

UPAYA MEMINIMALKAN TIMBULAN SAMPAH DENGAN STRATEGI ZERO WASTE

Emma Budi Sulistiarini

Fakultas Teknik, Universitas Widyagama Malang

Imaduddin Bahtiar Efendi

Fakultas Teknik, Universitas Islam Majapahit

Email: emma_budi@widyagama.ac.id

A. Pendahuluan

Sampah atau istilahnya limbah padat merupakan salah satu dari isu lingkungan yang signifikan secara global (Angela Daniela La Rosa et al., 2021; Singh, 2021). Sampah (selanjutnya dalam bab ini sering disebut sebagai limbah padat) merupakan material yang tidak diinginkan yang dihasilkan dari aktivitas manusia atau dari produksi (Magazzino & Falcone, 2022). Isu lingkungan yang terkait dengan limbah padat sangat signifikan secara global, karena volumenya terus meningkat. Hal ini berdampak serius terhadap lingkungan hidup itu sendiri dan kesehatan manusia (Fatimah, 2020).

Limbah padat yang tidak terkelola dengan baik akan mencemari tanah, air dan udara (Bolton, 2019; Pattanaik, 2020; Ma et al., 2023). Limbah padat yang dibuang sembarangan dapat mencemari tanah. Bahan kimia berbahaya dalam limbah padat dapat memperburuk ekosistem dan mempengaruhi kesehatan manusia. Limbah yang mengandung bahan kimia berbahaya dapat meresap ke dalam tanah dan mencemarinya. Hal ini dapat merusak kesuburan tanah dan kehidupan mikroorganisme yang ada di dalamnya. Limbah organik yang terurai di dalam tanah juga mengeluarkan gas metana, merupakan gas rumah kaca yang berpengaruh pada perubahan iklim (Bolton, 2019).

Limbah padat yang tidak terkelola baik, mencemari air. Ketika limbah padat mencemari sumber air seperti sungai, danau, atau akuifer bawah tanah, zat-zat berbahaya yang terkandung di dalamnya dapat terlarut dalam air dan menjadi racun bagi organisme yang hidup di dalamnya (Oliveira Silva & Morais, 2021). Selain itu air yang tercemar dapat membahayakan kesehatan manusia jika dikonsumsi.

Limbah padat yang terbengkalai dapat mengakibatkan pencemaran udara. Misalnya, pembakaran limbah padat di tempat pembuangan sampah yang tidak terkendali, dapat menghasilkan polusi udara berupa asap dan gas beracun. Selain itu, pembusukan limbah organik juga dapat menghasilkan gas beracun seperti amonia dan belerang dioksida. Gas yang dihasilkan oleh limbah padat pada saat terdekomposisi di tempat pembuangan akhir, dapat menimbulkan gas rumah kaca (Chin et al., 2023). Gas rumah kaca dapat menyebabkan pemanasan global.

Limbah padat yang timbul, juga berarti penurunan jumlah sumberdaya yang ada di alam (Singh, 2021). Hal ini karena limbah padat biasanya terdiri dari bahan-bahan yang awalnya berasal dari sumberdaya alam, seperti logam, plastik, kayu, kertas, dan sebagainya (Bolton, 2019). Proses produksi, konsumsi, penggunaan bahan-bahan tersebut dan akhirnya pembuangan sebagai limbah padat semuanya berkontribusi pada penurunan jumlah sumberdaya yang tersedia di alam. Keterbatasan sumberdaya alam ini juga diperparah oleh fakta bahwa banyak bahan yang digunakan dalam produk-produk modern sulit untuk didaur ulang atau terurai secara alami.

B. Permasalahan

Limbah padat yang timbul semakin banyak dengan jumlah populasi yang semakin meningkat (Singh, 2021). Pertumbuhan populasi seringkali juga disertai dengan perubahan pola konsumsi, termasuk peningkatan akses terhadap barang dan jasa. Hal ini berdampak pada peningkatan produksi limbah padat sebagai konsekuensi langsung dari konsumsi yang meningkat (Bolton, 2019; Oliveira Silva & Morais, 2021; Ye, 2021). Misalnya, peningkatan jumlah penduduk yang menggunakan produk kemasan sekali pakai, seperti botol plastik dan kemasan makanan, berkontribusi pada peningkatan limbah padat.

Pertumbuhan populasi yang berpusat di daerah perkotaan juga memiliki dampak signifikan terhadap peningkatan limbah padat. Urbanisasi seringkali dikaitkan dengan peningkatan tingkat konsumsi dan produksi, yang berkontribusi pada peningkatan limbah padat (Oliveira Silva & Morais, 2021).

Limbah padat merupakan suatu tantangan besar yang dihadapi negara maju dan berkembang (Bolton, 2019). Limbah padat yang dihasilkan negara maju lebih besar dibanding dengan negara berkembang. Hal ini disebabkan oleh gaya hidup konsumtif, tingkat konsumsi yang tinggi, pola produksi yang berorientasi pada barang dan jasa (Oliveira Silva & Morais, 2021).

Di negara berkembang, seringkali terdapat keterbatasan dalam infrastruktur pengelolaan limbah, yang dapat mengakibatkan penanganan limbah yang tidak memadai (Rondón Toro et al., 2022). Selain banyak pengelolaan limbah padat informal, negara berkembang juga dapat menjadi tujuan pembuangan limbah padat secara ilegal. Dampak dari pembuangan limbah padat ilegal ini sangat merugikan bagi negara berkembang.

Limbah sebenarnya telah ditangani sejak awal abad ke 19. Solusi dari penanganan limbah tersebut adalah adanya pembuangan akhir pada limbah atau solusi '*end-of-pipe*'. Solusi manajemen limbah umum tersebut, tidak dapat menyelesaikan masalah (Qingbin Song et al., 2014; Oliveira Silva & Morais, 2021). Oleh karena itu, masyarakat dan *stakeholder* perlu mengetahui bagaimana strategi manajemen limbah padat dengan konsep yang lebih berkelanjutan.

Bagaimana mengatasi limbah padat yang menjadi isu global tersebut? Bagaimana upaya mengurangi timbulnya limbah padat? Sebuah cara yang direkomendasikan dalam studi ini adalah strategi *Zero Waste*. Strategi *Zero Waste* atau limbah nol dapat meminimalkan berbagai jenis limbah padat dan tantangannya.

Jadi tujuan studi ini adalah untuk mengetahui berbagai jenis limbah padat yang timbul dan tantangannya serta strategi *Zero Waste* untuk mengurangi terjadinya berbagai jenis limbah padat tersebut, sepanjang siklus hidup produk.

Konsep

Zero Waste memperlihatkan pergeseran dari pengertian pengelolaan limbah secara tradisional ke pengelolaan limbah secara integral, dimana terdapat makna, bahwa segala sesuatu memiliki kebermanfaatan (Bolton, 2019; Mesjasz-Lech, 2019; Assi, 2020; Singh, 2021).

Zero Waste adalah suatu konsep untuk mengatur limbah, yang memperlakukan limbah sebagai sumberdaya pada tahap

pertengahan, dari keseluruhan tahapan konsumsi sumberdaya tersebut. Karena limbah adalah sumberdaya pertengahan, maka harus diupayakan agar tidak berakhir begitu saja. Tetapi dilakukan usaha agar bisa berputar kembali, dimanfaatkan, untuk memperpanjang umur material/produk (Momeni, Mojtaba Arab; et al., 2022). Sehingga dinamakan limbahnya nol.

Dalam sistem *Zero Waste*, aliran material/produk dibuat melingkar, memutar, yang artinya material dipakai berulang kali sampai batas optimum tingkat konsumsinya. Dengan sistem aliran melingkar, diharapkan tidak ada material yang terbuang atau kurang dimanfaatkan, atau nol limbahnya (Ma et al., 2023).

Strategi *Zero Waste* merupakan strategi bagaimana secara bersamaan memaksimalkan output ekonomi sambil meminimalkan dampak lingkungan dengan baik. Strategi ini didasarkan pada prinsip limbah nol (Ma et al., 2023). Dan produk sampingan dihargai (Carmona et al., 2023), sehingga produksinya dapat berkelanjutan. Strategi *Zero Waste* didorong tekanan sosial yaitu kesadaran konsumen akan kesehatan dan lingkungan (Van Langen, SK., 2021).

C. Metode

Metode yang dilakukan dalam studi ini adalah :

1. Mengidentifikasi jenis-jenis limbah padat/sampah yang umum dijumpai, disertai tantangan permasalahannya.
2. Merekomendasikan strategi *Zero Waste*, sebagai upaya meminimalkan timbulnya limbah padat/sampah tersebut.

D. Hasil dan Diskusi

Limbah padat atau sampah yang umum dijumpai adalah limbah industri, limbah listrik dan elektronik, limbah makanan, limbah kemasan, limbah medis yang terkenal isunya seiring dengan pandemi COVID-19. Berikut ini jenis limbah padat disertai dengan tantangan permasalahan yang terjadi:

1. Limbah industri

Limbah industri adalah limbah padat/sampah industri yang dihasilkan dari kegiatan industri/produksi (Qingbin Song et al., 2014; Zhang, 2022; Crutchik et al., 2023; Gao & Chen, 2023;).

Sampah industri jumlahnya sangat banyak, dengan kemajuan peradaban manusia. Sampah industri di negara berkembang

cenderung meningkat, sedangkan sampah industri di negara maju cenderung stabil bahkan dapat menurun. Hal ini dikarenakan, penerapan daur ulang di negara berkembang masih kurang. Maka, lebih banyak tantangan pengelolaan limbah industri di negara berkembang.

Tantangan lain dari limbah industri adalah terdapatnya limbah B3 (Bahan Berbahaya Beracun). Terlebih lagi, limbah B3 yang dibuang secara ilegal (*illegal dumping*). *Illegal dumping* sering terjadi antar negara, tanpa mengenal batas teritorial (Barakat & Srouf, 2023). Ini merupakan masalah serius karena adanya ancaman bagi lingkungan dan kesehatan di negara tujuan. Pembuangan ilegal, juga mengancam kesejahteraan masyarakat. Karena biaya dampak pembuangan ilegal akhirnya menjadi beban masyarakat, terutama masyarakat di sekitar pembuangan. Memang, tidak semua limbah padat industri yang berjumlah besar dapat dikumpulkan dan segera diolah. Sehingga, limbah tersebut berpeluang dibuang ke negara lain, terutama negara berkembang. Satu kali pembuangan ilegal dibiarkan, maka akan menyusul pembuangan ilegal lainnya.

Cara pengolahan (*treatment*) terhadap limbah industri harus diputuskan. Banyak pilihan untuk melakukan *treatment* terhadap limbah industri, termasuk yang paling ekstrim adalah dengan mengeksport limbah industri ke negara lain, terutama negara berkembang. Hal ini berarti juga mengeksport pencemaran lingkungan ke negara berkembang, karena fasilitas pengolahan di negara berkembang juga masih informal, terutama untuk daur ulang. Sehingga limbah yang dikirim ke negara berkembang, akhirnya juga dibuang saja ke lingkungan.

Mengapa sebenarnya pembuangan secara liar apalagi melewati batas negara sering terjadi? Hal ini selain lemah pengawasan, juga karena banyak manfaat ekonominya. Dari beberapa data didapatkan bahwa, biaya suatu industri di Eropa mengolah limbah B3 secara benar akan menghabiskan biaya sekitar 1000 dolar (US) per ton, tetapi jika membuang limbah B3 begitu saja secara ilegal, biaya hanya sekitar 2.50 dolar Amerika (Qingbin Song et al., 2014). Biaya untuk membakar sampah industri secara legal di Belanda berkali lipat lebih mahal dibanding dikirim ke negara berkembang. Oleh karena itu, pengelolaan limbah industri merupakan hal yang prioritas, selain untuk menyelamatkan lingkungan, juga untuk

memikirkan keberlanjutan ekonomi dari industri (Gao & Chen, 2023).

2. Limbah elektronik

Limbah elektronik, *E-waste*, *EEE-waste* (*Electrical and Electronic Equipment Waste*) merupakan limbah padat atau sampah yang meliputi semua jenis peralatan listrik dan elektronik. Peningkatan jumlah penduduk dan standar hidup masyarakat berpengaruh pada peningkatan permintaan peralatan listrik dan elektronik (EEE), seperti printer, ponsel, komputer, televisi (Angela Daniela La Rosa et al., 2021).

Elektronik merupakan perangkat rumit terbuat dari berbagai bahan. Ada yang dari plastik, logam, kaca dan bahan tambahan lainnya yang kemungkinan beracun. Jika limbah elektronik tidak didaur ulang secara benar, maka zat beracun bisa dilepaskan dan menyebabkan polusi lingkungan yang serius. Zat beracun tersebut diantaranya dioxins;PCDD/Fs, logam berat seperti timbal, merkuri, arsenik, kadmium, selenium dan lainnya. Limbah elektronik memerlukan pengelolaan yang tepat, baik memperhatikan segi lingkungan maupun penghematan ekonominya, mengingat sebenarnya sebagian besar logam adalah bahan berharga yang jika dipulihkan akan dapat digunakan kembali (Angela Daniela La Rosa et al., 2021).

Resiko kesehatan dari limbah elektronik juga ada, berupa kesulitan bernapas, iritasi pernapasan, batuk, tersedak, pneumonitis, tremor, kejang, koma dan yang paling fatal adalah kematian. Masyarakat yang terpapar bahan kimia beracun limbah elektronik dapat melalui inhalasi, menghirup debu dan paparan kulit.

Aktivitas pembuangan ilegal limbah elektronik sulit ditangani, karena kurangnya data akurat. Umumnya, ekspor ilegal disamarkan dengan memberi label 'barang bekas/*second hand*', padahal itu limbah elektronik. Terkadang disembunyikan diantara barang baru. Kontainer diberi label yang sah/legal, tetapi isi kontainer dicampur antara barang baru dengan limbah elektronik. Pasar limbah elektronik juga ada. Media dan kelompok lingkungan tidak jera membantu mengungkapkan pembuangan limbah elektronik ke negara berkembang.

Selain ada pasarnya, pembuangan ilegal limbah elektronik ke negara berkembang dikarenakan biaya tenaga kerja dan biaya lingkungan yang lebih rendah.

Sulitnya mengatasi pembuangan ilegal limbah elektronik karena masih ada kandungan komponen yang dianggap berharga (jika dicari lebih rinci) sehingga lebih menguntungkan jika dibuang secara ilegal, mudah didapatkan karena dalam kategori limbah, dan biaya kirim ke negara berkembang relatif murah, serta resiko tertangkap kecil. Pembuangan limbah elektronik secara ilegal memerlukan pengawasan yang efektif dan aturan yang tepat, terutama di negara berkembang (Angela Daniela La Rosa et al., 2021; Barakat & Srouf, 2023).

3. Limbah makanan

Limbah makanan adalah bahan makanan yang dibuang atau tidak dapat dikonsumsi lagi. Limbah makanan bisa timbul karena makanan yang hilang dalam distribusi, tercecer, akhirnya menjadi limbah. Terdapat lima tahap timbulnya limbah makanan, yaitu : pada tahap pertanian, penanganan dan penyimpanan pasca panen, produksi, distribusi, konsumsi.

Ternyata, kenyataan yang ditunjukkan secara global, bahwa lebih dari sepertiga makanan yang telah diproduksi, terbuang sia-sia (den Boer et al., 2023). Sebagian besar makanan yang terbuang sia-sia tersebut, terjadi pada tahap konsumsi (den Boer et al., 2023).

Banyak makanan yang terbuang di negara maju dibandingkan dengan negara berkembang. Tetapi ada data yang menyajikan bahwa makanan terbuang di negara maju sama tinggi dengan di negara berkembang. Perbedaannya hanya pada tahap kehilangannya. Di negara maju, lebih dari 40% makanan terbuang pada tahap pendistribusian dan konsumsi. Di negara berkembang, lebih dari 40% makanan terbuang pada tahap pasca panen dan produksi.

Limbah makanan merupakan makanan hilang pada saat di lahan pertanian, setelah panen, produksi, makanan yang terbuang sepanjang rantai distribusi dan saat dikonsumsi. Ternyata, makanan yang hilang menjadi limbah, dapat membawa dampak negatif terhadap lingkungan, karena terjadi eksploitasi berlebihan terhadap lingkungan untuk memenuhi kebutuhan makanan. Krisis

lingkungan yang terdampak, dari tidak efisiennya pengelolaan makanan (diadopsi dari pakar lingkungan Song Q, et al.,) berikut :

1). Tanah

Pertanian yang dikelola terlalu intensif, tanpa membiarkan ladang nyaman terbentang dan istirahat terlebih dulu, dapat mengurangi kesuburan tanah. Pertanian yang sangat intensif, membuat tanah terlalu ditekan fungsinya, tidak perlu terjadi, jika tidak ada kebocoran/hilangnya makanan yang percuma. Jika makanan memang digunakan sebagaimana yang dikonsumsi, tidak hilang sia-sia, maka '*pressure*' terhadap lahan bisa dihindari. Akhirnya, kualitas tanah yang menurun, dapat memicu manusia menggunakan input sintetis pada tanah, yang berakibat polusi. Ini yang menyebabkan hilangnya kesuburan tanah.

2). Air

Secara global, pertanian telah memanfaatkan 70 persen air tawar. Dan setiap terjadi kenaikan produksi, berarti semakin banyak air yang diperlukan. Maka, jika terjadi makanan hilang terbuang sia-sia, maka kebutuhan bahan makanan akan meningkat. Hal ini berarti berdampak pada kenaikan kebutuhan air, yang secara tidak langsung ikut terbuang sia-sia. Padahal, sumberdaya air merupakan kunci bagi ketahanan kehidupan secara global.

3). Perubahan Iklim

Makanan adalah sumber utama dari gas dalam tempat pembuangan limbah. Makanan adalah komponen terbesar yang dikirim ke tempat pembuangan limbah. Bila makanan dibuang di tempat pembuangan sampah dan membusuk secara anaerobik dapat menghasilkan emisi metana. Oleh karena itu, semakin banyak limbah makanan, makanan yang tercecer dalam setiap tahapan, akan semakin menyebabkan pemanasan global dan perubahan iklim.

4). Keanekaragaman hayati

Makanan yang tidak termakan, tercecer dalam distribusi, dapat berakibat langsung maupun tidak langsung terhadap berkurangnya keanekaragaman hayati. Hal ini melalui terjadinya perubahan habitat, eksploitasi alam yang berlebihan, polusi sampai pada perubahan iklim. Produksi pangan yang tidak efisien, mendorong terjadinya penggundulan hutan, untuk menanam bahan makanan.

Makanan yang terbuang percuma menjadi limbah, berperan juga dalam perluasan pertanian di daerah masih alami/liar, eksploitasi hutan secara berlebih, dan penangkapan ikan berlebihan di habitat laut. Hal ini menyebabkan hilangnya satwa liar termasuk mamalia, burung, ikan, amfibi. Contoh memprihatinkan adalah dalam hal penangkapan ikan dengan pukat, maka sampai 70 persen dari hasil tangkapan akan terbuang sia-sia, tidak dikonsumsi.

Meninjau tantangan limbah makanan pada setiap tahapan, dan juga merupakan komponen utama dari limbah padat, maka limbah makanan menjadi tantangan dan peluang global untuk pengelolaan lebih berkelanjutan (Crutchik et al., 2023).

4. Limbah kemasan

Limbah kemasan berarti semua produk yang terbengkalai, terbuat dari bahan apa saja, yang telah dimanfaatkan untuk membungkus, menyajikan, menahan, melindungi, menangani, mengirim sesuatu. Limbah kemasan bisa terbuat dari kertas, karton, kaca, plastik, kayu dan logam.

Sejumlah besar limbah kemasan terbuat dari plastik, masuk ke tempat pembuangan akhir dan bahannya terurai sangat lambat. Hal ini menimbulkan beberapa masalah lingkungan seperti peningkatan volume di tempat pembuangan akhir, peningkatan racun emisi, peningkatan produksi yang menggunakan sumberdaya tak terbarukan.

Kemasan yang berlebihan, sudah lazim di negara maju. Dianalogikan, untuk memakan sepotong coklat saja, konsumen perlu membuka beberapa lapisan kemasan. Yaitu membuka kemasan luar dari plastik, kemudian membuka kemasan lapisan berikutnya dari kertas. Meskipun pengemasan produk terlihat sepele, namun dampaknya besar untuk keseluruhan rantai pasok. Sejumlah besar produk menerapkan kemasan yang berlebihan dan membutuhkan lebih banyak bahan, lebih banyak sumberdaya yang harus diproduksi, lebih banyak biaya, hanya dengan satu alasan untuk menarik perhatian mata (*eye catching*). Kemasan produk biasanya segera dibuang setelah dibuka, cepat berakhir di tempat pembuangan sampah. Padahal pengemasan berlebihan secara fisik lebih besar, menjadi lebih berat, dan menimbulkan efek biaya logistik dan biaya lingkungan lebih tinggi.

5. Limbah Medis/Klinis

Organisasi kesehatan dunia mengumumkan COVID-19 yang menyebar cepat ke seluruh dunia, sebagai pandemi pada Maret 2020. Awalnya, penyakit Coronavirus (COVID-19) terdengar pertama kali di Wuhan, Republik Rakyat Tiongkok pada Desember 2019. Setiap hari, secara global, terdapat ribuan kasus baru COVID-19 yang terjadi. Karena jumlah pasien secara global tinggi, maka terdapat jumlah peningkatan limbah medis/klinis (Agamuthu & Barasarathi, 2021). Penanganan secara tepat bagi limbah medis rumah sakit dan lembaga kesehatan lain sangat penting. Tantangannya bagaimana infeksi dan konsekuensi kesehatan dan lingkungan yang merugikan dapat dihilangkan (Agamuthu & Barasarathi, 2021). Limbah medis bisa jadi mengandung jaringan manusia yang menular dan terkontaminasi dari obat, jarum, atau terkait bahan berbahaya lainnya. Apalagi pada masa pandemi, isu limbah banyak terkait dengan masker, alat pelindung diri dan jarum suntik.

Sebagaimana diuraikan pada studi ini, masyarakat menghadapi tantangan besar terhadap limbah padat atau sampah (ditampilkan pada tabel 1). Bumi ini mempunyai sumberdaya terbatas, tekanan lingkungan terhadap keberlanjutan semakin besar di masa depan, sehingga mencapai *Zero Waste* merupakan keharusan yang harus diupayakan semua pihak, oleh *stakeholder* (Bolton, 2019).

Kemudian, pertanyaan selanjutnya, bagaimana meminimalisir munculnya sampah di kehidupan ini, terutama pada jenis sampah/limbah padat yang telah dipaparkan? Maka, yang direkomendasikan untuk meminimalkan timbunan limbah padat, adalah melakukan strategi *Zero Waste*. Strategi *Zero Waste* yang dianjurkan ini adalah untuk produk, sepanjang siklus hidupnya (yang sebagian besar diadopsi dari pakar lingkungan Song, Q).

Strategi *Zero Waste* yang diterapkan adalah :

1. Tahap Desain Produk

Desain produk, merupakan tahap, sebelum bahan baku masuk ke proses produksi. Maka strategi *Zero Waste* yang dilakukan adalah mendesain produk yang berorientasi ramah lingkungan, mengaplikasikan teknologi baru yang meminimalisir timbulnya sampah, melakukan analisis sepanjang siklus hidup produk, menganalisis rantai pasok agar tertutup, dan manajemen

kepedulian produk. Strategi *Zero Waste* tersebut dapat mengurangi pemakaian sumberdaya (terutama bahan berbahaya beracun), mengurangi energi, mengoptimalkan fungsi produk dan dapat mendefinisikan dengan jelas tanggung jawab sebagai produsen. Berikut dijelaskan satu persatu strategi *Zero Waste* untuk meminimalkan limbah padat, pada tahap desain produk :

Eco-design. Mulai tahap desain produk, tim pengembang sudah memikirkan bagaimana produk itu sepanjang prosesnya dapat mengurangi pemborosan sumberdaya, dan mengurangi dihasilkannya limbah di keseluruhan sistem. Strategi ini menyeimbangkan, bagaimana memenuhi kebutuhan manusia dengan produk tersebut disertai mengurangi dampak lingkungannya.

Penggunaan teknologi baru. Pada tahap desain, tim pengembang sudah memikirkan, teknologi inovatif yang bisa diterapkan untuk membawa kebaikan terhadap lingkungan dan biaya produksi produk (Mesjasz-Lech, 2019).

Life Cycle Analysis. Analisis siklus hidup produk, yaitu menilai dampak lingkungan pada setiap siklus hidup produk. Mulai dari bahan baku, proses, barang jadi, distribusi, konsumsi, dibuang.

Pengelolaan Rantai Pasok Loop Tertutup. Strategi ini mengacu pada logistik dan distribusi dengan sistem melingkar tertutup. Artinya, aliran bahan baku, produk, sepanjang aliran distribusi diupayakan membentuk lingkaran, dengan prinsip daur ulang, tidak lupa memperhatikan kesehatan manusia dan keamanan lingkungan. Prinsip dari strategi rantai pasok *looping* tertutup ini adalah bagaimana bahan atau produk dalam saluran rantai pasok itu berguna, sampai tidak ada lagi *value* yang dapat dipulihkan dari bahan/produk tersebut (Oliveira Silva & Morais, 2021).

Manajemen Kepedulian Produk. Strategi ini adalah mengingatkan tanggung jawab sebagai produsen (EPR, *Extended Producer Responsibility*) dan tanggung jawab sebagai individu (IPR, *Individual Producer Responsibility*) untuk peduli terhadap lingkungan hidup. Sehingga produsen tidak hanya memiliki kewajiban terhadap keberlanjutan produk secara ekonomi, tetapi juga memperhatikan keberlanjutan lingkungan.

2. Tahap Proses Manufaktur

Melakukan strategi produksi bersih pada proses manufaktur, atau proses produksi. Yaitu bagaimana proses produksi dapat meminimalkan limbah, emisi, dan memaksimalkan outputnya (Assi, 2020). Hal ini bisa dilakukan dengan analisis aliran material dan energi dalam produksi. Strategi produksi ramping (*lean*) juga dapat diterapkan, karena produksi yang efisien efektif prosesnya, berarti mengurangi aktivitas yang tidak diperlukan, yang dapat berdampak pada pelaksanaan produksi bersih (Sulistiari, EB., et al., 2021).

3. Tahap Penjualan dan Konsumsi

Melakukan strategi *eco-label* pada tahap penjualan dan konsumsi/pemakaian (Van Langen, SK., 2021). *Eco-label* ini untuk menjamin dan mengedukasi pembeli, bahwa produk yang akan dikonsumsi/dipakai telah memenuhi kriteria keamanan terhadap kesehatan dan lingkungan alam. Dari segi *marketing* juga menguntungkan produsen, karena memiliki daya saing peduli lingkungan, dibandingkan dengan produk lainnya.

4. Tahap Akhir Hidup Produk

Tahap keempat adalah akhir hidup produk. Strateginya adalah melaksanakan monitor keseluruhan sistem manajemen lingkungan yang telah direncanakan, dijadwalkan, dilaksanakan, agar kinerja produk dan lingkungan berjalan baik. Pada tahap ini, bagaimana produk tidak segera berakhir, dengan memperpanjang masa hidup produk, dengan inovasi, daur ulang, *re-use*, *re-pair*, *re-manufacturing*, sehingga produk yang dikonsumsi tidak langsung berakhir ke pembuangan (Bolton, 2019; Mesjasz-Lech, 2019).

Strategi *Zero Waste* seperti *Life Cycle Analysis*, dapat dibatasi pada ruang lingkup tertentu. Idealnya memang dilakukan pada tahap desain dan untuk sepanjang siklus hidup produk. Misalnya, LCA dianalisis untuk sepanjang tahap produksi saja, atau pada tahap akhir produk. Hal ini dilakukan karena keterbatasan sumberdaya perusahaan. Strategi tanggung jawab produsen dapat difokuskan pada tahap akhir produk. Tentunya strategi untuk meningkatkan kinerja terhadap lingkungan tersebut harus terus diupayakan meningkat (Pattanaik, 2020), sehingga tercapai *Zero Waste* yang berkelanjutan, di keseluruhan sistem, sepanjang siklus hidup produk. Strategi *Zero Waste* yang diterapkan terhadap produk

yang berpotensi menjadi limbah industri, limbah elektronik, limbah makanan, limbah kemasan maupun limbah medis, ditampilkan pada tabel 1.

Tabel 1. Jenis Limbah Padat, Tantangan dan Strategi Zero Waste pada Produk

Jenis Limbah Padat	Tantangan	Strategi Zero Waste (pada Produk)
1. Limbah Industri	- o Fasilitas daur ulang masih informal, terutama di negara berkembang. - o Masih ada yang terkandung B3 - o Pembuangan secara ilegal - o Treatment yang baik bagi lingkungan dan ekonomi perusahaan.	1. Tahap Desain - Eco Design - LCA - Rantai Pasok Tertutup - Manajemen Kepedulian Produk
2. Limbah Elektronik	• Ada yang terkandung bahan berbahaya • Pembuangan dan penyelundupan secara ilegal lebih murah dan ada pasarnya.	2. Tahap Proses Manufaktur ▪ Produksi Bersih ▪ Produksi Ramping
3. Limbah Makanan	- o Terjadi kehilangan atau tercecer menjadi limbah di lima tahap, yaitu tahap pertanian, panen, produksi, distribusi, konsumsi. - o Tidak efisiennya sumberdaya makanan yang hilang kemudian menjadi limbah, menyebabkan eksploitasi terhadap lingkungan semakin bertambah, menjadi sebab terjadi krisis lingkungan pada tanah, air, terjadi perubahan iklim, berkurangnya keanekaragaman hayati.	3. Tahap Penjualan dan Konsumsi - Eco Label -
4. Limbah Kemasan	• Berlebihan/berlapis-lapis dalam penggunaan kemasan dalam satu produk, supaya menarik • Umur pakainya cepat, segera dibuang ke tempat sampah. • Banyak yang dari plastik yang terurainya lama.	
5. Limbah medis/klinis	- o Lebih banyak dan isu sensitif selama, pasca pandemi COVID-19. - o Terkontaminasi bahan dan hal berbahaya bagi kesehatan dan lingkungan hidup.	4. Tahap Akhir Produk ▪ Inovasi, Recycling, Reuse, Repair, Remanufacturing

E. Penutup

Limbah padat atau sampah terdiri dari banyak jenisnya, seperti limbah industri, limbah elektronik, limbah makanan, limbah kemasan, limbah medis. Limbah padat atau sampah tersebut, harus dicarikan upaya, untuk meminimalkan jumlah maupun munculnya,

di berbagai jenisnya. Oleh karena itu ditawarkan strategi *Zero Waste*, yang dapat diimplementasikan sepanjang keseluruhan siklus hidup produk. Mulai dari tahap mendesain, sampai akan habis umur pakai produk, sehingga diupayakan agar tidak langsung terbuang, sampai habis *value* produk (Ali, 2019; Oliveira Silva & Morais, 2021; Chin et al., 2023), yang dinamakan strategi *Zero Waste*. Strategi *Zero Waste* adalah strategi yang mengupayakan bagaimana agar masa akhir produk itu bukanlah akhir dari segalanya, tetapi dianggap masih dalam masa pertengahan (*intermediate*), yang bisa diupayakan menjadi bahan bagi proses atau produk lain. Hal ini perlu strategi dari berbagai tahapan produk, sebagaimana dipaparkan pada studi ini, sehingga arah produk selanjutnya akan tetap aman bagi kesehatan, lingkungan dan ekonomi.

Material tidak sepenuhnya benar-benar bisa tertutup siklusnya, sehingga dikembalikan pada tujuan utama strategi *Zero Waste*, yaitu bagaimana merubah pemikiran, perilaku masyarakat agar segala sesuatu digunakan sesuai fungsinya dan mengupayakan keberlanjutan kesehatan dan lingkungan, selain pada keuntungan ekonomi (Bolton, 2019; Singh, 2021; Chin et al., 2023). Dibalik tantangan, diupayakan ada pemanfaatan lainnya. Strategi *Zero Waste* dapat diimplementasikan pada individu, kota, perusahaan. Terdapat indeks *Zero Waste* untuk mengukur indikator kuantitatif keberhasilannya. Dengan adanya strategi *Zero Waste* dapat tercipta lapangan kerja terutama yang mendukung upaya reporses (Rondón Toro et al., 2022). Dan juga dukungan pemerintah serta seluruh *stakeholder* sangat berguna, untuk membuat dan menegakkan peraturan terhadap pembuangan ilegal (Barakat & Srour, 2023). Penelitian tentang material dan substitusinya juga sangat penting untuk mendukung strategi *Zero Waste*. Ada filosofi yang bijak, dibalik sampah, ada harta benda bagi orang lain (dan tentunya bagi lingkungan hidup) yang bisa dicapai.

F. Referensi

- Agamuthu, P., & Barasarathi, J. (2021). Clinical waste management under COVID-19 scenario in Malaysia. *Waste Management & Research: The Journal for a Sustainable Circular Economy*, 39(1_suppl), 18–26. <https://doi.org/10.1177/0734242X20959701>
- Ali, A. K. (2019). Facilitating industrial symbiosis to achieve circular

- economy using value-added by design: A case study in transforming the automobile industry sheet metal waste-flow into Voronoi facade systems. *Journal of Cleaner Production*, 234, 1033–1044. <https://doi.org/10.1016/j.jclepro.2019.06.202>
- Angela Daniela La Rosa, Sotirios A. Grammatikos, & George Andrei Ursan, E. al. (2021). Recovery of electronic wastes as fillers for electromagnetic shielding in building components: An LCA study. *Journal of Cleaner Production*, 280(124593). <https://doi.org/10.1016/j.jclepro.2020.124593>
- Assi, A. (2020). Zero-waste approach in municipal solid waste incineration: Reuse of bottom ash to stabilize fly ash. *Journal of Cleaner Production*, 245. <https://doi.org/10.1016/j.jclepro.2019.118779>
- Barakat, B., & Srour, I. (2023). Consideration of hotspots in the selection of supervision schemes to reduce illegal dumping of construction and demolition waste. *Waste Management & Research: The Journal for a Sustainable Circular Economy*. <https://doi.org/10.1177/0734242X231178216>
- Bolton, K. (2019). Solid waste management toward zero landfill: A swedish model. In *Sustainable Resource Recovery and Zero Waste Approaches* (pp. 53–63). <https://doi.org/10.1016/B978-0-444-64200-4.00004-9>
- Carmona, I., Aguirre, I., Grif, D. M., & García-borrego, A. (2023). *Science of the Total Environment Towards a circular economy in virgin olive oil production : Valorization of the olive mill waste (OMW) “ alpeorujo ” through polyphenol recovery with natural deep eutectic solvents (NADESs) and vermicomposting*. 872(November 2022). <https://doi.org/10.1016/j.scitotenv.2023.162198>
- Chin, M. Y., Lee, C. T., Klemeš, J. J., Fan, Y. Van, & Woon, K. S. (2023). Developing a sustainability solid waste treatment portfolio for 3Ps (planet-prosperity-people) nexus. *Journal of Cleaner Production*, 415, 137698. <https://doi.org/10.1016/j.jclepro.2023.137698>
- Crutchik, D., Barboza, J., Vázquez-Padín, J. R., Pedrouso, A., Val del Río, Á., Mosquera-Corral, A., & Campos, J. L. (2023). Integrating food waste management into urban wastewater treatment: Economic and environmental impacts. *Journal of Environmental Management*, 345, 118517.

- <https://doi.org/10.1016/j.jenvman.2023.118517>
- den Boer, J., Kobel, P., den Boer, E., & Obersteiner, G. (2023). Food waste quantities and composition in Polish households. *Waste Management & Research: The Journal for a Sustainable Circular Economy*, 0734242X2311550. <https://doi.org/10.1177/0734242X231155095>
- Fatimah, Y. A. (2020). Industry 4.0 based sustainable circular economy approach for smart waste management system to achieve sustainable development goals: A case study of Indonesia. *Journal of Cleaner Production*, 269. <https://doi.org/10.1016/j.jclepro.2020.122263>
- Gao, M., & Chen, Y. (2023). Get the win-win: Sustainable circular model of 'generation-value-technology' of industrial solid waste management. *Waste Management & Research: The Journal for a Sustainable Circular Economy*. <https://doi.org/10.1177/0734242X231184446>
- Ma, W., Jong, M. De, Zisopoulos, F., & Hoppe, T. (2023). Introducing a classification framework to urban waste policy : Analysis of sixteen zero-waste cities in China. *Waste Management*, 165(September 2021), 94–107. <https://doi.org/10.1016/j.wasman.2023.04.012>
- Magazzino, C., & Falcone, P. M. (2022). Assessing the relationship among waste generation, wealth, and GHG emissions in Switzerland: Some policy proposals for the optimization of the municipal solid waste in a circular economy perspective. *Journal of Cleaner Production*, 351, 131555. <https://doi.org/10.1016/j.jclepro.2022.131555>
- Mesjasz-Lech, A. (2019). Reverse logistics of municipal solid waste - Towards zero waste cities. In *Transportation Research Procedia* (Vol. 39, pp. 320–332). <https://doi.org/10.1016/j.trpro.2019.06.034>
- Momeni, Mojtaba Arab; et al. (2022). A novel buy-back contract coordination mechanism for a manufacturer-retailer circular supply chain regenerating expired products. *Journal of Cleaner Production*, 375(133319). <https://doi.org/10.1016/j.jclepro.2022.133319>
- Oliveira Silva, W. D., & Morais, D. C. (2021). Transitioning to a circular economy in developing countries: A collaborative

- approach for sharing responsibilities in solid waste management of a Brazilian craft brewery. *Journal of Cleaner Production*, 319, 128703.
<https://doi.org/10.1016/j.jclepro.2021.128703>
- Pattanaik, L. (2020). Utilization and re-use of solid and liquid waste generated from the natural indigo dye production process – A zero waste approach. *Bioresource Technology*, 301.
<https://doi.org/10.1016/j.biortech.2019.122721>
- Qingbin Song, Jinhui Li, & Xianlai Zeng. (2014). Minimizing the increasing solid waste through zero waste strategy. *Journal of Cleaner Production*, xxx, 1–12.
- Rondón Toro, E., Lobo, A., & Gallardo Izquierdo, A. (2022). Circularity indicator for municipal solid waste treatment plants. *Journal of Cleaner Production*, 380, 134807.
<https://doi.org/10.1016/j.jclepro.2022.134807>
- Singh, P. P. (2021). Solid waste management through the concept of zero waste. In *Emerging Trends to Approaching Zero Waste: Environmental and Social Perspectives* (pp. 293–318).
<https://doi.org/10.1016/B978-0-323-85403-0.00009-8>
- Sulistiarini, EB., et al. (2021). Inovasi Lean bersama Green bagi UKM Berkelanjutan, Mungkinkah? In *Inovasi Teknologi dalam Mendukung Pembangunan Berkelanjutan* (1st ed., pp. 142–156). Inteligencia Media.
- Van Langen, SK., et al. (2021). No Title. *Journal of Cleaner Production*, 316(128166).
- Ye, W. (2021). The effects and mechanisms of zero-valent iron on anaerobic digestion of solid waste: A mini-review. In *Journal of Cleaner Production* (Vol. 278).
<https://doi.org/https://doi.org/10.1016/j.jclepro.2020.123567>
- Zhang, B. (2022). New strategies for industrial solid waste management based on construction of “zero-waste city.” *Chinese Journal of Environmental Engineering*, 16(3), 732–737.
<https://doi.org/10.12030/j.cjee.202111112>

PROFIL PENULIS



Dr. Emma Budi Sulistiarini.

Doktor Teknik Industri Manufaktur.

Bidang keilmuan yang diminati adalah *Industrial Engineering and Management, Ergonomics and Product Development, Environment and Sustainable Development*. Pada saat ini bekerja sebagai dosen LLDIKTI VII di **Universitas Widyagama Malang**.

Alamat kantor : Jl. Borobudur Nomor 35 Malang, Jawa Timur, Indonesia.

emma_budi@widyagama.ac.id

emma.budi.sulistiarini@gmail.com



Imaduddin Bahtiar Efendi, S.T., M.T., CRMPA.

Dosen Teknik Industri di **Universitas Islam Majapahit** di Kabupaten Mojokerto, Jawa Timur.

Bidang keilmuan yang diminati ada beberapa, diantaranya adalah : *Product Development, Industrial Ecology, Ergonomics*.