

BAB 2

TINJAUAN PUSTAKA

2.1. Tinjauan Umum

2.1.1. Kriteria Kawasan Perdagangan

Pasar didefinisikan sebagai suatu kawasan terjadinya kegiatan transaksi jual-beli barang untuk pemenuhan kebutuhan. Terdapat dua kategori pasar didasarkan pada pola manajemen pengelolaannya yaitu pasar tradisional (pasar rakyat) dan pasar modern (Azizah, 2019).

Peraturan Daerah Kota Surabaya Nomor 1 Tahun 2015 menyebutkan bahwa pasar rakyat terbagi menjadi dua jenis, yaitu pasar umum dan pasar khusus. Berikut merupakan detail jenis pasar :

1. Pasar Umum

a. Pasar induk

Pasar induk merupakan pasar yang menjadi menjadi pusat distribusi dimana para petani akan menjual hasil produksinya kepada pedagang secara grosir. Kriteria batasan luas untuk pasar induk yaitu :

- Lebar jalan minimal 14 meter
- Luas lahan pasar minimal 22000 m²

b. Pasar kawasan

Pasar kawasan menjadi pasar dengan lingkup pelayanan yang menjangkau beberapa wilayah pemukiman dan produk yang ditawarkan sangat beragam. Kriteria batasan luas untuk pasar kawasan yaitu :

- Lebar jalan minimal 9 meter
- Luas lahan pasar minimal 2000 m²

c. Pasar lingkungan

Pasar lingkungan merupakan pasar yang memiliki lingkup lebih kecil dari pasar kawasan dimana lingkup pelayanannya hanya menjangkau satu wilayah pemukiman dan jenis produk yang

ditawarkan biasanya berupa kebutuhan pokok. Kriteria batasan luas untuk pasar lingkungan yaitu :

- Lebar jalan minimal 6 meter
- Luas lahan pasar minimal 200 m²

2. Pasar Khusus

Pasar khusus merupakan pasar yang secara khusus atau spesifik menawarkan satu jenis produk seperti pasar burung, pasar ikan hias, pasar barang bekas, pasar tanaman, dan sejenisnya. Kriteria batasan luas untuk pasar khusus yaitu :

- Lebar jalan minimal 9 meter
- Luas lahan pasar minimal 2000 m²

Pasar modern merupakan pasar yang menjual berbagai macam produk dengan sistem pelayanan mandiri. Bentuk toko modern dapat berupa Minimarket, Supermarket, Department Store, dan Hypermarket. Adapun kriteria toko modern dalam Permendag No.53 Tahun 2008 adalah sebagai berikut :

- a. *Minimarket*. Kriteria batasan luas lantai penjualan yaitu kurang dari 400 m².
- b. *Supermarket*. Kriteria batasan luas lantai penjualan yaitu 400 m²-5.000 m².
- c. *Hypermarket*. Kriteria batasan luas lantai penjualan yaitu lebih dari 5.000 m².
- d. *Department Store*. Kriteria batasan luas lantai penjualan yaitu lebih dari 400 m².
- e. *Perkulakan*. Kriteria batasan luas lantai penjualan yaitu lebih dari 5.000 m².

2.1.2. *Food Loss dan Waste (FLW)*

Kehilangan pangan ini dapat diartikan sebagai proses penurunan kuantitas makanan pada tiap tahap rantai pasok pangan, terutama pada jenis makanan yang dikonsumsi oleh manusia (FAO, 2011; Trabold & Babbitt, 2018). BAPENAS dalam laporan kajiannya mengatakan bahwa 10% dari total pasok bahan pangan merupakan *food waste* (FW). Faktor penyebab atau pendorong FLW dibagi menjadi

dua, yaitu faktor langsung dan tidak langsung. Penyebab langsung yaitu tindakan atau bentuk manajemen pelaku dalam rantai pasok pangan yang dengan langsung menimbulkan FLW, sedangkan untuk faktor tidak langsung dapat berupa kondisi sistemik ekonomi, budaya masyarakat, dan politik dari sistem pangan. Teridentifikasi 10 penyebab/pendorong FLW di Indonesia yang masuk dalam golongan sangat penting dan 8 penyebab/pendorong berada dalam golongan cukup penting (BAPENAS, 2021).

Tabel 2.1 Penyebab dan Pendorong FLW di Indonesia

Penyebab & Pendorong FLW di Indonesia			
Tipe	Sangat Penting	Tipe	Cukup Penting
D	Kurangnya Implementasi <i>Good Handling Practice</i> (GHP)	I	Harga pasar
D	Kualitas ruang penyimpanan yang kurang optimal	I	Rantai pasok pangan yang kurang efisien
I	Standar kualitas pasar & preferensi konsumen	D	Misinterpretasi waktu kadaluarsa & baik sebelum
I	Kurangnya informasi/edukasi pekerja pangan & konsumen	D	Penyiapan bahan pangan yang belum optimal
D	kelebihan porsi & perilaku konsumen	I	kurangnya regulasi sampah makanan
D	keterbatasan teknologi	I	Keterbatasan akses terhadap modal
I	Persaingan pasar & keterbatasan daya beli konsumen	D	Waktu pemanenan yang kurang tepat
D	Teknik pemanenan yang kurang baik	D	Produksi berlebih
I	Keterbatasan infrastruktur		
D	Kualitas kemasan/wadah yang buruk		

Sumber : BAPENAS, 2021

2.1.3. Rantai Pasok Pangan

Tahapan rantai pasok pangan dimulai dari tahap produksi bahan pangan sampai pada tahap akhir yaitu konsumsi produk atau bahan pangan, dimana didalamnya juga mencakup kegiatan ekonomi seperti proses pemrosesan, pengiriman, grosir dan eceran.

Galanakis (2019) menyebutkan bahwa kehilangan/sampah hasil pertanian di lahan pertanian mayoritas disebabkan oleh serangga, penyakit, dan kondisi cuaca. Sedangkan untuk produk di bidang peternakan berhubungan dengan sakit dan kematian pada tahap pembiakan sapi, babi, dan daging unggas, serta ikan yang dibuang pada saat penangkapan.



Gambar 2.1 Rantai Pasok Pangan Untuk Food Loss dan Food Waste

Sumber : (BAPENAS, 2021)

Kehilangan/sampah pascapanen merujuk pada cara penanganan serta penyimpanan pascapanen (ketika makanan memasuki proses sortir dan pembekuan). Beralih pada tahap pemrosesan dan pengemasan dimana makanan akan diproses menjadi berbagai macam produk (ketika makanan berada dalam proses pengupasan atau pemotongan), tahap distribusi dan pemasaran (ketika makanan sedang diangkat, dimuat, dan didistribusikan), dan tahap konsumsi dimana pada tahap ini sampah makanan dapat bersumber baik dari lingkup rumah tangga maupun di luar rumah. Kehilangan/sampah pangan pada tahap konsumsi dapat berupa surplus makanan atau berupa sisa makanan.

2.1.4. Hirarki sampah makanan

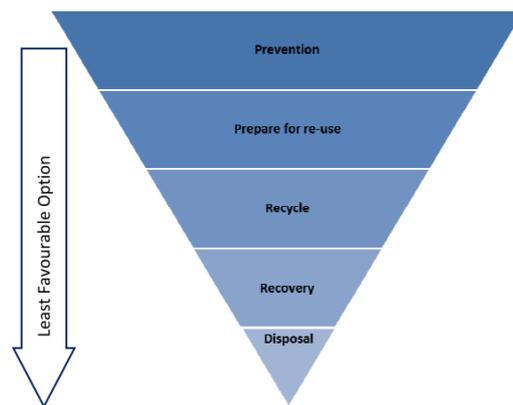
Tujuan dari hirarki limbah adalah untuk mengidentifikasi opsi yang paling mungkin memberikan hasil lingkungan terbaik secara keseluruhan. Fokus hierarki sampah pada faktor lingkungan di atas ekonomi telah menjadi dasar kritik dari sejumlah ekonom yang mendesak agar hierarki sampah dianggap sebagai pedoman yang fleksibel untuk merumuskan strategi sampah (Papargyropoulou et al., 2014).

Pencegahan berada pada bagian teratas dari piramida FSWL. Ini berarti bahwa upaya terbesar harus ditempatkan pada menjaga makanan yang dapat dimakan. Pencegahan dari sumbernya dapat dilakukan melalui logistic maupun perangkat manajemen yang lebih baik (pada taraf produksi, pengolahan, dan ritel), atau dapat juga menargetkan pada pengetahuan, sikap/perilaku, maupun kebiasaan konsumsi konsumen (taraf konsumsi) (Garrone et al., 2014; Papargyropoulou et al., 2014; Teigiserova et al., 2020).

Tingkat kedua mewakili penggunaan kembali. Kelebihan pangan adalah satu-satunya fraksi yang dapat langsung digunakan kembali untuk konsumsi manusia dan sering menjadi bagian dari strategi atau studi pencegahan (Garrone et al., 2014; Mourad, 2016; Teigiserova et al., 2020). Karena sifat makanan yang sangat mudah terdegradasi, penggunaan kembali makanan berlebih berkaitan dengan norma

keamanan dan kebersihan yang ketat, yang dapat membatasi jumlah makanan yang digunakan kembali dan akibatnya meningkatkan food waste (FW) (Priefer et al., 2016; Teigiserova et al., 2020).

Selanjutnya beralih pada hirarki Recycle dan Recovery sering digunakan bergantian meski keduanya merupakan dua kategori yang berbeda. redistribusi makanan kadang-kadang disebut sebagai *recovery* (Garrone et al., 2014), sedangkan food waste (FW) yang digunakan sebagai pakan ternak termasuk sebagai *recycle*.



Gambar 2.2 Hirarki *Food Waste*

Sumber : Papargyropoulou et al., 2014

2.1.5. Dampak Timbulan sampah makanan

Terdapat 11 kategori pangan dalam Neraca Bahan Makanan (NBM) seperti padi-padian, makanan berpati, gula, buah biji berminyak, buah-buahan, sayur-sayuran, daging, telur, susu, ikan, serta minyak dan lemak. Berdasarkan perbandingan antara timbulan FLW dengan total suplai domestik pada 11 kategori pangan, sayur-sayuran memiliki perentase kehilangan paling besar yaitu sebesar 62,8% dari suplai domestik yang tersedia (BAPENAS, 2021).

Sampah pasar Kota Surabaya menghasilkan timbulan sampah sayuran dan makanan sebesar 385,87 ton/hari. Sampah pasar sebagian besar memiliki komposisi sampah sayuran dan makanan sangat berpotensi menyumbang emisi CH_4 dan CO_2 . Dalam kondisi tidak adanya reduksi maupun daur ulang pada sumber sampah, sampah pasar dapat menghasilkan emisi gas CH_4 sebesar 4,9 Gg/tahun dan gas CO_2

sebesar 226,9 Gg/tahun dengan karbon stok 61,91 Gg/tahun (Brigita & Rahardyan, 2013).

Berdasarkan peninjauan menggunakan pendekatan penilaian siklus hidup, FLW tidak hanya mewakili tantangan untuk meningkatkan ketahanan pangan dan gizi global, tetapi juga merupakan pemborosan sumber daya alam yang terbatas (Vilariño et al., 2017). Tidak semua FLW memiliki dampak yang sama. Dampak lingkungan dari FLW yang berbeda telah dinilai dalam beberapa penelitian (Food and Agriculture Organization, 2013; Kummu et al., 2012; Song et al., 2015; Zhao et al., 2021) dalam hal emisi GRK, penggunaan lahan, dan air konsumsi per kalori, menyarankan agar pengurangan FLW tidak hanya berorientasi pada komoditas dengan bagian kehilangan kalori yang lebih tinggi, tetapi juga memperhatikan dampak keseluruhan dari masing-masing komoditas (Shafiee-Jood & Cai, 2016).

2.1.6. Fasilitas Pengelolaan Sampah

Dalam UU No. 18 Tahun 2008 pengelolaan sampah didefinisikan sebagai suatu kegiatan yang sistematis dan didalamnya terdapat upaya dalam pengurangan jumlah timbulan sampah. Terdapat beberapa upaya pengelolaan sampah yang dapat dilakukan yaitu pengomposan, daur ulang/*recycling*, pembakaran (insinerasi) dan lain-lain. Berikut merupakan contoh teknologi pengolahan secara biologis :

1. Windrow Composting

Pengomposan merupakan proses mikrobiologi dimana bahan organik akan diubah menjadi bahan yang stabil, berwarna coklat seperti tanah. *Windrow Composting* melibatkan aktivitas mikroba dalam kondisi aerobik, sehingga prosesnya dilakukan ditempat terbuka. Sampah biodegradable ditimbun dalam tumpukan panjang (*windrows*). Selama proses degradasi material, suhu setinggi 70 °C dapat dicapai di tengah tumpukan. Suhu tinggi ini berkontribusi pada higienisasi tumpukan dengan menghilangkan sebagian patogen dan biji gulma.

Hal yang perlu diperhatikan dalam proses pengontrolan yaitu komposisi bahan organik (rasio karbon-nitrogen), ukuran partikel, ruang udara bebas, aerasi, suhu, kelembaban, dan pH. Tujuan dari proses pengontrolan adalah untuk mencapai degradasi yang cepat dan kompos

yang baik karena apabila kondisinya tidak optimal, prosesnya mungkin melambat atau mungkin tidak terjadi sama sekali.

Tabel 2.2 Pertimbangan Teknis Komposting Windrow

TECHNICAL CONSIDERATION	Lifetime installation	15-30 years
	Proceessing time	3-6 months
	Pengurangan massa	35-40%
	Labour (n° of operators)	1 – 2 (<1 ton/day) or 1 – 2,5 (> 1 ton/day)
	Operating temperatures	>0°C (big piles) or >150°C (small piles)
	Surface needs	180 – 300 m ² per 1 ton/day
	Water needs	5 – 100 L/ton
	Energy needs	30 – 55 kWh/ton or none (manual)
¹ tergantung pada bahan konstruksi; ² Tergantung pada operasi; ³ Jika skala Komersial, kebutuhan energi akan tergantung pada mesin yang digunakan dan kebutuhan instalasi listrik		
SUITABLE	Range of acceptable moisture	Coarse : 70-75%; Fine : 55-65%
	Range of acceptable C:N	20 – 50
	Ph	5,5 – 7,5
	Example – suitable :	Example – unsuitable
	<ul style="list-style-type: none"> • Garden trimmings • Vegetable waste • Fruit waste • Fish or meat waste • Animal manure 	<ul style="list-style-type: none"> • Big chunks of woody material, coconut shells • Feedstock with high salt content or other plant damaging pollutants • Feedstocks with high oil or fat content

(Sumber : Zabaleta et al., 2020)

Luaran utama dari proses ini yaitu kompos dengan warna coklat tua, tekstur yang rapus seperti tanah, dan memiliki aroma yang menyerupai tanah. Kualitas dari kompos bergantung dari bahan baku yang digunakan dan proses kontrol kualitas selama proses berlangsung. Disamping itu luaran lain dari proses pengomposan adalah lindi, uap air, dan karbon dioksida.

2. In-Vessel Composting

Pengomposan In-Vessel adalah proses yang sama seperti yang dijelaskan di atas, composting jenis ini menggunakan bejana berputar yang diputar secara manual atau mekanis dengan tujuan untuk mempercepat proses pengomposan sebab cara pengomposan seperti ini memungkinkan terjadinya peningkatan aerasi.

Tabel 2.3 Pertimbangan Teknis Komposting In-Vessel

TECHNICAL CONSIDERATION	Lifetime installation	15-30 years
	Proceessing time	2 - 3 months
	Pengurangan massa	35-50%
	Labour (n° of operators)	1 (<1 ton/day) or 1 – 2 (> 1 ton/day)
	Operating temperatures	<ul style="list-style-type: none"> • Non-heated : >0°C (big vessels) or >15°C (small vessels) • Heated : non-influential
	Surface needs	85 m ² per 1 ton/day
	Water needs	5 – 60 L/ton
	Energy needs	165 – 190 kWh/ton or none (manual)
¹ Tergantung pada pemeliharaan; ² Tergantung pada operasi; ³ Jika skala Komersial, kebutuhan energy akan tergantung pada mesin yang digunakan dan permintaan untuk instalasi listrik		
SUITABLE	Range of acceptable moisture	Coarse : 70-75%; Fine : 55-65%
	Range of acceptable C:N	20 – 50
	pH	5,5 – 7,5

Example – suitable :	Example – unsuitable
<ul style="list-style-type: none"> • Garden trimmings • Vegetable waste • Fruit waste • Fish or meat waste • Animal manure 	<ul style="list-style-type: none"> • Big chunks of woody material, coconut shells • Feedstock with high salt content or other plant damaging pollutants • Feedstocks with high oil or fat content

(Sumber : Zabaleta et al., 2020)

3. Vermicomposting

Vermicomposting didefinisikan sebagai degradasi aerobik dan stabilisasi bahan organik oleh mikroorganisme dan cacing tanah dalam kondisi yang terkendali. Komunitas mikroba membantu mendegradasi bahan organik melalui langkah pertama degradasi aerobik. Kemudian, cacing tanah dengan kepadatan tinggi memakan limbah dan menghasilkan coran cacing tanah, juga disebut kascing.

Eisenia fetida adalah spesies cacing yang paling sering digunakan. Siklus hidup lengkap *E. fetida* adalah sekitar 70 hari, dan beratnya dua kali lipat setiap 60 – 90 hari. Cacing menjadi dewasa setelah kira-kira 50 hari, dan mulai menghasilkan kepompong setelah 55 hari (yaitu 4-5 hari setelah kawin). Masa inkubasi kepompong kurang lebih 23 hari. Kepadatan normal populasi cacing berkisar antara 2,5 – 5 kg cacing/m².

Produk utama yang dihasilkan dari vermicomposting adalah kascing, lindi (teh cacing) dan cacing. Kascing adalah bahan yang stabil, berwarna coklat tua, berbutir, seperti tanah. penelitian telah menunjukkan bahwa ia memiliki tingkat nutrisi yang lebih tinggi daripada kompos. Lindi dari tempat sampah cacing juga dapat digunakan sebagai pupuk cair, yang biasanya digunakan dalam sistem skala kecil. Cacing tanah kaya akan protein (65%) dan mengandung semua asam amino esensial yang dibutuhkan untuk pakan ternak.

Mereka dianggap sebagai pakan probiotik yang baik atau digunakan sebagai aditif untuk pakan ikan atau unggas.

Tabel 2.4 Pertimbangan Teknis Vermicomposting

TECHNICAL CONSIDERATION	Lifetime installation	15-30 years
	Proceessing time	1,5 – 2,5 months
	Pengurangan massa	40-80%
	Labour (n° of operators)	1-2 (<1 ton/day) or 1 – 2 (> 1 ton/day)
	Operating temperatures	Min : 15°C, opt : 20 – 25°C, max : 35°C
	Surface needs	300 - 580 m ² per 1 ton/day
	Water needs	5 – 40 L/ton
	Energy needs	30 – 55 kWh/ton or none (manual)
¹ Tergantung pada pemeliharaan; ² Jika skala Komersial, kebutuhan energy akan tergantung pada mesin yang digunakan dan kebutuhan instalasi listrik		
SUITABLE	Range of acceptable moisture	70-90%
	Range of acceptable C:N	10 – 55
	pH	Acceptable : 4.5 – 9, optimum : 7.5 -8
	Example – suitable :	Example – unsuitable
	<ul style="list-style-type: none"> • Vegetable waste • Fruit waste • Animal manure • OFMSW 	<ul style="list-style-type: none"> • Big chunks of woody material, coconut shells • Fish or meat waste • Dairy product • Grease and oils • Salty and vinegary foods

(Sumber : Zabaleta et al., 2020)

4. Anaerobic Digestion

Anaerobic digestion adalah proses mikrobiologis di mana bahan organik terurai secara biokimia sambil menghasilkan gas bahan bakar (biogas) dan digestate yang kaya nutrisi. Proses ini terjadi sebagai akibat dari aktivitas mikroba dalam kondisi anaerobik (yaitu tanpa adanya oksigen). Ini umum terjadi di banyak lingkungan alami, seperti rawa atau perut ruminansia. Tiga jenis digester utama yang dipertimbangkan dalam manual ini adalah: digester kubah tetap, digester drum terapung dan digester tabung (Gambar 2.3).



Gambar 2.3 Pengolahan Anaerobic Digestion

(Sumber : Zabaleta et al., 2020)

Produk utama dari anaerobik digesti (AD) adalah biogas dan digestate. Biogas adalah bahan bakar gas yang mudah terbakar yang terbentuk melalui konversi karbon organik dalam bahan baku menjadi bentuk yang paling tereduksi (CH_4) dan yang paling teroksidasi (CO_2). Selain CH_4 (55–60%) dan CO_2 (35–40%), biogas juga mengandung beberapa “pengotor” gas lainnya, seperti hidrogen sulfida, nitrogen, oksigen, dan hidrogen. Nilai energi biogas berasal dari metana yang terkandung dan menunjukkan nilai kalor yang lebih rendah (LHV) untuk biogas 21–24 MJ/m³ atau sekitar 6 kWh/m³. Tabel 2.6 menunjukkan hasil biogas dari beberapa substrat yang berbeda. Membakar biogas secara langsung di kompor adalah cara termudah untuk memanfaatkan energi biogas. Sebagai alternatif, biogas dapat digunakan dalam lampu atau diubah menjadi listrik dalam generator gas. Bubur yang dihasilkan (digestate) kaya akan

nitrogen dan dapat dimanfaatkan di bidang pertanian sebagai pupuk hara dan/atau bahan organik.

Tabel 2.5 Anaerobic Digestion

TECHNICAL CONSIDERATION	Lifetime installation (years)	Fixed-dome : 15-20; floating-dome : 3-5 (humid climate), 8-12 (dry climate); Tubular : 2-5
	Proceessing time	10 - 40 days
	Pengurangan massa	0 - 20% (if water in digester is considered)
	Labour (n° of operators)	1 (<1 ton/day) or 1 – 2 (> 1 ton/day)
	Operating temperatures	Min : 15°C, opt : 25 – 30°C, max : 40°C
	Surface needs	100 - 530 m ² per 1 ton/day
	Water needs	1'000 L/ton (if initial MC _{feedstock} : 80%) 7'000 L/ton (if initial MC _{feedstock} : 20%)
	Energy needs	30 – 55 kWh/ton or none (manual)
¹ Tergantung pada pemeliharaan; ² Tergantung pada operasi; ³ Tingkat pengurangan Volatile Solids berkisar antara 50 – 95% tergantung pada bahan baku; ⁴ Jika skala Komersial, kebutuhan energy akan tergantung pada mesin yang digunakan dan kebutuhan instalasi listrik		
SUITABLE	Range of acceptable moisture	80 – 95%
	Range of acceptable C:N	16 – 25
	pH	6.7 – 7,5
	Example – suitable :	Example – unsuitable
	<ul style="list-style-type: none"> • Vegetable waste • Fruit waste • Fish or meat waste • Animal manure 	<ul style="list-style-type: none"> • Garden trimmings • Big chunks of woody material, coconut shells • Feedstock with high salt content

(Sumber : Zabaleta et al., 2020)

Tabel 2.6 Produksi Biogas dan Metana

Type	Biogas (NL/kg VS)	CH ₄ in biogas (%)	CH ₄ (NL/kg VS)
Waste fruits	728	59	401
Waste vegetables	579	60	345
Unsorted organics	503	61	298
Animal leftovers	484	63	312
Waste bread	571	59	291
Fallen leaves	283	61	178
Fresh garden waste	692	60	409
Waste paper	762	60	446
OFMSW	601	60	348

(Sumber : Zabaleta et al., 2020)

2.2. Landasan Teori

2.2.1. Panduan Analisis Sampah Bahan Pangan

Limbah makanan dapat diukur dan dicegah. Badan Perlindungan Lingkungan (EPA) AS menyarankan agar Anda melakukan penilaian limbah makanan sebagai langkah pertama untuk mengurangi limbah makanan dalam program Anda. Penilaian limbah makanan mengukur jumlah limbah sebelum dan sesudah konsumsi yang dihasilkan dan memeriksa penyebabnya. Berikut merupakan langkah – langkah awal untuk melakukan analisis :

1. Pengembangan Tujuan dan penargetan aliran makanan yang terbuang

EPA telah mengembangkan Hirarki Pemulihan Makanan untuk membantu menentukan cara yang paling untuk mengelola makanan yang terbuang dengan tujuan menghilangkan sampah makanan dari komponen aliran limbah melalui pengurangan dari sumber atau pembelian lebih sedikit makanan. Pengembangan tujuan didasarkan pada jenis pertanyaan yang dibutuhkan dalam proses penilaian. Pertanyaan- pertanyaan seperti sampah dengan bahan apa yang bisa dikomposkan, disumbangkan, atau dikirimkan ke peternakan. Dalam pertanyaan tersebut bahan yang ditargetkan untuk dipertimbangkan termasuk barang kering yang tidak mudah rusak, atau makanan yang disiapkan tetapi belum disajikan.

Tabel 2.7 Contoh Penargetan Sampah

Target Sampah	Keterangan
Untuk Donasi	Kelebihan makanan termasuk makanan mentah dan makanan siap saji. Konfirmasikan kriteria kategori makanan apa yang disediakan oleh pantry atau shelter lokal untuk diterima.
Untuk Pakan Ternak	Termasuk buah-buahan, sayuran, dan roti. Memo harus bebas dari kontak dengan daging atau produk hewani lainnya selama persiapan. Selalu gunakan peralatan dan talenan yang bersih. Kerokan piring tidak boleh disertakan. Daging, unggas, ikan, saus, minyak dari masakan, dan produk susu harus dijauhkan dari sisa makanan hewani. memberi makan.
Untuk Kompos	Produk rusak, sisa-sisa persiapan (kulit kentang, kulit jagung, dll.), hiasan toko bunga, ampas kopi, dan bahan organik lainnya yang diterima oleh komposter lokal termasuk plastik kompos CPL #7 “Bio-based” (jagung, kentang, gula turunannya, piring, gelas, peralatan makan, dll).
Untuk Daur Ulang	Kaleng minuman aluminium, aluminium foil dan nampan makanan foil. Wadah makanan dari baja. Wadah makanan kaleng. Kaleng bimetal (baja berlapis timah). Plastik, termasuk #1 PET & PETE (botol air dan minuman ringan, stoples selai kacang, dll.), #4 LDPE (botol yang dapat diremas, tutup wadah, stretch film, kantong sampah, dll.), dan #5 PP (wadah yoghurt dan margarin, botol obat, tutup botol, dll).

(Sumber : *Environmental Protection Agency (EPA), 2014*)

2. Melengkapi Kuisisionair

Kuesioner Pra-Penilaian akan membantu Anda memahami nilai sebenarnya dari makanan yang terbuang. Ini juga akan membantu mengidentifikasi peluang untuk pengurangan sumber atau donasi ke bank makanan lokal.

Analisis fasilitas juga membantu untuk memahami praktik pengelolaan limbah saat ini, jenis bahan dan aliran limbah, dan mengidentifikasi peluang potensial untuk pemulihan atau daur ulang limbah. Analisis fasilitas dan catat pengamatan tentang praktik pengelolaan limbah fasilitas, pemanfaatan tempat pembuangan dan daur ulang, dan pemanfaatan peralatan. Aktivitas dan mesin yang menghasilkan limbah harus didiskusikan dan dicatat selama proses analisis fasilitas. Catat titik timbulan dan jenis sampah yang dihasilkan. Setelah kuesioner pra-penilaian selesai, lakukan wawancara dengan staf fasilitas dan karyawan untuk mengklarifikasi hasil pencatatan.

3. Rencana Proses Penilaian

Penilaian limbah makanan mewakili kondisi terkini dari jumlah limbah yang dihasilkan fasilitas Anda. Untuk menangkap cuplikan ini, Anda harus menentukan metode penyortiran untuk penilaian berdasarkan tujuan yang dikembangkan dan wawasan baru yang dikumpulkan dari Kuesioner Pra-Penilaian. Ini dapat mencakup penyortiran sampel pengumpulan sampah secara manual atau pengamatan dan estimasi visual, atau kombinasi keduanya. Penyortiran manual sangat ideal, karena akan memberi Anda representasi bahan makanan yang paling akurat. Namun, jika Anda memiliki keterbatasan ruang dan waktu, penilaian visual mungkin lebih tepat. Apa pun situasi Anda, penting untuk menyesuaikan penilaian limbah dan ukuran sampel dengan kebutuhan fasilitas.

Berdasarkan tujuan Anda, tentukan cakupan (ukuran dan jumlah sampel) dan durasi penilaian limbah Anda. Data yang akurat dapat dikumpulkan dari sampel satu minggu; namun, sampel juga dapat

dikumpulkan selama periode satu hari. Data satu hari dapat diekstrapolasi keluar untuk mewakili satu minggu.

Berikut merupakan langkah – langkah yang disarankan dalam melakukan proses penilaian :

- a. Pilih metode penyortiran penilaian berdasarkan tingkat produksi dan bagaimana limbah yang ditargetkan saat ini dikumpulkan. Analisis limbah dapat dilakukan melalui kombinasi metode berikut:
 - Penyortiran manual dari semua bahan yang ditargetkan dalam sampel. Metode ini lebih disukai karena akan memberi Anda pengukuran bahan makanan yang paling akurat.
 - Pengamatan visual. Jika ada keterbatasan waktu dan/atau ruang, observasi visual mungkin lebih sesuai.
 - Gabungan metode manual dan visual. Metode ini mungkin lebih disukai jika hanya sampel yang sangat kecil yang dapat dikumpulkan. Visualnya observasi dapat digunakan untuk mengkonfirmasi temuan selama penyortiran manual.
- b. Tentukan lokasi fisik yang memadai untuk penilaian, identifikasi kendala dan solusi. Lokasi terbaik untuk penyortiran adalah area yang luas agar tidak menghalangi pergerakan. Area tersebut juga harus berventilasi baik.
- c. Siapkan toter atau tempat sampah untuk mengumpulkan sampel sampah. Pastikan untuk membatalkan pengambilan sampah yang dapat mengganggu pengumpulan sampel.
- d. Tentukan pembuangan akhir semua bahan setelah penilaian.
- e. Mengembangkan rencana darurat untuk cuaca buruk atau keadaan tak terduga lainnya.

4. Identifikasi dan penyelesaian penelitian

Setelah merencanakan penilaian, konfirmasikan tanggal, waktu, dan jadwal dengan tim penilai. Berdasarkan proses penilaian, konfigurasi/pengaturan lokasi, dan staf (Langkah 3), tentukan dan dapatkan peralatan sortir dan item kenyamanan peserta. Berikut ini adalah

daftar persediaan yang direkomendasikan untuk dikumpulkan untuk penilaian :

a. Pewadahan

Wadah harus berukuran untuk menahan beban yang wajar untuk diangkat, seperti ember 5 galon. Jumlah wadah harus mencakup setidaknya satu untuk setiap bahan yang ditargetkan dan beberapa wadah untuk bahan-bahan yang kemungkinan ada dalam jumlah yang lebih tinggi. Wadah harus diberi label yang jelas tentang bahan apa yang akan dikumpulkan. Toter ideal untuk digunakan dalam proses pengumpulan namun tidak cocok untuk proses pemilahan.

b. Peralatan Pelengkap

- Terpal kedap untuk melindungi area sortir dan/atau terpal tambahan untuk perlindungan cuaca dari sampel/komoditas yang telah dipilah. Garu, sekop, penjepit, dan pisau silet.
- Alat ukur yang digunakan dapat berupa timbangan portable dengan kemampuan untuk menimbang sampel bahan yang disortir mulai dari 1 hingga 75 pon, papan klip dengan lembar kerja perekaman data dan pensil, dan kamera untuk mendokumentasikan proses pengumpulan data.
- Pakaian pelindung yang sesuai harus dikenakan seperti sepatu bot kokoh, sarung tangan dan liner sarung tangan, dan kacamata pengaman. Baju pelindung, masker debu pengganggu, dan pembersih tangan juga direkomendasikan

5. Proses Penilaian dan pengolahan data

a. Pengumpulan sampel

Proses pengumpulan sampel dapat dilakukan sehari atau seminggu sebelum proses penyortiran manual dengan menyiapkan wadah yang sudah diberi label sesuai dengan alur pengolahan atau sesuai lokasi pengumpulan yang telah ditemukan.

b. Persiapan penyortiran

Dalam kegiatan penyortiran manual, perlu membuat scenario tentang keadaan darurat, prosedur dan peralatan selama proses sortir serta mengatur tata letak pengumpulan material sampah sesuai label.

Jika penyortiran manual tidak dapat dilakukan karena keterbatasan ruang atau logistik, penilaian visual atau kualitatif dapat dilakukan. Estimasi visual dapat dilakukan dengan mengamati beban sampah dalam jangka waktu tertentu, mencatat persentase sisa makanan yang terbuang, dan membandingkan bahwa untuk berat aktual tempat sampah atau pemadat untuk periode yang sama. Metrik standar juga dapat digunakan untuk memperkirakan jumlah limbah yang dapat dialihkan.

6. Analisis dan hasil

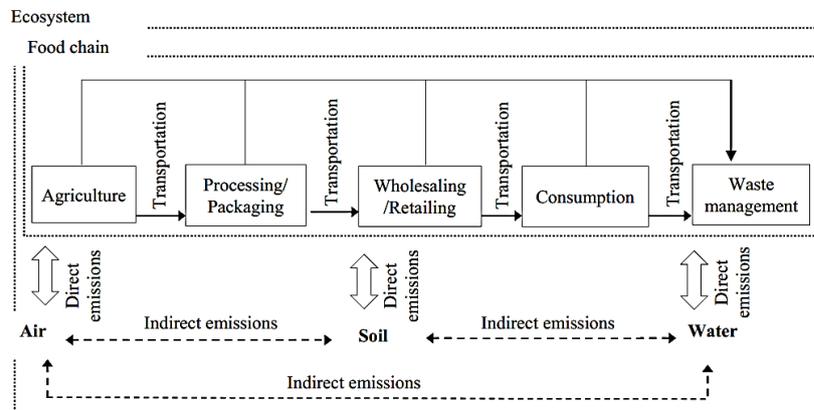
Tahap ini dilakukan dengan melakukan peninjauan lembar pengumpulan data, menentukan komposisi sampel sampah, menghitung dan menganalisis hasil, mengevaluasi pengamatan verbal dan visual, dan menyiapkan laporan akhir yang menampilkan hasil penilaian, menghubungkan hasil dengan tujuan penilaian, dan memberikan rekomendasi untuk pemulihan sampah bahan pangan yang terbuang.

2.2.2. Life Cycle Assessment (LCA)

LCA merupakan suatu alat yang mempelajari aspek lingkungan dan potensi dampak dari keseluruhan siklus hidup produk mulai dari perolehan bahan mentah, proses produksi, penggunaan, hingga pembuangan. Kategori umum dari dampak lingkungan yang perlu dipertimbangkan termasuk penggunaan sumber daya, kesehatan manusia, dan konsekuensi ekologis (Grahl & Klöpffer, 2014).

Dalam semua proses, input (sumber daya) dan output (emisi) harus ditentukan. Hasilnya kemudian akan digunakan untuk menilai dampak lingkungan dari produk. Besaran dan intensitas dampak langsung dan tidak langsung dari proses rantai pasokan pangan dapat bergantung pada spesifikasi ekologi wilayah. Misalnya, jumlah emisi ke sumber daya air dari pencucian dan limpasan permukaan bahan kimia yang digunakan dalam budidaya makanan lebih tinggi di daerah

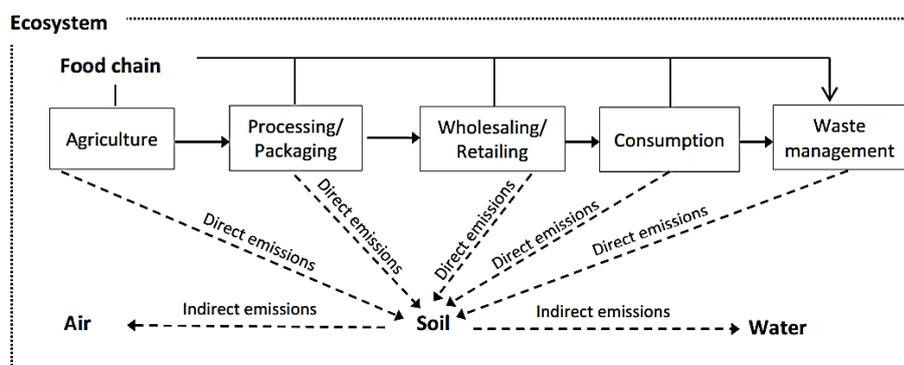
lembab dengan tingkat dan intensitas curah hujan yang tinggi. Berdasarkan alasan ini, intensitas dampak lingkungan dari rantai makanan tergantung pada dampak umum dan ekoregional.



Gambar 2.4 Ilustrasi Emisi Dalam Rantai Pasokan Makanan.

(Sumber : Amani, 2012)

Dalam proses pemilihan, penilaian, dan pembobotan dampak lingkungan, penting untuk menentukan jenis dampak atau dampak yang akan dihasilkan dari setiap proses dalam rantai makanan. Dalam penelitian ini, diasumsikan bahwa semua proses yang berkontribusi terhadap emisi langsung ke udara dan sumber daya air menghasilkan dampak umum karena asumsi homogenitas udara dan air. Di sisi lain, proses-proses yang berkontribusi terhadap emisi langsung ke tanah dan akibatnya emisi tidak langsung (dari darat) ke udara dan air menghasilkan dampak ekoregional karena heterogenitas tanah di seluruh dunia.



Gambar 2.5 Ilustrasi Emisi ke Lingkungan

(Sumber : Amani, 2012)

Terdapat empat langkah kerja dalam melakukan analisis dampak lingkungan dengan metode pendekatan LCA, yang pertama yaitu penentuan tujuan serta ruang lingkup, inventarisasi, penilaian dampak, dan interpretasi.

1. Penentuan tujuan dan ruang lingkup

Definisi tujuan menetapkan konteks studi LCA dan merupakan dasar dari definisi ruang lingkup dimana penilaian dibingkai dan digariskan sesuai dengan definisi tujuan. Studi LCA berdasarkan ISO 14040:2006 memiliki 4 (empat) jenis batasan ruang lingkup, yaitu (Ain, 2021):

- a. *Cradle to grave*. Batasan sistem dengan lingkup analisis dampak lingkungan yang dimulai dari bahan baku, rangkaian proses produksi, energi yang dibutuhkan dalam proses produksi, hasil ekstraksi bahan baku, transportasi, dan sampai tahap akhir dari keseluruhan siklus hidup produk.
- b. *Cradle to gate*. Batasan sistem dengan lingkup analisis dampak lingkungan untuk keseluruhan rangkaian proses produksi dimulai dari proses ekstraksi bahan hingga menjadi sebuah produk.
- c. *Gate to grave*. Batasan sistem dengan lingkup analisis dampak lingkungan setelah proses produksi sampai akhir siklus hidup produk, ini digunakan untuk mengetahui dampak lingkungan dari produk hingga tahap akhir siklus hidup produk.
- d. *Gate to gate*. Batasan sistem dengan lingkup analisis dampak lingkungan dari proses produksi tertentu.

2. Analisis Inventori

Mengikuti definisi tujuan dan ruang lingkup, analisis inventaris mengumpulkan informasi tentang aliran fisik dalam hal input sumber daya, bahan, semi-produk, produk, dan output berupa emisi atau limbah. Oleh sebab itu dalam proses analisis perlu mempelajari semua proses yang diidentifikasi sebagai bagian sistem produk, dan alirannya diskalakan sesuai dengan unit fungsional. Luaran dari proses ini merupakan data inventarisasi daur hidup produk yang mencakup input serta output dalam tiap proses produksi (Hauschild et al., 2017).

3. Analisis dampak

Penilaian dampak terdiri dari lima elemen di mana tiga elemen pertama adalah wajib menurut standar ISO 14040 (Hauschild et al., 2017):

- Pemilihan kategori dampak yang mewakili parameter penilaian yang dipilih sebagai bagian dari definisi ruang lingkup. Untuk setiap kategori dampak, indikator representatif dipilih bersama dengan model lingkungan yang dapat digunakan untuk mengukur dampak aliran elementer pada indikator.
- Klasifikasi aliran dasar dari inventarisasi dengan menetapkannya ke kategori dampak sesuai dengan kemampuannya untuk berkontribusi dengan memengaruhi indikator yang dipilih.
- Karakterisasi menggunakan model lingkungan untuk kategori dampak untuk mengukur kemampuan masing-masing aliran dasar yang ditetapkan untuk berdampak pada indikator kategori. Skor dampak berkarakter yang dihasilkan dinyatakan dalam metrik umum untuk kategori dampak. Hal ini memungkinkan agregasi semua kontribusi menjadi satu skor, yang mewakili dampak total yang dimiliki sistem produk untuk kategori tersebut. Kumpulan skor indikator agregat untuk kategori dampak yang berbeda (masing-masing dinyatakan dalam metriknya sendiri) merupakan profil dampak yang dicirikan dari sistem produk.
- Normalisasi digunakan untuk menginformasikan tentang besaran relatif dari masing-masing skor yang dicirikan untuk kategori dampak yang berbeda dengan menyatakannya relatif terhadap serangkaian dampak referensi umum—satu dampak referensi per kategori dampak. Seringkali latar belakang dampak dari masyarakat dijadikan acuan. Hasil normalisasi adalah profil dampak yang dinormalisasi dari sistem produk di mana semua skor indikator kategori dinyatakan dalam metrik yang sama.

- Pengelompokan atau pembobotan mendukung perbandingan di seluruh kategori dampak dengan mengelompokkan dan mungkin memeringkatnya menurut tingkat keparahan yang dirasakan, atau dengan membobotnya menggunakan faktor pembobotan yang untuk setiap kategori dampak memberikan ekspresi kuantitatif tentang seberapa parahnya relatif terhadap kategori dampak lainnya. Pembobotan kuantitatif memungkinkan agregasi semua skor dampak tertimbang menjadi satu skor dampak lingkungan keseluruhan untuk sistem produk, yang mungkin berguna bila hasil LCA digunakan dalam pendukung keputusan bersama dengan informasi ringkas lainnya seperti biaya ekonomi alternatif.

4. Interpretasi

Interpretasi mempertimbangkan hasil analisis inventaris, karakterisasi elemen penilaian dampak, dan mungkin normalisasi beserta pembobotan. Interpretasi harus dilakukan dengan mempertimbangkan tujuan, definisi ruang lingkup dan batasan yang diterapkan (Hauschild et al., 2017).

2.2.3. ReCiPe V1.1

a. Climate Change

Faktor karakterisasi titik tengah untuk perubahan iklim adalah Potensi Pemanasan Global (GWP) yang banyak digunakan. GWP menyatakan jumlah pemaksaan radiasi tambahan yang terintegrasi dari waktu ke waktu (di sini 20, 100 atau 1.000 tahun) yang disebabkan oleh emisi 1 kg GRK relatif terhadap pemaksaan radiasi tambahan yang terintegrasi pada cakrawala waktu yang sama yang disebabkan oleh pelepasan 1 kg CO₂. Untuk kategori dampak perubahan iklim, pemodelan kerusakan dibagi menjadi beberapa langkah Emisi gas rumah kaca (kg) akan menyebabkan peningkatan konsentrasi gas rumah kaca (ppb) atmosfer yang, pada gilirannya, akan meningkatkan kapasitas pemaksaan radiasi (w/m²), yang menyebabkan peningkatan suhu rata-rata global (°C). Peningkatan suhu pada akhirnya mengakibatkan

kerusakan pada kesehatan manusia dan ekosistem. Di sini diperkirakan kerusakan pada kesehatan manusia, ekosistem darat, dan ekosistem air tawar.

b. *Stratospheric Ozone Depletion*

Emisi Bahan Perusak Ozon (BPO) pada akhirnya menyebabkan kerusakan pada kesehatan manusia karena peningkatan UV radiasi yang dihasilkan. Bahan kimia yang menguras ozon relatif persisten dan memiliki gugus klorin atau bromin dalam molekulnya yang berinteraksi dengan ozon (terutama) di stratosfer. Setelah emisi ODS, konsentrasi troposfer semua ODS meningkat dan, setelah beberapa waktu, konsentrasi ODS stratosfer juga meningkat. Peningkatan potensi penipisan ozon ini menyebabkan penurunan konsentrasi ozon atmosfer, yang pada gilirannya menyebabkan porsi radiasi UVB yang lebih besar menghantam bumi. Radiasi yang meningkat ini secara negatif mempengaruhi kesehatan manusia, sehingga meningkatkan kejadian kanker kulit dan katarak.

Potensi Penipisan Ozon (ODP), dinyatakan dalam kg ekuivalen CFC-11, digunakan sebagai faktor karakterisasi pada tingkat titik tengah. ODP menghitung jumlah ozon yang dapat dikuras oleh suatu zat relatif terhadap CFC-11 untuk jangka waktu tertentu dan karena itu sebagian besar terkait dengan struktur molekul BPO dan terutama dengan jumlah gugus klorin dan bromin dalam molekul, serta umur bahan kimia di atmosfer. ODP dihitung oleh Organisasi Meteorologi Dunia.

c. *Ionizing Radiation*

Dimulai dari emisi antropogenik radionuklida di lingkungan, jalur rantai sebab dan akibat lingkungan dapat dibagi menjadi empat langkah berturut-turut. Emisi antropogenik radionuklida dihasilkan dalam siklus bahan bakar nuklir (penambangan, pengolahan, dan pembuangan limbah), serta selama aktivitas manusia lainnya, seperti pembakaran batu bara dan ekstraksi batuan fosfat. Pertama, dispersi radionuklida di seluruh lingkungan dimodelkan. Langkah ini diikuti dengan model

paparan dimana jumlah radiasi (dosis kolektif efektif) yang diterima oleh seluruh populasi ditentukan. Paparan radiasi pengion yang disebabkan oleh radionuklida ini dapat menyebabkan kerusakan molekul DNA. Selama analisis efek, kejadian kanker non-fatal dan kejadian kanker fatal dibedakan dari efek herediter yang parah. Sebagai langkah terakhir, ini ditimbang untuk menghitung kerusakan kesehatan manusia dalam tahun kehidupan yang disesuaikan dengan kecacatan (DALY). Saat ini tidak ada metodologi penilaian dampak untuk mengukur kerusakan yang disebabkan oleh radiasi pengion pada ekosistem

d. *Terrestrial acidification*

Pengendapan zat anorganik di atmosfer, seperti sulfat, nitrat, dan fosfat, menyebabkan perubahan keasaman dalam tanah. Untuk hampir semua spesies tanaman, ada tingkat keasaman optimal yang ditentukan dengan jelas. Penyimpangan serius dari tingkat optimal ini berbahaya bagi jenis spesies tertentu dan disebut sebagai pengasaman. Akibatnya, perubahan tingkat keasaman akan menyebabkan terjadinya pergeseran spesies. Emisi NO_x, NH₃ atau SO₂ diikuti oleh kondisi atmosfer sebelum diendapkan di tanah. Selanjutnya, ia akan larut ke dalam tanah, mengubah konsentrasi H⁺ larutan tanah. Perubahan keasaman ini dapat mempengaruhi spesies tanaman yang hidup di dalam tanah, menyebabkan mereka menghilang.

e. *Land Use*

Bab ini berfokus pada hilangnya spesies relatif akibat penggunaan lahan lokal, yang mencakup proses transformasi lahan, okupasi lahan, dan relaksasi lahan. Secara konseptual, pendekatan ini mengasumsikan bahwa situasi alami akan ada jika tidak terjadi penggunaan lahan. Oleh karena itu, kekayaan spesies penggunaan lahan antropogenik saat ini dibandingkan dengan referensi alami, tidak memperhitungkan penggunaan lahan antropogenik lainnya yang mungkin telah ada sebelum penggunaan lahan saat ini. Oleh karena itu dampak transformasi lahan dari satu penggunaan lahan antropogenik yang lain tidak

tercakup dalam bab ini. Perubahan besar yang dilakukan dari versi sebelumnya adalah :

- CF sekarang didasarkan pada data skala global, sedangkan versi sebelumnya berfokus pada Eropa.
- Dampak penggunaan lahan lokal hanya tercakup, seperti yang kami temukan metode untuk dampak regional terlalu sewenang-wenang untuk diperhitungkan.
- CF khusus untuk beberapa kelompok spesies sekarang tersedia.
- Dalam dokumen ini, kami menggunakan istilah umum “penggunaan lahan” ketika mengacu pada siklus lengkap transformasi lahan, pendudukan dan relaksasi.

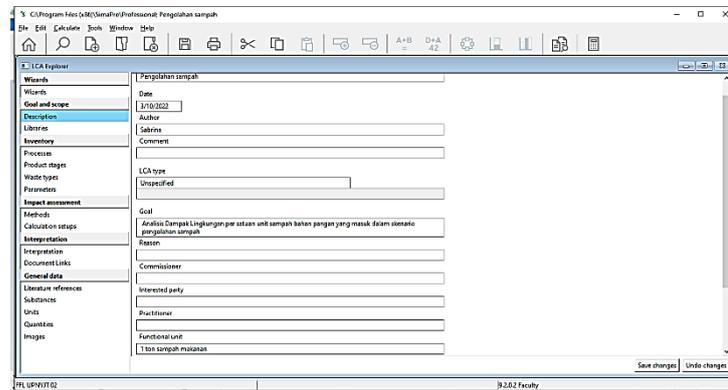
2.2.4. SimaPro

Software SimaPro adalah salah satu software yang dapat digunakan analisa daur hidup suatu proses. SimaPro 9.2 merupakan versi terbaru yang diperbarui dari versi SimaPro 9.1.1 (Pré, 2021). Pembaruan SimaPro menawarkan beberapa perpustakaan data, memastikan kualitas, konsistensi dan keandalan data dan metode penilaian dampak. Versi baru mencakup database ecoinvent 3.7.1 terbaru dan metode penilaian dampak baru: IMPACT World+.

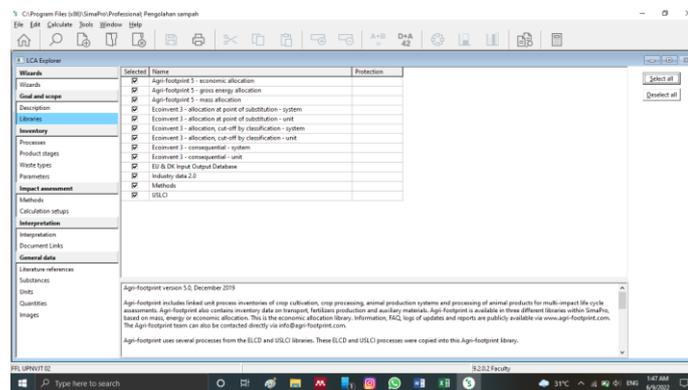
Menurut Pre (2014) dalam Sari (2017) SimaPro memiliki kelebihan dibandingkan software lainnya, diantaranya sebagai berikut:

1. Bersifat fleksibel
2. Dapat digunakan secara *multi-user-version* sehingga dapat menginput
3. Memiliki metode dampak yang beragam
4. Dapat menginventarisasi data dalam jumlah banyak
5. Data yang didapatkan memiliki nilai transparansi yang tinggi, dimana hasil interaktif analisis dapat melacak hasil lainnya kembali ke asal-usulnya
6. Mudah terhubung dengan perangkat lain, salah satunya adalah AHP
7. Hadir dengan 3 versi yang diklasifikasikan berdasarkan pengguna yaitu SimaPro Compact, Simapro Analyst dan SimaPro Developer.

Berikut merupakan tampilan lembar kerja perangkat lunak SimaPro 9.2 pada tahap penentuan *goal and scope*



Gambar 2.6 Tahap Penentuan *Goal* dalam SimaPro



Gambar 2.7 Tahap Penentuan *Scope* dalam SimaPro

2.3. Penelitian Terdahulu

No.	Pengarang	Judul Penelitian	Tahun	Metode dan Data yang Dianalisa	Hasil dan Pembahasan
1.	Ramy Salemdeeb, ohammad Bin Daina, Christian Reynolds, Abir Al-Tabbaa	<i>An environmental evaluation of food waste downstream management options: a hybrid LCA approach</i>	2018	Metode : Hybrid LCA Data : Data mengenai aliran dan emisi material	Dalam penelitian ini terdapat tiga scenario pengolahan sampah bahan pangan seperti insininerasi, anaerobic digestion, dan pengomposan. Penelitian ini menunjukkan bagaimana dekarbonisasi jaringan nasional Inggris akan membuat pengomposan terlihat sebagai pilihan pengolahan yang lebih baik daripada insinerasi dan AD dengan hasil keseluruhan dampak lingkungan yang ditangkap dari pengomposan (26%), AD (10%), dan incenerasi (11%)
2.	Huseyin Guven, Zhao Wang, Ola Eriksson	<i>Evaluation of future food waste management alternatives in Istanbul</i>	2019	Metode : LCA; ReCiPe Software :	Dalam penelitian ini terdapat empat scenario utama sistem pengolahan <i>Food Waste</i> seperti kombinasi antara <i>landfilling</i> , <i>komposting</i> , <i>bio-drying</i> , <i>anaerobic digestion (AD)</i> , <i>thermal</i>

No.	Pengarang	Judul Penelitian	Tahun	Metode dan Data yang Dianalisa	Hasil dan Pembahasan
		<i>from the life cycle assessment perspective</i>		SimaPro Data : data mengenai emisi air, udara dan tanah, bahan kimia, solar, energi, dan	<i>treatment</i> , dan gabungan dengan pengolahan air limbah kota. Hasil analisa LCA menunjukkan Skenario 3 dengan thermal treatment memiliki hasil terbaik dalam kategori eutrofikasi laut dan ekotoksitas melalui efisiensi penghilangan polutan yang lebih tinggi.
3.	Peter C. Slorach, Harish K. Jeswani, Rosa Cuéllar-Franca, Adisa Azapagic	<i>Environmental and economic implications of recovering resources from food waste in a circular economy</i>	2019	Metode : LCA; LCC Data : Data inventori pengolahan sampah,	Penelitian ini menggunakan skenario pengolahan <i>Anaerobic digestion, in-vessel composting</i> , insinerasi dan landfill. Hasil analisis dampak menunjukkan bahwa rata-rata, pencernaan anaerobik memiliki dampak terendah untuk 13 dari 19 kategori, termasuk potensi pemanasan global. Yang terakhir diperkirakan net-negatif pada 32 kg CO ₂ eq./t FW. Insinerasi juga memiliki GWP net-negatif (-5kgCO ₂ eq./t FW), bersama dengan eutrofikasi laut terendah dan

No.	Pengarang	Judul Penelitian	Tahun	Metode dan Data yang Dianalisa	Hasil dan Pembahasan
					<p>pendudukan lahan pertanian, tetapi memiliki deplesi logam tertinggi, eutrofikasi air tawar, dan pembentukan partikel. In-vessel composting secara keseluruhan merupakan pilihan terburuk, dengan 12 dampak lebih tinggi daripada metode lainnya, oleh sebab itu meski sesuai dengan prinsip ekonomi sirkular melalui daur ulang nutrisi kembali ke awal rantai pasokan makanan, teknologi pengolahan ini dinilai tidak ramah lingkungan.</p>
4.	Rahma Arfiyah Ula, Agus Prasetya, Iman Haryanto	<i>Life Cycle Assessment (LCA)</i> Pengelolaan Sampah di TPA Gunung Panggung Kabupaten Tuban, Jawa Timur	2021	<p>Metode : LCA</p> <p>Data : Alur teknis pengelolaan sampah, data timbulan serta</p>	<p>Pada penelitian ini terdapat 4 skenario pengelolaan sampah, yang pertama yaitu skenario eksisting atau skenario 0 (<i>landfill</i> dan pengomposan), skenario 1 dengan asumsi 50% sampah telah dipilah (<i>landfill</i> dan pengomposan), skenario 2 asumsi 60% sampah dipilah (<i>landfill</i>, pengomposan, dan AD), skenario 3 asumsi 70% sampah terpilah (<i>landfill</i>, pengomposan, dan AD). Hasil analisis ketiga skenario menunjukkan global warming menjadi salah satu dampak tertinggi terutama pada skenario eksisting yaitu sebesar yaitu</p>

No.	Pengarang	Judul Penelitian	Tahun	Metode dan Data yang Dianalisa	Hasil dan Pembahasan
				komposisi sampah, data sampah yang diambil pemulung, rute kendaraan pengangkut, julan dan luas daerah pelayanan, kebutuhan energi untuk setiap jenis pengolahan yang digunakan	6.379.506,17 kg CO ₂ eq/tahun dengan aktivitas <i>landfill</i> sebagai penyumbang dampak terbesar.
5.	Hanwen Guo, Chengliang Jiang, Zhijian Zhang, Wenjing Lu, Hongtao Wang	<i>Material flow analysis and life cycle assessment of food waste bioconversion by black soldier fly larvae (Hermetia illucens L.)</i>	2021	Metode : LCA; ILCD Data: Data sampah, , bahan aditif, emisi, dan konsumsi energi dari setiap subproses serta komposisi produk akhir	Studi ini mengeksplorasi dampak lingkungan (GWP, pengasaman, eutrofikasi darat dan laut, dan partikulat) dari biokonversi FW oleh BSFL menggunakan MFA. Proses pengeringan pra-pupa menyebabkan konsumsi energi terbesar, yang sangat terkait dengan dampak lingkungan yang diukur dengan GWP. LCA menunjukkan bahwa GWP biokonversi BSFL adalah 17,36 kg CO ₂ -eq/t FW, 5,54 kg SO ₂ -eq/t FW untuk pengasaman, 24,05 mol N-eq/t FW untuk eutrofikasi terestrial, 0,54 kg N-eq NH ₃ /t FW untuk eutrofikasi laut, dan 0,18 kg PM _{2.5} -eq/t FW untuk partikel.