

BAB 2

TINJAUAN PUSTAKA

2.1. Life Cycle Assessment

Life cycle Assessment digunakan dalam evaluasi dan perbandingan dampak skenario pengolahan dalam tiap tahapan daur hidup produk dimulai dari bahan mentah, akuisisi, pemrosesan, distribusi, penggunaan dan hasil akhir. (Saer., et al. 2013). Menurut ISO 14040, LCA merupakan teknik untuk melakukan assessment pada dampak lingkungan yang memiliki hubungan dengan suatu produk. LCA memiliki metode dengan basis keseluruhan siklus proses mulai dari awal produksi hingga pengolahan limbah untuk mengetahui aspek dari tahapan daur hidup seperti jumlah energi, biaya sampai dampak lingkungannya. Berdasarkan ISO 14044 terdapat empat batasan sistem LCA, yakni:

a. Cradle to grave

Batasan ini termasuk dalam setiap proses dan dampak lingkungan yang memiliki hubungan dengan siklus produk yang dimulai dari cradle (ekstraksi bahan baku), proses produksi, pembuatan, distribusi dan penggunaan konsumen sampai proses pembuangan hasil produk contohnya penimbunan atau penggunaan kembali dengan daur ulang.

b. Cradle to gate

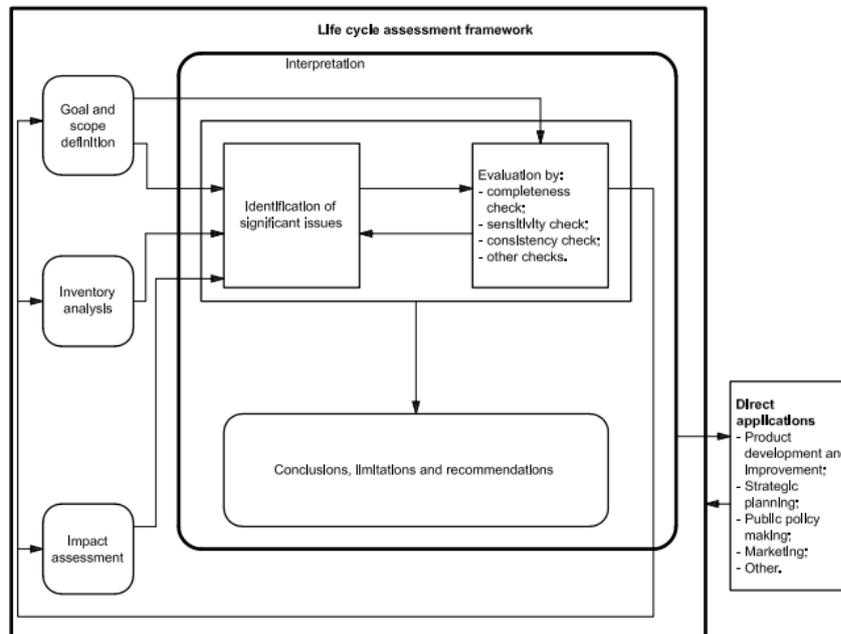
Konsep berkaitan dengan penilaian dampak lingkungan yang memiliki hubungan dengan siklus produk hulu, dimulai dari ekstraksi bahan baku hingga proses pembuatan.

c. Gate to gate

Terfokuss hanya pada dampak lingkungan di tempat pengolahannya dan digunakan dalam penentuan dampak lingkungan dari proses produksi saja.

d. Cradle to Cradle

Konsep ini memiliki kaitan dengan meminimalisir jumlah buangan yang dihasilkan pada siklus hidup produk dengan memanfaatkan sebagai sumber daya atau merubah menjadi produk yang memiliki nilai tinggi.



Gambar 2. 1 Life Cycle Assessment Framework

Sumber Gambar : Vogeli, Y. et al., 2014. *Anaerobic Digestion of Biowaste in Developing Countries, 2014: Eawag-Swiss Federal Institute of Aquatic Science and Technology.*

Terdapat empat fase dalam studi LCA menurut ISO 14044 sebagaimana tertera pada gambar diatas, yaitu :

1. *Goal and Scope definition*

Fase penentuan tujuan dan ruang lingkup LCA termasuk batasan dalam sistem dan tingkat kedetailannya. Tahapan ini mencakup definisi tujuan, lingkup, fungsi, unit yang akan digunakan, batasan sistem, prosedur, kategori dan metodologi dampak, interpretasi data, asumsi, alternatif cara serta aliran referensi.

2. *Life Cycle Inventory (LCI)*

Fase inventarisasi data input dan output yang memiliki kaitan dengan sistem yang sedang dipelajari dan analisa, berikut perhitungan input dan output untuk pemenuhan tujuan dari studi LCA. Data ini dapat diklasifikasikan menjadi input energi, bahan baku, tambahan, emisi udara, buangan air dan tanah, serta aspek lingkungan lain.

3. *Life Cycle Impact Assessment (LCIA)*

Fase yang memberikan informasi dalam penilaian hasil sehingga diketahui

dampak signifikan terhadap lingkungan. Proses ini mengaitkan data inventaris dengan klasifikasi dampak lingkungan dan indikator kategori.

4. *Life Cycle Interpretation*

Fase interpretasi adalah fase akhir prosedur LCA, hasil LCI dan LCIA yang didapat diringkas dan didiskusikan untuk penentuan kesimpulan, rekomendasi dan keputusan yang sejalan dengan tujuan dan ruang lingkup yang telah ditetapkan.

2.2. *Anaerobic Digester*

Anaerobic digestion adalah sebuah proses dekomposisi zat organik yang mudah terurai yang berlangsung dalam kondisi yang terkontrol dan melibatkan berbagai jenis mikroorganisme dalam kondisi tanpa oksigen, biasanya akan menggunakan atau dilakukan pada ruang tertutup dan kedap udara (Marco Ricci, 2016). Proses *Anaerobic Digester* ini secara alamiah juga sering terjadi di lingkungan sekitar kita dengan contoh, di lingkungan rawa atau di dalam usus besar binatang ternak. Dengan menggunakan rekayasa teknologi, proses *Anaerobic digester* ini dapat diaplikasikan untuk membantu proses dekomposisi zat organik di dalam reaktor/tangki kedap udara, yang umumnya dapat disebut sebagai digester, untuk memproduksi energi terbarukan, yaitu biogas. Berbagai jenis mikroorganisme terlibat dalam proses degradasi secara anaerobik ini, dimana produknya adalah biogas dan digestate (Marco Ricci, 2016).

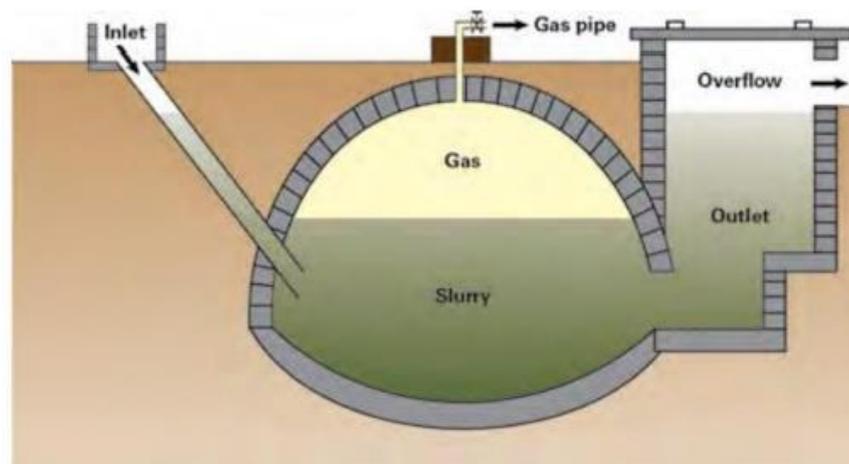
Dalam proses *anaerobic digester* ini, terdapat beberapa faktor yang mempengaruhi yaitu:

1. Temperatur,
2. pH,
3. Rasio karbon-nitrogen (rasio C/N),
4. Inokulasi dan start-up,
5. laju beban organik (*organic loading rate*),
6. waktu detensi (*hydraulic retention time*),
7. sistem pengadukan,
8. dan yang terakhir Inhibitor.

Salah satu output yang dihasilkan dari proses *anaerobic digester* adalah biogas. Biogas merupakan salah satu solusi energi alternatif ramah lingkungan. Biogas mudah digunakan khususnya untuk kalangan masyarakat pedesaan yang memelihara hewan ternak sapi. Biogas merupakan salah satu produk yang dapat dihasilkan dari pemanfaatan limbah kotoran ternak, khususnya ternak sapi. Selain dapat menjadi bahan yang dapat digunakan sebagai sumber energi alternatif, pengolahan kotoran ternak menjadi biogas juga tentunya dapat mengurangi dampak pencemaran limbah ternak kepada lingkungan.

Anaerobic digester itu sendiri memiliki berbagai macam dan jenis bentuk dan teknologi untuk digunakan dan diimplementasikan sesuai dengan kebutuhannya. Beberapa jenis dari anaerobik digester adalah:

1. *Fixed Dome Digester*,



Gambar 2. 2 *Fixed Dome Digester*

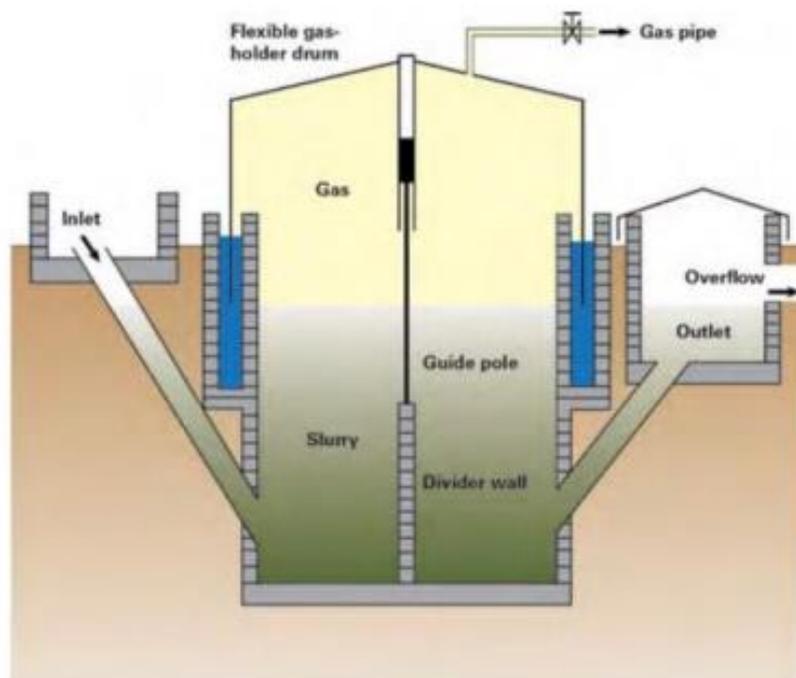
Sumber : Vogeli, Y. et al., 2014. *Anaerobic Digestion of Biowaste in Developing Countries, 2014: Eawag-Swiss Federal Institute of Aquatic Science and Technology.*

Fixed Dome Digester merupakan *Anaerobic digester* seperti namanya, merupakan digester yang tetap dan tidak bisa dipindahkan. seperti contoh pada gambar diatas, *Fixed Dome Digester* berada di bawah tanah (sistem tanam) dengan bentuk seperti kubah. Digester ini dibangun di bawah permukaan tanah salah satunya adalah untuk menjaga temperatur suhu pada waktu malam yang biasanya akan menurun

daripada suhu saat di siang hari. Satu unit dari *Fixed Dome Digester* ini berukuran sekitar 30m³.

Salah satu tempat yang menggunakan teknologi *anaerobic digester* seperti ini adalah pada IRRC (*Integrated Resource Recovery Center*) yang di Mantung, Malang, Jawa Timur. pada IRRC mereka memiliki sejumlah unit yang digunakan untuk melakukan proses pengolahan limbah ternak yaitu Manure atau kotoran sapi dan juga sejumlah sampah organik yang didapatkan dari pasar mantung yang letaknya berdekatan dengan IRRC itu sendiri.

2. *Floating Drum Digester*,



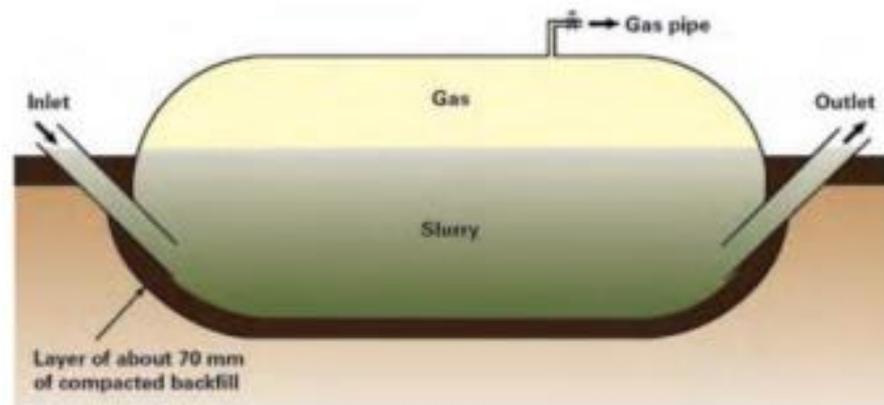
Gambar 2. 3 *Floating Drum Digester*

Sumber : Vogeli, Y. et al., 2014. *Anaerobic Digestion of Biowaste in Developing Countries, 2014: Eawag-Swiss Federal Institute of Aquatic Science and Technology.*

Floating Drum Digester terdiri dari digester berbentuk silinder dengan bagian atas berfungsi untuk menyimpan gas yang dapat mengembang dan naik mengikuti volume gas yang masuk dan tertampung di dalamnya. *Floating Drum Digester* merupakan salah satu

jenis digester yang biasanya di buat di bawah tanah, dengan bagian penampung gas yang dapat bergerak fleksibel ditempatkan di atas permukaan tanah. Hasil produksi biogas akan terkumpul di dalam drum gas yang dapat naik dan turun bergantung pada volume gas yang tertampung didalamnya. Ketinggian drum gas ini juga dapat berfungsi sebagai indikator visual untuk memperkirakan volume gas di dalam drum karena ukurannya yang dapat berubah dan bentuknya yang dapat naik turun sesuai dengan jumlah biogas yang terkandung di dalamnya. Desain ukuran digester tipe floating drum bervariasi di kisaran 1-50 m³.

3. *Tubular Digester,*

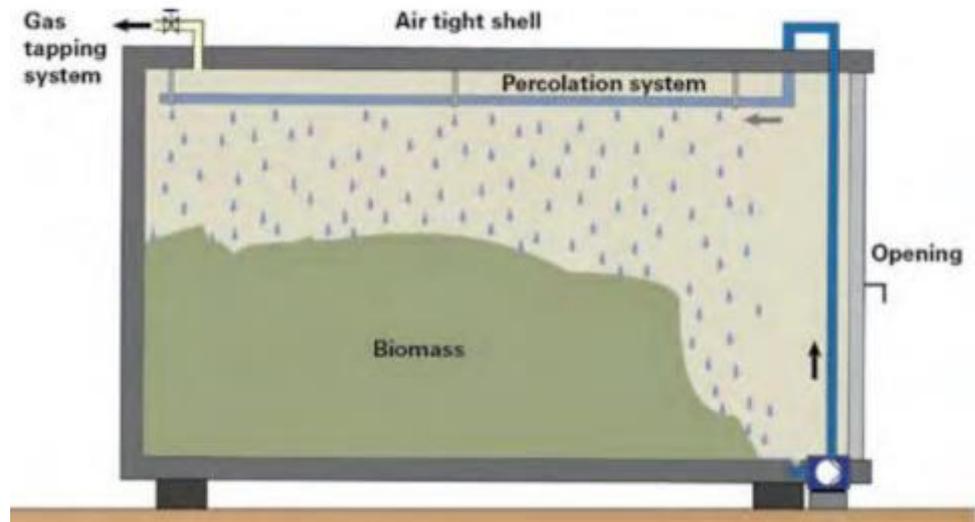


Gambar 2. 4 *Tubular Digester*

Sumber : Vogeli, Y. et al., 2014. *Anaerobic Digestion of Biowaste in Developing Countries, 2014: Eawag-Swiss Federal Institute of Aquatic Science and Technology.*

Tubular Digester merupakan digester dengan bentuk oval dan terbuat dari plastik atau karet yang tahan terhadap cuaca dan sinar matahari yang berfungsi ganda yaitu sebagai proses digester dan penyimpan biogas yang dihasilkan. Bahan plastik yang biasa digunakan biasanya adalah jenis *polyethylene* dengan 2 lapisan. Digester dengan jenis tubular ini hanya cocok dioperasikan dengan sistem basah dan kontinu, sehingga dalam penyiapan substrat dibutuhkan penambahan air.

4. *Garage-type Digester,*



Gambar 2. 5 Garage-Type Digester

Sumber : Vogeli, Y. et al., 2014. *Anaerobic Digestion of Biowaste in Developing Countries*, 2014: Eawag-Swiss Federal Institute of Aquatic Science and Technology.

Garage-Type Digester berbeda dengan jenis digester sebelumnya. Digester tipe garasi ini dioperasikan dengan mode batch dan sistem kering. Sampah domestik dimasukkan ke dalam suatu reaktor sederhana seperti garasi dengan pintu yang kedap udara. Sistem kering yang dimaksud disini adalah air dan mikroorganisme yang digunakan sebagai campuran dengan sampah organik tidak dicampur secara langsung menjadi satu, melainkan pada sistem ini air dan campuran mikroorganisme yang digunakan disemprotkan kepada sampah organik yang telah dimasukkan kedalam wadah kedap udara tersebut, yang mana residu atau sisa air yang telah disemprotkan tersebut akan ditampung pada bagian bawah digester untuk kemudian dialirkan kembali pada tangki penyimpanan air yang nantinya air tersebut bisa kembali digunakan untuk disemprotkan pada sampah organik.

2.3. Composting

Composting merupakan proses penguraian materi organik dalam sampah dengan bantuan dari mikroorganisme yang dilakukan secara alamiah untuk menghasilkan produk hasil bermanfaat bagi dunia pertanian berupa pupuk kompos

yang tidak berbahaya bagi tanaman dan tumbuhan. Proses ini dapat dilakukan secara terbuka (*aerob*) atau tertutup (*anaerob*), umumnya proses pengomposan aerob terjadi cukup lama selama 3-4 bulan, sedangkan anaerob terjadi dengan cukup singkat menggunakan bantuan aktivator campuran bahan organik dan mikroorganisme. (Eliana, dkk., 2017).

Kompos biasanya terbuat dari sampah organik baik dedaunan atau kotoran hewan yang ditambahkan sehingga tercipta keseimbangan unsur nitrogen dan karbon yang membantu mempercepat proses pembusukan. Rasio C/N yang ada harus ideal sehingga sesuai dengan standar kualitas kompos ideal pada SNI 19-7030-2004 (Suwatanti dan Widiyaningrum, 2017).

Rasio C/N tersebut adalah sama dengan C/N tanah (<20). Tanah yang baik dan sehat memiliki kelarutan unsur anorganik yang tinggi, kandungan asam amino, zat gula, dan zat bioaktif hasil aktivitas mikroorganisme bertambah dan pertumbuhan dari tanaman menjadi optimal. Dalam proses pengomposan terjadi perubahan unsur kimia, yakni:

1. Karbohidrat, selulosa, hemiselulosa, lilin, dan lemak menjadi H₂O dan CO₂
2. Senyawa organik terurai menjadi senyawa yang mampu diserap tanaman

Kotoran sapi memiliki kandungan Nitrogen, Phospor, dan Kalium yang tinggi sehingga baik untuk diolah menjadi pupuk kompos yang mampu memenuhi kebutuhan unsur hara tanah dan memperbaiki struktur tanah. (Setiawan, 2002 dalam Sutrisno, 2019).

2.4. SimaPro

SimaPro merupakan sebuah aplikasi yang diakui dan dikembangkan oleh konsultan PRE yang memiliki fokus terhadap LCA dan dapat membantu penggunaannya untuk melakukan pengamatan terkait LCA dengan memasukan siklus yang ingin diamati dampak lingkungannya. Aplikasi ini telah ada dipasar selama lebih dari 20 tahun. Simapro digunakan untuk mengumpulkan, menganalisis, dan memantau dampak lingkungan pada suatu produk maupun layanan. Pengguna dapat mengoperasikan simapro dengan mudah dengan membuat model dan menganalisis LCA yang kompleks secara sistematis dan transparan sesuai dengan seri ISO 14040. Cara pengaplikasian software atau aplikasi ini adalah dengan membuat siklus LCA

secara detail disetiap siklus seperti bahan, proses, transportasi, daur ulang, penggunaan kembali, dan pembuangan, lalu hasil jaringan siklus hidup serta dampak ekologis yang ada. Simapro juga memiliki penyajian hasil yang jelas dan presisi (Arba & Thamrin, 2022).