

TRACEABLE WASTE SYSTEM: KONSEP PELACAKAN DAN PENGELOLAAN SAMPAH MENUJU INDONESIA BERSIH BEBAS SAMPAH 2025

**Noor Amina Varhana¹, Muhammad Fajar Faliasthiunus Pradipta²,
Kamailiya Ulfah³**

¹Fakultas Kedokteran Hewan, Universitas Airlangga

²Fakultas Sains dan Teknologi, Universitas Airlangga

³Fakultas Kedokteran Hewan, Universitas Airlangga

¹nooraminavarhana@gmail.com, ²mesut.adip@gmail.com,

³kamailiyaulfah@gmail.com

Abstract

At present, Indonesia is the biggest contributor to plastic waste after China. In 2016, Indonesia can produce as much as 65.200.000 tons of waste and is predicted to increase along with the population growth. However, the recent various solutions could not completely resolve this problem. The use of sanitary landfills required so much money, and there's no platform for integrated environmental information systems yet, heaps of organic waste also caused an unpleasant odor and diseases in the TPS3R solution. Traceable Waste System is a long-term innovative management for organic and inorganic waste. The functions of this system is to track, control, and manage the waste problem. This system has an obligation policy to return the waste of branded packaging products that use the barcode system, and then it will be integrated with the waste bank through an online application. Meanwhile, the waste bank act as a recipient, distributor, and manager of the waste. Organic waste will further be processed by the gasification process and Black Soldier Flies (BSF), resulting a product that has high economic value. The purpose of this system is to convert waste that is often considered as useless and neglected items into goods that have high economic value and also indirectly acted as an alternative payment method.

Keywords: waste system, waste bank, organic waste, inorganic waste, BSF

1. PENDAHULUAN

Indonesia merupakan salah satu negara penyumbang sampah terbesar di dunia. Permasalahan sampah nasional sudah cukup meresahkan masyarakat. Saat ini, Indonesia menjadi penyumbang sampah plastik

terbesar kedua setelah Tiongkok.

Pada tahun 2016, Indonesia dapat menghasilkan sampah sebanyak 65.200.000 ton dan diprediksi akan meningkat seiring bertambahnya jumlah penduduk (Badan Pusat Statistik Indonesia, 2018). Permasalahan sampah bukan lagi

sekadar masalah kebersihan dan lingkungan saja, namun masalah sampah sudah menjadi masalah sosial yang berpotensi menimbulkan konflik. Lebih parahnya, hampir semua kota di Indonesia baik kota besar maupun kota kecil, belum memiliki sistem penanganan sampah yang baik (Damanhuri, 2005). Tentu keadaan ini tidak bisa diremehkan lagi. Indonesia berada dalam keadaan darurat sampah.

Pengelolaan sampah dari sebagian penduduk di Indonesia masih menggunakan metode pengumpulan secara langsung (*door to door*) dan langsung ditampung di TPA di biarkan secara *open dumping* tanpa ada pengelolaan lanjutan, metode ini menjadi dampak buruk karena dengan peningkatan jumlah penduduk pertahunnya akan meningkatkan jumlah sampah, sehingga lahan TPA yang mempunyai luas terbatas tidak dapat menampung sampah lagi. Sistem *open dumping* dinilai sudah tidak layak digunakan menjadi tempat pembuangan akhir sampah karena menjadi sumber penyakit, bau tidak sedap dan lain-lain (Samin, dkk. 2018). Mengenai hal tersebut pemerintah telah

melakukan upaya dalam menanggulangi permasalahan sampah di Indonesia. Salah satunya berdasarkan UU No 18 tahun 2008 dan dan PP No 81 Tahun 2012 tentang pengurangan dan penanganan sampah. Solusi dari pemerintah adalah penerapan pembuangan *sanitary landfill* pada TPA dibandingkan dengan *open-dumping*, integrasi sistem informasi lingkungan hidup (SILH) dengan bank sampah, dan tempat pembuangan sampah *reuse, reduce, dan recycle* (TPS3R). Beberapa metode dari pemerintah memiliki kelemahan, sehingga pengelolaan sampah masih kurang maksimal. Solusi menggunakan *sanitary landfill* membutuhkan biaya yang cukup besar, belum adanya *platform* mengenai integrasi sistem informasi lingkungan hidup (SILH), adanya tumpukan sampah organik juga menimbulkan bau yang tidak sedap dan menimbulkan sarang penyakit pada solusi TPS3R (Norhasanah, 2017; Bahraini, 2019).

Berdasarkan permasalahan tersebut, dibutuhkan suatu inovasi untuk menyelesaikan permasalahan pengurangan sampah. Dibutuhkan suatu konsep yang dapat

menyelesaikan permasalahan pengurangan sampah hingga pengolahan sampah. Konsep *traceable waste system* merupakan konsep untuk melacak dan mengontrol keberadaan sampah serta mengelolanya lebih lanjut. Konsep *traceable waste system* menggunakan sistem pelacakan melalui *barcode* dengan aplikasi online, serta bank sampah untuk sistem pengelolaannya. Konsep ini akan mengubah bahan kemasan produk menjadi bahan yang *reusable* (dengan *Phase Change Material* (PCM)), dan memberikan peran kepada bank sampah untuk mengontrol keberadaan sampah pada masyarakat setempat.

Sistem *barcode* yang digunakan dalam konsep ini mewajibkan tiap pemilik produk kemasan bermerek untuk mengembalikan sampah tersebut ke bank sampah. Sistem ini mengubah anggapan masyarakat mengenai sampah sebagai barang yang tidak berguna menjadi barang yang memiliki nilai tanggungjawab. Bank sampah digunakan sebagai sistem untuk pengelolaan sampah, yang menerima sampah dari masyarakat baik terutama sampah produk bermerek yang wajib

dikembalikan serta menerima diversifikasi sampah lain baik sampah organik maupun anorganik. Konsep *traceable waste system* juga memanfaatkan proses gasifikasi yang menghasilkan listrik dan memanfaatkan *black soldier fly* (BSF) sebagai strategi untuk pengelolaan sampah organik. Selain itu pada bank sampah yang digunakan sebagai sistem pengelolaan sampah, akan mengeluarkan produk seperti bank konvensional, salah satunya *banking* melalui aplikasi online. Sehingga, mempermudah dalam proses pengembalian dan pengelolaan sampah. Pada proses pengembalian sampah, secara otomatis akan tercantum keterangan pengembalian tersebut pada aplikasi serta akan mendapatkan bagi hasil yang masuk dalam rekening sampah. Aplikasi online dari bank sampah tidak hanya berfungsi sebagai *mobile banking* namun juga sebagai *e-wallet*. Keuntungan dari sistem ini adalah sampah yang dianggap barang tidak berguna menjadi sampah yang mempunyai nilai ekonomis tinggi bahkan secara tidak langsung menjadi alat pembayaran.

2. METODE PENELITIAN

Berdasarkan studi literatur pada tinjauan pustaka dibentuklah rumusan masalah yaitu bagaimana inovasi sistem pengelolaan sampah yang dapat mengatasi permasalahan sampah jangka panjang. Jenis data yang digunakan adalah data sekunder. Metode pengumpulan data adalah studi pustaka. Metode yang akan digunakan untuk pengkajian ini studi literatur. Data yang diperoleh dikompulsi, dianalisis, dan disimpulkan sehingga mendapatkan kesimpulan mengenai inovasi sistem pengelolaan sampah yang dapat mengatasi permasalahan sampah jangka panjang.

3. HASIL DAN PEMBAHASAN

Pelacakan Sampah pada Konsep *Traceable Waste System* dan Konsep Alur Pengelolaan Sampah

Salah satu sumber sampah terbesar berasal dari sampah plastik terlebih, kini produsen gencar menjual produk dalam kemasan ekonomis seperti kemasan *sachet*. Padahal sampah *sachet* atau plastik *multilayer* tergolong sampah yang sulit didaur ulang serta memiliki nilai

ekonomis yang rendah sehingga seringkali diabaikan. Sampah plastik *sachet* ini diprediksi akan menumpuk pada 2027 jika tak segera diatasi (Nurhayat, 2020). Pada *Traceable Waste System* sampah jenis ini menjadi fokus sistem sistem pelacakan dan wajib dikembalikan kepada produsen sebagai tanggung jawab produsen untuk mendaur ulangnya kembali. Konsep yang berfungsi untuk meminimalkan tumpukan sampah dan kerugiannya. Konsep ini memiliki alur pengelolaan sampah berupa hulu, tengah, dan hilir. Secara garis besar, bagian hulu adalah bagian sebelum pemrosesan sampah yang akan melibatkan produsen dan konsumen; bagian tengah adalah bagian saat pemrosesan sampah yang melibatkan bank sampah dan TPA; dan bagian hilir adalah bagian pasca pemrosesan yang akan menghasilkan dan mendistribusikan listrik, kompos, dan barang bernilai jual.

Sistem Barcode pada Sampah dan Kebijakan Pengembalian Sampah Kemasan Bermerek

Selama ini sampah dikenal sebagai barang sisa yang dianggap

sudah tidak bermanfaat dan tidak memiliki nilai ekonomis sehingga menimbulkan masalah yang berkepanjangan. Dalam konsep *Traceable Waste System* sampah diubah menjadi benda yang harus dipertanggungjawabkan dan memiliki nilai ekonomis dengan menerapkan sistem barcode pada sampah dan kebijakan pengembalian sampah bagi setiap orang.

Sistem ini dimulai dengan pembentukan rekening bank sampah berdasarkan data dalam *e-ktp*, dan setiap pembelian produk apapun akan tercatat dalam rekening sampah melalui *scanning* barcode tertentu yang terdapat pada produk. Hasil *scan* produk kemasan yang dibeli akan menunjukkan jumlah PCM yang dibelinya, dan berapa kali PCM tersebut dapat digunakan kembali. Hasil *scan* untuk produk organik juga akan menunjukkan berapa berat barang organik yang dibelinya, sehingga dalam pengumpulan sampah nantinya, dapat diperkirakan benar salahnya berat barang yang dikumpulkan. Selain itu, alokasi hasil pertanian dan perkebunan untuk konsumsi masyarakat juga akan disesuaikan dengan pembelian barang

yang terakumulasi dalam suatu *big data* pada periode sebelumnya. Hal ini bertujuan untuk efisiensi bahan organik yang dikonsumsi, sehingga dapat meminimalkan kemungkinan adanya sisa makanan yang menjadi sampah, dan kelebihan produksi dapat dialokasikan untuk keperluan lain, seperti cadangan makanan dan ekspor.

Pada bagian hulu, tahap pengelolaan sampah yang dilakukan adalah pengurangan sampah. Hal ini akan dicapai dengan mengubah material kemasan produk yang awalnya *disposable* menjadi *reusable* dan *durable*, yaitu dengan menggunakan PCM. Bahan ini didefinisikan sebagai bahan penyimpan energi kalor laten (Rathod, 2018). PCM akan menyerap kalor laten dari suatu bahan atau lingkungan, kemudian fasa nya akan berubah. PCM memiliki densitas penyimpanan yang tinggi, sehingga dapat memberikan bentuk dan suhu yang stabil terhadap lingkungannya. PCM yang akan digunakan akan berjenis organik-parafin. Secara khusus, organik-parafin dipilih karena memiliki sifat lembut, tidak mudah bereaksi dengan reagen

tertentu, stabil, tidak perlu pendinginan berlebih, relatif murah dan banyak tersedia, dan tidak beracun dan ramah lingkungan. Bahan ini tidak memiliki efek samping tertentu, tetapi memiliki batas penggunaan maksimal sebanyak 5000 siklus (pada jenis n-heptadecane/Poly methyl methacrylate ($C_{17}H_{36}$)) (Sari *et al.*, 2011). Bahan ini akan dimanfaatkan dengan cara membentuknya menggunakan kalor dengan jumlah tertentu, kemudian mempertahankan bentuknya dengan mendinginkannya. Setelah berada di tangan konsumen, kemasan PCM yang sudah tidak digunakan diubah dengan menggunakan sebuah pena termal yang dapat mengeluarkan kalor dengan jumlah tertentu, yang memungkinkan bentuknya melembek. Setelah penggunaan kemasan selesai, PCM akan dibuka ke dalam bentuk lembaran. PCM dalam bentuk lembaran ini harus dikembalikan ke produsen melalui bank sampah.

Selain perubahan material, diperlukan sistem pemilahan yang tepat. Sistem pemilahan dapat berjalan karena terdapat tahap

pendataan barang yang harus dikembalikan kepada bank sampah. Apabila jumlah dan berat barang yang dikembalikan tidak sesuai dengan perhitungan sistem, maka konsumen tersebut akan mendapatkan sanksi tertentu.

Kemudian untuk sampah organik setiap rumah atau skala pemukiman tertentu wajib memiliki fasilitas pengolahan kompos yang berasal dari sampah rumah tangga. Kompos ini dapat digunakan kembali secara langsung oleh masyarakat di pemukiman tersebut atau dikumpulkan ke bank sampah untuk dialokasikan ke pertanian. Hal ini diberlakukan untuk meningkatkan partisipasi masyarakat dalam mempertanggungjawabkan sampah yang dihasilkan.

Pengelolaan Sampah Organik pada Konsep *Traceable Waste System*

1) Pengolahan Sampah Organik menggunakan Proses *Bio Waste* dengan *Black Soldier Fly*

Bagian tengah, tahapan yang dilakukan adalah pengolahan sampah. Tahapan ini dilakukan oleh bank

sampah yang tersebar di pemukiman masyarakat. kegiatan bank sampah yang dilakukan adalah pendataan kembali sampah dan pengembalian PCM pada industri; pengolahan sebagian sampah organik dibantu dengan teknologi *black soldier fly* (BSF); pengumpulan kompos; dan pengolahan sampah non PCM menjadi barang bernilai jual melalui pasar material. Setelah melakukan pendataan kembali, PCM akan dikembalikan ke industri sebagai bentuk implementasi *circular economy* dan penerapan konsep EPR. Kemudian, sampah organik yang didata sebagian dimakan BSF.

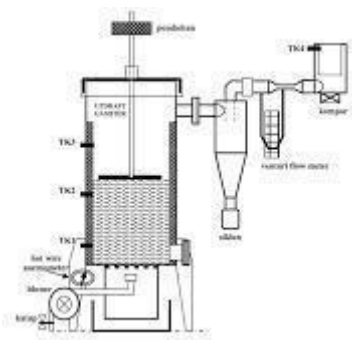
Pengolahan sampah organik dengan memanfaatkan proses *biowaste* dari larva *black soldier fly* (BSF) merupakan strategi inovatif untuk pengelolaan sampah organik di Indonesia. Menurut Popa dan Green (2012) keuntungan dari pemanfaatan larva BSF adalah dapat mendegradasi sampah organik lebih dari 50% serta menjadikan sumber nutrisi untuk pertumbuhan larva, mengkonversi sampah organik menjadi kompos, mengontrol bau, hama, dan dapat digunakan sebagai pakan ternak karena memiliki kandungan protein

yang tinggi. Dari pemanfaatan larva BSF ini akan mempercepat proses penguraian sampah organik serta meningkatkan perekonomian (Diener *et al*, 2011).

BSF mampu mereduksi jumlah sampah organik dalam waktu yang relatif cepat, yaitu dengan 5000 larva, 2 ikan dapat habis dimakan dalam waktu 22 jam. Dengan penerapan BSF, biaya transportasi sampah organik dan penyediaan ruang pada TPA dapat berkurang secara drastis (Dortmans *et al.*, 2017). BSF yang telah diberi makan, akan dijadikan sebagai makanan bernutrisi bagi hewan ternak (Wardhana, 2016). Kompos yang dikumpulkan dari masyarakat akan didistribusikan ke sektor pertanian atau perkebunan, kemudian dijual. Selanjutnya, pengolahan barang bernilai jual dari sampah non PCM juga akan dilakukan di bank sampah. Hasil distribusi kompos dan penjualan produk *recycle* sebagian akan masuk dalam rekening sampah nasabah sehingga masyarakat dapat langsung merasakan manfaat dari proses pemilahan sampah yang diwajibkan bagi mereka.

2) Pengelolaan Sampah menjadi Listrik dengan Teknologi Gasifikasi

Tahap selanjutnya berada pada bagian hilir, dimana pada tahap ini, dilakukan pembentukan energi listrik, dan pendistribusian energi listrik dan kompos sesuai dengan fungsi yang telah disebutkan. Di TPA dibentuk fasilitas pengolahan sampah menjadi listrik dengan memanfaatkan teknologi gasifikasi. Gasifikasi adalah suatu proses konversi bahan bakar padat menjadi gas mampu bakar (CO , CH_4 , dan H_2) melalui proses pembakaran dengan suplai udara terbatas (20% - 40% udara stoikiometri) (Basu, 2010).



Gambar 1. Gambaran reaktor gasifikasi

Energi listrik dibentuk melalui penimbunan sampah organik dan

sampah lainnya. Penimbunan ini didasarkan pada implementasi *sanitary landfill* sebagai amanat UU no 18 tahun 2008. Penimbunan itu dilakukan agar senyawa berbahaya yang dikeluarkan sampah tidak tersebar ke lingkungan sekitar, dan memanfaatkannya untuk mengubah biogas menjadi bioethanol, dan kemudian menjadi listrik (setelah melalui tahapan permurnian). Energi listrik yang dihasilkan tidak menjadi sumber energi utama, melainkan menjadi sumber energi cadangan yang akan disimpan di genset, dan atau dijadikan energi alternatif yang akan mendukung penerapan konsep kelistrikan *smart grid* kedepannya. Seluruh proses yang dilakukan diusahakan memegang prinsip ramah lingkungan, dibuktikan dengan tidak dilakukannya pembakaran sampah atau pembuatan sampah menjadi aspal yang akan membahayakan kesehatan masyarakat sekitar.

Sistem Bank Sampah pada Konsep Traceable Waste System

1) Pembagian Jenis Sampah dalam Konsep Traceable Waste System

Secara umum sampah terbagi menjadi sampah organik dan anorganik namun dalam konsep *Traceable Waste System*, dilakukan diversifikasi lebih lanjut dari sampah organik dan anorganik. Sampah anorganik terbagi menjadi sampah 10 kelompok yaitu; 1) Plastik, 2) Kertas, 3) Karet, 4) Logam, 5) Kain, 6) Kaca, 7) Botol, 8) Kaleng, 9) Sampah berukuran besar, dan 10) Sampah Elektronik.

2) Rekening Sampah yang Terintegrasi

Rekening sampah terbagi menjadi tiga jenis yaitu rekening individu, rekening keluarga, dan rekening usaha. Rekening individu ditujukan untuk penduduk Indonesia yang sudah memiliki kartu tanda penduduk. Nasabah ini memiliki tanggung jawab individu atas sampah produk kemasan yang dihasilkannya. Sementara penduduk Indonesia yang belum memiliki kartu tanda penduduk akan terdaftar dalam rekening keluarga yang terintegrasi dengan data kartu keluarga sehingga orang tua memiliki tanggung jawab atas sampah yang dihasilkan oleh anaknya yang masih di bawah umur. Rekening

usaha ditujukan untuk perusahaan swasta.

3) Keuntungan Nasabah

Sebagai instansi bank pada umumnya, bank sampah juga memberikan keuntungan bagi nasabahnya. Setiap sampah produk kemasan yang wajib dikembalikan maupun sampah organik yang disetorkan memiliki nilai tukar uang. Dalam hal ini sampah produk kemasan dihargai dengan harga tertentu berdasarkan ukuran, jenis bahan, dan tingkat nilai ekonomisnya untuk didaur ulang. Sementara sampah organik dihargai berdasarkan jumlahnya.

4) Aplikasi Online Bank Sampah

Bank sampah menyediakan aplikasi online bagi para nasabahnya. Aplikasi ini memudahkan nasabah untuk mengetahui jumlah tanggungan sampah yang harus dikembalikan, yang sudah dikembalikan dan jumlah saldo dari bagi hasil. Selain itu pada aplikasi ini juga terdapat jadwal pengembalian sampah yang juga dapat menentukan nilai tukar dari sampah tersebut. Aplikasi ini

berfungsi sebagai *mobile banking* dan *e-wallet*.

4. KESIMPULAN

Traceable Waste System merupakan konsep pelacakan dan pengelolaan sampah yang terintegrasi dengan bank sampah. Konsep yang mampu meminimalkan keberadaan sampah dari hulu sampai hilir pengelolaannya. Konsep ini menggunakan PCM sebagai material kemasan dan memiliki sistem bank sampah yang terintegrasi dengan e-ktip. Ketika konsumen membeli barang, terjadi proses *scanning* yang berguna untuk mendaftarkan tanggung jawab sampah yang dimiliki. Selesai menggunakan kemasan, PCM dibuka menjadi bentuk lembaran dengan pena termal. PCM dan sampah yang telah dipilah akan dikumpulkan ke bank sampah, dan akan diproses menjadi energi listrik, serta barang bernilai jual. Pengolahan kompos diwajibkan di setiap pemukiman untuk meningkatkan partisipasi masyarakat dalam mempertanggungjawabkan sampah yang dihasilkan. Pengolahan sebagian sampah organik di TPA dibantu oleh teknologi BSF.

Pembentukan energi listrik dilakukan di TPA dengan teknologi gasifikasi. Kompos, listrik dan barang bernilai jual akan didistribusikan serta dijual. Hasil penjualan tersebut menjadi benefit bagi nasabah dan bank sampah. Sistem ini ditujukan untuk mengubah konsep sampah yang dikenal sebagai barang tidak berguna dan seringkali diabaikan menjadi barang yang harus dipertanggungjawabkan. Selain itu dengan adanya sistem ini dapat meningkatkan nilai ekonomi dari sampah dan secara tidak langsung dapat digunakan sebagai alat pembayaran.

5. REFERENSI

- Badan Pusat Statistik Indonesia. 2018. Statistik Lingkungan Hidup Indonesia 2018. Jakarta: Badan Pusat Statistik Indonesia.
- Bahraini, A. 2019. Waste4Change Mendukung Konsep Hijau 3R (ReduceReuse-Recycle). <https://waste4change.com/waste4change-supports-3r-reduce-reuse-recyclegreen-concept/2/>. Diakses tanggal 6 Maret 2020
- Basu, P. 2010. Biomass Gasification and Pyrolysis: Practical Design and Theory. Elsevier.
- Damanhuri, Erni. 2005. Pengelolaan Sampah. Bandung : Departemen Teknik Lingkungan. Fakultas

- Teknik Sipil dan Perencanaan,
Institut Teknologi Bandung.
- Diener, S., Nandayure, S., Solano, F.,
Gutierrez, R., Zurbrugg, C.,
Tockner, K. 2011. Biological
Treatment of Municipal Organic
Waste Using Black Soldier Fly
Larvae. *Waste Biomass*. 2: 357-
363.
- Dortmans, B., Diener, S., Verstappen,
B., Christian, Z. 2017. *Black
Soldier Fly Biowaste
Processing*. Dubendorf: Eawag.
- Norhasanah. 2017. Sistem Sanitary
Landfill Tidak Ramah Dalam
Pembiayaan.
<https://www.borneonews.co.id/berita/70313-sistem-sanitary-landfill-tidakramah-dalam-pembiayaan>. Diakses pada
tanggal 4 Maret 2020.
- Nurhayat. 2010. Tanggung Jawab
Industri Mengelola Sampah
Kemasan Multilayer.
<https://indopos.co.id/read/2020/03/07/224727/tanggung-jawab-industri-mengelola-sampah-kemasan-multilayer/>. Diakses
tanggal 7 Maret 2020.
- Popa, R., Green, T. 2012. DipTerra
LCC e-Book 'Biology and
Ecology of the Black Soldier Fly'.
DipTerra LCC.
- Rathod, M.K. 2018. Phase Change
Materials and Their
Applications. Gujarat:
IntechOpen, pp.37-57.
- Sari, A., Eroglu, R., Bicer, A.
Karaipekli, A. 2011. Synthesis
and thermal energy storage
properties of erythritol
tetrastearate and erythritol
tetrapalmitate. *Chemical
Engineering and Technology*,
pp.87-92.
- Samin. Sunarto. Rijalurrahman M.
2018. Perencanaan Tempat
Pemrosesan Akhir Sampah
dengan Menggunakan Metode
Sanitary Landfill. Fakultas
Teknik. Universitas
Muhammadiyah Malang.
- Wardhana, A.H. 2016. Black Soldier
Fly (*Hermetia illucens*) sebagai
Sumber Protein Alternatif
untuk Pakan Ternak.
Wartazoa., pp.69-78.