LIFE CYCLE ASSESSMENT PADA PENGELOLAAN SAMPAH KOTA

LIFE CYCLE ASSESSMENT IN MUNICIPAL WASTE MANAGEMENT

Rizqi Puteri Mahyudin
Program Studi Teknik Lingkungan, Fakultas Teknik, Universitas Lambung Mangkurat, Jl. A. Yani Km. 35,5 Banjarbaru Kalimantan Selatan
E-mail: rizqiputeri@ulm.ac.id

ABSTRAK

Life Cycle Assessment (LCA) atau pendekatan daur hidup adalah sebuah alat yang mempelajari aspek lingkungan dan dampak penting melalui daur hidup suatu produk dari perolehan bahan mentah sampai hasil produksi, penggunaan dan pemrosesan akhir. Pendekatan LCA telah banyak dilakukan untuk membandingkan alternatif proses produksi dan ini mencakup penggunaan LCA untuk membandingkan strategi pengelolaan sampah. LCA dapat digunakan secara luas untuk menilai dampak lingkungan semua jenis pilihan strategi pengelolaan sampah dan sangat membantu pengambil keputusan untuk mempertimbangkan strategi terpilih terutama dengan mempertimbangkan aspek dampak lingkungan.

Kata kunci: Dampak lingkungan, *Life Cycle Assessment*, pengelolaan sampah.

ABSTRACT

Life Cycle Assessment (LCA) or life cycle approach is a tool that studies environmental aspects and significant impacts through the life cycle of a product from raw material acquisition to production, use and final processing. The LCA approach has been widely used to compare production process alternatives and this includes the use of LCA to compare waste management strategies. LCA can be widely used to assess the environmental impact of all types of waste management strategy options and is very helpful for decision makers to consider the chosen strategy especially by considering environmental impact aspects.

Keywords: Environmental impact, Life Cycle Assessment, waste management.

1. PENDAHULUAN

Dalam menghadapi tantangan perubahan iklim global, penentuan strategi menyelamatkan lingkungan telah diintegrasikan ke berbagai macam teknik pengambil keputusan. Informasi dari berbagai aspek lingkungan dalam berbagai sistem telah dikembangkan melalui banyak perangkat dan indikator diantaranya *Life Cycle Assessment* (LCA), *Strategic Environmental Assessment* (SEA), *Environmental Impact Assessment* (EIA), *Environmental Risk Assessment* (ERA), *Cost-Benefit Analysis* (CBA), *Material Flow Analysis* (MFA), dan *Ecological Footprint*. Menurut Morissey & Brown (2004), model pengelolaan sampah Kota yang sebagian besar merupakan penunjang dalam pengambilan keputusan dapat dikelompokkan menjadi tiga yaitu model yang berdasarkan analisis manfaat dan biaya *(cost benefit*), berdasar LCA (*Life Cycle Assessment*)/analisis daur hidup, dan berdasar pengambilan keputusan multikriteria.

Life Cycle Assessment (LCA) atau pendekatan daur hidup adalah sebuah alat yang mempelajari aspek lingkungan dan dampak penting melalui daur hidup suatu produk dari perolehan bahan mentah sampai hasil produksi, penggunaan dan pembuangan akhir (ISO 14040, 2006). SETAC (Society of Enviromental Toxicology and Chemistry) (2002) yang mendefinisikan LCA sebagai suatu proses objektif yang mengevaluasi beban lingkungan yang dihubungkan dengan produk, proses atau aktivitas dengan mengidentifikasi dan menghitung energi dan material yang digunakan dan yang dilepaskan ke lingkungan, untuk menilai dampak dari energi dan material yang digunakan tersebut, dan mengevaluasi peluang yang mungkin untuk diterapkan untuk peningkatan kinerja lingkungan.

2. KERANGKA KERJA LCA

LCA memungkinkan pengambil keputusan dan pengelola sampah untuk mempelajari perubahan dalam sistem yang mempengaruhi lingkungan melalui analisis skenario (Winkler dan Bilitewski, 2007). LCA adalah salah satu perangkat yang efektif untuk mengukur aliran dinamik sumberdaya dan dapat memberikan informasi penting mengenai beban lingkungan per kg atau per ton dari sampah yang dihasilkan (Ekvall *et al.*, 2007). Di saat sebagian besar penelitian daur hidup (LCA) telah melakukan pengukuran perbandingan dari produk pengganti yang memiliki fungsi yang mirip (misalnya antara gelas kaca dengan plastik untuk kemasan minuman), telah ada trend baru penggunaan pendekatan LCA untuk membandingkan alternatif proses produksi dan ini mencakup penggunaan LCA untuk membandingkan strategi pengelolaan sampah (Finnveden, 1999).

Masing-masing langkah dasar dalam kerangka kerja LCA memiliki rincian sebagai berikut:

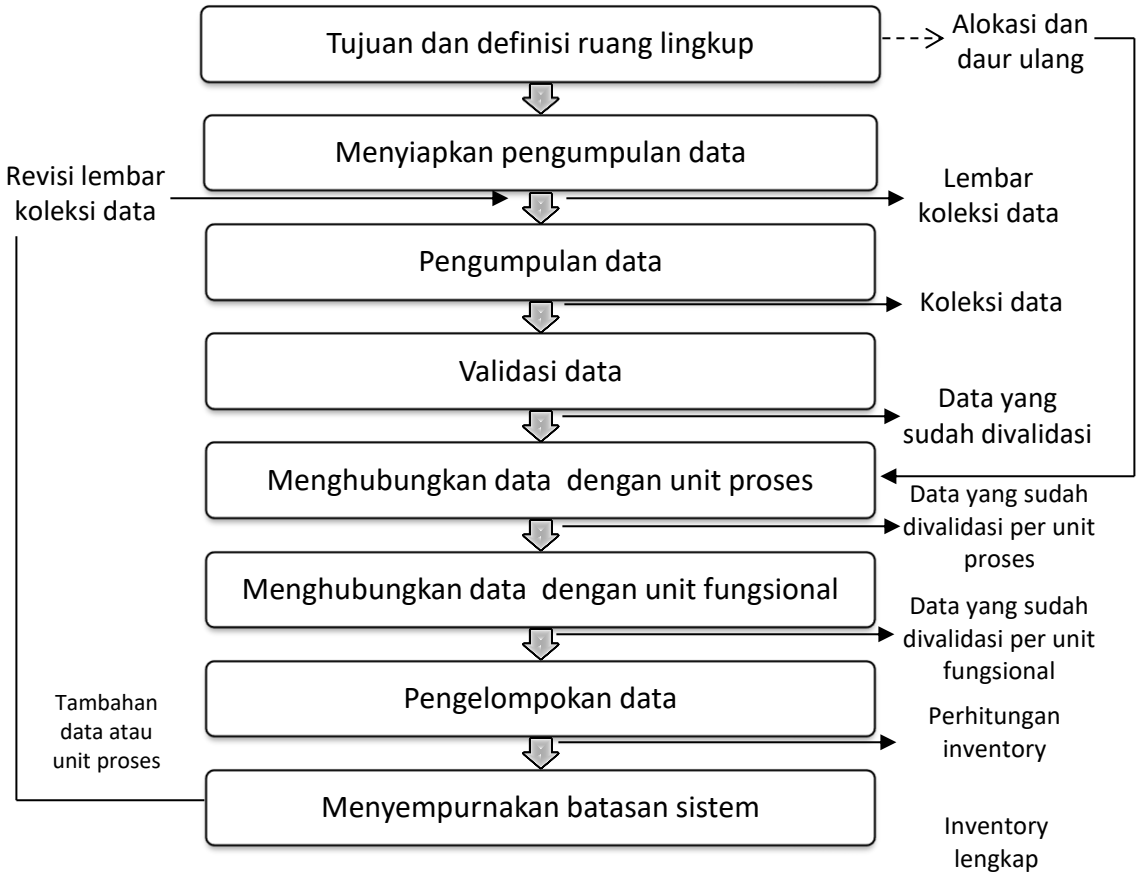
1. Tujuan dan ruang lingkup, menjelaskan alasan mengapa penelitian ini dilaksanakan dan aplikasi penelitian. Dalam McDougall (2001) mengatakan bahwa dalam penentuan tujuan terdapat 3 pertanyaan utama yaitu:
   a. Apa tujuan penelitian? Berikut ini adalah beberapa contoh penentuan tujuan:
      - Untuk memprediksi *enviromental performance* (emisi dan konsumsi sumberdaya)
      - Untuk memperoleh perhitungan "*What if*". LCI pada sampah dapat digunakan untuk mengetahui pengaruhnya terhadap dampak lingkungan dari perubahan sistem pengelolaan sampah.
      - Untuk mendukung keberlanjutan lingkungan
      - Untuk mendemonstrasikan interaksi pada sistem
      - Untuk menyediakan data pengelolaan sampah
   b. Apa yang akan dibandingkan? Unit fungsional yang digunakan?

      Fungsional unit adalah unit yang akan dibandingkan dalam LCI. Dalam LCI pengelolaan sampah, unit fungsional didefinisikan sebagai masukan pada sistem. Dapat berupa sampah yang dikelola oleh sebuah rumah tangga atau jumlah total sampah yang ditentukan pada suatu wilayah pada batas waktu tertentu (misalnya 1 tahun).

      Model LCA pengelolaan sampah seringkali menghitung beban lingkungan per kg atau per ton dari sampah yang dihasilkan (Ekvall *et al.*, 2007). Beberapa penelitian menggunakan unit fungsional 1 ton sampah (Abduli *et al.*, 2010; Gunamanta, 2010; Banar *et al.*, 2008). Unit fungsional 1 ton digunakan jika dua sistem pengelolaan sampah yang berbeda dibandingkan. Perhitungan juga dapat dibuat berdasarkan jumlah rata-rata tahunan dari sampah yang diolah. Periode waktu ini mencerminkan seluruh kegiatan yang menimbulkan dampak lingkungan
   c. Apa batasan sistem penelitian? Batasan sistem dalam pengelolaan sampah dimulai dari saat sebuah benda menjadi sampah dengan berkurangnya nilai sampai meninggalkan sistem pengelolaan sampah sebagai emisi.
2. Inventori daur hidup (*Life Cycle Inventory*/LCI), bertujuan untuk mengidentifikasi dan mengkuantifikasi aliran bahan, energi, dan emisi yang dilepaskan ke lingkungan, menghitung seluruh material dan energi masukan serta keluaran sepanjang daur hidup dari produk atau jasa. Analisis LCI berpusat pada pengumpulan data dan prosedur perhitungan yang diperlukan untuk melengkapi penemuan.

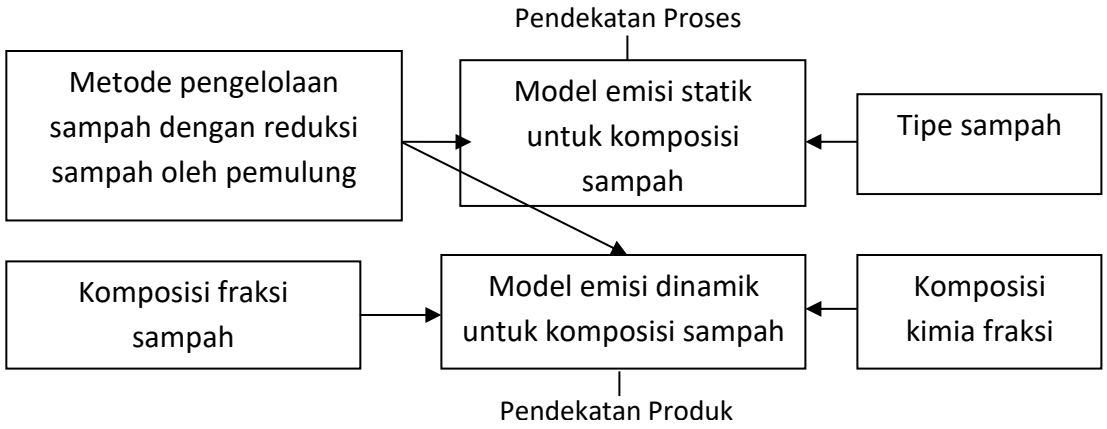
   Tahapan LCI pada pengelolaan sampah terdiri atas dua langkah. Tahap pertama sistem pengelolaan sampah yang telah ditentukan harus dideskripsikan. Sejumlah besar data diperlukan untuk menunjukkan bagaimana sampah dikelola pada sistem dan kemana rute material melalui sistem, contohnya berapa banyak jumlah sampah rumah tangga yang dipilah pada fasilitas pemilahan, berapa jumlah fraksi sampah yang dipisahkan, apakah sampah organik dibuat menjadi kompos atau dibiarkan dengan residu sampah, berapa proporsi sampah yang diinsinerasi atau langsung dibuang ke TPA dll. Tahapan kedua

adalah masukan dan keluaran pada proses yang terpilih harus dihitung menggunakan data yang sudah siap untuk setiap proses (McDougall, 2001).
Prosedur LCI dilakukan sebagai berikut:



Gambar 1. Prosedur LCI (ISO 14041, 1998)

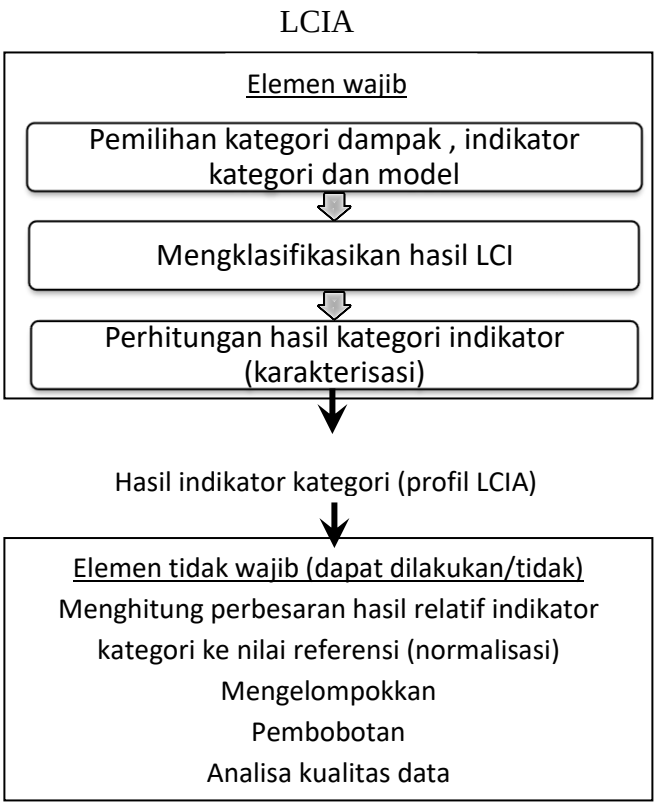
Terdapat dua jenis pendekatan pada LCI yaitu pendekatan proses dan pendekatan produk (Gambar 2). Penelitian ini menggunakan pendekatan proses yaitu pendekatan yang menggunakan faktor emisi dan faktor sumber daya yang siap pakai untuk metode pengolahan sampah yang berbeda. Sedangkan pendekatan produk adalah menggunakan model spesifik metode pengelolaan sampah yang menghitung emisi dan konsumsi sumberdaya berdasarkan komposisi fraksi sampah dan konten dari fraksi sampah.



Gambar 2. Ilustrasi input pada prediksi model faktor emisi pengelolaan sampah

3. Perkiraan dampak daur hidup (*Life Cycle Impact Assessment*/LCIA), mengelompokkan atau mengklasifikasikan data masukan dan keluaran pada LCI ke dalam kategori dampak tertentu dan digabungkan sehingga diperoleh suatu indikator kategori dampak. Atau dengan kata lain memodelkan masukan dan keluaran untuk setiap kategori menjadi indikator yang terpisah. Indikator tersebut merepresentasikan potensi dampak lingkungan dari kategori dampak. Tahap ini mengaitkan penemuan masukan dan keluaran dengan masalah lingkungan utama seperti pemanasan global, asidifikasi, eutrofikasi, pengurangan sumber daya, pencemaran logam berat dan lain-lain.
   Menurut ISO 14042 (2000), fase LCIA terdiri atas beberapa unsur wajib dengan tahapan yaitu:
   - Pemilihan kategori dampak, indikator kategori dan model karakterisasi
   - Penilaian hasil LCI (klasifikasi)
   - Penghitungan hasil indikator kategori (karakterisasi).

   Elemen yang dapat dipilih atau tidak untuk LCIA adalah normalisasi, pengelompokan, pembobotan dan analisis kualitas data. Untuk unsur wajib pada LCIA, setiap kategori dampak menggunakan konstanta faktor karakterisasi untuk menghitung kontribusi penting pada kategori dampak dari komponen yang teridentifikasi pada LCI.
   Berikut ini adalah elemen LCIA:



Gambar 3. Prosedur LCIA (ISO 14042, 2000)

Berikut ini adalah pemaparan tahapan pada LCIA (McDougall, 2001):

a. Pemilihan kategori dampak. Kategori dampak harus dipilih berdasarkan tujuan dan ruang lingkup penelitian. Beberapa kategori dampak yang sering diperiksa adalah pemanasan global, asidifikasi, eutrofikasi, toksisitas terhadap manusia, deplesi sumberdaya.
b. Klasifikasi: tahapan klasifikasi memerlukan identifikasi dari inventori data yang sesuai dengan setiap kategori dampak spesifik dan penempatan hasil LCI yang tepat untuk masing-masing kategori. Data dapat digunakan oleh lebih dari satu kategori, misalnya NOx untuk dampak pemanasan global dan efek asidifikasi.
c. Karakterisasi: tahapan ini bertujuan untuk menyediakan dasar pengelompokan hasil inventori menjadi indikator untuk setiap kategori. Setiap kategori dampak memerlukan model spesifik untuk mengubah hasil inventori menjadi indikator.
d. Normalisasi: jika tahapan ini dilakukan, tahapan ini mencakup menghubungkan data yang sudah dikarakterisasi dengan data atau situasi yang lebih luas. Misalnya menghubungkan emisi SOx dengan emisi SOx total Kota.

e. Pembobotan: tahapan ini merupakan proses mengkonversi hasil indikator dari berbagai kategori dampak menjadi nilai-nilai menggunakan faktor numerik berdasarkan nilai.

Interpretasi daur hidup, bertujuan untuk mengidentifikasi dan mengevaluasi informasi dari hasil LCI dan LCIA sesuai dengan tujuan dan ruang lingkup yang telah ditentukan.

3. PENELITIAN YANG BERHUBUNGAN DENGAN LCA PENGELOLAAN SAMPAH

LCA banyak digunakan untuk mengambil keputusan strategi pengelolaan sampah di banyak negara dan dalam banyak kasus. Penelitian Ozeler *et al.* (2006) membandingkan pilihan strategi pengelolaan sampah yang paling ramah lingkungan dengan perbandingan strategi yang cukup luas cakupannya untuk Kota Ankara. Pada sebagian besar kategori, skenario pengurangan sampah dari sumber adalah metode pengelolaan yang paling layak. Kontribusi terendah pada pemanasan global ada pada skenario proses digesti anaerobik.

Beberapa penelitian memfokuskan perbandingan dampak lingkungan yang timbul pada beberapa pilihan strategi pengelolaan TPA (Abduli *et.al*, 2010; Del Borghi *et al*, 2007; Gunamanta, 2010; Cherubini *et al.*, 2008). Abduli *et.al* (2010) menggunakan LCA untuk membandingkan dampak lingkungan yang ditimbulkan pada pengelolaan TPA yaitu antara strategi pengelolaan sampah dengan *landfill* yang dikombinasikan dengan pengomposan di Tehran dengan metode LCA. Berdasarkan hasil perbandingan, skenario pengomposan yang dikombinasikan dengan *landfill* menyebabkan gangguan kesehatan pada manusia lebih sedikit dibanding dengan skenario *landfill* saja. Del Borghi *et al.* (2007) menggunakan LCA untuk mengevaluasi dampak lingkungan potensial dari penumpukan sampah Kota di *sanitary landfill* pada empat studi kasus dan untuk membandingkan teknologi yang berbeda pada penanganan sampah, manajemen lindi dan gas pada kerangka *Enviromental Product Declaration*. Penelitian ini menemukan bahwa produk yang dihasilkan oleh tiap *landfill* berbeda dalam bentuk dan dampak lingkungan. Dapat ditentukan strategi *landfill* yang memiliki dampak lingkungan pada setiap fase, sumberdaya yang digunakan dan kategori dampak yang terendah menggunakan aplikasi PSR 2003.

Dari penjabaran berbagai macam penelitian yang menggunakan LCA, maka dapat diperoleh kesimpulan bahwa LCA dapat digunakan secara luas untuk menilai dampak lingkungan semua jenis pilihan strategi pengelolaan sampah dan sangat membantu pengambil keputusan untuk mempertimbangkan strategi terpilih terutama dengan mempertimbangkan aspek dampak lingkungan.

4. KESIMPULAN

Dari penjabaran berbagai macam penelitian yang menggunakan pendekatan LCA, maka dapat diperoleh kesimpulan bahwa LCA dapat digunakan secara luas untuk menilai dampak lingkungan semua jenis pilihan strategi pengelolaan sampah dan sangat membantu pengambil keputusan untuk mempertimbangkan strategi terpilih terutama dengan mempertimbangkan aspek dampak lingkungan.

DAFTAR PUSTAKA

Abduli M.A., Naghib A., Yonesi M., Akbari A. 2010. *Life Cycle Assessment* (LCA) of solid waste management strategies in Tehran: *landfill* and composting plus *landfill*. Environ Monit Asses Journal. DOI 10.1007/s10661-010-1707-x. Springer Science+Business Media B.V.

Banar M., Cokaygil Z., Ozkan A. 2008. *Life Cycle Assessment* of solid waste management options for Eskisehir Turkey. Waste Management (2008), doi:10.1016/j.wasman.2007.12.006

Del Borghi A., Binaghi, L., Del Borghi M., Michella G. 2010. The application of the enviromental product declaration to waste disposal in a sanitary *landfill*. Int J LCA;12 (1): 40-49.

Ekvall T., Assefa G., Bjorklund A., Erikssin O., Finnveden G. 2007. What life-cycle assessment does and does not do in assessments of waste management. Waste Management; 27:989–996.

Finnveden, G., 1999. Methodological aspects of *Life Cycle Assessment* of integrated solid waste management systems. Resources, Conservation and Recycling; 26 (3–4):173–187.

Gunamanta M., 2010. *Life Cycle Assessment* pilihan pengelolaan sampah : Studi kasus wilayah kartamantul propinsi d.i. Yogyakarta (*Life Cycle Assessment* of solid wastemanagement options: Case study of the kartamantul regions, province of d.i. Yogyakarta). J. MANUSIA DAN LINGKUNGAN, Vol. 17, No.2, Juli 2010: 78-8

McDougall, F.; White, P.; Franke, M. and Hindle, P. 2001. Integrated Solid wase Management: Life Cycle Inventory Second Edition. Blackwell Publishing Company. Malden USA

Morissey A.J. and Browne J. 2004. Waste management models and their application to sustainable waste management. Waste Management; 24(2004): 297–308

Ozeler D., Yetis U., Demirer G.N. 2006. *Life Cycle Assessment* of municipal solid waste management methods: Ankara case study. Environment International Journal 32 (2006) 405 – 411.

ISO 14040. 2006. Environmental Management – *Life Cycle Assessment* – Principles and Framework. International Standardization Organisation.

SETAC. 2002. *A Technical Framework for Life Cycle Assessments*. Washington D.C. SETAC Foundation.

Winkler J. dan Bilitewski B. 2007. Comparative evaluation of *Life Cycle Assessment* models for solid waste management. Waste Management 27 (2007) 1021–1031.