malaysia sehingga 2009

Negeri	Bilangan Tapak Pelupusan Beroperasi	Bilangan Tapak Pelupusan Telah Tamat Operasi	Jumlah
Johor	13	21	34
Melaka	2	5	7
Negeri Sembilan	8	10	18
Selangor	6	12	18
Perak	20	9	29
Kedah	10	5	15
Pulau Pinang	1	2	3
Perlis	1	1	2
Pahang	19	13	32
Terengganu	9	12	21
Kelantan	13	4	17
Sarawak	51	12	63
Sabah	21	1	22
W.P. Kuala Lumpur	1	0	1
Jumlah	176	114	290

Sumber: JPSPN(a) 2010

Masalah sisa bandar akan berterusan jika sisa masih dilihat sebagai satu sumber tiada nilai. Pandangan ini perlu diubah jika hendak menangani isu ini dengan cekap. Sebahagian besar sisa bandar mempunyai nilai ekonomi, kandungan hampir 40% sisa boleh dikitar semula secara terus, ini termasuk plastik, besi, kertas dan kaca. Manakala 45% sisa yang terdiri daripada sisa makanan boleh diguna untuk pengkomposan bagi menghasilkan baja (JPSPN(b) 2010). Sehubungan dengan itu pengembalian sisa sebagai sumber telah diperkenalkan dan Kerajaan Malaysia, dan program kitar semula bermula pada tahun 1994 telah dilaksanakan oleh Kementerian Perumahan dan Kerajaan Tempatan (KPKT) dan Kementerian Sains, Teknologi dan Alam Sekitar. Program ini bermula secara sukarela terutamanya oleh masyarakat tempatan, badan bukan kerajaan dan syarikat multi-nasional. Program ini pada peringkat awal memberi tumpuan kepada kawasan bandar dan perindustrian tertentu. Namun begitu sambutan yang dingin telah memperlihatkan kegagalan program ini. Ini tidak membantutkan usaha kerana kesedaran keperluan untuk pengembalian semula sisa sebagai satu langkah untuk penyelesaian isu pengurusan sisa, KPKT telah melancarkan satu lagi program kitar semula di setiap bandar di Malaysia. Sehingga tahun 2002 terdapat sejumlah 170 pusat kitar semula di Malaysia (Jadual 2). Walaupun usaha ini merupakan tajaan Kerajaan Malaysia, pencapaian program kitar semula hanyalah sekitar 3% hingga 5% untuk jumlah keseluruhan sisa yang dihasilkan dari tahun 1997 hingga 2007. Beberapa faktor telah dikenalpasti mempengaruhi pencapaian yang rendah ini. Faktor-faktor ini merangkumi infrastruktur, kesedaran awam, budaya, sistem pengurusan, sokongan ekonomi, input teknologi dan sumber manusia. Namun begitu perubahan untuk bergerak daripada pendekatan linear kepada pendekatan kitaran telahpun bermula. Hasil daripada perubahan ini tidak boleh dicapai dengan pantas, ianya bergerak perlahan tetapi berkesan. Namun jika mahu perubahan ini bergerak pantas dan mendapatkan perubahan yang signifikan, perlu dikenalpasti pendekatan yang mampu mencapai kelestarian. Dalam usaha mengurus sisa bandar, pendekatan yang boleh digunapakai adalah dengan menggunakan pendekatan ekosistem. Dengan memakai konsep sisa sebagai sumber, pendekatan ekosistem akan menggunakan sisa sebagai sumber penting didalam ekosistem bandar. Sumber ini akan dikitar sebagai sumber alternatif dan dapat mengurangkan kebergantungan kepada sumber semulajadi.

Jadual 2. Pusat kitar semula di setiap negeri Malaysia, 2002

Negeri	Jumlah
Johor	23
Melaka	4
Negeri Sembilan	19
Selangor	15
Perak	23
Kedah	13
Pulau Pinang	8
Perlis	5
Pahang	22
Terengganu	0
Kelantan	0
Sarawak	22
Sabah	13
W.P. Kuala Lumpur	3
Jumlah	170

Sumber: KPKT 2004

---

PERUBAHAN UNTUK KELESTARIAN:  
PENDEKATAN EKOSISTEM UNTUK PENGURUSAN SISA BANDAR LESTARI

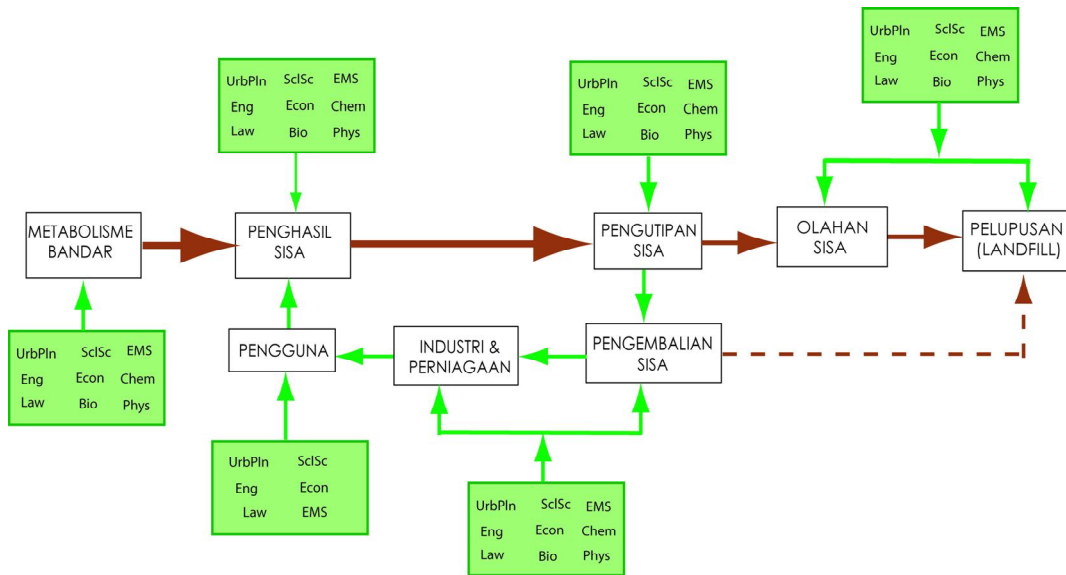
Keperluan untuk pengurusan sisa yang cekap didalam ekoistsem bandar adalah amat penting bagi memastikan kelestarian sesebuah bandar dimasa hadapan terutama untuk mencapai pembangunan lestari. Pendekatan ekosistem telah dikenalpasti sebagai pendekatan yang mengutamakan pengembalian semula sisa sebagai sumber. Ia juga memastikan pencapaian objektif utama sistem ekonomi yang mengitar secara amnya semua bahan yang digunakan oleh bandar dan melupuskan hanya sebahagian kecil sisa dan bahan cemar kedalam ekosistem bandar. Faktor utama untuk memastikan ekosistem bandar berfungsi dengan baik, ianya perlu memahami integrasi dan sinergi pihak berkepentingan, sumber dan sistem sokongan. Untuk melaksanakan pendekatan ekosistem ini perlu berlaku perubahan paradigma oleh semua pihak berkepentingan terutamanya agensi kerajaan, masyarakat, industri dan perniagaan. Perubahan paradigma ini perlu dilihat secara holistik dengan merangkumi semua faktor-faktor penting untuk pengurusan sisa lestari.

Salah satu aktiviti penting dalam usaha untuk mencapai pengurusan sisa bandar lestari adalah dengan melaksanakan pengembalian semula sisa sebagai sumber. Aktiviti ini penting bagi mengawal proses metabolisme bandar menjadi lebih cekap terutama dalam konteks penggunaan sumber tidak boleh diperbaharui. Kelancaran aliran sumber atau bahan didalam ekosistem bandar adalah penting untuk memastikan kecekapan proses metabolisme bandar. Sehubungan dengan itu aktiviti pengembalian sisa sebagai sumber akan menyumbang sumber alternatif untuk proses metabolisme bandar. Aktiviti ini mengutamakan kitar semula sisa, guna semula sisa dan pengurangan penghasilan sisa. Kitar semula sisa dibandar Malaysia kini merupakan aktiviti penting dan mendapat perhatian masyarakat. Dengan pertambahan penghasilan sisa dan pengurangan penghasilan sumber semulajadi ianya mewujudkan peluang-peluang tertentu terutamanya untuk pemuliharaan alam sekitar dan aktiviti ekonomi. Kitar semula sisa menggunakan konsep kitaran aliran bahan dan perubahan proses pembuatan industri yang disokong dengan pembangunan teknologi akan mewujudkan sumber alternatif baru dan menggalakkan kecekapan kos. Malahan dengan sokongan dasar Kerajaan yang dilengkapi dengan perundangan dan strategi ekonomi kitar semula akan menjadi salah satu aktiviti ekonomi penting didalam ekosistem bandar dimasa hadapan. Sehingga kini telah ada 170 industri kitar semula dibandar-bandar Malaysia, yang menunjukkan bahawa kitar semula sisa bukan sahaja untuk pemuliharaan alam sekitar tetapi mewujudkan peluang ekonomi dan pekerjaan. Selain daripada sisa domestik, sisa industri dari setiap bandar juga memberi jumlah sumber sisa yang boleh dikitar semula. Dianggarkan sebanyak 70% sisa industri telah dikembalikan semula sebagai sumber. Jumlah sisa pepejal industri dikembalikan semula telah meningkat daripada 5,405.1 tan sehari sisa pepejal pada tahun 1994 kepada 8,063.47 tan sehari pada tahun 2005. Manakala untuk sisa berbahaya pula sebanyak 45.75% sisa telah dikembalikan semula dari tahun 2000 hingga 2005. Peningkatan pengembalian semula sisa berjadual adalah dari 35% pada tahun 2000 kepada 58% pada tahun 2005. Untuk ini sejumlah 1.12 juta tan sisa berbahaya telah dikembalikan semula.

Sisa sebagai sumber alternatif bukan sahaja dikembalikan semula melalui pendekatan kitar semula sisa, guna semula sisa dan pengurangan penghasilan sisa. Sudah ada usaha untuk menggunakan sisa sebagai sumber untuk penghasilan tenaga. Sebagai contoh usaha oleh Recycle Energy sebuah syarikat yang menggunakan sisa sebagai sumber untuk menghasilkan tenaga. Stesen Janakuasa syarikat ini mempunyai keupayaan untuk memproses 700 tan sisa pepejal domestik sehari. Sisa ini dibentuk sebagai "Refuse Derive Fuel (RDF)". Stesen janakuasa ini mampu menghasilkan 5 megawatt (MW) tenaga elektrik sebulan yang mana ianya terus dibekalkan kepada grid tenaga kebangsaan.

SAINS KELESTARIAN UNTUK TANGANI ISU PENGHASILAN SISA DAN METABOLISME BANDAR

Usaha untuk merubah daripada pendekatan linear kepada kitaran untuk pengurusan sisa bandar bagi memastikan proses metabolisme yang cekap memerlukan juga input dan fahaman ilmu dan teknologi yang akan mendukung keperluan semasa pengurusan sisa bandar lestari dimasa hadapan. Sehubungan dengan perubahan daripada pendekatan linear kepada kitaran yang mengutamakan pendekatan ekosistem perlu juga didokong dengan pengetahuan dan kefahaman ilmu sains kelestarian. Ilmu sains kelestarian ini menggabungkan pelbagai bidang ilmu sektoral yang bergabung sebagai bidang ilmu multi-disiplin. Kenapa ilmu sains kelestarian ini penting kerana untuk memantapkan kefahaman bagaimana tindakan manusia menyebabkan perubahan "antropocene" terutamanya kepada ruwang, masa dan kesannya kepada alam sekitar, maka adalah perlu asas tertentu dibentuk bagi menggabungkan ilmu sains dan teknologi untuk mencapai kelestarian (Clark et al. 2005). Sehubungan dengan itu adalah penting untuk memahami hubungan sistemik antara pelbagai dimensi kelestarian, kerana untuk mencapai pembangunan lestari aspek dan proses hubungan ini perlu jelas difahami (Tohru et al. 2006).



Rajah 1. Sumbangan ilmu sektoral sebagai asas untuk ilmu sains kelestarian dalam pengurusan sisa bandar

UrbPln: perancangan bandar  
 SclSc: Sains Sosial  
 EMS: Sistem Pengurusan Alam Sekitar

Eng: Kejuruteraan  
 Econ: Ekonomi  
 Chem: Kimia

Law: Perundangan  
 Bio: Biologi  
 Phys: Fizik

Untuk ilustrasi bagaimana sains kelestarian membantu menangani isu-isu penting dalam usaha untuk mencapai pembangunan lestari, aspek pengurusan sisa bandar dan hubungannya dengan proses metabolisme bandar dibincangkan. Keseluruhan proses yang terlibat didalam pengurusan sisa bandar perlu dikenalpasti, terutamanya pihak yang terlibat, kaedah kendali, pelbagai kesan (kepada manusia, alam sekitar, ekonomi dan sebagainya), hasilnya dan input ilmu atau teknologi. Oleh kerana setiap proses ini berlaku pada kadar berbeza dan kesan berbeza perlu ada satu kefahaman dan asas definasi kerja yang sama untuk mencapai pengurusan sisa lestari kerana aplikasi kini yang ada dalam konteks kelestarian tidak setara apabila dilihat daripada pelbagai aspek ilmu (Shan-Shan & Lo 2003). Sehubungan dengan itu peranan bidang ilmu sektoral dan proses integrasi limu tersebut perlu dikenalpasti. Rajah 1

menunjukkan aliran sisa yang diurus didalam bandar. Rajah ini cuba memperjelaskan bagaimana input ilmu sektoral yang boleh digemblingkan dalam pentas multidisiplin dengan berasaskan ilmu sains untuk kelestarian. Bermula dengan proses metabolisme bandar sehingga kepada proses pengembalian sisa, guna semula sisa sebagai sumber dan akhirnya kepada pelupusan, sumbangan ilmu untuk mengurus secara lestari adalah penting diperjelaskan dan difahami.

Mekanisme bagaimana bidang ilmu ini boleh menyumbang dan memberi manfaat perlu dibangunkan. Diperingkat awal ini mekanisme ini boleh dibentuk dengan memahami bagaimana transisi pendekatan linear kepada kitaran ini boleh berlaku. Kemudiannya dikenalpasti apakah faktor-faktor input yang mempengaruhi proses transisi ini dan bagaimana ia memberi kesan terutama dalam proses untuk mengembalikan semula sisa sebagai sumber untuk metabolisme bandar. Dalam konteks ini sumbangan ilmu sektoral yang dipaksakan atas ilmu sains kelestarian memainkan peranan penting supaya transisi berlaku dengan cekap dan dapat difahami dengan sebaik mungkin.

Dengan mengambil contoh aktiviti pengembalian sisa sumbangan ilmu sektoral yang digemblingkan menggunakan pentas ilmu sains kelestarian dibincangkan. Untuk memastikan proses pengembalian sisa bandar yang cekap, setiap proses yang terlibat perlu dikenalpasti dan difahami mekanismenya, tindakannya, kesannya dan hasilnya. Dalam konteks ini input ilmu sektoral yang digemblingkan dengan asas sains kelestarian akan dapat memperjelaskan proses yang berlaku. Penjelasan ini penting bagi memastikan adakah proses pengembalian sisa ini memberi kesan positif atau negatif kepada manusia atau alam sekitar. Dalam setiap aspek yang berlaku dalam proses ini interaksi manusia, teknologi, input sumber, kesan kesan (manusia, alam sekitar, sosial, ekonomi) dan hasilannya perlu dikenalpasti. Proses, input dan mekanisme untuk interaksi yang telah dikenalpasti ini boleh membantu memantapkan atau memperbaiki setiap proses yang terlibat dalam aktiviti pengembalian semula sisa. Daripada Rajah 1, aktiviti ini perlukan input ilmu penting seperti perancangan bandar, sains sosial, sains fizikal, sains biologi, ekonomi, kejuruteraan, perundangan dan pengurusan alam sekitar. Jadual 3 menunjukkan ilmu sektoral penting sebagai input untuk setiap proses bagi aktiviti pengembalian semula sisa.

Jadual 3. Input ilmu sektoral untuk setiap proses aktiviti pengembalian semula sisa

Ilmu Sektoral	Proses
Perancangan bandar, Kejuruteraan, Perundangan, Sains Sosial, Ekonomi, Sistem Pengurusan Alam Sekitar	Kaedah dan sistem pengutipan sisa untuk pengembalian semula sebagai sumber.
Kejuruteraan, Sains Sosial, Biologi, Sistem Pengurusan Alam Sekitar, Kimia, Fizik	Pencirian sisa sesuai untuk dikembalikan semula sebagai sumber.
Kejuruteraan, Perundangan, Sains Sosial, Ekonomi, Biologi, Sistem Pengurusan Alam Sekitar, Kimia, Fizik	Penetapan piawai sisa untuk dikembalikan semula.
Kejuruteraan, Sains Sosial, Ekonomi, Biologi, Sistem Pengurusan Alam Sekitar, Kimia, Fizik	Penetapan kaedah pengembalian semula sisa mengikut kesesuaian sisa: <ul style="list-style-type: none"> <li>■ Kitar semula</li> <li>■ Guna semula</li> <li>■ Baiki semula</li> <li>■ Pelupusan selepas proses kembali semula</li> </ul>
Kejuruteraan, Sains Sosial, Ekonomi,	Pembangunan teknologi untuk pengembalian



---

Biologi, Sistem Pengurusan Alam Sekitar, Kimia, Fizik	semula mengikut kesesuaian sisa.
Perancangan bandar, Kejuruteraan, Perundangan, Sains Sosial, Ekonomi, Biologi, Sistem Pengurusan Alam Sekitar, Kimia, Fizik	Penggunaan teknologi dan kesannya
Perancangan bandar, Kejuruteraan, Perundangan, Sains Sosial, Biologi, Sistem Pengurusan Alam Sekitar, Kimia, Fizik	Perundangan untuk pemantauan aktiviti pengembalian semula sisa.
Perancangan bandar, Kejuruteraan, Perundangan, Sains Sosial, Ekonomi, Biologi, Sistem Pengurusan Alam Sekitar, Kimia, Fizik	Pemantauan dan pengurusan impak (manusia, alam sekitar, sosial, ekonomi).
Kejuruteraan, Perundangan, Sains Sosial, Ekonomi, Biologi, Sistem Pengurusan Alam Sekitar, Kimia, Fizik	Penentuan nilai ekonomi dan pasaran hasilan aktiviti pengembalian semula.

---

Mekanisme dan proses interaksi ilmu sektoral ini bergantung kepada objektif setiap proses dan permasalahan yang hendak ditangani. Setiap proses adalah unik sehubungan dengan itu mekanisme dan proses interaksi akan berbeza bentuk, pendekatan dan kadar masa. Namun begitu proses perundingan pihak berkepentingan dan pertemuan teknik setiap ilmu sektoral masih lagi menjadi asas utama mekanisme interaksi ilmu sektoral ini.

#### KESIMPULAN

Apabila sesebuah bandar membangun permintaan untuk perkhidmatan ekosistem yang cekap akan meningkat. Impak yang kompleks hasil daripada pertambahan penduduk dan peningkatan aktiviti didalam sesebuah bandar memerlukan tindakan pelbagai dimensi. Pendekatan sedia ada perlu diubah untuk menangani permasalahan pengurusan sisa bandar yang bertambah kompleks dan menekan. Sehubungan dengan itu pendekatan untuk mengurangkan penghasilan sisa dan mengalih aliran sisa daripada terus dilupuskan ke alam sekitar perlu dilaksanakan. Hasrat ini boleh dilakukan dengan melaksanakan pendekatan pengembalian semula sisa sebagai sumber. Sebahagian besar sisa bandar sebenarnya mempunyai nilai ekonomi dan sosial yang boleh diguna untuk menampung keperluan proses metabolisme bandar. Pengembalian semula sisa sebagai sumber juga mempelbagaikan lagi sumber alternatif untuk bandar selain daripada tujuan utama untuk pemuliharaan alam sekitar dan memastikan kecekapan fungsi ekosistem bandar. Namun begitu perubahan pengurusan sisa daripada pendekatan linear kepada pendekatan kitaran yang mengutamakan pengembalian semula sisa sebagai sumber bukanlah satu perkara yang mudah. Ianya perlu didokong oleh satu kefahaman ilmu dan maklumat yang menggembungkan perlbagai ilmu sektoral. Integrasi ilmu ini perlu digembungkan melalui ilmu sains untuk kelestarian yang mana dapat mengintegrasikan maklumat dan ilmu yang sektoral untuk membuat keputusan dan tindakan bagi menangani setiap proses yang penting untuk menampung keperluan metabolisme bandar dan pengurusan sisa bandar lestari. Adalah penting untuk mewujudkan satu pentas kesetaraan antara ilmu sektoral yang mendokong ilmu sains untuk kelestarian bagi memastikan setiap pihak berkepentingan menerima dan memahami setiap permasalahan dengan setara. Dengan kefahaman setara ini setiap perancangan dan

tindakan yang akan diambil akan memastikan pengurusan sisa bandar lestari dan memastikan proses metabolisme yang cekap untuk mencapai pembangunan lestari dimasa hadapan. Kajian kepentingan interaksi pelbagai bidang ilmu ini penting sebagai asas dan input penting bagi memastikan kelestarian pengurusan sisa bandar Malaysia di masa hadapan.

#### RUJUKAN

- Boydon, S., Millar, S., Newcombe, K. & O'Neill, B. 1981. *The ecology of a city and its people, the case study of Hong Kong*. Canberra: Australian National University Press.
- Clark, W.C., Crutzen, P.J. & Schellnhuber, H.J. 2005. "Science for Global Sustainability: Toward a New Paradigm." CID Working Paper No. 120. Cambridge, MA: Science, Environment and Development Group, Center for International Development, Harvard University; also published as Ch. 1 in *Earth System Analysis for Sustainability*. Edited by Hans Joachim Schellnhuber, Paul J. Crutzen, William C. Clark, Martin Claussen, and Hermann Held. Cambridge, MA: MIT Press.
- Douglas, I. 1983. *The urban environment*. London: Edward Arnold.
- Douglas, I., Hodgson, R. & Lawson, N. 2002. Industry, environment and health through 200 years in Manchester. *Ecological Economics* 41(2): 235-255.
- Fernandez, J.E. 2007. Resource consumption of new urban construction in China. *Journal of Industrial Ecology* 11(2): 99-115.
- JICA. 2006. The Study on National Waste Minimisation in Malaysia. Ministry of Housing and Local Government Malaysia.
- JPSPN(a). 2010. Bilangan tapak pelupusan sisa pepejal mengikut negeri. <http://www.kpkt.gov.my/jpspn/main.php?Content=sections&SectionID=59> (21 Julai 2010).
- JPSPN(b). 2010. Komposisi sisa pepejal di Malaysia 2005 (RMK9) <http://www.kpkt.gov.my/jpspn/main.php?Content=sections&SectionID=55> (21 Julai 2010).
- KPKT. 2004. Perangkaan Kementerian Perumahan dan Kerajaan Tempatan (KPKT) 2002. <http://www.kpkt.gov.my/statistik/perangkaan2002/kandungan.htm>. (18.09.2004).
- KPKT. 2009. Annual Report 2009. Kementerian Perumahan dan Kerajaan Tempatan
- Schulz, N.B. 2007. The direct material inputs into Singapore's development. *Journal of Industrial Ecology* 11(2): 117-131.
- Shan-shan Chung & Lo, C.W.H. 2003. Evaluating sustainability in waste management: The case of construction and demolition, chemical and clinical wastes in Hong Kong. *Resources, Conservation and Recycling* 37: 119-145.
- Tohru Morioka, Osamu Saito & Helmut Yabar. 2006. The pathway to a sustainable industrial society – initiative of the Research Institute for Sustainability Science (RISS) at Osaka University. *Sustainable Science* 1: 65-82.
- Wolman, A. 1965. The metabolism of cities. *Scientific American* 213(3): 179-190.
- Xuemei Bai. 2007. Industrial Ecology and the Global Impacts of Cities. *Journal of Industrial Ecology* 11(2): 1-6.

Ahmad Fariz Mohamed, Ph.D.  
Profesor Madya  
Institut Alam Sekitar dan Pembangunan (LESTARI)  
Universiti Kebangsaan Malaysia  
43600 UKM, Bangi Selangor, MALAYSIA.  
E-mail: [fariz@ukm.my](mailto:fariz@ukm.my) / [afm3778@hotmail.com](mailto:afm3778@hotmail.com)

Abdul Samad Hadi, Ph.D.  
Felo Utama  
Institut Alam Sekitar dan Pembangunan (LESTARI)  
Universiti Kebangsaan Malaysia  
43600 UKM, Bangi Selangor, MALAYSIA.  
E-mail: [asamad@ukm.my](mailto:asamad@ukm.my)

*Shaharudin Idrus, M. Env. Mgmt.*  
*Pensyarah Kanan*  
*Institut Alam Sekitar dan Pembangunan (LESTARI)*  
*Universiti Kebangsaan Malaysia*  
*43600 UKM, Bangi Selangor, MALAYSIA.*  
E-mail: [dinn6358@gmail.com](mailto:dinn6358@gmail.com)

*Muhammad Rizal Razman, Ph.D.*  
*Profesor Madya*  
*Institut Alam Sekitar dan Pembangunan (LESTARI)*  
*Universiti Kebangsaan Malaysia*  
*43600 UKM, Bangi Selangor, MALAYSIA.*  
E-mail: [mrizal@ukm.my](mailto:mrizal@ukm.my)

*Abdul Hadi Harman Shah*  
*Profesor Madya*  
*Pusat Pengajian Sains Pembangunan,*  
*Fakulti Sains Sosial dan Kemanusiaan,*  
*Universiti Kebangsaan Malaysia,*  
*43600 UKM, Bangi, Selangor, MALAYSIA.*  
E-mail: [aharmans@ukm.my](mailto:aharmans@ukm.my)