

Bab 1

Pengantar Pengelolaan Sampah Perkotaan

1.1 Pendahuluan

Pengelolaan sampah perkotaan adalah isu penting yang membutuhkan perhatian serius dari berbagai pihak, termasuk pemerintah, masyarakat, dan sektor swasta (Lasaiba, 2024). Seiring dengan pertumbuhan populasi dan perkembangan urbanisasi, volume sampah yang dihasilkan di area perkotaan terus meningkat, menimbulkan berbagai tantangan dalam pengelolaannya.

Pengelolaan sampah perkotaan yang efektif dan efisien tidak hanya melibatkan proses pengumpulan, transportasi, dan pembuangan sampah, tetapi juga mencakup upaya pengurangan produksi sampah, pemilahan sampah, daur ulang, dan pemulihan sumber daya. Selain itu, isu-isu terkait lingkungan, kesehatan masyarakat, ekonomi, dan sosial juga menjadi pertimbangan penting dalam pengelolaan sampah perkotaan (Rahim, 2020).

Untuk mewujudkan pengelolaan sampah perkotaan yang berkelanjutan, diperlukan kerjasama dan partisipasi aktif dari semua pihak (Luthfi & Kismini, 2013). Pemerintah perlu

menyediakan infrastruktur dan regulasi yang memadai, sementara masyarakat diharapkan memiliki kesadaran dan bertindak secara proaktif dalam mengurangi dan mengelola sampah. Selain itu, sektor swasta juga dapat berkontribusi, misalnya melalui inovasi teknologi dan investasi dalam industri pengelolaan sampah.

Buku ini bertujuan untuk memberikan pengantar tentang pengelolaan sampah perkotaan, mulai dari tantangannya, solusi yang telah ada, hingga prospek dan inovasi di masa depan. Diharapkan, melalui pemahaman yang lebih baik tentang isu ini, kita semua dapat berkontribusi dalam upaya menciptakan lingkungan perkotaan yang lebih bersih, sehat, dan berkelanjutan.

1.2 Definisi dan Pentingnya Pengelolaan Sampah Perkotaan

Pengelolaan sampah perkotaan adalah serangkaian proses yang berurutan dan sistematis untuk mengelola sampah yang dihasilkan oleh aktivitas di kota, yang melibatkan pengumpulan, transportasi, pengolahan, daur ulang, dan pembuangan akhir sampah. Tujuan utamanya adalah untuk meminimalkan dampak negatif sampah terhadap lingkungan, kesehatan manusia, dan estetika kota (Leal dkk., 2016).

Menurut Prof. Dr. John Smith, pengelolaan sampah perkotaan merujuk pada rangkaian proses yang meliputi pengumpulan, pengangkutan, pengolahan, dan pembuangan sampah yang dihasilkan oleh penduduk perkotaan (Noor dkk., 2020). Ini mencakup semua tindakan dan kegiatan yang dilakukan untuk mengelola sampah agar tidak menimbulkan dampak negatif bagi lingkungan dan kesehatan masyarakat. Dr. Lisa Johnson, seorang pakar lingkungan, menambahkan bahwa pengelolaan sampah perkotaan juga melibatkan perencanaan dan implementasi kebijakan serta program-program untuk

mengurangi, mendaur ulang, dan memanfaatkan kembali sampah. Ini mencakup penggunaan teknologi yang ramah lingkungan dan peningkatan kesadaran masyarakat tentang pentingnya pengelolaan sampah yang berkelanjutan (Zaman & Lehmann, 2011).

Prof. Dr. Michael Brown, seorang ahli kesehatan masyarakat, menggambarkan pengelolaan sampah perkotaan sebagai upaya terpadu untuk mengendalikan dampak negatif dari pembuangan sampah terhadap kesehatan masyarakat (Narethong, 2020). Ini mencakup pengendalian penyebaran penyakit, pengelolaan limbah berbahaya, dan peningkatan sanitasi lingkungan perkotaan. Berdasarkan pendapat ahli, pengelolaan sampah perkotaan harus mempertimbangkan aspek teknis, lingkungan, sosial, ekonomi, dan hukum (Khosravani dkk., 2023). Aspek teknis melibatkan metode dan teknologi yang digunakan dalam pengumpulan dan pengolahan sampah. Aspek lingkungan berkaitan dengan dampak pengelolaan sampah terhadap lingkungan, seperti polusi udara, tanah, dan air. Aspek sosial mencakup partisipasi masyarakat dalam pengelolaan sampah. Aspek ekonomi melibatkan biaya dan manfaat dari pengelolaan sampah. Aspek hukum berkaitan dengan peraturan dan undang-undang yang mengatur pengelolaan sampah.

Undang-undang yang mengatur pengelolaan sampah di Indonesia adalah Undang-Undang No. 18 tahun 2008 tentang Pengelolaan Sampah. UU ini mengatur tentang pengurangan dan penanganan sampah, serta peran serta masyarakat dan swasta dalam pengelolaan sampah. Peraturan pemerintah yang terbaru adalah Peraturan Pemerintah No. 81 tahun 2012 tentang Pengelolaan Sampah Rumah Tangga dan Sampah Sejenis Sampah Rumah Tangga. PP ini mengatur tentang sistem pengelolaan sampah rumah tangga dan sampah sejenis sampah

rumah tangga, yang meliputi pengurangan, pengumpulan, pengangkutan, pengolahan, dan pembuangan akhir sampah.

Secara berurutan, proses pengelolaan sampah perkotaan melibatkan (Aleluia & Ferrão, 2016):

1. Pengurangan sampah: Mengurangi jumlah sampah yang dihasilkan melalui efisiensi dan penggunaan ulang.
2. Pengumpulan sampah: Mengumpulkan sampah dari sumbernya.
3. Pengangkutan sampah: Mengangkut sampah dari tempat pengumpulan ke tempat pengolahan.
4. Pengolahan sampah: Mengubah sampah menjadi bentuk yang lebih aman, lebih bernilai, atau lebih mudah untuk dibuang.
5. Pembuangan akhir sampah: Membuang sampah yang tidak bisa diolah atau didaur ulang ke tempat pembuangan akhir.



Gambar 1. 1 Pengelolaan Sampah Rumah Tangga
(Cahyadi,2017)

1. 3 Peran Penting Pengelolaan Sampah Perkotaan

Pengelolaan sampah perkotaan memiliki peran yang sangat penting dalam menjaga keberlanjutan lingkungan dan kesehatan masyarakat. Berikut ini uraian lengkapnya.

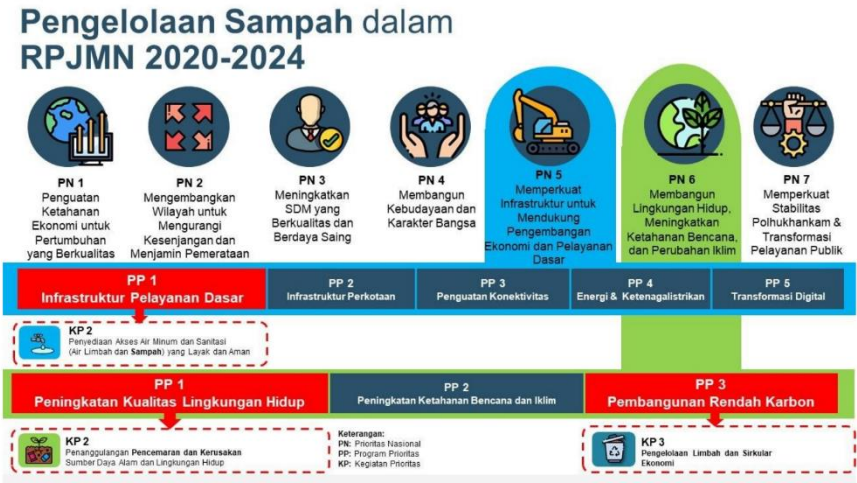
Menurut ahli, peran pengelolaan sampah perkotaan termasuk:

1. Mencegah Penyakit: Sampah dapat menjadi tempat berkembang biak bagi berbagai penyakit (De & Debnath, 2016). Dengan pengelolaan sampah yang baik, penyebaran penyakit dapat dicegah. Contoh: Sampah organik yang menumpuk dan membusuk di tempat pembuangan sampah dapat menjadi sarang nyamuk penyebab demam berdarah.
2. Mengurangi Pencemaran: Pengelolaan sampah yang baik dapat mencegah pencemaran air, tanah, dan udara yang disebabkan oleh sampah. Contoh: Sampah plastik yang tidak

dikelola dengan baik dapat mencemari sungai dan laut, mengganggu ekosistem akuatik (Skenderovic dkk., 2015).

Undang-Undang No. 18 Tahun 2008 tentang Pengelolaan Sampah mengatur bahwa:

- 1. Masyarakat diharapkan untuk mengurangi dan menangani sampah yang dihasilkan. Contoh: Masyarakat bisa mengurangi sampah dengan melakukan 3R (*Reduce, Reuse, Recycle*).
- 2. Swasta juga diharapkan untuk berpartisipasi dalam pengelolaan sampah. Contoh: Perusahaan dapat mengimplementasikan manajemen sampah dalam operasional mereka, seperti dengan mendaur ulang sampah produksi.



Gambar 1. 2 Pengelolaan Sampah dalam RPJMN 2020 -2024 (Bappenas, 2021)

1.4 Hubungan Pembangunan Berkelanjutan dengan Pengelolaan sampah perkotaan

Pembangunan berkelanjutan dan pengelolaan sampah perkotaan saling berkaitan (Wan dkk., 2019). Pembangunan berkelanjutan adalah pembangunan yang memenuhi kebutuhan generasi sekarang tanpa mengorbankan kemampuan generasi mendatang untuk memenuhi kebutuhannya. Pengelolaan sampah perkotaan yang efektif dan efisien menjadi bagian penting dari pembangunan berkelanjutan karena dapat menjaga keseimbangan lingkungan dan kesejahteraan sosial (Jalil, 2010).

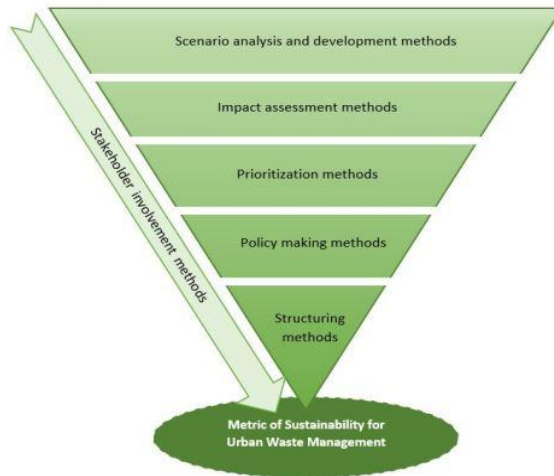
Pembangunan berkelanjutan memerlukan pengelolaan sumber daya yang efisien, termasuk pengelolaan sampah. Dengan mengurangi, mendaur ulang, dan memanfaatkan sampah, kita dapat mengurangi penggunaan sumber daya baru dan mengurangi dampak lingkungan (King dkk., 2006). Contoh: Menggunakan sampah organik untuk membuat kompos, yang dapat menggantikan penggunaan pupuk kimia.

Undang-Undang No. 18 Tahun 2008 tentang Pengelolaan Sampah mengatur tentang pengurangan dan penanganan sampah, yang merupakan bagian dari pembangunan berkelanjutan. Mengurangi dan mendaur ulang sampah dapat mengurangi beban pada tempat pembuangan akhir dan mengurangi penggunaan sumber daya baru. Contoh: Program 3R (Reduce, Reuse, Recycle).

Peraturan Pemerintah No. 81 Tahun 2012 tentang Pengelolaan Sampah Rumah Tangga dan Sampah Sejenis Sampah Rumah Tangga mengatur urutan pengelolaan sampah, yang melibatkan:

1. Pengurangan sampah: Mengurangi jumlah sampah yang dihasilkan. Contoh: Mengurangi penggunaan plastik sekali pakai.
2. Pengumpulan sampah: Mengumpulkan sampah dari sumbernya. Contoh: Mengumpulkan sampah secara terpisah berdasarkan jenisnya.
3. Pengangkutan sampah: Mengangkut sampah dari tempat pengumpulan ke tempat pengolahan. Contoh: Mengangkut sampah dengan truk sampah ke fasilitas daur ulang atau pembuangan akhir.
4. Pengolahan sampah: Mengubah sampah menjadi bentuk yang lebih aman, lebih bernilai, atau lebih mudah untuk dibuang. Contoh: Mengubah sampah organik menjadi kompos atau biogas.
5. Pembuangan akhir sampah: Membuang sampah yang tidak bisa diolah atau didaur ulang ke tempat pembuangan akhir. Contoh: Membuang sampah ke tempat pembuangan akhir yang memenuhi standar lingkungan.

Dengan demikian, pengelolaan sampah perkotaan yang baik dapat mendukung pembangunan berkelanjutan dengan menjaga keseimbangan lingkungan, memanfaatkan sumber daya secara efisien, dan mempromosikan kesejahteraan sosial.



Gambar 1. 3 Matriks Keberlanjutan Pengelolaan Sampah Perkotaan (Taelman dkk., 2018)

1. 5 Tantangan dalam Pengelolaan Sampah Perkotaan

Pengelolaan sampah perkotaan seringkali menemui berbagai tantangan, baik dari segi teknis, sosial, ekonomi, maupun hukum. Berikut ini adalah penjelasan berdasarkan pendapat ahli, undang-undang, peraturan pemerintah, dan contoh-contohnya.

Berdasarkan pendapat ahli, beberapa tantangan dalam pengelolaan sampah perkotaan antara lain:

1. Tantangan Teknis: Termasuk keterbatasan infrastruktur dan teknologi dalam mengelola jumlah sampah yang terus meningkat (Winahyu dkk., 2013). Contoh: Kurangnya fasilitas pengolahan sampah yang memadai, seperti tempat pembuangan akhir (TPA) dan fasilitas daur ulang.
2. Tantangan Sosial: Melibatkan kesadaran dan partisipasi masyarakat dalam pengelolaan sampah (Brotosusilo dkk.,

2020). Contoh: Kebiasaan masyarakat yang masih membuang sampah sembarangan dan kurangnya kesadaran untuk melakukan pemilahan sampah di rumah.

Menurut Undang-Undang No. 18 Tahun 2008 tentang Pengelolaan Sampah, tantangan hukum yang dihadapi antara lain, penerapan dan penegakan hukum yang masih rendah. Contoh: Banyaknya pelanggaran terhadap aturan pengelolaan sampah, seperti pembuangan sampah ilegal.

Peraturan Pemerintah No. 81 Tahun 2012 tentang Pengelolaan Sampah Rumah Tangga dan Sampah Sejenis Sampah Rumah Tangga juga menunjukkan tantangan, seperti:

1. Pengurangan sampah: Kurangnya upaya untuk mengurangi produksi sampah. Contoh: Kurangnya kebijakan yang mendorong penggunaan produk ramah lingkungan yang dapat mengurangi produksi sampah.
2. Pengumpulan sampah: Kesulitan dalam mengumpulkan sampah dari semua sumber. Contoh: Kurangnya akses ke layanan pengumpulan sampah di beberapa area, terutama di daerah terpencil atau padat penduduk.
3. Pengangkutan sampah: Kesulitan dalam mengangkut sampah dari tempat pengumpulan ke tempat pengolahan. Contoh: Kurangnya armada pengangkutan sampah yang memadai dan efisien.
4. Pengolahan sampah: Keterbatasan dalam teknologi dan fasilitas pengolahan sampah. Contoh: Kurangnya fasilitas daur ulang dan pengolahan sampah menjadi energi.
5. Pembuangan akhir sampah: Tantangan dalam menemukan lokasi pembuangan akhir yang aman dan memenuhi standar lingkungan. Contoh: Penolakan masyarakat terhadap

pembangunan TPA di dekat wilayah mereka karena khawatir akan pencemaran dan gangguan lainnya.

Untuk mengatasi tantangan-tantangan ini, diperlukan kerja sama antara pemerintah, masyarakat, dan sektor swasta, serta peningkatan kapasitas dan investasi dalam pengelolaan sampah perkotaan.

1.6 Tantangan dalam Pengelolaan Sampah Perkotaan

Pengelolaan sampah perkotaan adalah isu yang kompleks dan menantang. Dengan bertambahnya populasi dan perkembangan urbanisasi, volume sampah yang dihasilkan terus meningkat, membuat pengelolaannya menjadi tantangan yang semakin besar (Vij, 2012). Infrastruktur pengelolaan sampah yang belum memadai, rendahnya kesadaran dan partisipasi masyarakat, hingga tantangan pendanaan dan regulasi, semuanya mempengaruhi efektivitas pengelolaan sampah. Memahami dan mengatasi tantangan-tantangan ini adalah langkah penting dalam upaya menciptakan lingkungan perkotaan yang lebih bersih, sehat, dan berkelanjutan (Guerrero dkk., 2013).



Gambar 1. 4 Tantangan dalam Praktik Pengelolaan Limbah Padat (Laon dkk.,2020)

1.6.1 Pertumbuhan Populasi dan Urbanisasi

Pertumbuhan populasi dan urbanisasi memiliki dampak yang signifikan terhadap berbagai aspek kehidupan, termasuk lingkungan, ekonomi, dan sosial. Menurut para ahli:

1. Pertumbuhan Populasi: Meningkatnya jumlah penduduk dapat meningkatkan permintaan terhadap sumber daya alam, infrastruktur, dan fasilitas publik (Bergesen dkk., 2017). Contoh: Pertumbuhan populasi yang cepat dapat meningkatkan kebutuhan terhadap pangan, air, dan energi.
2. Urbanisasi: Migrasi penduduk dari daerah pedesaan ke perkotaan dapat menyebabkan peningkatan

pembangunan dan tekanan terhadap infrastruktur perkotaan (Kalu dkk., 2016). Contoh: Urbanisasi yang cepat dapat meningkatkan permintaan terhadap perumahan, transportasi, dan layanan publik di kota.

Dalam konteks hukum dan regulasi di Indonesia, Undang-Undang No. 26 Tahun 2007 tentang Penataan Ruang mengatur tentang:

1. Pertumbuhan Populasi: Penataan ruang harus mempertimbangkan pertumbuhan populasi dan kebutuhan masyarakat. Contoh: Perencanaan pembangunan perumahan harus mempertimbangkan pertumbuhan populasi.
2. Urbanisasi: Penataan ruang harus mampu mengakomodasi urbanisasi dan memastikan pembangunan berkelanjutan. Contoh: Perencanaan infrastruktur perkotaan seperti transportasi dan fasilitas publik harus mempertimbangkan dampak dari urbanisasi.

Peraturan Pemerintah No. 63 Tahun 2008 tentang Rencana Tata Ruang Wilayah Nasional juga menekankan pentingnya penataan ruang yang mempertimbangkan pertumbuhan populasi dan urbanisasi. Contohnya:

1. Rencana pembangunan infrastruktur dan fasilitas publik harus mempertimbangkan proyeksi pertumbuhan populasi dan urbanisasi.
2. Upaya-upaya untuk mengendalikan urbanisasi, seperti pembangunan kawasan perdesaan dan peningkatan konektivitas antara daerah perkotaan dan pedesaan.

Dengan demikian, pertumbuhan populasi dan urbanisasi memerlukan penanganan yang baik melalui

perencanaan dan penataan ruang yang baik untuk memastikan pembangunan berkelanjutan

1.6.2 Infrastruktur yang Terbatas

Keterbatasan infrastruktur dalam pengelolaan sampah perkotaan menjadi tantangan besar dalam usaha menjaga kebersihan dan kesehatan lingkungan (Andersson dkk., 2016).

Menurut para ahli, keterbatasan infrastruktur dapat menyebabkan penumpukan sampah, yang dapat mempengaruhi kesehatan masyarakat dan lingkungan (Boadi dkk., 2005). Contoh: Kurangnya tempat pembuangan akhir (TPA) yang memadai dapat menyebabkan sampah menumpuk di tempat-tempat yang tidak seharusnya, seperti sungai dan lahan kosong.

Undang-Undang No. 18 Tahun 2008 tentang Pengelolaan Sampah mengatur bahwa pemerintah bertanggung jawab untuk menyediakan infrastruktur pengelolaan sampah. Contoh: Pemerintah perlu membangun dan mengelola TPA, fasilitas daur ulang, dan fasilitas pengolahan sampah lainnya.

Peraturan Pemerintah No. 81 Tahun 2012 tentang Pengelolaan Sampah Rumah Tangga dan Sampah Sejenis Sampah Rumah Tangga mengatur urutan pengelolaan sampah, yang melibatkan:

1. Pengumpulan sampah: Keterbatasan infrastruktur dapat menghambat pengumpulan sampah yang efektif. Contoh: Kurangnya tempat sampah dan mobil pengangkut sampah di beberapa area.
2. Pengangkutan sampah: Infrastruktur transportasi yang tidak memadai dapat menghambat proses

pengangkutan sampah. Contoh: Jalan yang rusak atau sempit dapat menghambat mobil pengangkut sampah.

3. Pengolahan sampah: Keterbatasan dalam teknologi dan fasilitas pengolahan sampah. Contoh: Kurangnya fasilitas daur ulang dan pengolahan sampah menjadi energi.
4. Pembuangan akhir sampah: Tantangan dalam menemukan lokasi pembuangan akhir yang aman dan memenuhi standar lingkungan. Contoh: Kurangnya TPA yang memenuhi standar lingkungan.

Untuk mengatasi keterbatasan infrastruktur ini, diperlukan investasi dan perencanaan yang baik dari pemerintah, serta dukungan dan partisipasi dari masyarakat dan sektor swasta.

1.6.3 Kesadaran dan Partisipasi Masyarakat

Kesadaran dan partisipasi masyarakat memainkan peran penting dalam berbagai aspek, termasuk dalam pengelolaan sampah perkotaan. Menurut para ahli:

1. Kesadaran Masyarakat: Kesadaran masyarakat tentang pentingnya pengelolaan sampah yang baik sangat penting untuk mencegah pencemaran lingkungan dan menjaga kesehatan masyarakat (Komarudin dkk., 2023). Contoh: Kesadaran tentang bahaya sampah plastik dapat mendorong masyarakat untuk mengurangi penggunaan plastik sekali pakai.
2. Partisipasi Masyarakat: Partisipasi aktif masyarakat dalam pengelolaan sampah, seperti pemilahan sampah dan daur ulang, dapat membantu mengurangi beban sampah (Lu & Sidortsov, 2019). Contoh: Masyarakat dapat berpartisipasi dalam pengelolaan sampah dengan

memilah sampah di rumah dan mengikuti program daur ulang.

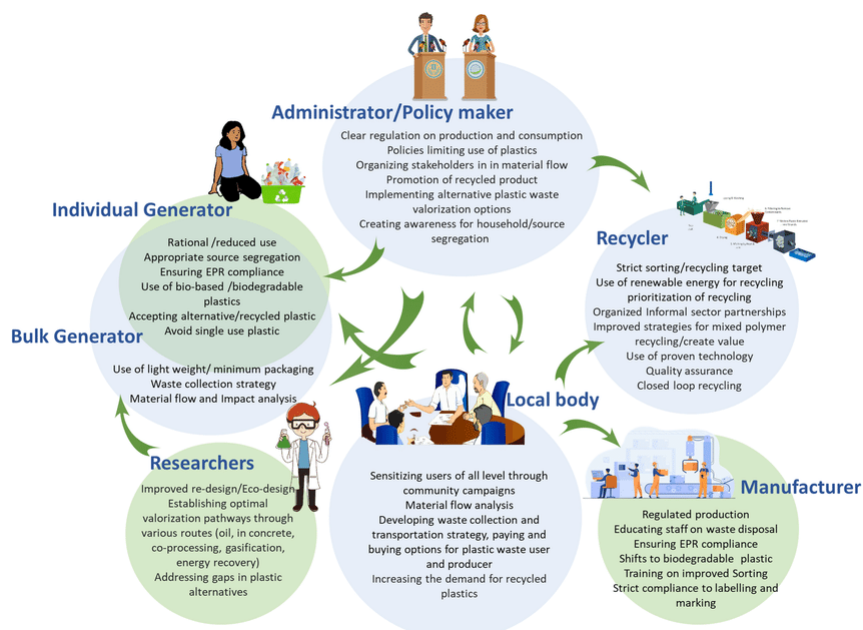
Undang-Undang No. 18 Tahun 2008 tentang Pengelolaan Sampah menekankan tentang:

“ Peran serta masyarakat dalam pengelolaan sampah, termasuk pengurangan dan penanganan sampah. Contoh: Masyarakat diharapkan untuk berpartisipasi dalam program 3R (*Reduce, Reuse, Recycle*).”

Peraturan Pemerintah No. 81 Tahun 2012 tentang Pengelolaan Sampah Rumah Tangga dan Sampah Sejenis Sampah Rumah Tangga juga menekankan pentingnya partisipasi masyarakat dalam pengelolaan sampah, termasuk dalam:

1. Pengurangan sampah: Masyarakat diharapkan untuk mengurangi produksi sampah. Contoh: Masyarakat dapat mengurangi penggunaan plastik sekali pakai dan menggunakan produk yang lebih ramah lingkungan.
2. Pengumpulan sampah: Masyarakat diharapkan untuk memilah sampah di rumah. Contoh: Masyarakat dapat memilah sampah organik dan anorganik ke dalam tempat sampah yang berbeda.
3. Pengolahan sampah: Masyarakat diharapkan untuk mendaur ulang sampah sebisa mungkin. Contoh: Masyarakat dapat mendaur ulang sampah kertas dan plastik atau mengolah sampah organik menjadi kompos.

Dengan demikian, kesadaran dan partisipasi masyarakat sangat penting dalam pengelolaan sampah perkotaan. Pendidikan lingkungan dan kampanye sosial dapat membantu meningkatkan kesadaran dan partisipasi masyarakat dalam pengelolaan sampah.



Gambar 1. 5 Rencana Pengelolaan Sampah Plastik yang Menunjukkan Peran Seluruh Pemangku Kepentingan dalam Program Pengelolaan Sampah (Kataki dkk., 2022)

1. 7 Tujuan dan Sasaran Pengelolaan Sampah Optimal

Pengelolaan sampah optimal bertujuan untuk menciptakan lingkungan perkotaan yang bersih, sehat, dan berkelanjutan. Tujuan ini mencakup berbagai sasaran, seperti pengurangan volume sampah melalui prinsip 3R (*Reduce, Reuse, Recycle*), pengelolaan sampah yang efektif dan efisien, pembangunan infrastruktur pengelolaan sampah yang memadai, peningkatan kesadaran dan partisipasi masyarakat dalam pengelolaan sampah, dan kepatuhan terhadap regulasi pengelolaan sampah (Usman dkk., 2021) Untuk mencapai tujuan dan sasaran ini, diperlukan kerjasama dan partisipasi aktif dari semua pihak, termasuk pemerintah, masyarakat, dan sektor swasta.

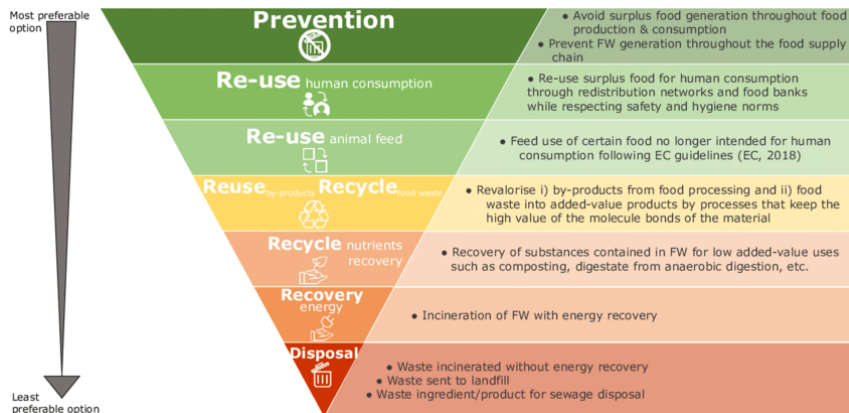
1.7.1 Pengurangan Volume Sampah

Pengurangan volume sampah adalah salah satu strategi utama dalam pengelolaan sampah perkotaan yang efektif. Menurut para ahli, pengurangan volume sampah dapat dilakukan melalui berbagai cara, seperti penerapan prinsip 3R (*Reduce, Reuse, Recycle*) dan penggunaan produk yang lebih ramah lingkungan (Visvanathan & Norbu, 2006). Contoh: Mengurangi penggunaan plastik sekali pakai dan menggantinya dengan produk yang dapat digunakan kembali seperti tas belanja kain.

Undang-Undang No. 18 Tahun 2008 tentang Pengelolaan Sampah menekankan tentang:

1. Pengurangan sampah sebagai salah satu strategi pengelolaan sampah. Ini termasuk pengurangan di sumber, yaitu mengurangi jumlah sampah yang dihasilkan oleh individu dan industri. Contoh: Industri makanan bisa mengurangi penggunaan kemasan plastik dan beralih ke kemasan yang dapat didaur ulang atau biodegradable.
2. Peraturan Pemerintah No. 81 Tahun 2012 tentang Pengelolaan Sampah Rumah Tangga dan Sampah Sejenis Sampah Rumah Tangga juga menekankan tentang pengurangan sampah sebagai bagian dari urutan pengelolaan sampah.
3. Pengurangan sampah: Mengurangi jumlah sampah yang dihasilkan dengan mengubah perilaku konsumsi dan produksi. Contoh: Masyarakat bisa mengurangi volume sampah dengan mengurangi konsumsi barang-barang yang tidak diperlukan dan memilih produk dengan kemasan minimal.

Dengan demikian, pengurangan volume sampah adalah langkah penting dalam pengelolaan sampah yang baik. Ini memerlukan perubahan perilaku dan kebijakan, serta dukungan dari pemerintah, masyarakat, dan sektor swasta.



Gambar 1. 6 Hirarki Limbah (Sanchez dkk., 2020)

1.7.2 Meningkatkan Efisiensi Pengelolaan Sampah

Meningkatkan efisiensi dalam pengelolaan sampah perkotaan merupakan langkah penting dalam upaya menjaga kebersihan dan kesehatan lingkungan. Menurut para ahli, Efisiensi dalam pengelolaan sampah bisa ditingkatkan melalui penerapan teknologi dan metode yang tepat (Bondarenko dkk., 2019). Contoh: Penerapan teknologi waste-to-No. (pengolahan sampah menjadi energi) dapat meningkatkan efisiensi pengelolaan sampah.

Undang-Undang No. 18 Tahun 2008 tentang Pengelolaan Sampah menekankan tentang:

1. Peningkatan efisiensi dalam pengelolaan sampah melalui kerjasama antara pemerintah, masyarakat, dan sektor swasta. Contoh: Pemerintah dapat bekerja sama

dengan sektor swasta untuk mengelola fasilitas daur ulang sampah.

Peraturan Pemerintah No. 81 Tahun 2012 tentang Pengelolaan Sampah Rumah Tangga dan Sampah Sejenis Sampah Rumah Tangga juga menekankan tentang peningkatan efisiensi dalam pengelolaan sampah:

1. Pengurangan sampah: Mengurangi jumlah sampah yang dihasilkan dapat meningkatkan efisiensi pengelolaan sampah. Contoh: Masyarakat dapat berpartisipasi dalam pengurangan sampah dengan melakukan 3R (*Reduce, Reuse, Recycle*).
2. Pengumpulan dan pengangkutan sampah: Pengumpulan dan pengangkutan sampah yang efisien dapat mempengaruhi efisiensi pengelolaan sampah secara keseluruhan. Contoh: Penggunaan truk sampah modern yang dilengkapi dengan kompresor dapat meningkatkan efisiensi pengangkutan sampah.
3. Pengolahan sampah: Penggunaan teknologi dan metode pengolahan sampah yang tepat dapat meningkatkan efisiensi pengelolaan sampah. Contoh: Penggunaan teknologi *waste-to-No.* atau pengolahan sampah organik menjadi kompos.

Dengan demikian, peningkatan efisiensi dalam pengelolaan sampah dapat dilakukan melalui berbagai cara, termasuk pengurangan sampah, penggunaan teknologi dan metode yang tepat, serta kerjasama antara berbagai pihak yang terlibat.

1.7.3 Promosi Praktik Ramah Lingkungan Pengelolaan sampah optimal

Promosi praktik ramah lingkungan dalam pengelolaan sampah optimal sangat penting dalam upaya menjaga keberlanjutan lingkungan. Menurut para ahli, promosi praktik ramah lingkungan dapat membantu mendorong perubahan perilaku dan meningkatkan kesadaran masyarakat tentang pentingnya pengelolaan sampah yang baik (Mckenzie 2000). Contoh: Kampanye tentang bahaya sampah plastik dapat mendorong masyarakat untuk mengurangi penggunaan plastik sekali pakai.

Undang-Undang No. 18 Tahun 2008 tentang Pengelolaan Sampah menekankan tentang:

1. Edukasi dan sosialisasi kepada masyarakat tentang pengurangan dan penanganan sampah sebagai bentuk promosi praktik ramah lingkungan. Contoh: Pemerintah dapat mengadakan workshop atau pelatihan tentang cara memilah dan mendaur ulang sampah di rumah.

Peraturan Pemerintah No. 81 Tahun 2012 tentang Pengelolaan Sampah Rumah Tangga dan Sampah Sejenis Sampah Rumah Tangga juga menekankan tentang promosi praktik ramah lingkungan:

1. Pengurangan sampah: Masyarakat diharapkan untuk mengurangi produksi sampah sebagai bentuk praktik ramah lingkungan. Contoh: Masyarakat dapat mengurangi penggunaan plastik sekali pakai dan menggunakan produk yang lebih ramah lingkungan.
2. Pengumpulan dan pengolahan sampah: Masyarakat diharapkan untuk memilah sampah di rumah dan

mendaaur ulang sampah sebisa mungkin sebagai bentuk praktik ramah lingkungan. Contoh: Masyarakat dapat mendaaur ulang sampah kertas dan plastik atau mengolah sampah organik menjadi kompos.

Dengan demikian, promosi praktik ramah lingkungan sangat penting dalam pengelolaan sampah optimal. Ini memerlukan kerjasama antara pemerintah, masyarakat, dan sektor swasta, serta pendidikan dan sosialisasi yang berkelanjutan.



Gambar 1. 7 Promosi Praktik Pengelolaan sampah (Vanapalli dkk., 2021)

1. 8 Penutup

Dalam tulisan "Pengantar Pengelolaan Sampah Perkotaan" ini, kita telah membahas berbagai aspek penting yang terkait dengan pengelolaan sampah di area perkotaan, mulai dari tantangan yang dihadapi, strategi pengelolaan yang efektif, hingga peran berbagai pihak dalam menciptakan sistem pengelolaan sampah yang berkelanjutan.

Penting untuk diingat bahwa pengelolaan sampah bukan hanya tanggung jawab pemerintah atau otoritas yang berwenang, tetapi juga tanggung jawab kita semua sebagai warga masyarakat. Setiap individu dapat berkontribusi dalam pengelolaan sampah, mulai dari mengurangi produksi sampah, memilah sampah di rumah, hingga berpartisipasi dalam program daur ulang.

Sektor swasta juga berperan penting, terutama dalam hal inovasi dan investasi dalam teknologi dan infrastruktur pengelolaan sampah. Kerjasama antara pemerintah, masyarakat, dan sektor swasta akan menjadi kunci dalam menciptakan sistem pengelolaan sampah yang efektif dan berkelanjutan.

Meski tantangan dalam pengelolaan sampah perkotaan cukup besar, namun dengan kesadaran, partisipasi, dan inovasi, kita dapat mengatasi tantangan ini dan menjadikan kota kita tempat yang lebih bersih, sehat, dan layak huni. Semoga buku ini dapat memberikan wawasan dan inspirasi bagi kita semua dalam upaya mencapai tujuan tersebut.

Kajian Sampah Perkotaan

2.1 Pendahuluan

Populasi penduduk tumbuh dengan cepat, yang menyebabkan peningkatan aktivitas di daerah perkotaan dan pedesaan. Akibatnya, jumlah sampah yang dihasilkan juga meningkat. Peningkatan jumlah sampah yang tidak terkelola dengan baik dan infrastruktur pengelolaan sampah yang kurang memadai menyebabkan masalah sampah yang semakin kompleks, seperti sampah yang tidak terangkut dan pembuangan sampah secara ilegal. Masalah-masalah ini dapat mengakibatkan berbagai penyakit, bau tidak sedap, dan berkurangnya daya tampung sungai.

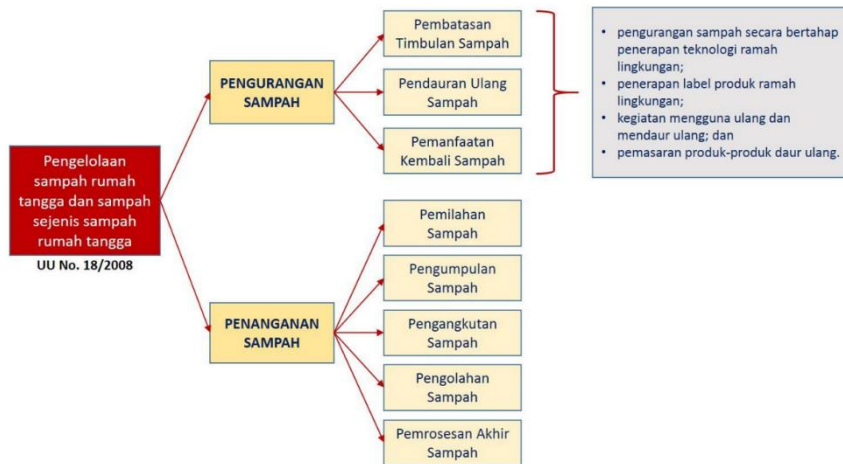
Salah satu tantangan yang dihadapi saat ini adalah pengelolaan sampah. Sesuai dengan UU No. 18 Tahun 2008, sampah adalah sisa kegiatan sehari-hari manusia dan/atau proses alam yang berbentuk padat. Permasalahan ini menjadi semakin kompleks karena adanya aglomerasi ekonomi dan perluasan wilayah perkotaan. Lokasi pembuangan sampah yang tepat, penolakan dari penduduk sekitar, pembiayaan dalam pengelolaan, dan kerjasama antar daerah semakin memperumit masalah.

Saat ini, sampah didefinisikan sebagai bahan padat dan cair yang tidak terpakai yang dihasilkan oleh manusia. Pengelolaan sampah yang tidak tepat dapat menyebabkan penurunan kualitas lingkungan dan menjadi ancaman bagi kehidupan manusia di masa depan. Meskipun sampah memiliki potensi untuk menjadi sumber daya yang berharga, sampah seringkali dianggap sebagai sesuatu yang tidak berguna. Pendekatan pengelolaan sampah saat ini masih sangat bergantung pada metode pembuangan. Pendekatan pengelolaan tradisional, yang mengandalkan pembuangan, harus ditinggalkan dan digantikan dengan paradigma pengelolaan sampah yang mengakui bahwa sampah adalah sumber daya yang berharga.

Masyarakat sering kali ragu untuk mengelola sampah mereka karena kurangnya pemahaman tentang risiko lingkungan yang terkait dengan sampah dan potensi manfaat dari pengelolaan sampah yang tepat. Upaya pengelolaan sampah berbasis pemberdayaan masyarakat diperlukan untuk mengurangi dampak negatif dari sampah, seperti pencemaran tanah, air, dan udara, serta potensi penyakit di masyarakat.

Hingga saat ini, pengelolaan sampah umumnya mengikuti paradigma lama 'kumpul-angkut-buang', yang juga dikenal sebagai pendekatan end-of-pipe (Damanhuri, 2000). Hal ini melibatkan pengumpulan, pengangkutan, dan pembuangan sampah, yang kemudian terakumulasi di TPA. Praktik pengelolaan sampah oleh masyarakat yang tidak ramah lingkungan masih banyak dijumpai. Banyak rumah tangga yang membuang sampahnya ke selokan, sungai, tempat pembuangan sampah (TPS), atau tempat pemrosesan akhir (TPA). Oleh karena itu, perlu diterapkan kembali dan ditegaskan kembali konsep pengelolaan sampah yang sistematis, komprehensif, dan berkelanjutan sesuai undang-undang. Selain itu, diperlukan paradigma baru dalam pengelolaan sampah yang menekankan

pada nilai ekonomi sampah. UU No. 18 Tahun 2008 menguraikan pendekatan yang sistematis, komprehensif, dan berkelanjutan dalam pengelolaan sampah. Hal ini mencakup kegiatan pengurangan dan penanganan sampah, seperti yang ditunjukkan pada Gambar 2.1.



Gambar 2. 1 Konsep Pengelolaan Persampahan

(Sumber : Undang-Undang RI, 2008)

2. 2 Jenis-Jenis Sampah Perkotaan

Sampah perkotaan menjadi permasalahan yang semakin mendesak dalam konteks urbanisasi dan pertumbuhan populasi. Pentingnya pemahaman mengenai jenis-jenis sampah perkotaan menjadi landasan utama untuk merancang strategi pengelolaan limbah yang efektif.

2.1.1 Sampah organik:

Sampah organik melibatkan sisa-sisa makanan, dedaunan, kulit buah, dan limbah tumbuhan dan bahan organik lainnya. Meskipun dapat diuraikan oleh proses alamiah seperti pengomposan, penanganan yang tidak

tepat dapat menyebabkan produksi gas metana yang merugikan lingkungan. Strategi pengelolaan termasuk pengomposan rumah tangga, pembuatan kompos massal, dan pemanfaatan energi melalui biodigester. Pengelolaan sampah organik memerlukan pengolahan khusus agar tidak menghasilkan gas rumah kaca saat sampah ini terurai.

2.1.2 Sampah anorganik

Sampah anorganik terdiri dari plastik, kertas, karton, logam, dan bahan/material bukan organik. Tantangan dalam pengelolaan sampah anorganik adalah plastik non-daur ulang menjadi sumber masalah utama; perlu strategi daur ulang yang lebih efektif.

- a. Plastik merupakan salah satu jenis sampah perkotaan yang paling menonjol. Kehadirannya yang tahan lama dan sulit terurai menjadi tantangan besar. Solusi melibatkan pengurangan penggunaan plastik sekali pakai, daur ulang, dan inovasi dalam pengembangan plastik ramah lingkungan.
- b. Kertas dan karton. Sampah kertas dan karton melibatkan pembungkusan, kemasan, dan kardus bekas. Daur ulang kertas menjadi solusi utama untuk mengurangi penebangan pohon dan dampak negatif pada hutan. Edukasi masyarakat tentang pemilahan sampah juga menjadi kunci dalam mengatasi masalah ini.
- c. Logam termasuk dalam kategori sampah perkotaan melalui kemasan, kaleng, dan barang-barang bekas. Proses daur ulang logam dapat mengurangi penambangan mineral dan energi yang dibutuhkan untuk produksi logam baru. Kampanye daur ulang logam dan sistem pengumpulan yang efektif adalah strategi penting.

- d. Kaca. Sampah kaca terutama berasal dari botol dan kemasan. Daur ulang kaca memiliki dampak positif terhadap lingkungan, mengurangi energi yang dibutuhkan untuk produksi kaca baru. Pemilahan dan sistem daur ulang yang baik sangat penting untuk mengelola sampah kaca.
- e. Tekstil. Sampah tekstil melibatkan pakaian bekas, kain, dan produk tekstil lainnya. Upaya mendaur ulang tekstil atau penggunaan kembali melalui donasi dapat mengurangi dampak negatif pada lingkungan. Pendidikan mengenai konsumsi pakaian yang bertanggung jawab juga merupakan strategi penting.

2.1.3 Bahan Berbahaya dan Beracun (B3)

B3 melibatkan limbah elektronik, baterai, cat, pestisida, dan obat-obatan yang telah kadaluarsa, produk/zat kimia berbahaya lainnya. Pengelolaan limbah B3 ini sangat beresiko, karena memerlukan penanganan khusus dan pemusnahan yang aman untuk mencegah dampak negatif. Pengelolaan yang tidak benar dapat mencemari tanah dan air. Pengumpulan khusus dan daur ulang limbah B3, serta kampanye kesadaran, diperlukan untuk mengatasi risiko kesehatan dan lingkungan.

2.1.4 Elektronik (E-Waste)

Jenis barang elektronik bekas termasuk juga dalam jenis sampah perkotaan seperti komputer, handphone, dan perangkat elektronik lainnya. Tantangannya adalah proses daur ulang. Sampah elektronik mengandung bahan berbahaya, pentingnya daur ulang untuk mengurangi dampak pencemaran terhadap lingkungan.

2.1.5 Konstruksi dan Demolisi

Jenis material seperti beton, kayu, dan logam dari proyek konstruksi dan demolisi. Pengelolaan limbah besar memerlukan tata kelola khusus untuk mengurangi dampak terhadap lingkungan.

Memahami jenis-jenis sampah perkotaan ini memungkinkan pengembangan strategi pengelolaan yang lebih cermat dan berfokus pada solusi yang spesifik. Tantangan utama termasuk minimnya kesadaran masyarakat, kurangnya infrastruktur pengelolaan sampah yang memadai, dan kurangnya kebijakan yang mendukung. Oleh karena itu, penerapan strategi yang holistik dan berbasis masyarakat menjadi esensial.

Masyarakat perlu dilibatkan melalui kampanye pendidikan yang mencakup pemilahan sampah di tingkat rumah tangga, pemilihan produk yang ramah lingkungan, dan partisipasi aktif dalam program daur ulang. Pemerintah dan pihak berkepentingan juga harus bekerja sama dalam mengembangkan infrastruktur yang memadai, kebijakan lingkungan yang mendukung, dan regulasi yang memastikan tanggung jawab produsen terhadap produk mereka.

Dengan pemahaman yang lebih baik mengenai jenis-jenis sampah perkotaan dan tantangan yang dihadapi, kita dapat membuka jalan menuju pengelolaan limbah yang lebih efektif dan berkelanjutan. Daur ulang, pengurangan sampah, dan edukasi masyarakat menjadi pilar utama dalam menciptakan masyarakat perkotaan yang lebih bersih, sehat, dan berkelanjutan.

2.3 Dampak Lingkungan dan Kesehatan dari Sampah Perkotaan

Sampah perkotaan menjadi salah satu permasalahan serius yang memiliki dampak besar terhadap lingkungan dan kesehatan manusia. Fenomena ini semakin kompleks seiring dengan pertumbuhan populasi perkotaan yang pesat dan perubahan pola konsumsi masyarakat. Artikel ini akan menjelaskan secara rinci dampak negatif yang diakibatkan oleh sampah perkotaan serta merinci konsekuensi terhadap lingkungan dan kesehatan manusia.

Sampah perkotaan mencakup berbagai jenis limbah, mulai dari sampah organik, plastik, logam, kertas, hingga bahan berbahaya. Pertumbuhan volume sampah ini memberikan tekanan besar pada sistem pengelolaan limbah kota. Salah satu dampak lingkungan yang paling mencolok adalah polusi tanah, air, dan udara. Sampah yang tidak tertangani dengan baik dapat mencemari tanah, merusak kualitas air tanah, dan menghasilkan gas beracun yang terlepas ke atmosfer.

Dalam konteks kesehatan manusia, dampak negatif dari sampah perkotaan dapat termanifestasi melalui penyakit menular, terutama di daerah dengan pengelolaan sampah yang buruk. Air yang terkontaminasi oleh limbah dapat menyebabkan penyakit gastrointestinal dan infeksi bakteri. Selain itu, penumpukan sampah organik dapat menjadi tempat berkembangbiaknya vektor penyakit seperti nyamuk, yang dapat menyebarkan penyakit menular seperti demam berdarah dan malaria.

Pentingnya penanganan sampah perkotaan yang efektif menjadi sangat mendesak. Salah satu solusi yang dapat diadopsi adalah pendekatan daur ulang yang lebih luas dan program

pengelolaan sampah yang terintegrasi. Dengan meminimalkan jumlah sampah yang masuk ke tempat pembuangan akhir, kita dapat mengurangi tekanan pada lingkungan dan meningkatkan kesehatan masyarakat. Program edukasi masyarakat tentang pengelolaan sampah yang baik juga perlu ditingkatkan untuk menciptakan kesadaran akan pentingnya meminimalkan sampah di tingkat individu.

Pengembangan teknologi pengolahan limbah yang inovatif juga menjadi kunci untuk mengatasi masalah ini. Proses daur ulang yang efisien dan ramah lingkungan dapat membantu mengurangi tekanan pada sumber daya alam dan mengurangi emisi gas rumah kaca yang dihasilkan oleh pembuangan sampah. Investasi dalam teknologi pengolahan sampah juga dapat menciptakan lapangan kerja baru dan memberikan dampak ekonomi positif.

Namun, perubahan perilaku masyarakat dan penerapan kebijakan yang mendukung masih menjadi tantangan. Pemerintah perlu berperan aktif dalam menciptakan regulasi yang mendukung pengelolaan sampah yang berkelanjutan. Insentif dan sanksi yang tepat dapat mendorong industri dan masyarakat untuk mengadopsi praktik pengelolaan sampah yang lebih ramah lingkungan.

Dalam kesimpulan, sampah perkotaan memiliki dampak serius terhadap lingkungan dan kesehatan manusia. Dengan mengadopsi pendekatan holistik yang melibatkan masyarakat, industri, dan pemerintah, kita dapat mengatasi tantangan ini. Diperlukan kolaborasi antar sektor dan kesadaran masyarakat untuk menciptakan perubahan positif menuju pengelolaan sampah yang berkelanjutan, yang pada akhirnya akan memberikan manfaat jangka panjang bagi lingkungan dan kesehatan kita.

2. 4 Analisis Volume dan Komposisi Sampah Perkotaan

Sampah perkotaan merupakan masalah global yang semakin kompleks seiring dengan pertumbuhan populasi dan urbanisasi yang pesat. Analisis volume dan komposisi sampah perkotaan menjadi kunci dalam pengelolaan limbah yang efektif dan berkelanjutan.

Analisis volume sampah perkotaan adalah langkah kritis dalam menilai skala masalah sampah di suatu daerah. Pertumbuhan populasi dan urbanisasi yang cepat seringkali menyebabkan peningkatan signifikan dalam volume sampah yang dihasilkan. Dalam konteks ini, penelitian untuk mengukur dan memproyeksikan volume sampah menjadi landasan untuk perencanaan pengelolaan limbah yang efisien. Pengumpulan data yang akurat mengenai jumlah sampah yang dihasilkan oleh suatu wilayah dapat membantu pemerintah dan lembaga terkait dalam mengembangkan strategi pengelolaan sampah yang tepat.

Selain volume, analisis komposisi sampah perkotaan memberikan wawasan mendalam tentang jenis limbah yang dihasilkan oleh masyarakat. Sampah perkotaan umumnya terdiri dari fraksi organik, plastik, kertas, logam, kaca, tekstil, dan bahan berbahaya. Pengetahuan mengenai komposisi ini penting untuk merancang sistem pengelolaan limbah yang efektif. Sebagai contoh, jika fraksi organik dominan, strategi daur ulang dan pengomposan dapat diutamakan. Sebaliknya, jika plastik atau bahan berbahaya mendominasi, perlu adanya fokus pada pemilahan sampah dan teknologi pengolahan yang khusus untuk mengatasi masalah tersebut.

Analisis volume dan komposisi sampah juga memberikan dasar untuk mengukur efektivitas program daur ulang. Dengan memahami seberapa besar persentase sampah yang dapat didaur ulang, pemerintah dan organisasi dapat mengevaluasi

keberhasilan kampanye daur ulang dan memperbaiki strategi mereka. Penyelidikan lebih lanjut mengenai perilaku konsumen dan faktor-faktor yang mempengaruhi keputusan untuk mendaur ulang juga dapat diterapkan untuk meningkatkan tingkat partisipasi masyarakat dalam program daur ulang.

Dampak lingkungan dari volume dan komposisi sampah perkotaan juga sangat signifikan. Pembuangan sampah yang tidak terkontrol dapat mencemari tanah dan air, mengancam keanekaragaman hayati, dan menghasilkan gas rumah kaca yang berkontribusi pada perubahan iklim. Oleh karena itu, pengelolaan limbah yang efisien menjadi esensial dalam menjaga keberlanjutan lingkungan. Berdasarkan analisis volume dan komposisi, solusi inovatif seperti penggunaan teknologi canggih dalam pengolahan sampah dan penerapan sistem daur ulang yang lebih luas dapat diintegrasikan.

Pentingnya analisis volume dan komposisi sampah perkotaan juga menciptakan peluang untuk perubahan sosial. Pendidikan masyarakat mengenai dampak sampah terhadap lingkungan, pemilahan sampah di tingkat rumah tangga, dan partisipasi aktif dalam program daur ulang dapat mengubah perilaku konsumen. Pemerintah dan lembaga swasta juga dapat menggunakan temuan analisis ini untuk merancang kebijakan yang mendukung pengelolaan limbah yang berkelanjutan.

Dalam kesimpulan, analisis volume dan komposisi sampah perkotaan membuka pintu untuk perbaikan substansial dalam pengelolaan limbah. Dengan pemahaman yang mendalam mengenai karakteristik sampah, kita dapat mengembangkan strategi yang lebih presisi dan efektif. Penerapan solusi inovatif, pendidikan masyarakat, dan kebijakan yang mendukung akan membawa perubahan positif dalam mengatasi tantangan global sampah perkotaan, mengurangi dampak lingkungan negatif, dan menciptakan masyarakat yang lebih berkelanjutan.

Sampah perkotaan menjadi masalah yang semakin mendesak di era urbanisasi dan pertumbuhan populasi yang pesat. Pentingnya menganalisis volume dan memilah komposisi sampah perkotaan menjadi langkah krusial untuk merancang strategi pengelolaan limbah yang efektif. Pada sub-bab ini akan dibahas secara mendalam mengenai proses analisis volume sampah perkotaan dan kebutuhan pemilahan komposisi sebagai landasan utama dalam menciptakan solusi pengelolaan limbah yang berkelanjutan.

2.4.1 Analisis Volume Sampah

Analisis volume sampah perkotaan melibatkan pengukuran dan evaluasi jumlah sampah yang dihasilkan oleh suatu wilayah dalam periode tertentu. Data volume sampah yang akurat sangat penting untuk merancang sistem pengelolaan limbah yang tepat dan efisien. Pengukuran volume dapat dilakukan dengan berbagai metode, termasuk survei, pemantauan berbasis sensor, dan perhitungan berdasarkan karakteristik populasi dan tingkat konsumsi serta jumlah sampah yang dihasilkan per tahun dan per kapita.

Pertama-tama, perlu diidentifikasi sumber-sumber utama sampah, apakah berasal dari rumah tangga, industri, atau sektor komersial. Survei dan analisis data konsumsi dapat membantu memahami kebiasaan konsumsi masyarakat dan membentuk dasar perhitungan volume sampah. Selain itu, pemantauan rutin terhadap tempat pembuangan akhir juga penting untuk mengukur volume sampah yang benar-benar dibuang ke lokasi pembuangan.

Selanjutnya, analisis perubahan pola konsumsi dan pertumbuhan populasi dapat membantu meramalkan peningkatan volume sampah di masa mendatang. Data

historis dan trend konsumsi adalah alat yang berguna dalam mengidentifikasi faktor-faktor yang mempengaruhi perubahan volume sampah. Proyeksi ini menjadi landasan untuk merancang infrastruktur pengelolaan limbah yang dapat menangani peningkatan volume secara berkelanjutan.

2.4.2 Pemilahan Komposisi Sampah Perkotaan

Pemilahan komposisi sampah perkotaan melibatkan pengidentifikasian jenis-jenis sampah yang ada dalam aliran limbah dan menganalisis persentase jenis sampah untuk perencanaan pengelolaan yang efektif.. Ini merupakan langkah penting untuk merancang strategi pengelolaan yang spesifik dan efektif. Beberapa langkah yang diperlukan dalam pemilahan komposisi adalah sebagai berikut:

a. Pengumpulan Data:

Pengumpulan data yang akurat mengenai komposisi sampah perkotaan melibatkan analisis sampel representatif dari aliran limbah. Sampel tersebut harus mencakup berbagai fraksi sampah, seperti organik, plastik, kertas, logam, kaca, dan lainnya. Metode pengumpulan sampel dapat melibatkan pengambilan sampel dari tempat pembuangan, pemantauan aliran limbah, atau pemilahan manual di fasilitas pengolahan sampah.

b. Analisis Laboratorium:

Sampel yang dikumpulkan kemudian dianalisis di laboratorium untuk mengidentifikasi persentase masing-masing komponen. Analisis laboratorium dapat mencakup teknik-teknik seperti spektroskopi,

kromatografi, dan mikroskopi untuk membedakan dan mengukur komposisi sampah dengan akurasi tinggi.

c. Komposisi, sumber dan kategorisasi sampah

Setelah data diperoleh, identifikasi sektor atau kegiatan yang menumbang besar terhadap sampah dan jenis-jenis sampah dikelompokkan ke dalam kategori yang lebih luas. Ini bisa mencakup fraksi organik, plastik, kertas, logam, kaca, tekstil, dan bahan berbahaya. Kategorisasi ini membantu dalam merumuskan solusi yang spesifik dan sesuai dengan karakteristik sampah.

d. Analisis Perubahan Waktu:

Pemilahan komposisi juga perlu memperhitungkan perubahan komposisi sampah seiring waktu. Peningkatan atau penurunan dalam jenis sampah tertentu dapat mempengaruhi strategi pengelolaan limbah. Analisis perubahan waktu dapat membantu dalam memahami tren dan meresponsnya dengan lebih efektif.

2.4.3 Strategi Pengelolaan Berbasis Analisis Volume dan Komposisi:

a. Pengembangan infrastruktur yang tepat

Berdasarkan analisis volume sampah, pengembangan infrastruktur pengelolaan limbah dapat disesuaikan dengan kebutuhan spesifik wilayah tersebut. Ini termasuk investasi dalam tempat pembuangan akhir yang sesuai kapasitas, fasilitas daur ulang, dan teknologi pengolahan yang memadai.

b. Pendekatan berbasis daur ulang

Analisis komposisi membantu dalam mengidentifikasi materi yang dapat didaur ulang secara efektif. Strategi pengelolaan limbah dapat ditekankan pada memaksimalkan daur ulang, mengurangi tekanan terhadap sumber daya alam dan lingkungan.

c. Edukasi masyarakat

Pemahaman mengenai jenis sampah dan dampaknya dapat ditingkatkan melalui kampanye pendidikan masyarakat. Masyarakat perlu diberdayakan untuk memilah sampah di tingkat rumah tangga, meminimalkan penggunaan bahan sekali pakai, dan memahami pentingnya pengelolaan limbah yang bertanggung jawab.

d. Inovasi dalam teknologi pengelolaan sampah

Berdasarkan analisis komposisi, teknologi pengelolaan sampah dapat dikembangkan atau ditingkatkan. Proses daur ulang, teknologi pemisahan otomatis, dan inovasi dalam pengelolaan limbah berbahaya dapat diintegrasikan untuk meningkatkan efisiensi.

e. Perencanaan strategis jangka panjang

Analisis volume dan komposisi juga memberikan dasar untuk perencanaan strategis jangka panjang. Dengan memahami tren dan pola perubahan, pengelola limbah dapat merancang strategi yang adaptif dan berkelanjutan.

Dengan menganalisis volume dan memilah komposisi sampah perkotaan secara holistik, masyarakat dan pemerintah dapat membangun pondasi yang kuat dalam pengelolaan limbah yang efektif.

2.5 Penutup

Tujuan dari membahas terkait kajian sampah perkotaan adalah untuk memberikan wawasan holistik terhadap masalah sampah perkotaan, melibatkan aspek jenis sampah, dampak terhadap lingkungan dan kesehatan, serta analisis mendalam terkait volume dan komposisi sampah untuk merancang solusi berkelanjutan. Pemahaman mendalam tentang jenis-jenis sampah perkotaan ini penting untuk merancang sistem pengelolaan sampah yang terarah dan berkelanjutan. Pengelolaan yang efektif memerlukan pendekatan yang mempertimbangkan karakteristik masing-masing jenis sampah untuk mengurangi dampak negatifnya terhadap lingkungan..

Aspek Legal dan Regulasi Pengelolaan Sampah

3.1 Pendahuluan

Bumi, planet yang mendukung kehidupan manusia dengan segala aktivitasnya perlu dijaga dari ancaman perubahan iklim. Data yang dirilis oleh Intergovernmental Panel on Climate Change (IPCC), menyatakan bahwa perubahan iklim yang telah berlangsung saat ini diperkirakan akan semakin meningkat jika tidak ditangani dengan serius. Ancaman perubahan iklim ini salah satunya berasal dari aktivitas pengelolaan sampah. Perubahan iklim telah menjadi permasalahan global, tidak lagi dipandang sebagai permasalahan satu atau dua negara saja. Sehingga beberapa peraturan internasional yang dihasilkan dan diikuti oleh banyak negara termasuk Indonesia dalam rangka menanggulangi permasalahan iklim dunia, seperti Stockholm Declaration 1972, United Nations Framework Convention on Climate Change (UNFCCC) 1992, Kyoto Protocol 1997, Bali Action Plan 2007, Copenhagen Accord 2009, dan Paris Agreement 2016. Beberapa peraturan tersebut telah diratifikasi ke dalam undang undang nasional Indonesia Selain peraturan internasional, peraturan dan kebijakan pemerintah terkait pengelolaan sampah juga telah diterbitkan.

3.2 Peraturan dan Kebijakan Terkait Pengelolaan Sampah Nasional

Permasalahan tentang sampah merupakan permasalahan yang dialami dan terjadi di banyak negara dan kota-kota di dunia termasuk di Indonesia. Permasalahan tidak hanya menyangkut volume, komposisi sampah, lahan TPA yang meningkat seiring pertambahan penduduk. Namun terkait juga penerapan aspek politik, hukum dan ekonomi secara penuh akan mendukung pengelolaan sampah yang efisien (Di Maria et al., 2020).

Aspek pengaturan ini didasarkan bahwa Indonesia merupakan negara hukum, di mana sendi-sendi kehidupan bertumpu pada hukum yang berlaku. Manajemen persampahan kota di Indonesia membutuhkan kekuatan dan dasar hukum, seperti dalam pembentukan organisasi, biaya retribusi, ketertiban masyarakat, dan sebagainya. Peraturan yang diperlukan dalam penyelenggaraan sistem pengelolaan sampah di perkotaan antara lain adalah yang mengatur tentang (Hendra, 2016) :

- a. Ketertiban umum yang terkait dengan penanganan sampah
- b. Rencana induk pengelolaan sampah kota
- c. Bentuk lembaga dan organisasi pengelola
- d. Tata-cara penyelenggaraan pengelolaan
- e. Besaran tarif jasa pelayanan atau retribusi
- f. Kerjasama dengan berbagai pihak terkait, diantaranya kerjasama antar daerah, atau kerjasama dengan pihak swasta

3.2.1 Peraturan Perundang undangan

Peraturan perundang undangan terkait pengelolaan sampah yang masih berlaku sampai saat ini yaitu :

- a. UU No 18 Tahun 2008 tentang Pengelolaan Sampah

Menurut UU No. 18 tahun 2008, pengelolaan sampah meliputi pengurangan dan penanganan sampah. Adapun pengurangan sampah meliputi aktivitas untuk membatasi produksi sampah, pendaur ulangan sampah, dan/atau penggunaan kembali sampah.

Tujuan dari pengelolaan sampah yang diatur dalam UU ini adalah untuk meningkatkan kesehatan masyarakat dan kualitas lingkungan serta menjadikan sampah sebagai sumber daya. Selain itu, peraturan ini juga menggarisbawahi fokus pemerintah terhadap kebijakan [3R](#) (*reduce, reuse, recycle*).

Terkait dengan tersebut, UU ini mempertegas bahwa pengelolaan sampah menjadi tanggung jawab bersama semua pihak yaitu individu, komunitas, pelaku bisnis, maupun pemerintah.

3.2.2 Peraturan Pemerintah

a. Peraturan Pemerintah Republik Indonesia Nomor 27 Tahun 2020 Tentang Pengelolaan Sampah Spesifik

PP ini mengatur tentang sampah spesifik yang merupakan timbulan sampah yang memerlukan penanganan secara spesifik karena karakteristiknya, volumenya, frekuensi timbulnya ataupun karena faktor lainnya yang memerlukan cara penanganan yang tidak normatif berurutan, tetapi memerlukan suatu metodologi yang hanya sesuai dengan situasi dan kondisi tertentu. Sehingga penyelenggaraan pengelolaannya tidak dapat dilakukan secara seragam sebagaimana yang berlaku untuk semua jenis sampah spesifik. Tetapi memerlukan pengenalan yang

mendalam dari setiap jenis sampah spesifik dan membutuhkan pendekatan tersendiri dalam pengelolaannya.

Sampah spesifik yang diatur dalam PP ini meliputi: sampah yang mengandung B3, sampah yang mengandung Limbah B3, sampah yang timbul akibat bencana, puing bongkaran bangunan, sampah yang secara teknologi belum dapat diolah, dan sampah yang timbul secara tidak periodik.

- b. Peraturan Pemerintah Nomor 81 Tahun 2012 tentang Pengelolaan Sampah Rumah Tangga dan Sampah Sejenis Sampah Rumah Tangga

PP ini menyatakan bahwa setiap orang wajib melakukan pengurangan dan penanganan sampah termasuk pembatasan timbunan sampah, pendauran ulang sampah, serta pemanfaatan kembali sampah sebagaimana disebutkan pada pasal 10. Membuat produsen bertanggung jawab untuk membatasi dan mendaur ulang sampah dengan membuat rencana dan program yang mendukung, menggunakan kemasan yang dapat diurai, atau menarik kembali sampah dari produk dan kemasan untuk kemudian didaur ulang (pasal 12 dan 13). Selain itu, pasal 14 mewajibkan produsen untuk memanfaatkan kembali sampah dengan menggunakan bahan baku produksi yang dapat digunakan ulang atau menarik kembali sampah dari produk dan kemasan untuk didaur ulang.

- c. Peraturan Pemerintah (PP) Nomor 22 Tahun 2021 tentang Penyelenggaraan Perlindungan dan

Pengelolaan Lingkungan Hidup. Dalam PP ini mengatur banyak hal terkait dengan lingkungan, salah satunya terkait dengan sampah laut, pengelolaan limbah B3 dan pengelolaan limbah non B3.

3.2.3 Peraturan Presiden

- a. Peraturan Presiden Republik Indonesia Nomor 97 Tahun 2017 Tentang Kebijakan dan Strategi Nasional Pengelolaan Sampah Rumah Tangga dan Sampah Sejenis Sampah Rumah Tangga

Peraturan Presiden ini menjadi peta jalan menuju Indonesia Bersih Sampah 2025. Kebijakan dan Strategi Nasional yang disingkat menjadi Jakstranas ini meliputi peningkatan kinerja di bidang pengurangan sekaligus penanganan sampah rumah tangga dan sampah sejenis sampah rumah tangga.

Target dari Jakstranas adalah mengurangi 30% sampah dari sumbernya serta mengelola dan memproses 70% sampah di tahun 2025. Jakstranas sejalan dengan rencana pembangunan jangka panjang nasional dan rencana pembangunan jangka menengah nasional, serta menjadi pedoman bagi pemerintah daerah dalam merumuskan kebijakan dan strategi daerah di tingkat provinsi dan kabupaten/kota.

- b. Peraturan Presiden RI No.83 Tahun 2018 Tentang penanganan Sampah laut

3.2.4 Peraturan menteri

Beberapa peraturan menteri yang terkait dengan pengelolaan sampah di Indonesia antara lain :

- a. Peraturan menteri Lingkungan Hidup dan Kehutanan RI No.14 Tahun 2021 tentang Pengelolaan Sampah Pada Bank Sampah
- b. Peraturan Menteri Lingkungan Hidup dan Kehutanan RI No. 14 Tahun 2021 tentang Pengelolaan Sampah pada Bank Sampah
- c. Peraturan Menteri Lingkungan Hidup dan Kehutanan RI No.P.26/MENLHK/SETJEN/KUM.1/12/2020 tentang Penanganan Abu Dasar dan Abu Terbang Hasil Pengolahan Sampah Secara Termal
- d. Peraturan Menteri Lingkungan Hidup dan Kehutanan Republik Indonesia No. P.76/MENLHK/SETJEN/KUM.1/10/2019 Tentang Adipura
- e. Peraturan Menteri Lingkungan Hidup dan Kehutanan Republik Indonesia No. P.75/MENLHK/SETJEN/KUM.1/10/2019 Tentang Peta Jalan Pengurangan Sampah Oleh Produsen
- f. Peraturan Menteri Lingkungan Hidup dan Kehutanan Republik Indonesia No. P.10/MENLHK/SETJEN/PLB.0/4/2018 tentang Pedoman Penyusunan Kebijakan dan Strategi Daerah Pengelolaan Sampah Rumah Tangga dan Sampah Sejenis Sampah Rumah Tangga
- g. Peraturan Menteri Lingkungan Hidup dan Kehutanan RI No.P.70/MENLHK/SETJEN/KUM.1/8/2016 tentang Baku Mutu Emisi Usaha Dan/Atau Kegiatan Pengolahan Sampah Secara Termal

- h. Peraturan Menteri Lingkungan Hidup dan Kehutanan Republik Indonesia No. P.59/Menlhk/Setjen/Kum.1/7/2016 Tentang Baku Mutu Lindi Bagi Usaha Dan/Atau Kegiatan Tempat Pemrosesan Akhir Sampah

3.2.5 Peraturan daerah

Penyelesaian permasalahan sampah di tingkat provinsi maupun kabupaten/kota memerlukan dukungan regulasi yang mengatur tentang pengelolaan sampah kota termasuk terkait anggaran serta kerja sama dengan pihak lain. Hal ini penting agar regulasi yang disusun dengan pendekatan yang tepat dalam pengelolaan sampah di daerah masing-masing. Saat ini perda kota/kabupaten atau provinsi terkait pengelolaan sampah kota telah banyak diterbitkan di masing masing daerah. Bahkan perda terkait sampah yang spesifikasinya misalnya sampah plastic telah diterbitkan pula. Misalnya Peraturan Walikota Makassar Nomor 70 Tahun 2019 tentang Pengendalian Penggunaan Kantong Plastik.

3.2.6 Sistem Informasi Pengelolaan Sampah Nasional (SIPSN)

Peraturan Menteri Lingkungan Hidup dan Kehutanan RI No.6 Tahun 2022 Tentang Sistem Informasi Pengelolaan Sampah Nasional sebagai dasar penyampaian informasi terkait pengelolaan sampah yang dapat diakses melalui website. Sistem Informasi Pengelolaan Sampah Nasional yang disingkat SIPSN adalah suatu sistem jejaring yang mengelola data yang bersumber dari beberapa data dasar yang terintegrasi menjadi sebuah kumpulan informasi Pengelolaan Sampah. Tujuan membangun SIPSN adalah memberikan informasi terkait :

- a. Sumber Sampah

- b. Timbulan Sampah
- c. Komposisi Sampah
- d. Karakteristik Sampah
- e. Fasilitas Pengelolaan Sampah Rumah Tangga dan Sampah Sejenis Sampah Rumah Tangga
- f. Informasi lain terkait Pengelolaan Sampah Rumah Tangga dan Sampah Sejenis Sampah Rumah Tangga yang diperlukan dalam rangka Pengelolaan Sampah

SIPSN dapat diakses melalui <https://sipsn.menlhk.go.id/sipsn/>, dengan tampilan sebagaimana Gambar 1. Namun sampai tahun 2023 baru 124 kabupaten-kota di Indonesia yang melakukan penginputan data di website SIPSN.



Gambar 3. 1 Tampilan Website SIPSN

3.3 Implementasi dan Penegakan Hukum

3.3.1 Faktor Pendukung Keberhasilan Implementasi

Keberhasilan implementasi pengelolaan sampah di daerah dikarenakan semua *stakeholder*-nya berperan aktif dalam mengelola sampah. Peran serta masyarakat didukung penuh oleh pemerintah daerah, seperti melalui pemberian sarana dan prasarana dan dukungan regulasi, disamping dukungan pihak swasta, LSM, media massa, dan perguruan tinggi (Setyoadi, 2018)

Hasil penelitian (Setyoadi, 2018) di Kota Bogor dan Balikpapan, menunjukkan 6 (enam) faktor pendorong yang berperan penting dalam mendukung keberlanjutan pengelolaan sampah. Faktor pendorong tersebut meliputi peran tokoh masyarakat, manfaat ekonomi, manfaat sosial, manfaat lingkungan, jaringan pengelolaan sampah, serta stimulasi dan fasilitasi pemerintah daerah. Namun hanya dua faktor yaitu peran tokoh masyarakat dan jaringan pengelolaan sampah yang menjadi faktor yang signifikan dalam mendorong keberlanjutan pengelolaan sampah berbasis partisipasi masyarakat.

Selain partisipasi masyarakat, keberhasilan implementasi kebijakan juga didukung oleh kelembagaan yang berjalan dengan efisien. Sebagaimana implementasi di Bantul dengan adanya bank sampah dan TPS3R yang mampu meningkatkan ekonomi masyarakat. Selain SDM sebagai motor penggerak dan pelaksana kebijakan yang penting, didukung adanya kerjasama yang baik antar lembaga dan masyarakat yakni pemerintah desa/kelurahan dan masyarakat setempat. Kemudian komunikasi antar sesama pelaksana sehingga memiliki tujuan yang sama yang akan dihasilkan dari program yang dijalankan (Wati et al., 2021).

3.3.2 Hambatan dalam Implementasi

1. Karakteristik dan Kebiasaan Masyarakat

Salah satu hambatan utama adalah ketidakpatuhan masyarakat terhadap aturan-aturan lingkungan yang ada. Di luar aspek hukum lingkungan, ketidakpatuhan terhadap aturan lingkungan menimbulkan dampak negatif yang signifikan terhadap ekosistem dan kesehatan manusia. Oleh karena itu sangat penting upaya untuk meningkatkan pemahaman masyarakat akan adanya konsekuensi hukum dari pelanggaran aturan terkait sehingga dapat mendorong kepatuhan melalui pendekatan pendidikan, penyuluhan, dan sanksi hukum yang tepat (Irawan, 2023)

2. Kurangnya pengetahuan masyarakat dan Pelaku Usaha

Pengetahuan tentang peraturan hukum (perda) persampahan berkorelasi positif dengan cara pengelolaan sampah rumah tangga (Riswan et al., 2011). Sebagai contoh masyarakat yang kurang memahami urgensi pengelolaan sampah dengan melakukan pemilahan atau mengurangi penggunaan kantong plastik meskipun telah ada perda terkait hal tersebut. Di sisi lain produsen juga tidak menggalakkan upaya pengurangan pemakaian plastik akibat kurangnya alternative barang pengganti dengan harga yang sesuai (Indraswara et al., 2021)

3. Fasilitas dan Teknologi dalam Pengelolaan Sampah

Efektivitas program pengelolaan sampah memerlukan investasi dalam infrastruktur dan teknologi yang membutuhkan sumber dana yang cukup besar. Aspek regulasi terkait hukum lingkungan dapat berperan penting dengan memberikan kepastian kerangka hukum

untuk pengalokasian sumber daya, sumber dana dan mengatur kerjasama antara sektor publik dan swasta dalam upaya pengelolaan sampah yang berkelanjutan. (Irawan, 2023).

4. Penguatan Penegakan Hukum

Penegakan hukum yang kuat dan konsisten dalam kasus pelanggaran terhadap regulasi terkait pengelolaan sampah menjadi kunci untuk memastikan tegaknya aturan-aturan yang ada. Sanksi yang signifikan dapat menjadi efek jera untuk pelanggaran lingkungan, sehingga perlu kepastian lembaga penegak hukum yang memiliki kapasitas dan dukungan yang cukup untuk menangani kasus-kasus pelanggaran (Irawan, 2023). Perda-perda yang ada banyak yang belum menerapkan sanksi hukum yang tegas kepada masyarakat yang melanggar perda tersebut (Riswan et al., 2011).

3.3.3 Penegakan Hukum

Penegakan hukum akan memberikan dampak positif terhadap pengelolaan sampah menjadi lebih maksimal. Di Indonesia telah banyak diterbitkan peraturan terkait namun sangat lemah dalam penegakan hukum. Padahal dalam konteks lingkungan hidup, hukum diharapkan menjadi pedoman agar tata kehidupan masyarakat berdasarkan pada prinsip-prinsip kelestarian lingkungan (Riswan et al., 2011).

Selain itu penegakan hukum lingkungan adalah suatu tindakan dan/atau proses paksaan untuk mentaati hukum yang didasarkan kepada ketentuan-ketentuan peraturan perundang-undangan dan/atau persyaratan lingkungan (Erwin dalam Syamsul Arifin, 2009: 209). Sehingga penegakan hukum lingkungan di bidang pengelolaan sampah sebagai upaya menerapkan hukum positif dalam

kehidupan masyarakat sehingga adanya UU No. 18 Tahun 2008 tentang Pengelolaan Sampah dan peraturan daerah mengenai pengelolaan sampah yang bertujuan untuk memelihara dan mempertahankan kondisi lingkungan agar masyarakat mendapatkan lingkungan yang baik dan sehat.

Menurut Lawrence M. Friedman, Penegakan hukum lingkungan di bidang pengelolaan sampah mengacu pada 3 sistem hukum yang merupakan gabungan dari komponen-komponen yaitu struktur, substansi dan culture/budaya (Candrakirana, 2015) :

- a. Komponen struktur yaitu kelembagaan yang dibentuk oleh sistem hukum dengan berbagai fungsi untuk membantu sistem berjalan. Ini memungkinkan untuk melihat bagaimana sistem hukum membantu penggarapan dokumen hukum secara teratur.
- b. Komponen substantif yaitu sebagai output dari sistem hukum, berupa peraturan, keputusan-keputusan yang digunakan baik oleh pihak yang mengatur maupun yang diatur
- c. Komponen kultural yang terdiri dari nilai-nilai dan sikap-sikap yang mempengaruhi operasi hukum (bersifat positif atau negatif)—disebut "kultur hukum" oleh Friedman. Kultur hukum ini berfungsi sebagai "motor penggerak keadilan" dan berfungsi sebagai jembatan yang menghubungkan peraturan hukum dengan tingkah laku hukum seluruh masyarakat. Kultur hukum ini harus dibedakan dari kultur hukum luar (*external legal culture*), yaitu kultur hukum masyarakat luas, dan kultur hukum internal (*internal legal culture*), yaitu kultur hukum yang memiliki struktur hukum(Esmi Warasih dalam (Candrakirana, 2015).

Penegakan hukum lingkungan dapat dilakukan dengan cara preventif dan represif. Penegakan hukum preventif melalui pengawasan dan represif melalui penerapan sanksi administrasi. Upaya yang berkaitan dengan pemberian sanksi administrasi atau sanksi pidana merupakan penegakan hukum represif, sedangkan pengawasan yang diatur dalam hukum lingkungan administrasi memiliki fungsi preventif dan korektif. Fungsi preventif pengawasan dilakukan untuk mencegah pelanggaran norma, standar, prosedur, dan kriteria standar pengelolaan sampah. Sehingga penegakan hukum dalam bidang pengelolaan sampah tampaknya lebih efektif untuk menerapkan tindakan preventif daripada sanksi administrasi dan pidana secara langsung. Karena adanya upaya membangun kesadaran masyarakat dalam pengelolaan sampah, hukum preventif lebih disarankan. Bank sampah adalah salah satu contoh upaya yang telah dilakukan, yang telah menanamkan kepercayaan masyarakat bahwa sampah dapat menghasilkan pendapatan (Takdir Rahmadi, 2011 dalam (Candrakirana, 2015)).

3.4 Peran Pemerintah dan Stakeholder

Pemerintah pusat dan daerah merupakan pemangku kepentingan yang terpenting yang dapat menentukan kebijakan dan penyediaan sistem pengelolaan sampah kota. Dalam pelaksanaannya melibatkan beberapa stakeholder lainnya seperti pengelola sampah swasta yang bergerak di bidang jasa pengelolaan sampah rumah tangga, sektor pendidikan, sektor komersial dan swasta. Termasuk stakeholder informal seperti para pemulung yang mengumpulkan sampah dari rumah ke rumah, di jalan atau di tempat pembuangan sampah, pembeli sampah/barang lapak keliling, pemilik toko barang rongsokan (Guerrero et al., 2013).

Partnership antara sektor publik dan swasta diperlukan untuk pengelolaan sampah yang berkelanjutan. Pemerintah dapat membuat kebijakan yang mendukung upaya pengelolaan sampah yang lebih efektif dan ramah lingkungan

Pemerintah dapat merancang kebijakan insentif dan mekanisme pendanaan yang mendukung upaya pengelolaan sampah yang lebih efektif dan ramah lingkungan. Pemerintah dapat merancang kebijakan insentif dan mekanisme pendanaan yang mendukung upaya pengelolaan sampah yang lebih efektif dan ramah lingkungan (Irawan, 2023)

3.5 Tantangan dalam Kebijakan Pengelolaan Sampah di Negara berkembang

Pertumbuhan penduduk dan pesatnya urbanisasi berdampak pada peningkatan timbulan sampah. Selain itu perkembangan kegiatan industri di negara-negara berkembang telah meningkatkan volume sampah yang dihasilkan dari kegiatan ekonomi, yang menimbulkan permasalahan lingkungan akibat kompleksitas pengelolaan sampah. (Papastamoulis et al., 2023) mencoba mengkaji permasalahan ter kajian kebijakan penerapan praktis strategi dan rencana pengelolaan sampah nasional di negara maju (Amerika Serikat, Jepang, Australia, negara-negara Uni Eropa), negara-negara dengan perekonomian dalam masa transisi (kasus Rusia dan Kazakstan), dan negara-negara berkembang (Asia dan Amerika Selatan) yang terangkum dalam Gambar 3.2 .



Gambar 3. 2 Tantangan Kebijakan Pengelolaan Sampah di Negara Berkembang

Sumber : Modifikasi dari (Papastamoulis et al., 2023)

Pengelolaan sampah saat ini berfokus pada mencegah kerusakan lingkungan dan kesehatan manusia. Sehingga salah satu metode pengelolaan sampah yang paling menjanjikan dan efektif adalah penggunaan sampah. Namun, untuk memulainya, hal ini memerlukan investasi finansial yang besar dan penggunaan teknologi yang cukup tinggi. Akibatnya, pemanfaatan sebagai metode pengelolaan sampah terutama bias efektif penerapannya di negara-negara maju, serta di beberapa negara berkembang dan negara dengan perekonomian dalam transisi. Kajian terkait menunjukkan bahwa undang-undang nasional yang mengatur daur ulang sebagai metode pengelolaan sampah telah ada di sebagian besar negara berkembang dan negara dalam transisi. serta rencana dan strategi nasional. Namun pada kenyataannya masih tidak dapat diterapkan atau hanya diterapkan dalam sejumlah kecil kasus. Faktor-faktor berikut menyebabkan pengelolaan sampah tidak efektif:

1. Kurangnya kemauan politik pemerintah untuk membuat keputusan tentang transisi ke pemanfaatan dalam pengelolaan sampah secara nasional;
2. Kurangnya sumber daya keuangan yang memungkinkan negara untuk segera beralih dari pembuangan sampah secara keseluruhan atau sebagian ke pemanfaatan pengelolaan sampah; dan
3. Kurangnya kesadaran pemerintah dan masyarakat umum tentang masalah pengelolaan sampah dan bahaya yang dapat ditimbulkan oleh pengelolaan sampah yang tidak efektif terhadap lingkungan maupun kehidupan manusia. Selain itu, pemanfaatan juga merupakan salah satu bentuk pengelolaan sampah yang hemat biaya karena: 1) kemungkinan untuk menggunakan kembali sebagian limbah, yang menghemat modal finansial dalam membuat produk baru; dan 2) cara yang efisien untuk membuang limbah, misalnya dengan penggunaan energi panas yang dihasilkan dari pembakaran di pembangkit listrik tenaga panas.

Sehingga sangat direkomendasikan untuk memasukkan pengelolaan sampah ke dalam strategi dan rencana nasional negara-negara dengan perekonomian dalam transisi dan negara berkembang sebagai wujud pemenuhan kewajiban nyata pemerintah atau negara (Papastamoulis et al., 2023). Untuk mencapai tujuan pengelolaan sampah yang berkelanjutan, memerlukan pendekatan yang lebih komprehensif yang menggabungkan hukum lingkungan, edukasi masyarakat, dan pengelolaan sumber daya. Tantangan ini hanya bisa diatasi oleh kerjasama pemerintah dan pihak terkait dengan meningkatkan kerjasama lintas sektor, meningkatkan pemahaman masyarakat, dan memastikan penegakan hukum yang tegas. Selain itu, untuk mencapai tujuan pengelolaan sampah yang lebih berkelanjutan dalam jangka panjang, investasi dalam infrastruktur yang lebih baik dan teknologi hijau harus dipertimbangkan (Irawan, 2023)

3. 6 Regulasi/Kebijakan Pengelolaan Sampah Elektronik (e-Waste)

Electronic waste atau sampah elektronik merupakan jenis sampah yang tergolong mengalami pertumbuhan yang tercepat di dunia (Ikhlaiel, 2017). Pada tahun 2019, menunjukkan data total limbah elektronik dunia sebesar 53,6 juta ton (Mt) atau setara dengan rata-rata 7,3 kg per kapita. Diproyeksikan akan mengalami peningkatan menjadi 74,7 juta ton (Mt) di tahun 2030 (Forti et al., 2020). Di Indonesia menunjukkan bahwa rata-rata tingkat pertumbuhan e-waste di Indonesia adalah 14,91% per tahun dengan total sampah elektronik yang diperkirakan mencapai $\pm 49.627.917$ unit (± 487.416 ton) pada tahun 2028 (Santoso et al., 2019).

Saat ini Indonesia belum memiliki peraturan khusus yang mengatur pengelolaan e-waste. Undang-Undang no. 8 Tahun 2008 tentang Pengelolaan Sampah saat ini digunakan sebagai dasar hukum peraturan yang digunakan dalam pengelolaan e-waste. Regulasi teknis pelaksanaan UU tersebut diatur dalam Peraturan Pemerintah (PP) Nomor 22 Tahun 2021 tentang Penyelenggaraan Perlindungan dan Pengelolaan Lingkungan Hidup yang terkait limbah B3 (Nurchayyo et al., 2023). Karena e waste diklasifikasikan sebagai limbah berbahaya meskipun memiliki potensi nilai recovery yang signifikan. Dalam e waste terkandung berbagai material berharga seperti logam mulia dan logam tanah langka (rare earth elements) (Wahyono, 2016). Akibatnya, logam tersebut diperdagangkan secara signifikan antara negara maju dan berkembang terutama di Asia dan Afrika, baik sebagai limbah untuk dibuang maupun sebagai sumber daya untuk perolehan kembali logam

Kondisi ini menjadi masalah besar dengan tidak maksimalnya proses daur ulang e waste. Data statistik menunjukkan bahwa hanya sekitar 20% e waste yang dihasilkan

di dunia dapat didaur ulang dengan benar. Situasi ini bahkan menjadi lebih buruk sebagaimana terjadi di negara-negara berkembang yang belum mengatur secara spesifik permasalahan e waste dalam undang-undang (Santoso et al., 2019). Di sebagian besar negara berkembang, tidak ada dasar hukum dan infrastruktur yang diperlukan untuk menjamin pengelolaan dan pembuangan peralatan elektronik secara efisien. Oleh karena itu, sangat penting untuk membuat undang-undang yang tepat yang mengatur pelarangan atau pembatasan terhadap hal tersebut termasuk impor limbah elektronik ke negara-negara berkembang. Selain itu perlu kebijakan yang mendasarkan konsep dan pendekatan sebagaimana konsep ekonomi sirkular dimana terdapat tanggung jawab produsen dalam pengelolaan limbah elektronik yang dihasilkannya. Regulasi yang diperlukan juga menyangkut ekspor limbah elektronik ke negara-negara berkembang, perlindungan hukum terhadap pekerja di bidang pembuangan limbah elektronik. Solusi terhadap permasalahan di bidang pengelolaan dan pembuangan limbah elektronik perlu dilakukan dengan menggunakan pendekatan terpadu yaitu dengan pendekatan dari aspek lingkungan, ekonomi, teknologi, dan hukum. Peraturan hukum juga perlu untuk menjamin pengembangan pasar sumber daya sekunder (bahan dan energi) dan memfasilitasi pengurangan secara bertahap dan konsisten untuk mengurangi dampak negatif terhadap lingkungan dari akumulasi limbah produksi dan konsumsi (Ilyassova et al., 2021).

Strategi Pengumpulan Sampah

4.1 Metode dan Teknologi Pengumpulan Sampah

Metode pengumpulan sampah merupakan langkah-langkah yang dilakukan untuk mengumpulkan sampah dari berbagai sumber agar dapat dikelola dengan efisien. Berikut adalah beberapa metode umum pengumpulan sampah:

- a. Pengumpulan Sampah Door-to-Door: Ini adalah metode pengumpulan di mana petugas kebersihan atau kendaraan pengumpul sampah mengunjungi rumah-rumah atau lokasi-lokasi tertentu secara berkala untuk mengambil sampah yang telah dipersiapkan oleh penduduk setempat. Metode ini umumnya digunakan di perkotaan dan perkampungan.
- b. Pengumpulan Sampah Komunal: Metode ini melibatkan penggunaan wadah atau tempat sampah yang ditempatkan di lokasi strategis, seperti di sudut-sudut jalan, taman, atau area umum lainnya. Masyarakat di sekitar tempat tersebut kemudian diminta untuk membuang sampah mereka ke wadah-wadah tersebut.
- c. Pengumpulan Sampah Drop-Off: Penduduk membawa sampah mereka sendiri ke tempat pengumpulan atau stasiun transfer yang telah ditentukan oleh pemerintah atau lembaga pengelola sampah. Biasanya terdapat kontainer atau area

khusus di tempat ini untuk memisahkan jenis sampah tertentu.

- d. Pengumpulan Sampah Dengan Sistem Vakum: Metode ini menggunakan sistem pipa vakum bawah tanah untuk menghisap sampah dari rumah atau bangunan secara langsung ke pusat pengumpulan atau stasiun transfer.
- e. Pengumpulan Sampah dengan Sistem Curbside: Sistem ini melibatkan pengumpulan sampah yang diletakkan di pinggir jalan oleh penduduk pada hari-hari tertentu sesuai dengan jadwal pengumpulan yang telah ditetapkan. Petugas kebersihan kemudian mengambil sampah tersebut menggunakan truk pengumpul sampah.
- f. Pengumpulan Sampah Berdasarkan Jenis: Metode ini melibatkan pemisahan sampah menjadi berbagai jenis, seperti sampah organik, kertas, plastik, dan logam. Setelah itu, sampah-sampah tersebut diambil secara terpisah sesuai dengan jenisnya untuk diolah lebih lanjut.

Metode pengumpulan sampah erat kaitannya dengan teknologi yang digunakan (Wilson, dkk). Teknologi memiliki peran yang sangat penting dalam pengumpulan sampah khususnya di kawasan perkotaan. Dengan memanfaatkan teknologi, pengumpulan sampah di kawasan perkotaan dapat dilakukan dengan lebih efisien, terorganisir, dan berkelanjutan. Selain itu, teknologi juga dapat membantu mengurangi dampak negatif dari limbah sampah terhadap lingkungan dan kesehatan masyarakat.



Gambar 4. 1 Pengumpulan Sampah Konvensional (Erva, 2022)

Ada beberapa teknologi yang digunakan untuk mengumpulkan sampah secara efektif. Berikut adalah beberapa di antaranya:

- a. **Truk Sampah Cerdas:** Truk sampah cerdas dilengkapi dengan teknologi canggih seperti sensor dan sistem pengangkutan otomatis. Sensor digunakan untuk mendeteksi tingkat keberadaan sampah dalam wadah atau kontainer, sementara sistem pengangkutan otomatis memungkinkan truk untuk mengangkut sampah secara efisien tanpa perlu intervensi manusia yang berlebihan.
- b. **Kontainer Pintar:** Kontainer pintar dilengkapi dengan sensor untuk memantau tingkat keberadaan sampah di dalamnya. Sensor ini dapat memberitahu petugas kebersihan kapan waktunya untuk mengosongkan kontainer, sehingga pengumpulan sampah dapat dijadwalkan secara lebih efisien.
- c. **Sistem Pemantauan dan Pemetaan:** Teknologi ini memanfaatkan sistem pemantauan dan pemetaan untuk melacak lokasi kontainer sampah, jadwal pengumpulan, dan tingkat pengisian kontainer. Dengan informasi ini, petugas

pengumpulan sampah dapat merencanakan rute yang optimal dan mengoptimalkan penggunaan sumber daya.

- d. Sistem Pengolahan Sampah Otomatis: Teknologi pengolahan sampah otomatis digunakan untuk memisahkan, menghancurkan, dan mengolah sampah secara otomatis. Ini dapat mencakup mesin sortir otomatis untuk memisahkan berbagai jenis sampah, komposter untuk mengolah sampah organik menjadi kompos, dan mesin daur ulang untuk mengolah sampah plastik, kertas, atau logam.
- e. Penggunaan Drone: Dalam beberapa kasus, drone digunakan untuk pemantauan dan pengelolaan sampah, terutama di daerah yang sulit dijangkau secara konvensional. Drone dapat digunakan untuk memantau titik-titik pengumpulan sampah, mengidentifikasi area dengan tingkat pencemaran tertinggi, atau bahkan untuk pengiriman sampah ke tempat pengolahan atau daur ulang.
- f. Penggunaan Aplikasi Mobile: Aplikasi mobile dapat digunakan untuk memfasilitasi komunikasi antara masyarakat dan petugas pengumpulan sampah, memberikan informasi tentang jadwal pengumpulan sampah, lokasi kontainer terdekat, atau memberikan insentif kepada penduduk untuk membuang sampah dengan cara yang bertanggung jawab.



Gambar 4. 2 Teknik Pengumpulan Sampah Modern (Erva, 2022)

Menurut Manik dkk (2016) penggunaan teknologi dalam pengumpulan sampah memiliki dampak positif yang signifikan, antara lain:

1. Efisiensi Operasional: Teknologi memungkinkan pengelola sampah untuk mengoptimalkan proses pengumpulan, pengangkutan, dan pengolahan sampah dengan lebih efisien. Ini termasuk penggunaan truk sampah cerdas yang dapat mengidentifikasi kontainer penuh secara otomatis, penggunaan sensor untuk pemantauan kontainer, dan sistem pengolahan sampah otomatis. Akibatnya, waktu, energi, dan sumber daya dapat dimanfaatkan secara lebih efektif.
2. Pengurangan Biaya: Dengan efisiensi operasional yang meningkat, biaya operasional dalam pengumpulan dan pengelolaan sampah dapat dikurangi. Penggunaan teknologi seperti sensor pintar dan sistem pengangkutan otomatis dapat membantu mengurangi biaya bahan bakar, biaya tenaga kerja, dan biaya perawatan.
3. Peningkatan Kebersihan dan Kesehatan Masyarakat: Pengumpulan sampah yang lebih efisien dan teratur berkontribusi pada peningkatan kebersihan lingkungan dan kesehatan masyarakat. Dengan mengurangi penumpukan

sampah di tempat-tempat umum, risiko penularan penyakit dan pencemaran lingkungan dapat diminimalkan.

4. Daur Ulang yang Lebih Efektif: Teknologi dapat membantu dalam pemisahan, pengolahan, dan daur ulang sampah dengan lebih efektif. Mesin sortir otomatis, komposter, dan mesin daur ulang memungkinkan sampah untuk diolah menjadi bahan yang dapat digunakan kembali, mengurangi jumlah sampah yang masuk ke tempat pembuangan akhir (TPA) dan membantu dalam mengurangi dampak negatif terhadap lingkungan.
5. Pengurangan Emisi Gas Rumah Kaca: Dengan meminimalkan waktu dan jarak yang diperlukan untuk mengumpulkan sampah, penggunaan teknologi dapat membantu mengurangi emisi gas rumah kaca dari kendaraan pengumpul sampah. Selain itu, dengan memperbaiki proses pengolahan sampah, teknologi juga dapat mengurangi emisi gas beracun dari TPA.
6. Peningkatan Partisipasi Masyarakat: Melalui aplikasi mobile dan platform online, teknologi dapat memfasilitasi komunikasi antara masyarakat dan pihak berwenang dalam hal pengelolaan sampah. Hal ini dapat meningkatkan kesadaran masyarakat tentang pentingnya pengelolaan sampah yang bertanggung jawab dan memotivasi partisipasi aktif dalam program pengelolaan sampah yang dilakukan oleh pemerintah atau lembaga terkait.

Meskipun pemanfaatan teknologi dalam pengumpulan sampah di wilayah perkotaan memiliki banyak dampak positif, namun juga dapat menimbulkan beberapa dampak negatif, di antaranya:

1. Ketergantungan pada Teknologi: Penggunaan teknologi yang berlebihan dalam pengumpulan sampah dapat membuat pihak berwenang menjadi terlalu bergantung pada sistem otomatis dan sensor. Hal ini dapat berpotensi mengurangi kemandirian dalam pengelolaan sampah secara manual,

sehingga ketika terjadi gangguan pada sistem teknologi, pengumpulan sampah dapat terganggu.

2. Pengeluaran yang Tinggi: Pemanfaatan teknologi canggih dalam pengumpulan sampah membutuhkan investasi awal yang besar untuk pengadaan dan pengembangan infrastruktur serta peralatan yang diperlukan. Biaya perawatan dan pemeliharaan juga dapat tinggi. Jika tidak dikelola dengan baik, hal ini dapat meningkatkan beban finansial bagi pemerintah atau lembaga pengelola sampah.
3. Kesenjangan Digital: Adopsi teknologi dalam pengumpulan sampah dapat meningkatkan kesenjangan digital antara wilayah perkotaan yang memiliki akses teknologi yang canggih dengan wilayah pedesaan yang mungkin tidak memiliki infrastruktur teknologi yang memadai. Hal ini dapat mengakibatkan ketidaksetaraan dalam pelayanan pengelolaan sampah antara kedua wilayah tersebut.
4. Masalah Privasi dan Keamanan Data: Penggunaan teknologi seperti sensor pintar dan aplikasi mobile untuk pengumpulan sampah dapat mengumpulkan data pribadi atau sensitif dari penduduk, seperti pola perilaku dan lokasi. Jika tidak dikelola dengan baik, hal ini dapat menimbulkan masalah privasi dan keamanan data yang serius.
5. Pengurangan Kesempatan Kerja: Penerapan teknologi otomatisasi dalam pengumpulan sampah dapat mengurangi kebutuhan akan tenaga kerja manusia. Hal ini dapat berdampak pada pengurangan lapangan kerja bagi pekerja yang biasa melakukan pekerjaan manual dalam bidang pengumpulan sampah.
6. Dampak Lingkungan: Meskipun teknologi dapat membantu dalam pengurangan jumlah sampah yang masuk ke tempat pembuangan akhir (TPA) melalui proses daur ulang yang lebih efisien, namun produksi dan penggunaan teknologi tersebut sendiri juga dapat menimbulkan dampak

lingkungan, terutama dalam hal penggunaan sumber daya alam dan emisi gas rumah kaca.

4.2 Optimalisasi Sistem Pengumpulan Sampah

Optimalisasi sistem pengumpulan sampah merujuk pada proses meningkatkan efisiensi, efektivitas, dan kinerja keseluruhan sistem pengumpulan sampah (Guimaraes, 2015). Tujuannya adalah untuk memastikan bahwa pengumpulan sampah dilakukan dengan cara yang paling efisien dan berkelanjutan mungkin, dengan meminimalkan biaya dan dampak lingkungan, serta memaksimalkan manfaat bagi masyarakat. Berikut adalah beberapa aspek utama dalam optimalisasi sistem pengumpulan sampah:

1. **Perencanaan Rute:** Mengidentifikasi dan merencanakan rute pengumpulan sampah yang optimal untuk meminimalkan jarak tempuh, waktu, dan biaya. Hal ini melibatkan analisis terhadap lokasi kontainer, volume sampah yang dihasilkan di setiap lokasi, serta kondisi lalu lintas dan infrastruktur.
2. **Pemantauan dan Pemetaan:** Menggunakan teknologi pemantauan dan pemetaan untuk melacak lokasi kontainer sampah, jadwal pengumpulan, dan tingkat pengisian kontainer secara real-time. Informasi ini membantu dalam perencanaan rute pengumpulan yang efisien dan optimal.
3. **Penggunaan Teknologi:** Memanfaatkan teknologi seperti truk sampah cerdas, kontainer pintar, dan sistem pengolahan sampah otomatis untuk meningkatkan efisiensi dan kinerja pengumpulan sampah. Teknologi ini membantu dalam mendeteksi kontainer penuh secara otomatis, memantau tingkat keberadaan sampah di dalam kontainer, dan memproses sampah dengan lebih efisien.
4. **Edukasi dan Kesadaran Masyarakat:** Mengedukasi masyarakat tentang praktik pengelolaan sampah yang bertanggung jawab dan meningkatkan kesadaran akan

pentingnya pemilahan sampah, daur ulang, dan pengurangan sampah. Masyarakat yang teredukasi cenderung lebih aktif dalam mendukung program pengumpulan sampah yang berkelanjutan.

5. Kemitraan dan Kolaborasi: Membangun kemitraan dengan pihak-pihak terkait, termasuk pemerintah daerah, lembaga swadaya masyarakat, sektor swasta, dan masyarakat lokal untuk menciptakan solusi yang holistik dan berkelanjutan dalam pengelolaan sampah.
6. Evaluasi dan Pemantauan Kinerja: Melakukan evaluasi terhadap kinerja sistem pengumpulan sampah secara berkala untuk mengidentifikasi area-area yang perlu ditingkatkan dan mengukur kemajuan terhadap tujuan-tujuan yang telah ditetapkan. Pemantauan kinerja ini membantu dalam menyesuaikan strategi dan tindakan yang diperlukan untuk mencapai hasil yang optimal.

Penerapan optimalisasi pengumpulan sampah yang efisien melibatkan serangkaian langkah dan tindakan yang terencana dan terstruktur (Ioannou dkk, 2004). Analisis Situasi Awal merupakan evaluasi menyeluruh terhadap sistem pengumpulan sampah yang ada, termasuk infrastruktur yang tersedia, proses operasional, teknologi yang digunakan, dan kinerja sistem. Identifikasi area-area di mana efisiensi dapat ditingkatkan dan masalah yang perlu diatasi. Perencanaan Strategis juga memiliki peran yang besar di mana tujuan jangka pendek dan jangka panjang untuk sistem pengumpulan sampah dicapai. Buat rencana strategis yang jelas dan terperinci untuk mencapai tujuan-tujuan ini, termasuk langkah-langkah yang diperlukan, sumber daya yang diperlukan, dan jadwal implementasi. Penggunaan Teknologi yang tersedia untuk meningkatkan efisiensi dan kinerja sistem pengumpulan sampah. Ini bisa meliputi penggunaan truk sampah cerdas, sensor pintar

pada kontainer sampah, sistem pemantauan dan pemetaan, serta aplikasi mobile untuk komunikasi dengan masyarakat. Selain itu, Perencanaan Rute yang Optimal juga diperlukan untuk melakukan identifikasi rute pengumpulan sampah yang optimal berdasarkan analisis data mengenai lokasi kontainer sampah, volume sampah yang dihasilkan, kondisi lalu lintas, dan jarak tempuh. Buat jadwal pengumpulan yang efisien dan sesuaikan rute jika diperlukan berdasarkan pemantauan kinerja. Pelatihan dan Peningkatan Kapasitas juga perlu dilakukan untuk meningkatkan kapasitas bagi petugas pengumpulan sampah tentang penggunaan teknologi baru, praktik pengelolaan sampah yang berkelanjutan, dan prosedur operasional yang efisien. Pastikan bahwa semua personil terampil dan memahami tugas mereka dengan baik. Komitmen terhadap perbaikan berkelanjutan merupakan kunci kesuksesan dalam menerapkan optimalisasi pengumpulan sampah yang efisien. Terus lakukan evaluasi, perbaikan, dan penyesuaian sesuai dengan perkembangan dan perubahan dalam lingkungan operasional dan kebutuhan masyarakat.

4.3 Studi Kasus Praktik Pengumpulan Sampah yang Efektif

Beberapa contoh studi kasus tentang penerapan optimalisasi pengumpulan sampah yang efektif di beberapa negara maju menunjukkan bahwa penerapan optimalisasi pengumpulan sampah yang efektif memerlukan pendekatan yang terintegrasi antara teknologi, kebijakan publik, dan partisipasi masyarakat (Montoya dkk, 2010). Dengan mengadopsi strategi yang tepat, negara-negara maju dapat mencapai tingkat pengelolaan sampah yang tinggi dan berkelanjutan.

1. Jepang: Jepang telah berhasil menerapkan sistem pengumpulan sampah yang sangat efektif dan terorganisir dengan baik. Mereka menggunakan pendekatan yang terintegrasi antara pemilahan sampah di tingkat rumah

tangga, penggunaan teknologi canggih seperti truk sampah cerdas dan sistem pengolahan sampah otomatis, serta edukasi masyarakat yang kuat tentang praktik pengelolaan sampah yang bertanggung jawab. Jepang juga dikenal dengan konsep "3R" (Reduce, Reuse, Recycle) yang aktif, yang mendorong penduduk untuk mengurangi sampah yang dihasilkan, menggunakan kembali barang-barang yang masih bisa digunakan, dan mendaur ulang sampah sesuai dengan jenisnya.

2. Swedia: Swedia telah menjadi salah satu negara yang paling maju dalam pengelolaan sampah. Mereka mencapai tingkat daur ulang yang sangat tinggi, lebih dari 99%, dengan menerapkan pendekatan yang komprehensif dan berkelanjutan. Swedia menggunakan pembayaran atas sampah yang dimusnahkan (waste-to-energy) sebagai sumber energi dan memiliki infrastruktur yang canggih untuk mengelola limbah tersebut. Mereka juga menerapkan tarif sampah yang didasarkan pada volume sampah yang dihasilkan oleh setiap rumah tangga, sehingga mendorong masyarakat untuk menghasilkan sampah yang lebih sedikit.
3. Belanda: Belanda juga telah berhasil dalam pengelolaan sampah yang efektif dengan menerapkan pendekatan holistik yang mencakup pemilahan sampah di tingkat rumah tangga, penggunaan truk sampah cerdas, dan sistem pengolahan sampah yang canggih. Mereka memiliki jaringan pengumpulan sampah yang sangat terorganisir dan efisien, serta investasi dalam inovasi teknologi untuk meningkatkan kinerja sistem pengelolaan sampah.
4. Singapura: Singapura adalah salah satu negara maju yang memiliki keterbatasan lahan untuk tempat pembuangan akhir (TPA). Oleh karena itu, mereka telah mengadopsi pendekatan yang sangat efisien dalam pengelolaan sampah. Singapura menggabungkan pemilahan sampah di tingkat rumah tangga,

penggunaan teknologi otomatisasi dalam pengumpulan dan pengolahan sampah, serta promosi kesadaran masyarakat tentang pentingnya mengurangi, mendaur ulang, dan membuang sampah dengan bertanggung jawab.

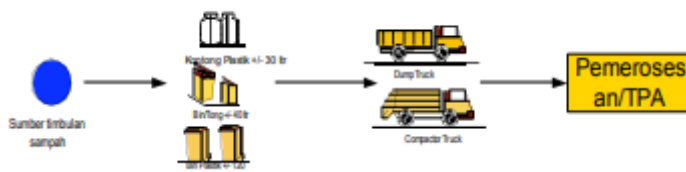
Transportasi Sampah

5.1 Logistik dan Manajemen Transportasi Sampah

Logistik dan manajemen transportasi sampah adalah dua komponen kunci dalam rangka menciptakan sistem pengelolaan limbah yang efisien dan berkelanjutan. Dalam era modern ini, masalah sampah telah menjadi salah satu tantangan utama bagi masyarakat global, dan pentingnya logistik dan manajemen transportasi sampah semakin meningkat seiring dengan pertumbuhan populasi dan urbanisasi. Logistik sampah melibatkan perencanaan, implementasi, dan pengawasan aliran material dan informasi yang terkait dengan pengumpulan, transportasi, pengolahan, dan pembuangan sampah. Sementara itu, manajemen transportasi sampah berfokus pada perencanaan dan pengelolaan pergerakan sampah dari sumbernya ke tempat pembuangan akhir atau pabrik daur ulang (Anggun Tri Yunita dan Munawar Ali, 2015).

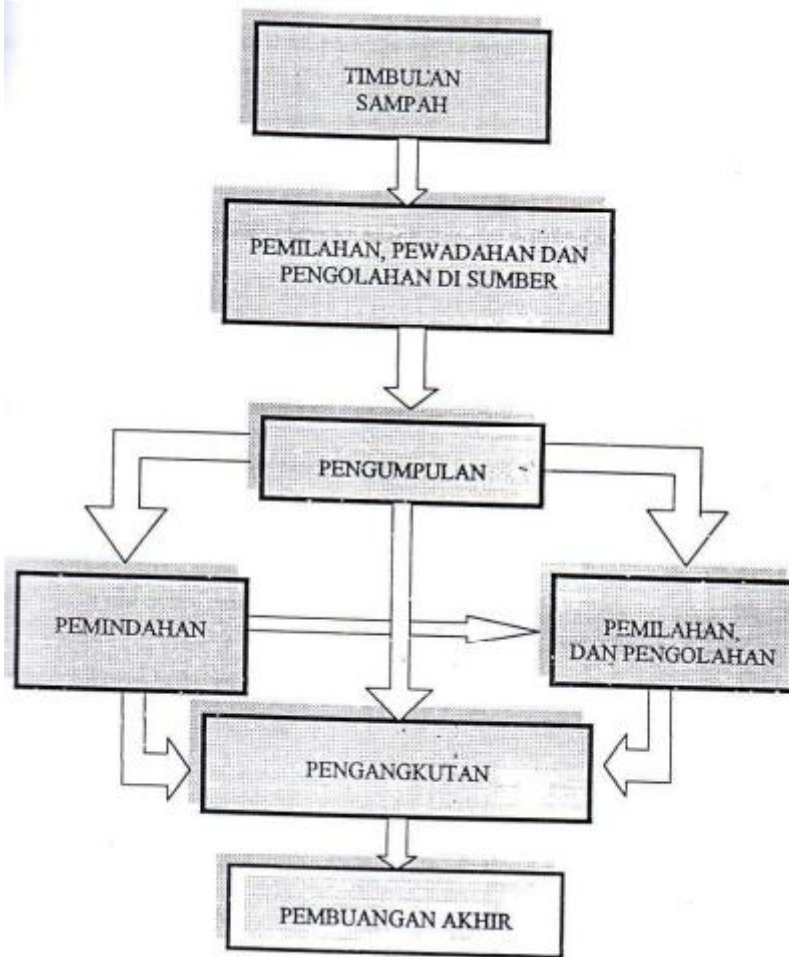
Pentingnya logistik dan manajemen transportasi sampah tidak hanya terletak pada pengelolaan limbah yang efisien, tetapi juga pada dampak lingkungan dan kesehatan masyarakat. Peningkatan jumlah sampah, terutama di kota-kota besar, menunjukkan perlunya solusi yang lebih terstruktur untuk mengelola sampah secara efektif dan berkelanjutan. Salah satu aspek utama logistik sampah adalah pengumpulan sampah. Dalam konteks ini, perencanaan rute pengumpulan yang efisien sangat penting untuk mengoptimalkan penggunaan sumber

daya dan mengurangi dampak lingkungan. Penggunaan teknologi seperti sistem informasi geografis (GIS) dan algoritma optimasi rute dapat membantu meningkatkan efisiensi pengumpulan sampah dengan mengidentifikasi rute terpendek dan mengoptimalkan jadwal pengumpulan. Selanjutnya, transportasi sampah juga memainkan peran kunci dalam logistik sampah. Pilihan moda transportasi yang tepat dapat membantu mengurangi emisi gas rumah kaca dan dampak lingkungan lainnya. Penggunaan armada kendaraan listrik atau penggunaan bahan bakar alternatif dapat menjadi solusi untuk mengurangi jejak karbon dari transportasi sampah. Selanjutnya ditampilkan proses pola transportasi sampah sistem individual langsung gambar 1 dibawah ini.



Gambar 5. 1 Pola Transportasi Sampah Sistem Individual Langsung (Damanhuri E, Padmi T, 2010)

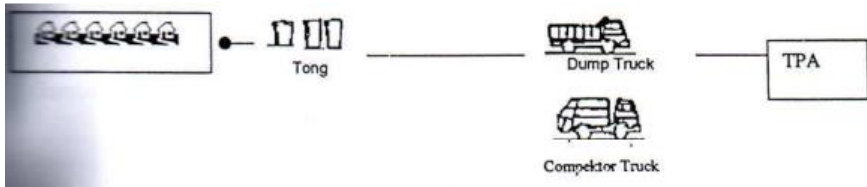
Dalam manajemen transportasi sampah, koordinasi antara berbagai pihak terlibat, seperti pemerintah daerah, operator pengelolaan sampah, dan penyedia layanan transportasi, menjadi kunci keberhasilan. Penetapan aturan dan regulasi yang jelas serta kerjasama antara pihak dapat membantu menciptakan sistem transportasi sampah yang terintegrasi dan efisien. Berikut ini disampaikan tentang diagram pengelolaan transportasi sampah pada Gambar 5.2 dibawah ini.



Gambar 5. 2 Diagram Pengelolaan Transportasi Sampah (SNI 19-2454-2002)

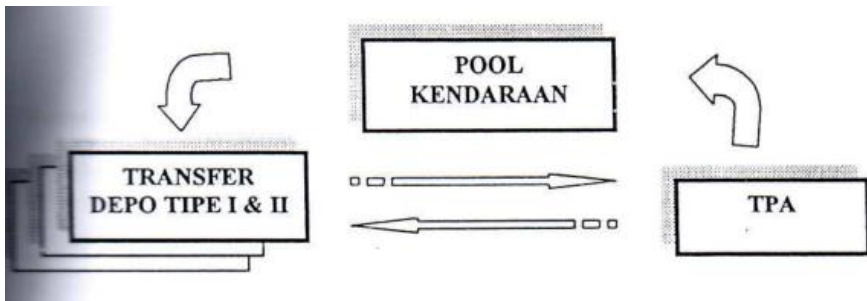
Ada 2 aspek pola pengangkutan sampah yaitu:

1. Pengangkutan sampah dengan sistem pengumpulan individual langsung (door to door) seperti pada gambar 3 dibawah ini.



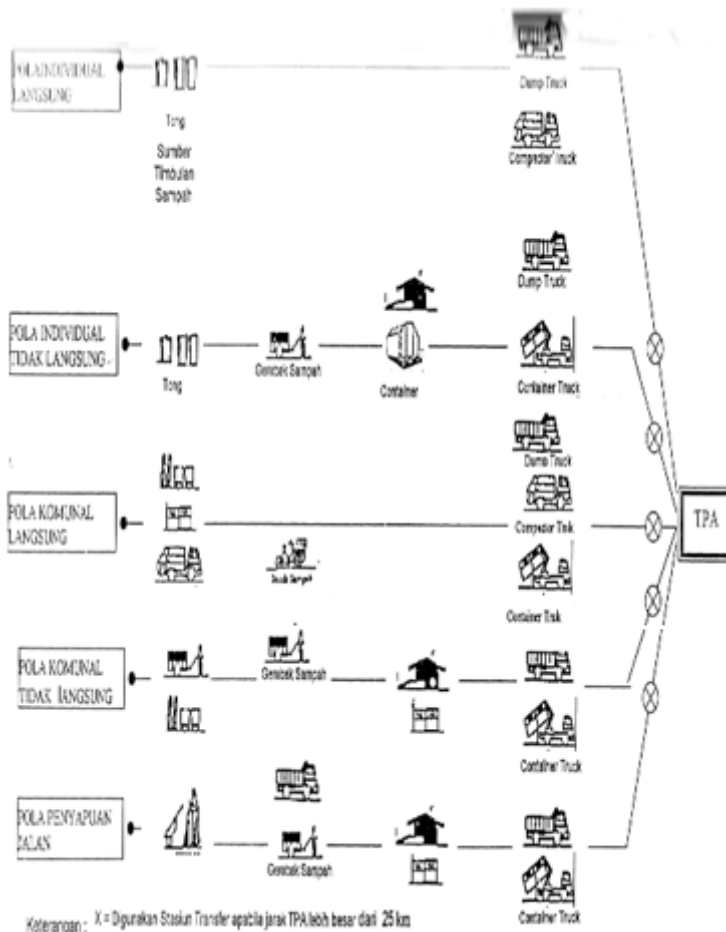
Gambar 5. 3 Pola Transportasi Sampah Langsung (SNI 19-2454-2002)

2. pengumpulan sampah melalui sistem pemindahan di transfer depo type I dan II, pola pengangkutan dapat dilihat pada gambar 4 dibawah ini.



Gambar 5. 4 Pola Transportasi Sampah Transfer Depo Tipe I dan II (SNI 19-2454-2002)

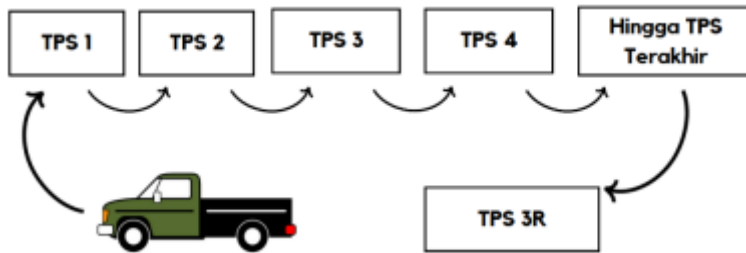
Selanjutnya ditampilkan semua pola transportasi sampah dari sumber ke TPA sebagaimana terlihat pada gambar 5 dibawah ini.



Gambar 5. 5 Diagram Pelayanan Pola Transportasi Sampah Kota Untuk Semua Kondisi (SNI 19-2454-2002)

Metode transportasi sampah dilakukan juga dengan menggunakan system container tetap (Stationary Container System/SCS). Sistem ini dapat dilakukan secara teknis perorangan maupun secara mekanis tergantung dari konsep model sistem yang dipakai. System container tetap merupakan kendaraan angkut dari pool menuju container pertama, sampah dituangkan ke dalam truk pemadat dan meletakkannya Kembali pada lokasi semula dalam kondisi kosong, kemudian kendaraan ke lokasi container berikutnya hingga truk penuh yang

kemudian dibawa ke TPS 3R. disampaikan dalam gambar 6 dibawah ini.



Gambar 5. 6 Mekanisme Pengangkutan SCS. (Peraturan Menteri Pekerjaan Umum dan Perumahan Rakyat, 2013)

Proses pengolahan sampah juga merupakan bagian integral dari logistik dan manajemen transportasi sampah. Pengelolaan limbah yang efisien melibatkan pemilihan metode pengolahan yang sesuai, seperti daur ulang, pembakaran, atau pengomposan. Logistik dan transportasi sampah harus dirancang untuk mendukung proses ini dengan memastikan bahwa sampah dikumpulkan dan diangkut ke tempat pengolahan dengan cara yang paling efisien dan berkelanjutan (Puti SK dkk, 2012).

Pemilihan pola pengangkutan sampah sistem HCS pengosongan kontainer dinilai kurang efisien, sehingga bahan bakar yang dibutuhkan lebih banyak. Pembagian rute pengangkutan sampah kurang merata, dampaknya waktu efektif kerja setiap pengemudi kendaraan dan timbulan sampah yang terangkut antar pengemudi kendaraan pengangkut sampah tidak seimbang. Selain itu, 2 unit dump truck yang diketahui dalam kondisi tidak layak dan rusak berat tetapi masih beroperasi (Bimastyaji SR dkk, 2017).

Aspek teknologi juga memainkan peran penting dalam logistik dan manajemen transportasi sampah. Penggunaan sensor dan sistem pemantauan dapat membantu melacak dan mengelola aliran sampah secara real-time. Teknologi blockchain

juga dapat diterapkan untuk meningkatkan transparansi dan akuntabilitas dalam manajemen sampah, dengan mencatat setiap langkah dari pengumpulan hingga pembuangan akhir (Kana Saputra S dkk, 2020).

Keterlibatan masyarakat juga menjadi faktor kunci dalam keberhasilan logistik dan manajemen transportasi sampah. Pendidikan masyarakat mengenai pentingnya pengelolaan sampah yang baik, pemisahan sampah di sumbernya, dan partisipasi aktif dalam program daur ulang dapat membantu mengurangi jumlah sampah yang dihasilkan dan meningkatkan efisiensi sistem secara keseluruhan. Potensi reduksi sampah kota dapat ditetapkan berdasarkan material balance dengan memperhitungkan recovery factor setiap komponen sampah. Recovery factor adalah persentase setiap komponen sampah yang dapat dimanfaatkan kembali, di-recovery atau didaur ulang (Anneke Trya Galuh Parameswari, 2023).

Dalam konteks global, logistik dan manajemen transportasi sampah juga mencakup aspek perdagangan internasional limbah. Negara yang memiliki kapasitas untuk mengelola limbah dengan cara yang lebih efektif dapat menjadi tujuan ekspor limbah dari negara-negara yang menghadapi tantangan dalam pengelolaan sampah mereka. Oleh karena itu, kerjasama internasional dalam logistik sampah sangat penting untuk mencapai solusi yang berkelanjutan dan adil secara global. Pentingnya logistik dan manajemen transportasi sampah akan semakin terasa di tengah meningkatnya kesadaran akan isu lingkungan dan kebutuhan untuk beralih ke pola konsumsi yang lebih berkelanjutan. Dengan merancang sistem logistik dan transportasi sampah yang efisien, terintegrasi, dan berkelanjutan, kita dapat berkontribusi pada perlindungan lingkungan, kesehatan masyarakat, dan pembangunan berkelanjutan secara keseluruhan (Rian Alfian dan Arlina Phelia, 2021).

Mengelola manajemen transportasi sampah dengan baik melibatkan serangkaian tindakan dan strategi yang bertujuan untuk meningkatkan efisiensi, mengurangi dampak lingkungan, dan mencapai tujuan keberlanjutan dalam pengelolaan sampah. Berikut beberapa langkah yang dapat diambil untuk mengelola manajemen transportasi sampah dengan baik: 1) dengan mengidentifikasi rute pengumpulan sampah yang efisien berdasarkan lokasi dan jumlah sampah yang dihasilkan, 2) menggunakan teknologi seperti sistem informasi geografis (GIS) dan algoritma optimasi rute untuk merencanakan jalur pengumpulan terpendek (Anneke Trya Galuh Parameswari, 2023).

Memilih moda transportasi sampah yang sesuai dengan kebutuhan dan skala operasinya ada bermacam-macam seperti, 1) mempertimbangkan penggunaan kendaraan listrik atau bahan bakar alternatif untuk mengurangi dampak lingkungan. 2) menyesuaikan ukuran dan jenis armada dengan volume dan jenis sampah yang diangkut. 3) mengimplementasikan sistem pemantauan real-time untuk melacak lokasi dan status armada transportasi sampah. 4) menggunakan sensor dan teknologi IoT untuk memonitor kapasitas kendaraan dan pengumpulan sampah secara efisien. 5) menganalisis data untuk meningkatkan perencanaan dan efisiensi operasional (Puti SK dkk, 2012).

Disamping pengelolaan sampah secara terbuka dapat ditinjau dengan bentuk pengelolaan sampah tertutup dengan menjadikan kegiatan persampahan di setiap kesempatan dapat terbentuk dengan baik dan sesuai. Bentuk pengelolaan sampah yang dapat diterapkan dalam masyarakat menyesuaikan dengan kondisi lapangan. Kebutuhan ini berdampak pada aktivitas Masyarakat yang mencapai kegiatan dalam pengelolaan sampah yang sesuai dengan bentuk yang disepakati. 1) edukasi Masyarakat, 1) sosialisasikan pentingnya pemilahan sampah di sumber, pengurangan sampah, dan partisipasi aktif masyarakat dalam program daur ulang, 2) edukasi tentang jadwal

pengumpulan sampah dan tata cara pembuangan yang benar untuk mengurangi kesalahan dalam pengelolaan sampah, 3) penggunaan Teknologi Blockchain, pertimbangkan penggunaan teknologi blockchain untuk meningkatkan transparansi dan akuntabilitas dalam manajemen sampah, 4) mencatat setiap langkah dari pengumpulan hingga pembuangan akhir untuk memastikan integritas dan keandalan informasi (Rian Alfian dan Arlina Phelia, 2021).

Dalam pengelolaan sampah yang baik dan berkesinambungan perlu dipertimbangkan berbagai Aspek pengelolaan dari hulu sampai hilir. Pertimbangan ini merupakan bagian yang tidak terpisahkan dalam pengelolaan sampah yang efisien. Ada aspek pengelolaan yang disarankan yaitu 1) diversifikasi metode pengolahan Sampah, yaitu memilih metode pengolahan sampah yang sesuai dengan karakteristik sampah yang dihasilkan, memprioritaskan daur ulang untuk mengurangi volume sampah yang masuk ke tempat pembuangan akhir, mengevaluasi secara terus-menerus teknologi baru yang dapat meningkatkan efisiensi pengolahan sampah. 2) pengukuran kinerja dan evaluasi dengan menitikberatkan pada penetapan indikator kinerja yang jelas untuk mengukur efisiensi dan dampak lingkungan dari sistem transportasi sampah, melakukan evaluasi rutin untuk menilai kinerja, mengidentifikasi area perbaikan, dan merancang strategi pengembangan. 3) fleksibilitas dan inovasi, hal ini ditunjang dengan bersikap fleksibel terhadap perubahan dalam pola konsumsi dan pengelolaan sampah, serta mendorong inovasi dalam teknologi dan proses untuk meningkatkan efisiensi operasional (Anneke Trya Galuh Parameswari, 2023).

Untuk pengelolaan dalam manajemen transportasi sampah yang baik memerlukan pendekatan yang holistik, melibatkan partisipasi aktif dari masyarakat, pemerintah, operator pengelolaan sampah, dan penyedia layanan transportasi. Dengan merancang dan menerapkan strategi ini, dapat

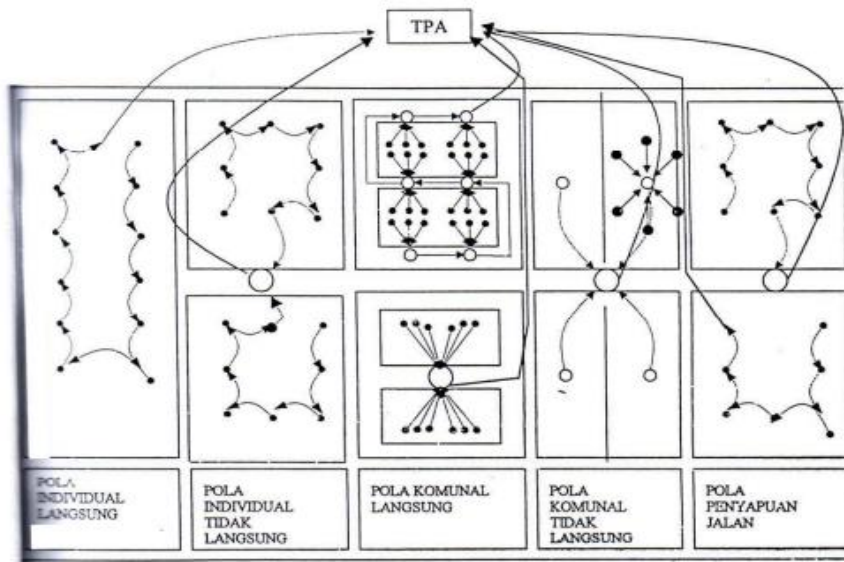
dihasilkan sistem yang lebih efisien, berkelanjutan, dan sesuai dengan prinsip-prinsip keberlanjutan lingkungan. Berhasilnya pengelolaan transportasi sampah dipengaruhi oleh sejumlah faktor yang melibatkan aspek teknis, sosial, ekonomi, dan kebijakan. Berikut adalah beberapa faktor kunci yang dapat mempengaruhi keberhasilan pengelolaan transportasi sampah.

Sehingga proses pengelolaan sampah itu memerlukan bentuk yang jelas dan terukur serta mendapatkan dukungan dari semua pihak yang terlibat sehingga konsep yang ditawarkan dalam pengelolaan sampah tersebut benar merupakan konsep yang matang. Berikut ini disampaikan dengan jelas dan terstruktur proses pengelolaan sampah sebagai berikut: 1) perencanaan yang efisien dengan merencanakan rute pengumpulan sampah dengan efisien dan optimal untuk mengurangi waktu perjalanan dan biaya operasional, menggunakan teknologi dan data terkini, seperti GIS dan algoritma optimasi rute, untuk perencanaan yang lebih canggih. 2) penggunaan teknologi dan sistem informasi, dalam hal ini diperlukan dukungan teknologi dalam memantau real-time untuk melacak lokasi armada dan status pengumpulan sampah serta memanfaatkan sensor dan IoT untuk memonitor kapasitas kendaraan dan mengoptimalkan operasional. 2) kerjasama berbagai pihak yang terlibat dengan membangun kerjasama yang kuat antara pemerintah daerah, operator pengelolaan sampah, penyedia layanan transportasi, dan Masyarakat dan mengkoordinasikan yang baik dapat meningkatkan efisiensi pengumpulan dan transportasi sampah. 3) meningkatkan partisipasi Masyarakat dalam setiap kegiatan persampahan menggunakan pola yang jelas seperti Masyarakat mendukung dan berpartisipasi aktif dalam pemisahan sampah di sumber, melakukan edukasi terhadap masyarakat mengenai tata cara pembuangan yang benar dan manfaat daur ulang. 3) meningkatkan regulasi dan kebijakan di bidang persampahan menggunakan penetapan aturan dan regulasi yang jelas untuk

mengatur pengumpulan, transportasi, dan pengelolaan sampah, kebijakan yang mendukung inovasi dan praktik berkelanjutan dalam pengelolaan transportasi sampah. 4) meningkatkan fleksibilitas terhadap perubahan melakukan kegiatan yang memudahkan bersikap fleksibel terhadap perubahan dalam pola konsumsi dan jenis sampah yang dihasilkan, mengadaptasi strategi pengelolaan transportasi sesuai dengan perkembangan dan perubahan kebutuhan masyarakat. 5) pendekatan berkelanjutan berdasarkan konsep yang jelas dengan menekankan pada prinsip-prinsip keberlanjutan, termasuk penggunaan moda transportasi ramah lingkungan dan praktik daur ulang, memastikan bahwa operasional transportasi sampah tidak merugikan lingkungan dan kesehatan masyarakat. 6) melaksanakan program pendidikan dan pelatihan karyawan dengan memberikan pelatihan kepada karyawan dalam penggunaan teknologi terkini dan praktik terbaik dalam pengelolaan transportasi sampah, memastikan karyawan memahami peran mereka dalam menjaga kualitas layanan dan keberlanjutan operasional. 7) setelah dilaksanakan dan dievaluasi kinerja dan perbaikan berkelanjutan dengan tujuan menetapkan indikator kinerja yang jelas dan rutin mengevaluasi efisiensi operasional, mengidentifikasi area perbaikan dan merancang strategi pengembangan berdasarkan hasil evaluasi. 8) pengelolaan krisis sampah dan kondisi darurat dengan mempersiapkan rencana tanggap darurat untuk mengatasi masalah seperti lonjakan sampah atau insiden transportasi, menyusun strategi pengelolaan krisis untuk meminimalkan dampak pada layanan transportasi sampah (Damanhuri E, Padmi T, 2010).

Keberhasilan pengelolaan transportasi sampah melibatkan kombinasi faktor teknis, kebijakan, dan keterlibatan masyarakat. Selanjutnya perlu juga diperhatikan aspek-aspek tentang proses sistem dapat dirancang dan dikelola dengan lebih efektif untuk mencapai tujuan keberlanjutan dan meminimalkan dampak

lingkungan sekitar sehingga keberlanjutan pengelolaan sampah dapat dipertanggungjawabkan serta dampak kesehatan masyarakat. Berikut ditampilkan alur proses pelayanan transportasi sampah dengan berbagai metode pada gambar 7 dibawah ini.



Keterangan :

- Sumber timbulan sampah pewadahan individual
- Pewadahan Komunal
- Lokasi Pemindahan
- Gerakan Alat Pengangkut
- Gerakan Alat Pengumpul
- Gerakan Penduduk ke Wadah Komunal

Gambar 5. 7 Konsepsi Ruang Masing-masing Pola Operasional Persampahan. Sumber SNI 19-2454-2002.

5.2 Kendala dan Solusi dalam Transportasi Sampah

Transportasi sampah seringkali menghadapi sejumlah kendala yang dapat mempengaruhi efisiensi dan efektivitas operasional. Efisiensi dalam pengelolaan transportasi sampah

dapat dilihat dari jam operasional sehingga bentuk yang sesuai perlu diperhatikan bahwa pengelolaan yang benar melewati beberapa aspek. Dalam pengelolaan efektivitas operasional dapat dilihat dari beberapa aspek yang terjadi baik dari awal maupun sampai akhir ke TPA (Anggun Tri Yunita dan Munawar Ali, 2015).

Berikut ini disampaikan beberapa aspek tersebut yaitu: 1) kepadatan lalu lintas, kepadatan lalu lintas di wilayah perkotaan dapat menghambat pergerakan armada pengumpulan sampah, menyebabkan keterlambatan dalam pengumpulan dan meningkatkan biaya operasional. 2) infrastruktur jalan yang tidak memadai, infrastruktur jalan yang buruk atau tidak memadai dapat menyulitkan pergerakan armada sampah, meningkatkan risiko kerusakan pada kendaraan, dan memperlambat waktu pengumpulan sampah. 3) jarak dan wilayah yang sulit dijangkau, beberapa daerah atau lokasi tertentu mungkin sulit dijangkau oleh armada pengumpulan sampah, seperti daerah pegunungan atau lokasi terpencil, yang dapat meningkatkan biaya dan waktu transportasi. 4) pola konsumsi penduduk dan jenis sampah yang berubah, perubahan dalam pola konsumsi masyarakat dan jenis sampah yang dihasilkan dapat mempengaruhi kebutuhan transportasi sampah, memerlukan penyesuaian dalam perencanaan rute dan kapasitas pengumpulan. 5) kondisi cuaca ekstrim, cuaca ekstrim seperti hujan deras atau salju dapat menyulitkan operasi transportasi sampah, meningkatkan risiko kecelakaan dan menghambat akses ke lokasi pengumpulan sampah. 6) masalah kesehatan dan keselamatan, pengumpulan dan transportasi sampah dapat melibatkan risiko kesehatan dan keselamatan bagi pekerja, terutama jika tidak dilakukan dengan benar. Hal ini dapat mencakup paparan bahan kimia berbahaya atau cedera fisik. 7) kesadaran dan partisipasi masyarakat yang rendah, kurangnya kesadaran dan partisipasi masyarakat dalam pemisahan sampah di sumber dapat menghasilkan campuran

sampah yang sulit diolah dan meningkatkan kompleksitas operasional transportasi sampah (Damanhuri E, Padmi T, 2010).

Disamping aspek diatas dilihat juga dari aspek eksternal yang mempengaruhi pengelolaan transportasi seperti 1) keterbatasan anggaran, keterbatasan anggaran dapat menjadi kendala serius dalam mengelola armada pengumpulan sampah, terutama dalam hal pemeliharaan armada, penggunaan teknologi, dan pelatihan karyawan. 2) ketidakseimbangan kapasitas armada, ketidakseimbangan antara kapasitas armada dan volume sampah yang dihasilkan dapat menyebabkan keterlambatan dalam pengumpulan dan transportasi serta meningkatkan biaya operasional. 3) ketidaksetaraan pembagian beban kendaraan, beban pengelolaan sampah yang tidak merata di seluruh wilayah dapat menyebabkan kesulitan dalam distribusi armada dan pengaturan rute yang efisien. 4) kendala hukum dan regulasi, adanya kendala hukum atau regulasi yang kompleks dan tidak jelas dapat menyulitkan pengelolaan transportasi sampah, terutama jika aturan tersebut tidak selaras antara tingkatan pemerintahan.

Dalam pengelolaan transportasi sampah masih dinilai kurangnya adopsi teknologi yang modern dalam manajemen transportasi sampah, seperti pemantauan real-time atau sistem informasi geografis, dapat menghambat efisiensi operasional. Mengatasi kendala-kendala ini memerlukan pendekatan holistik yang melibatkan pemerintah, operator pengelolaan sampah, masyarakat, dan pihak terkait lainnya. Dengan memahami dan mengatasi kendala-kendala ini, pengelolaan transportasi sampah dapat ditingkatkan untuk mencapai tujuan keberlanjutan dan efisiensi yang lebih baik. Mengatasi kendala dalam transportasi sampah memerlukan pendekatan terpadu yang melibatkan berbagai pemangku kepentingan. Berikut adalah beberapa solusi yang dapat diterapkan untuk mengatasi kendala transportasi sampah. Menggunakan teknologi seperti sistem informasi geografis (GIS) dan algoritma optimisasi rute untuk

merencanakan rute pengumpulan sampah yang efisien dan optimal. Memanfaatkan sensor dan Internet of Things (IoT) untuk memonitor kapasitas kendaraan dan mengoptimalkan jadwal operasional. Menerapkan kendaraan listrik atau menggunakan bahan bakar alternatif untuk mengurangi emisi gas rumah kaca dan meningkatkan keberlanjutan. Mengevaluasi opsi seperti penggunaan kendaraan berdaya rendah atau kendaraan otonom untuk meningkatkan efisiensi (Anggun Tri Yunita dan Munawar Ali, 2015).

5.3 Inovasi dalam Sistem Transportasi Sampah

Pengelolaan sampah saat ini dibutuhkan kreasi dan inovasi dalam transportasi sampah telah berkembang pesat untuk meningkatkan efisiensi, keberlanjutan, dan dampak positif pada lingkungan. Beberapa inovasi yang menonjol termasuk. Seperti penerapan kendaraan listrik atau berbasis bahan bakar alternatif untuk mengurangi emisi gas rumah kaca dan polusi udara selama proses pengumpulan sampah. Menggunakan kendaraan otonom yaitu eksplorasi teknologi kendaraan otonom untuk meningkatkan efisiensi rute dan mengurangi risiko kecelakaan. Kendaraan otonom dapat membantu dalam operasi pengumpulan sampah di area tertentu. Lebih lanjut dapat juga menggunakan sensor pintar dan teknologi IoT, yaitu memakai teknologi ini dalam operasional transportasi sampah dengan penggunaan sensor pintar dan Internet of Things (IoT) pada tempat sampah dan kendaraan pengumpulan untuk memantau dan mengelola proses secara real-time. Hal ini membantu dalam merencanakan rute dan memastikan penggunaan kapasitas kendaraan yang optimal (M Machfudz Sa'idi, 2015).

Pengelolaan transportasi sampah yang baik dan diperlukan juga peningkatan dalam segala bidang terutama memanfaatkan teknologi informasi sehingga efek cerdas dalam konsep ini sesuai. Sehingga mendukung terhadap kemajuan teknologi yang mengikuti perkembangan informasi saat ini seperti: 1) Sistem

Informasi Geografis (GIS) dengan pemanfaatan GIS untuk perencanaan rute yang lebih efisien dan optimal berdasarkan data spasial. Sistem ini membantu mengidentifikasi jalur terpendek dan lokasi optimal untuk stasiun pengumpulan sampah. 2) menggunakan daur ulang sampah elektronik, yaitu memakai inovasi dalam mengelola sampah elektronik, seperti telepon seluler dan perangkat elektronik lainnya, untuk memastikan bahwa material berharga dapat didaur ulang secara efektif dan mengurangi dampak lingkungan. 3) sistem manajemen logistik terintegrasi, yaitu dengan pola pendekatan pengembangan sistem manajemen logistik terintegrasi yang mencakup seluruh rantai pasok sampah dari pengumpulan hingga pemrosesan. Sistem ini memungkinkan pemantauan dan analisis data secara menyeluruh. 4) teknologi blockchain untuk pelacakan sampah, pemanfaatan teknologi blockchain untuk mencatat dan melacak setiap langkah dalam rantai pasok sampah. Hal ini meningkatkan transparansi, akuntabilitas, dan keaslian informasi terkait sampah. 5) drones untuk pemantauan, penggunaan drone untuk pemantauan dan inspeksi area sulit dijangkau atau untuk mendeteksi dan memantau keberadaan sampah di area tertentu. 6) pengolahan sampah cerdas, dengan meningkatkan inovasi dalam pengembangan fasilitas pengolahan sampah cerdas yang menggunakan teknologi modern, seperti sensor pintar dan robotika, untuk meningkatkan efisiensi dan meminimalkan limbah (Damanhuri E, Padmi T, 2010).

Disamping penggunaan dengan teknologi canggih dapat juga menggunakan aplikasi dalam telepon genggam. Konsep sekarang bahwa dunia dalam genggam merupakan hal yang umum terjadi ditahun teknologi generasi Z. penggunaan teknologi pengelolaan transportasi sampah juga dapat melalui: 1) aplikasi pemantauan dan layanan Masyarakat, pengembangan aplikasi seluler atau platform daring yang memungkinkan masyarakat untuk melaporkan lokasi sampah dan

menyampaikan umpan balik kepada pihak berwenang, memudahkan pemantauan dan penanganan. 2) stasiun pengumpulan sampah otomatis, implementasi stasiun pengumpulan sampah otomatis yang memungkinkan masyarakat untuk melakukan pengosongan sampah secara mandiri dan sistematis, dengan integrasi teknologi pengidentifikasi dan pembayaran otomatis (Ever N.S dkk, 2022).

Sesuai dengan konsep transportasi sampah yang sesuai dengan rencana dapat diperhitungkan juga dari hasil produksi sampah dengan penerapan energi terbarukan, seperti panel surya atau teknologi konversi energi dari sampah, untuk memberdayakan armada kendaraan dan fasilitas pengelolaan sampah. Yang memberikan inovasi-inovasi dan kontribusi signifikan terhadap pengelolaan transportasi sampah yang lebih efisien, berkelanjutan, dan adaptif terhadap perubahan kebutuhan masyarakat dan lingkungan.

5.4 Pengelolaan Sistem Transportasi Sampah Berkelanjutan

Model pengelolaan sistem transportasi sampah berkelanjutan yang mencakup serangkaian praktik dan strategi yang dirancang untuk mengurangi dampak lingkungan, meningkatkan efisiensi, dan mendukung pembangunan berkelanjutan. Sistem persampahan memang sangat riskan, baik itu di setiap kota maupun kabupaten, sehingga dapat ditinjau Kembali sejauh mana konsep yang jelas dilakukan sehingga dapat menemukan bentuk yang pasti dalam pengelolaan transportasi sampah berkelanjutan. Adapun bentuk transportasi sampah yang baik adalah 1) kendaraan ramah lingkungan, konsep ini menggunakan armada kendaraan yang beroperasi dengan energi terbarukan, seperti kendaraan listrik atau berbasis bahan bakar alternatif, untuk mengurangi emisi gas rumah kaca dan polusi udara. 2) optimasi rute dan pemetaan GIS, dengan menggunakan sistem informasi geografis (GIS) untuk merencanakan rute pengumpulan sampah yang efisien dan

optimal berdasarkan data spasial, algoritma optimasi rute dan teknologi pemetaan membantu dalam mengidentifikasi rute terpendek dan peta lokasi stasiun pengumpulan sampah. 3) inovasi dalam pengumpulan dan pemrosesan sampah dalam menerapkan teknologi inovatif dalam pengumpulan sampah, seperti kendaraan otonom, drone untuk pemantauan, dan stasiun pengumpulan otomatis, menggunakan sistem pengumpulan yang lebih cerdas untuk meningkatkan efisiensi dan kecepatan operasional. 4) sistem pembayaran otomatis yaitu dengan mengintegrasikan sistem pembayaran otomatis untuk memudahkan pembayaran dan memastikan layanan berjalan tanpa hambatan, menawarkan insentif atau diskon untuk masyarakat yang berpartisipasi aktif dalam pemisahan sampah dan daur ulang. 5) pemantauan kinerja dan perbaikan berkelanjutan, menetapkan indikator kinerja yang jelas untuk terus memantau dan mengevaluasi efisiensi operasional, melakukan evaluasi berkala untuk mengidentifikasi area perbaikan dan merancang strategi pengembangan berkelanjutan. Dengan merancang dan menerapkan model berkelanjutan seperti ini, sistem transportasi sampah dapat menjadi lebih efisien, ramah lingkungan, dan sesuai dengan prinsip-prinsip keberlanjutan (Ever N.S dkk, 2022).

Teknologi Pengolahan Sampah

6.1 Teknik dan Teknologi Pengolahan Sampah

Menurut Undang-Undang Nomor 18 Tahun 2008, pengolahan sampah adalah bagian dari pengelolaan sampah dan merupakan proses mengubah sifat, komposisi, dan jumlah sampah. Tujuan pengolahan sampah adalah untuk mengurangi jumlah sampah dan memanfaatkan nilai yang masih terkandung dalam sampah (bahan daur ulang, produk lain, energi). Proses berikut digunakan untuk mengubah sampah dalam teknik pengolahan:

1. Teknik transformasi fisik,

Transformasi fisik sampah dengan beberapa cara atau proses yaitu:

- a. Pemisahan bagian sampah: dapat dilakukan secara mekanis atau manual. Sampah heterogen menjadi lebih homogen setelah dibagi menjadi bagian-bagiannya. Untuk daur ulang, langkah ini dilakukan. Dengan cara yang sama, limbah bahan berbahaya dan beracun, seperti residu bahan kimia dari laboratorium, harus diangkut ke lokasi pembuangan khusus dan dipisahkan dari jenis limbah lainnya jika memungkinkan.

- b. Mengurangi volume limbah yang dihasilkan melalui kompresi dan tekanan Mengurangi ruang yang dibutuhkan serta memudahkan transportasi, penyimpanan, dan pembuangan adalah tujuan dari tindakan ini. Pengurangan volume juga membantu mengurangi biaya transportasi dan pembuangan. Kertas, karton, plastik, dan kaleng adalah contoh sampah yang memerlukan pengurangan volume.
 - c. Mengurangi volume sampah yang dihasilkan dari proses penghancuran Tujuannya mirip dengan pemadatan dan juga meningkatkan bidang kontak komponen sampah.
2. Teknik transformasi kimia,

Prinsip transformasi yang sama dengan proses pembakaran atau insinerasi digunakan untuk mengklasifikasikan perubahan kimia sebagai limbah. Pembakaran sampah adalah transformasi sampah menjadi gas, cair, dan produk padat dengan pelepasan energi panas. Sifat dan komposisi sampah sangat memengaruhi proses pembakaran. Yang pertama adalah nilai kalor sampah : nilai kalor yang diperlukan untuk pembakaran adalah 4500 kJ per kilogram sampah, dan yang kedua adalah kadar air sampah: semakin rendah kadar air, semakin mudah proses pembakaran.

Serta ketiga, Ukuran partikel : Sampah lebih mudah terbakar jika bidang kontak partikelnya lebih besar.

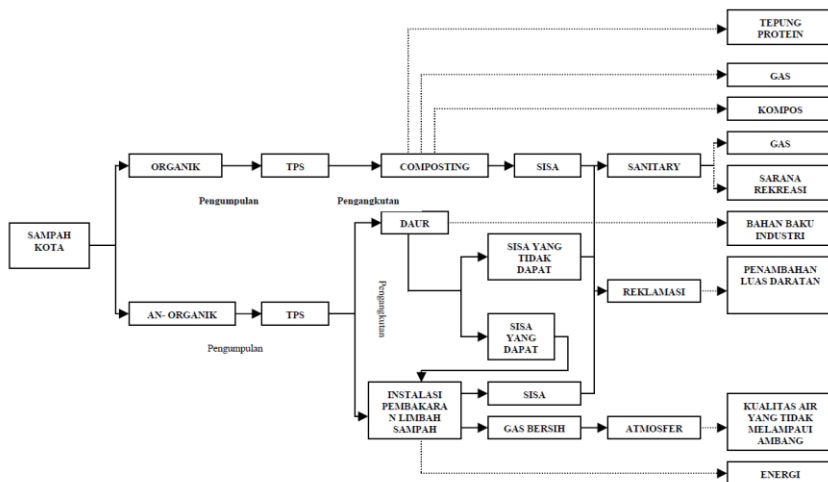
Jenis pembakaran dapat diklasifikasikan sebagai berikut:

- a. Pembakaran stoikiometri: pembakaran yang dilakukan dengan suplai udara dan oksigen untuk mencapai pembakaran sempurna.

- b. Pembakaran dengan udara berlebih: ini adalah ketika jumlah udara yang digunakan untuk membakar lebih dari yang diperlukan untuk pembakaran sempurna.
 - c. Gasifikasi, proses pembakaran parsial dalam kondisi sub stoikiometri Produknya adalah CO, H₂.
 - d. Pirolisis, proses pembakaran tanpa suplai udara.
3. Teknik transformasi biologis.

Sampah diubah menjadi "kompos" oleh mikroorganisme. Pengomposan aerobik (menghasilkan produk kompos) dan dekomposisi anaerobik (menghasilkan gas metana, CO₂, dan gas lainnya dalam bentuk humus atau lumpur). Sebelum digunakan sebagai bahan pembenah tanah, humus, lumpur, atau kompos harus distabilkan secara aerobik.

Gambar berikut menunjukkan bagaimana teknologi pengolahan sampah digunakan di kota-kota :



Gambar 6. 1 Strategi untuk Penggunaan Teknologi Pengolahan Sampah Di Kota-Kota (Bambang Sudarmanto, 2010)

Mengolah sampah di sumbernya mengurangi biaya pengiriman. Jika sampah dapat diproses menjadi pupuk organik dalam skala regional, pengangkutan sampah dari RT/RW, Kelurahan, dan Pasar ke TPA dapat menghemat biaya transportasi hingga 80%. Misalnya, sepuluh truk sampah dapat dicacah dan difermentasi untuk menghasilkan dua truk pupuk organik. Selain itu juga dapat menyelamatkan akhir TPA. Dengan mengurangi jumlah truk sampah yang tiba di TPA, otomatis Anda menghemat biaya TPA karena jumlah sampah yang sampai di TPA berkurang dan berbentuk pupuk organik.

Tiga jenis teknologi pengolahan sampah yang paling umum digunakan saat ini adalah teknologi pengomposan sampah, teknologi pembakaran sampah, dan teknologi daur ulang sampah.

6.1.1 Pengomposan Sampah

Pengomposan adalah teknologi pengolahan sampah yang menggunakan bahan organik biodegradable, yang berarti bahwa mikroorganisme dapat memecahnya. Kompos berfungsi sebagai pupuk organik selain memperbaiki struktur tanah dan meningkatkan kemampuan tanah untuk menyerap air dan menyimpan unsur hara. Proses pengomposan alami memerlukan waktu yang relatif lama, sekitar dua hingga tiga bulan, bahkan enam hingga dua belas bulan. Dengan bantuan mikroorganisme, pengomposan dapat dilakukan dengan lebih cepat (Saptoadi, 2003).

Kompos adalah bahan organik yang telah lapuk dan berubah bentuk. Penguraian sebagian atau tidak sempurna suatu campuran bahan organik disebut kompos. Populasi berbagai jenis mikroorganisme mempercepat penguraian dalam lingkungan aerobik atau anaerobik yang hangat dan lembab (Suryanti, 2009).

Metode pengolahan padat organik menjadi kompos dikenal sebagai komposan. Tingkat pemanfaatan bahan organik untuk sampah perkotaan di seluruh negeri sangat tinggi, mencapai 70–80%. Sayangnya, sebagian besar sampah kota tidak digunakan secara efektif sebagai kompos. Pengomposan pada dasarnya adalah proses penguraian dan stabilisasi bahan organik melalui reaksi biologis mikroorganisme dalam lingkungan yang terkendali. Teknik pengomposan sampah yang saat ini digunakan sangat beragam dari segi teknologi dan kapasitas produksi. Metode yang digunakan termasuk pengomposan dengan proses aerobik, pengomposan dengan proses semi-aerobik, dan pengomposan dengan reaktor ulir, serta pengomposan dengan bahan aditif.

Meskipun kompos memiliki nilai pasar yang sangat tinggi, tidak banyak orang yang mengetahui porsinya yang besar. Kompos yang dihasilkan dari pengomposan sampah dapat digunakan untuk memperkuat struktur kawasan kritis, menyuburkan kembali lahan pertanian dan kebun, melapisi sampah di tempat pembuangan sampah, memperbaiki pantai, menanam media tanam, dan mengurangi kebutuhan akan pupuk kimia.

6.1.2 Pembakaran Sampah

Pabrik insinerasi, juga dikenal sebagai insinerator, menggunakan teknologi pembakaran sampah dalam skala besar dan perkotaan. Teknologi ini memungkinkan pengurangan sampah sebesar 80% dari sampah yang masuk, dengan hanya sekitar 20% yang tersisa yang dikirim ke TPA. Residu insinerasi ini relatif stabil dan tidak terurai lebih lanjut, sehingga lebih mudah untuk menanganinya.

Teknologi pembakaran sampah sangat bergantung pada karakteristik fisik dan kimia sampah, serta ketersediaan dana dan pengelolaan pemerintah daerah.

Menurut pabrik yang beroperasi saat ini, karakteristik fisik dan kimia limbah yang cocok untuk pengolahan dengan teknologi ini adalah sebagai berikut: limbah campuran dengan nilai kalor 950–2100 kkal/kg, kadar air 35–55%, dan kadar abu 10–30 persen.

Abu sisa pembakaran dapat digunakan untuk berbagai tujuan, seperti sebagai tanah urug, sebagai pengganti penutup TPA setelah penambangan, sebagai bahan campuran untuk bahan bangunan seperti batako dan paving blok, atau sebagai kompos campuran. Teknik ini tidak disarankan karena gas yang dihasilkan dari pembakaran sampah terlepas ke udara dan dapat menimbulkan masalah lain, seperti risiko gangguan kesehatan akibat efek samping gas pembakaran. Beberapa penelitian telah menunjukkan bahwa gas pembakaran melepaskan gas yang berpotensi karsinogenik.

6.1.3 Daur Ulang Sampah

Dalam beberapa tahun terakhir, kegiatan daur ulang sampah yang dilakukan oleh sektor informal mulai dilakukan. Pemulung melakukan aktivitas pengumpulan sampah di hampir seluruh subsistem pengelolaan sampah. Sampah kertas, logam, dan kaca adalah contoh sampah dengan nilai daur ulang yang tinggi, menurut studi teknologi BPPT tahun 2004. Tabel berikut menunjukkan persentase sampah (dari jumlah semula) yang dikumpulkan oleh pemulung.

Tabel 6. 1 Persentase Sampah yang Diambil oleh Pemulung

No .	Komponen Sampah	Persentase (%)
1.	Kertas	71,20
2.	Plastik	67,05
3.	Logam	96,09
4.	Gelas	85,05

Sumber: (BPPT, 2004)

Salah satu penggunaan sampah kering yang menguntungkan secara ekonomi adalah sebagai berikut :

1. Limbah kertas: Jenis kertas bekas dan produk daur ulang yang dihasilkan selama proses pengolahan kertas ditunjukkan pada tabel di bawah ini.

Tabel 6. 2 Produk yang Didaur Ulang dari Sisa Sampah

No	Jenis Kertas Bekas	Sumber	Produk Recycling
1.	Kertas komputer dan kertas tulis	Perkantoran, percetakan dan sekolah	Kertas komputer, kertas tulis dan <i>art paper</i>
2.	Kantong kraft	Pabrik, pasar dan pertokoan	Kertas kraft dan <i>art paper</i>
3.	Karton dan box	Pabrik, pertokoan dan pasar	Karton dan <i>art paper</i>
4.	Koran, majalah dan buku	Perkantoran, pasar dan rumah tangga	Kertas koran dan <i>art paper</i>
5.	Kertas bekas campuran	Rumah tangga,	Kertas tissue, kertas tulis

		perkantoran, LPS/ TPA dan Pertokoan	kualitas rendah dan <i>art paper</i>
6.	Kertas pembungkus makanan	Pertokoan, rumah tangga dan perkantoran	Tidak dapat di daur ulang
7.	Kertas tissue	Rumah tangga, perkantoran, rumah makan dan pertokoan	Kertas tissue (tetapi sangat jarang yang dapat didaur ulang kembali

Sumber : Kajian Pengelolaan Kertas, Dep. PU, DTW, 2004

2. Sampah Plastik

Mayoritas sampah plastik dapat diubah menjadi produk baru. Penggunaan kembali: kemasan, pot bunga, wadah bumbu, peralatan rumah tangga seperti ember dan ember tali plastik.

3. Metal

Metal yang dibuat dari sampah kota dapat dikembalikan ke kehidupan. Diproses menjadi produk baru dan kaleng susu. Sebagai contoh, mainan anak-anak, bahan penolong, industri logam, tutup botol kecap, dan lain-lain.

4. Bahan lainnya

Kecuali dalam kasus tertentu, bahan lain, seperti kaca dan karet, memiliki proporsi sampah yang relatif kecil. Akibatnya, pengolahan skala kecil tidak menguntungkan. Teknologi pengolahan sampah setidaknya dapat

menyelesaikan masalah lahan TPA yang minim. Namun, ada beberapa hal yang harus diperhatikan saat menggunakan teknologi ini. Baik pengomposan maupun pembakaran sampah saat ini menggunakan teknik yang sangat canggih dengan sistem mekanis dan hidrolis yang beroperasi sebagian atau sepenuhnya otomatis. Dalam kebanyakan kasus, pabrik pengolahan ini memerlukan sumber daya operasional dan investasi yang besar, serta karyawan yang memiliki keterampilan khusus.

6.1.4 Pengendalian Sampah (Model regional yang menghitung 2-5 ton per hari)

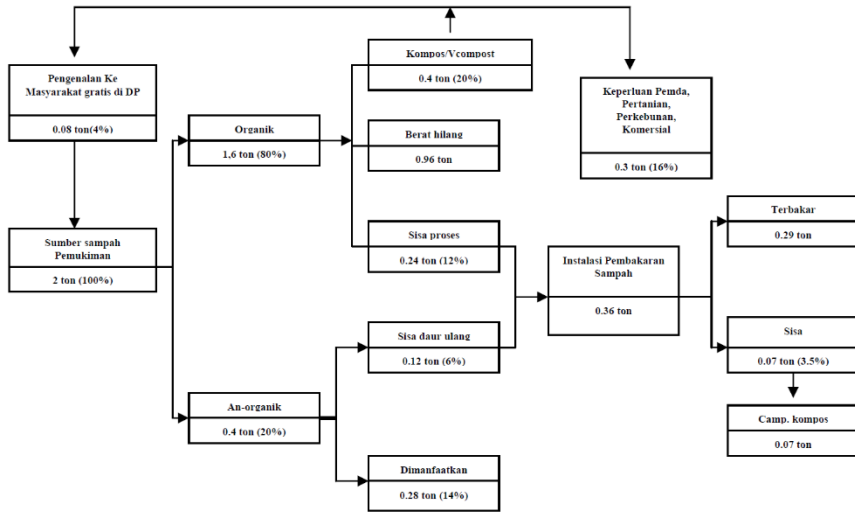
Sesuai dengan kebijakan dan strategi nasional untuk pengembangan sektor sampah yang menekankan pengolahan sampah semaksimal mungkin dan pengurangan volume sampah. Konsepnya adalah untuk membangun industri daur ulang sampah skala kecil dengan memberi masyarakat lokal kesempatan untuk berpartisipasi dalam proyek daur ulang.

Dalam industri daur ulang sampah, pemberdayaan masyarakat mengacu pada sistem layanan yang diberikan kepada masyarakat melalui penggunaan sistem pengolahan terpadu, yang melibatkan penggunaan berbagai jenis proses secara bersamaan untuk menghasilkan barang dan bahan yang dapat didaur ulang.

Dengan kapasitas pengolahan sampah 10 m³, perusahaan daur ulang sampah lokal kecil menghasilkan produk berikut:

1. Kompos/Vermikompos 0,4 ton per hari atau 12 ton per bulan;

2. Bahan daur ulang dari karton, plastik, dan logam
0,28 ton per hari atau 84 ton per bulan.
3. Cacing tanah sebagai reaktor limbah.



Gambar 6. 2 Diagram Sistem Pengelolaan Sampah Berskala 1000 KK (2 ton per hari) (Bambang Sudarmanto, 2010)

6.1.5 Teknologi untuk Pengelolaan Sampah

Sampah dari seluruh wilayah diangkut ke lokasi industri untuk dipisahkan menjadi sampah organik dan anorganik. Kompos, daur ulang kertas, plastik, dan logam adalah proses pengolahan. Pabrik insinerasi skala kecil membantu mengurangi sisa bahan yang tidak dapat didaur ulang. Untuk meningkatkan jumlah karbon dalam produk tertentu, abu sisa pembakaran diubah menjadi bahan bangunan atau campuran kompos. Di bawah ini adalah neraca material pengumpulan sampah terpadu tingkat regional yang dapat digunakan oleh industri pengumpulan sampah skala kecil untuk mengolah 2 ton (10 m³) sampah per hari.

Keuntungan dan hambatan untuk memasukkan industri skala kecil ke dalam model pengolahan limbah terpadu regional meliputi:

Keunggulan :

1. Mengatasi masalah lingkungan yang disebabkan oleh sampah kota.
2. Mengurangi tanggung jawab pemerintah daerah untuk mengolah sampah kota.
3. Mengolah sampah kota menjadi produk yang dapat dijual.
4. Mengurangi jumlah sampah yang dikirim ke TPA.
5. Membangun bisnis pengolahan limbah skala kecil.

Permasalahan:

1. Karena kompos sangat populer di masyarakat, kompos harus dipertimbangkan sebagai produk utama.
2. Terdapat rantai distribusi bahan daur ulang anorganik dari pemulung.

6.2 Inovasi Teknologi Pengolahan Sampah

Pemanfaatan sampah untuk menghasilkan energi (konversi sampah menjadi energi [WtE]) tersebar luas, termasuk untuk pembangkit listrik. Pembangkit sampah menjadi energi tersebut dinamakan PLTSA. Teknologi untuk menghasilkan energi listrik dari sampah sudah berkembang dengan baik. Pada dasarnya konversi sampah menjadi energi listrik terjadi baik melalui proses pembakaran langsung maupun tidak langsung (melalui proses konversi) (Gambar 6.4).

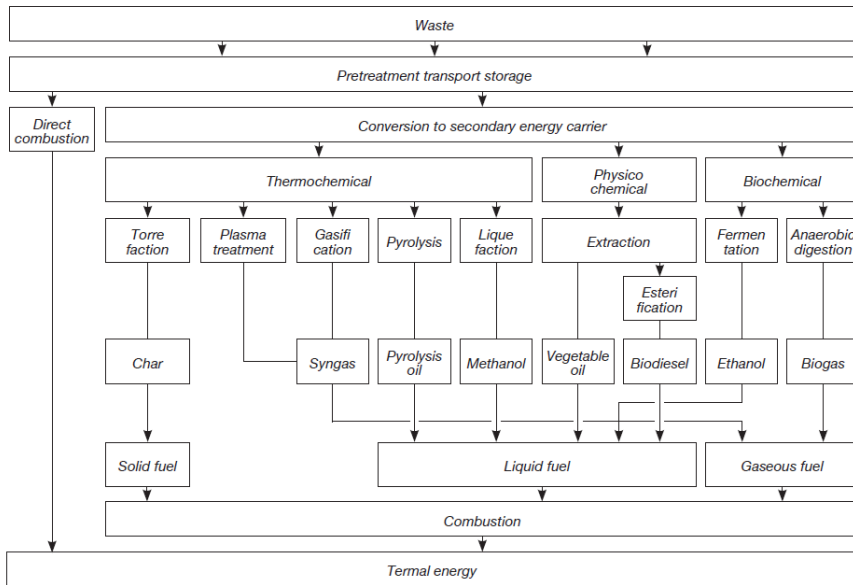
Kota Surabaya merencanakan untuk menggunakan sampah sebagai energi terbarukan melalui pembangkit listrik tenaga sampah menjadi energi (PLTSa). Salah satu yang inovatif adalah dengan mengurangi timbunan sampah. Sampah dapat semakin menumpuk dan menimbulkan berbagai permasalahan. Sebelum tempat pembuangan sampah diubah menjadi pembangkit listrik, kondisi sekitar TPA Benowo jauh lebih buruk dibandingkan saat ini. TPA dulunya memiliki banyak lalat dan bau polusi, terutama saat musim hujan, yang mengganggu aktivitas warga di sekitarnya. Selain itu, limbah dari timbunan sampah mencemari sumur warga. Dengan pengelolaan sampah yang lebih baik, terutama dengan menggunakannya sebagai pembangkit listrik untuk mengurangi jumlah sampah yang dihasilkan, masalah lingkungan juga semakin berkurang, meskipun belum hilang sepenuhnya. Seperti yang ditunjukkan pada gambar 6.3, Tempat Penyimpanan Akhir (TPA) Benowo Surabaya adalah satu-satunya TPA di Surabaya. Di sana terletak pembangkit listrik tenaga sampah (PLTSa). Dengan luas 37,4 hektar, pabrik sampah ini dapat dibangun untuk menghasilkan energi dengan menggunakan dua sistem teknis sekaligus: pengumpulan gas TPA dan gasifikasi. Sistem pengumpulan gas TPA telah beroperasi sejak tahun 2015 dan menghasilkan 2 megawatt, sedangkan sistem gasifikasi baru dimulai pada awal tahun 2020 dan memiliki kapasitas untuk mengolah 1.000 ton sampah per hari.



Gambar 6. 3 Pembangkit Listrik Tenaga Sampah di TPA Benowo Surabaya (*Dokumentasi DKRTH Surabaya*)

Energi dapat dihasilkan dari sampah melalui proses termokimia, kimia fisik, atau biokimia (Nizami et al., 2017; Ali, J. et al., 2020). Teknik yang menggunakan proses konversi termokimia melibatkan ekstraksi menggunakan proses konversi fisika-kimia, yang kemudian menghasilkan bahan bakar cair.

Teknik-teknik ini mencakup pemrosesan plasma, torrefaksi, gasifikasi, pirolisis (pemanasan), dan pencairan (peleburan). Saat ini, teknologi yang menggunakan proses biokimia, seperti fermentasi anaerobik dan pencernaan (AD atau biodigester), menghasilkan bahan bakar gas (Grafik 1). Selanjutnya, energi panas dari bahan bakar ini digunakan untuk menggerakkan turbin generator yang menghasilkan listrik (Bosman, A., & Helsen, L., 2010).



Gambar 6. 4 Teknologi dalam Waste to Energy

Sumber: Kaltschmitt & Reinhardt, 1997, dalam Bosmans & Helsen (2010)

Selain itu, gas metana yang digunakan di tempat pembuangan sampah (juga dikenal sebagai pemanfaatan landfill gas) dan biorefineries juga dapat digunakan untuk mengubah sampah menjadi energi (Ali, J. et al., 2020). Menurut tinjauan Willumsen (Themelis, N., & Ulloa P., 2005), dari 2.001 pembangkit listrik yang menggunakan limbah sebagai bahan baku, 955 menggunakan gas TPA. 325 pembangkit listrik di Amerika Serikat adalah yang paling banyak menggunakan gas TPA.

Teknologi biorefinery mengubah limbah menjadi bahan bakar limbah (RDF), energi, dan bahan kimia lainnya yang banyak digunakan dalam kehidupan (Kokossis, A. C., et al., 2015). Salah satu produk yang dibuat oleh teknologi ini adalah bahan bakar limbah (RDF). diambil dari limbah yang mudah terbakar dan diproses melalui proses penghancuran, pengayakan, dan klasifikasi udara (Hutabarat, I. N., et al., 2018). Teknologi

pengolahan limbah RDF tidak sekompleks teknologi insinerasi atau AD (Nizami et al.,2017).

Setiap teknologi mempunyai kelebihan dan kekurangan masing-masing. Tabel 6.3 menunjukkan kelebihan dan kekurangan teknik pembakaran, pirolisis, gasifikasi, RDF dan AD menurut (Nizami et al.,2017). Tabel 6.3 menunjukkan bahwa insinerasi dinilai sangat efektif dalam mengurangi volume sampah hingga 80%. Namun, proses pembakaran pada sebagian besar teknologi pembakaran menghasilkan emisi gas rumah kaca seperti karbon monoksida, sulfur dioksida, hidrogen klorida, hidrogen fluorida, nitrogen oksida, dan karbon organik, sehingga pabrik insinerasi yang terletak di dekat pemukiman perkotaan telah dikritik oleh banyak orang (Mubeen, I., & Buekens, A.,2019). dan radikal heavy metal (Ashworth, D. C., et al., 2014). PLTSa dengan insinerasi merupakan solusi cepat bagi kota-kota yang kehabisan lahan untuk menyimpan sampahnya, seperti Bangladesh (Hossain, H. M. Z., et al., 2014), dan Uni Emirat Arab Arab (Paleologos, E.K., et al., 2016). Ini adalah solusinya.

Meskipun teknologi pirolisis juga dapat mengurangi volume sampah hingga 90%, itu rumit, membutuhkan banyak sumber daya manusia, dan paling tidak efisien dalam menghasilkan energi listrik. Karena tidak mengeluarkan gas rumah kaca, teknologi gasifikasi adalah yang paling aman bagi lingkungan

Tabel 6. 3 Kekurangan dan Keuntungan dari Teknologi Insinerasi, Pirolisis, Gasifikasi, RDF, dan AD dalam Produksi Energi Listrik

Insinerasi	Pirolisis	Gasifikasi	RDF	AD
Sampah yang sesuai				
Semua jenis sampah	Sampah organik dan anorganik	Sampah organik dan anorganik	Semua sampah kecuali yang mengandung protein tinggi	Sampah organik
Kelebihan				
<ul style="list-style-type: none"> - Mengurangi volume sampah hingga 80%. - Mengurangi massa sampah hingga 70%. - Sebagian besar sampah padat kota diolah. - Pengaturan mudah dan perawatan cepat. 	<ul style="list-style-type: none"> - Energi hingga 80% didapat dari sampah. - Pembebasan lahan berkurang. - Produk energi tinggi. - Produk dalam bentuk gas dan cair mudah dipisahkan. - Volume sampah padat kota berkurang 50–90%. 	<ul style="list-style-type: none"> - Tidak emisi GRK. - Semua sampah terolah. - Teknologinya mudah dikembangkan. 	<ul style="list-style-type: none"> - Sampah stabil. - Ukuran sampah berkurang. - Nilai energi tinggi dari RDF. 	<ul style="list-style-type: none"> - Sampah padat berkurang - Menghasilkan biogas dengan energi tinggi - Pupuk organik yang dihasilkan kaya nutrisi - Teknologinya murah
Kekurangan				
<ul style="list-style-type: none"> - Polusi udara. - Melepaskan dioxin. - Modal besar. - Penolakan publik. - Menghasilkan limbah padat berbahaya (<i>slag</i>). 	<ul style="list-style-type: none"> - Produk tidak bersih. - Hasil produk cair rendah. - Menyisakan kokas (arang sisa). - Perlu pembersihan produk. - Korosi tabung. - Input energi tinggi. - Operasional dan biaya perawatan mahal. 	<ul style="list-style-type: none"> - Input energi tinggi. - Modal dan operasional besar. 	<ul style="list-style-type: none"> - Pelet RDF menyebabkan polusi udara ketika digunakan di pembangkit listrik. - Penanganan abu yang dihasilkan di pembangkit mahal. - Memerlukan tanah dengan syarat tertentu (mahal). 	<ul style="list-style-type: none"> - Kotor. - Tidak untuk pembangkit skala besar. - Stabilitas sistem rendah. - Membutuhkan ruang ekstra.
Biaya tahunan per ton sampah (dalam US\$)				
14,5–22	17–25	19,5–30	7,5–11,3	0,1–0,14
Biaya net operasional per ton sampah (dalam US\$)				
1,5–2,5	2–3	2,5–4	0,3–0,55	Minimal
Daya harian (MW per ton sampah)				
0,01–0,02	0,01–0,014	0,04–0,045	0,01–0,014	0,015–0,02
Kompleksitas teknologi				
Rendah	Tinggi	Sangat tinggi	Sedang	Rendah
Keterampilan tenaga kerja				
Rendah	Sedang	Sangat tinggi	Tinggi	Rendah
Lokasi				
Perkotaan	Kawasan industri perkotaan	Perkotaan	Perkotaan dan kawasan industri	Pedesaan
25%	17%	32%	18%	25–30%

Sumber: Nizami *et al.* (2017)

Sayangnya, teknologi ini membutuhkan dana yang signifikan. Meskipun teknologi RDF memiliki nilai energi yang tinggi, pembakaran pelet RDF mencemari udara. Abu yang dihasilkan dari pembakaran pelet RDF harus dibuang. Sebaliknya, teknologi AD adalah yang paling murah. Meskipun

demikian, teknologi ini belum dapat digunakan untuk pembangkit listrik skala besar. Di antara berbagai teknologi yang telah dikembangkan untuk mengubah sampah menjadi energi, pembakaran paling disukai untuk menghasilkan listrik (Nizami et al.,2017). Namun, metode tambahan diperlukan untuk mengendalikan pencemaran yang terjadi, seperti abu dasar dan abu udara.

6.3 Evaluasi Efektivitas Teknologi Pengolahan Sampah

Program Zero Waste City bertujuan untuk mengurangi jumlah sampah kota yang dihasilkan di tingkat lokal sekaligus mengurangi jumlah sampah seminimal mungkin. Program ini menggunakan pendekatan terpadu dan penerapan sistem dan teknologi pengolahan sampah kota setempat. Pembuatan sampah menjadi industri daur ulang skala kecil yang dikendalikan oleh pemerintah kota atau pemerintah area lokal. Budiani mengatakan, untuk mengetahui efektivitas program Zero Waste City, terdapat empat variabel efektivitas yang sering digunakan, antara lain ketepatan sasaran program, jangkauan program, sasaran program, dan pemantauan program (Budiani, N. W. , 2007).

1. Ketepatan tujuan program, sejauh mana peserta program mencapai tujuan tersebut. Saat melakukan analisis keakuratan tujuan program, ada dua indikator yang ditujukan kepada pejabat pemerintah dan masyarakat. Dua topik utama yang dibahas oleh pejabat pemerintah dan masyarakat saat melakukan analisis tersebut adalah Pemerintah kota telah melakukan banyak hal untuk mengurangi sampah dan mengurangi penumpukan sampah sejak Program Kota Tanpa Sampah dimulai. Mereka juga telah melakukan banyak hal di lapangan untuk mengurangi penumpukan sampah melalui pengawasan, penilaian, dan

evaluasi. Selain itu, masyarakat perkotaan telah menunjukkan tanggapan positif terhadap program ini untuk mengatasi penumpukan sampah.

2. Sosialisasi program: Penyelenggara program dapat menyebarkan informasi tentang pelaksanaan program kepada masyarakat umum dan peserta yang ditargetkan. Program Zero Waste City disosialisasikan kepada seluruh warga kota oleh DKRTH, yang juga didukung oleh Badan Lingkungan Hidup, yang melakukan sosialisasi tentang dampak pencemaran sampah. Pemerintah kota juga menggunakan media sosial, seperti yang ditunjukkan oleh postingan Instagram DKRTH dan Kementerian Lingkungan Hidup yang mengkampanyekan lingkungan hidup sehat dan pencegahan sampah plastik. Artikel juga dapat ditemukan di situs web resmi DKRTH dan Kementerian Lingkungan Hidup. Kami menggunakannya untuk menyebarkan informasi lingkungan dan layanan. Untuk memudahkan masyarakat untuk mengetahui kegiatan otoritas terkait, yaitu DKRTH dan Badan Lingkungan Hidup, sebuah artikel dan situs web resmi akan dibuat di kemudian hari.
3. Tujuan program, yaitu sejauh mana hasil dari program memenuhi tujuan yang telah ditetapkan sebelumnya; evaluasi seberapa efektif Program Zero Waste City dalam mencapai tujuan pengurangan jumlah sampah, termasuk:
 - a. Tingkat komunikasi mengenai masalah sampah antara masyarakat dan otoritas; perubahan sikap dan perilaku Hal ini ditunjukkan oleh inisiatif yang dimulai oleh pemerintah dan komunitas lokal untuk mengurangi

- jumlah sampah di Kota. Salah satu inisiatif ini adalah mengumpulkan botol plastik untuk didaur ulang.
- b. Menurunkan volume sampah, terutama sampah plastik. Dengan bantuan dari DKRTH dan Dinas Lingkungan Hidup, upaya untuk mengurangi jumlah sampah, terutama sampah plastik, telah berhasil. Beberapa desa telah menerapkan program Go-Green dan memungkinkan penggunaan botol plastik.
 - c. Meningkatkan kesejahteraan dan kualitas hidup masyarakat lokal.
 - d. Untuk mencapai tujuan program, masyarakat harus dididik tentang program Zero Waste Cities, mengetahui tentang efek pencemaran sampah, dan menjadi sadar lingkungan dan kesehatan lingkungan. Dengan cara ini, penduduk kota akan memiliki kesejahteraan, kualitas hidup, dan kesejahteraan yang lebih baik.
4. Monitor program. Merupakan kegiatan yang dilakukan setelah program berakhir untuk memberikan perhatian kepada peserta program. Pengawasan mencakup pemeriksaan dan perbandingan hasil yang dicapai sesuai dengan standar. Dia menyatakan bahwa rencana massal tersebut telah berjalan dengan baik berkat pengawasan yang dilakukan oleh dinas yang dipercayakan DKRTH. Namun, masih ada masalah kekurangan truk untuk pengangkutan sampah. Selain itu, masyarakat perkotaan itu sendiri menghadapi masalah karena pencemaran sampah.

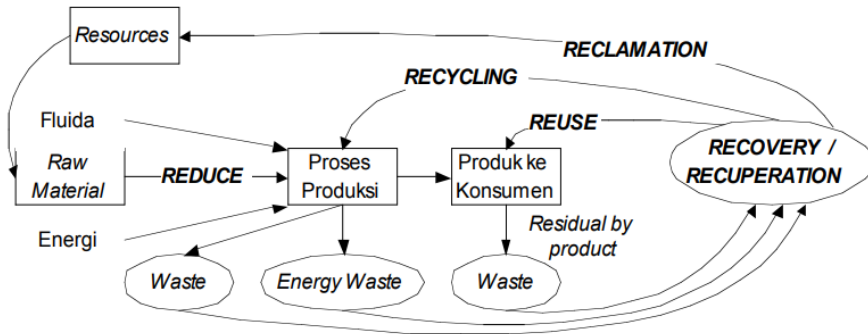
Daur Ulang dan Komposting

7.1 Proses dan Manfaat Daup Ulang dan Komposting

Daur Ulang merupakan proses untuk mengkonversi dan mengubah sampah dan material buangan menjadi sesuatu yang baru yang memiliki nilai dan fungsi. Sehingga, merupakan alternatif kegiatan yang bernilai positif menjaga alam dan lingkungan dari penggunaan-penggunaan material yang berlebihan. Daup ulang mampu mengurangi emisi gas rumah kaca (*global warming*) terkait dengan sisa plastik, kaca, dan sebagainya. Daup ulang dapat mengurangi jumlah sampah yang terdapat di TPA karena sisa sampah tersebut dapat digunakan sebagai jenis energi baru, material baru (hasil daup ulang), dan manfaat-manfaat lain. Keuntungan lain dari daup ulang yaitu mampu mengurangi polusi udara pembakaran sampah sembarangan, polusi air dari bekas sampah rumah tangga. Maka, daup ulang dan komposting memiliki peran penting di masa modern untuk menjaga kelestarian lingkungan dan alam (Osama A L, 2021).

Dengan pemanfaatan dan daup ulang material plastik, yang prosesnya menggunakan Hidrokarbon dan bahan bakar minyak. Mengindikasikan bahwa 1 ton bahan mentah terselamatkan, senilai dengan 16,8 barel (2,67 m³) minyak fosil. Demikian pula, daup ulang kayu dan kertas dapat menyelamatkan hutan. Kertas

daur ulang seberat 1 ton dapat menyelamatkan 7.650 galon (34,78 m³) air, 18 pohon, dan 472 galon (2,15 m³) minyak (Adisa & Muktar M, 2011).



Gambar 7. 1 Konsep Dasar Daur Ulang (Damanhuri, 2010)

7.1.1 Daur Ulang

Proses Daur Ulang:

1. Pemilahan dan pengelompokan: membagi sampah sesuai jenis sampah (organik atau non-organik). Dapat dilakukan secara manual maupun menggunakan bantuan mesin
2. Pengolahan awal dan pemurnian: sampah yang telah terbagi sesuai jenis dilakukan pemecahan, penghancuran, ataupun peleburan menjadi serpihan yang kecil atau merubah jenis zat (padat ke cair, dan lain-lain). Baik melalui proses kimia, biologi, fisika maupun termal.
3. Pengolahan akhir dan pencampuran: mendapatkan bahan yang lebih bermanfaat, seperti sampah sejenis yang dicampur dengan sampah jenis lainnya (berbagai jenis limbah plastik yang bervariasi)
4. Penyelesaian dan perlakuan: mengolah bahan-bahan sisa tadi menjadi bahan/material baru yang kualitas dan hasilnya sama dengan produk belum daur ulang.

7.1.2 Komposting

Komposting merupakan proses dekomposisi akibat mikroorganisme pada jenis bahan organik (kayu, daun, sisa makanan, dan sebagainya), yang juga dikenal dengan sebutan biomas. Kegunaan kompos berupa mulsa (serpihan-serpihan kecil organik menutup permukaan lahan sehingga menjaga kelembaban tanah dan melindungi dari pertumbuhan gulma). Dapat menjadi humus (tanah yang subur) jika telah terurai sempurna di tanah (Rohendi, 2005).



Gambar 7.2 Kompos dari Dedaunan dan Jerami (Isroi, 2008)

Pengomposan dikelompokkan menjadi 3 karakteristik utama:

1. Oksigen

- Aerobik = menggunakan oksigen (udara)
- Anaerobik = tidak memerlukan penggunaan oksigen

2. Suhu

- Mesofolik = suhu normal tanpa adanya bantuan dari pembakaran atau lainnya, proses yang digunakan biasanya anaerob

- Termofilik = suhu di atas 40°C, proses nya berlangsung pada kondisi aerob

3. Teknologi

- Alamiah (Tradisional) = metode *windrow* (pemasangan terowongan bambu pada tumpukan untuk mengalirkan udara (oksigen) di dalam tumpukan



Gambar 7.3 Alamiah Metode *Windrow* (Isroi, 2008)

- *High Rate* Komposting = dengan menggunakan bantuan untuk memaksimalkan kinerja composting baik dari rekayasa lingkungan mikroorganisme, rekayasa pengaturan pH, kandungan Karbon dan Nitrogen, suhu, kelembaban, dan lain-lain.

Pengomposan dengan metode aerobik lebih sering digunakan karena beberapa faktor yang sangat berpengaruh seperti suhu yang lebih. Lebih lengkapnya dapat dilihat pada Tabel 7.1 berikut:

Tabel 7. 1 Perbandingan Metode Aerobik dan Anaerobik

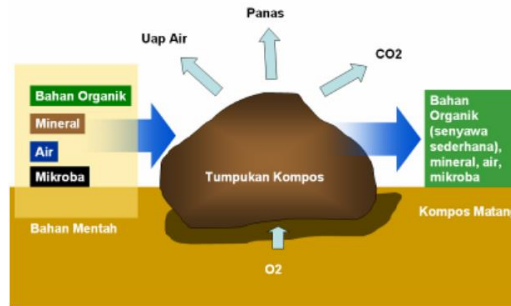
Karakteristik	Aerobik	Anaerobik
Reaksi pembentukan	Eksotermis, membutuhkan panas,	Endotermis, menghasilkan biogas sumber energi
Produk akhir	Humus, CO ₂ , H ₂ O	Lumpur, CO ₂ , CH ₄
Pengurangan volume	30-50% reduksi volume	>50% reduksi volume
Durasi	20-30 hari	20-40 hari
Tujuan utama dan sampingan	Mereduksi volume dan memproduksi kompos	Memproduksi energi dan menjaga stabilitas buangan
Indra	Tidak menghasilkan bau	Ada bau

Sumber: (Damanhuri, 2010)

- Proses Komposting

Setelah bahan mentah dicampur, proses pengomposan akan segera berlangsung. Proses ini umumnya dibagi menjadi dua fase, yaitu fase aktif dan fase pematangan. Di awal, mikroba mesofilik akan langsung memanfaatkan oksigen dan senyawa yang mudah terurai, yang mengakibatkan peningkatan suhu tumpukan kompos dan pH kompos dengan cepat. Suhu bisa mencapai antara 50 hingga 70 derajat Celcius dan akan tetap tinggi untuk beberapa waktu, di mana mikroba termofilik yang menjadi aktif pada suhu tinggi, mendekomposisi bahan organik menjadi CO₂, uap air, dan panas. Setelah sebagian besar bahan telah terurai, suhu akan mulai turun. Pada titik ini, terjadi pematangan lanjutan kompos, yang melibatkan pembentukan kompleks humus (sejenis tanah yang

subur). Selama proses pengomposan, volume dan biomassa bahan akan menyusut, dengan penurunan bisa mencapai 30-50% dari volume atau berat semula (Rynk, 1992).



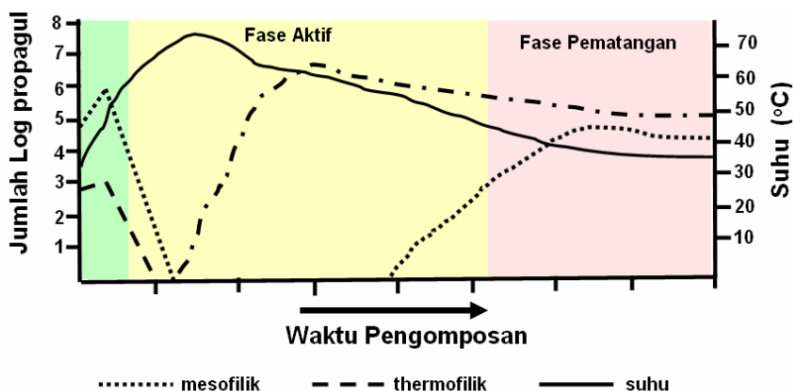
Gambar 7.4 Proses Umum Pengomposan (Rynk, 1992)

Jumlah mikroba yang aktif dalam proses pengomposan melalui literatur lainnya dapat dilihat pada Tabel 7.2 berikut

Tabel 7. 2 Jumlah Mikroba Aktif pada Proses Pengomposan

Kelompok Organisme	Organisme	Jumlah/gr kompos
Mikrofauna	Protozoa	$10^4 - 10^5$
Mikrolora	Bakteri, Kapang, Actinomycetes, Pseudomonas	$10^8 - 10^9$, $10^4 - 10^6$, $10^6 - 10^8$, $10^3 - 10^6$
Makrofauna	Cacing tanah, semut, kutu, rayap, lalat, dll	
Makroflora	Basidiomycota	

Sumber: (Vicki Bess, 1999)



Gambar 7.5 Profil Suhu dan Populasi Mikroba Saat *Composting* Berlangsung (Isroi, 2008)

Terdapat faktor penting lain yang dapat memengaruhi proses pengomposan yang akan membuat mikroba mati, atau pindah ke tempat lain. Sehingga perlunya mencari kondisi optimum saat akan melakukan composting agar keberhasilan pengomposan dapat tercapai. Faktor tersebut berupa:

1. Perbandingan antara Karbon/Nitrogen
2. Dimensi partikel-partikel bahan organik
3. Tingkat kecukupan oksigen (aerasi)
4. Tingkat ruang kosong antar partikel-partikel (porositas)
5. Tingkat kelembaban
6. Suhu
7. Kadar pH
8. Kadar hara (nutrisi), hanya cenderung pada kompos peternakan
9. Kandungan zat-zat berbahaya yang akan mengganggu mikroba-mikroba (Logam berat seperti *Zn*, *Mg*, *Nickel*, *Cu*, dll)

Berikut kondisi optimal untuk mempercepat pengomposan saat berlangsung:

Tabel 7. 3 Kondisi Optimal untuk Mempercepat Pengomposan saat berlangsung

Kondisi	Dapat diterima	Ideal
Perbandingan K/N	20:1 – 40:1	25:1 – 35:1
Tingkat kelembaban	40% - 65%	45% - 62%
Konsentrasi oksigen	> 5%	> 10%
Dimensi partikel	1 inch (2,54 cm)	Bervariasi
Berat jenis	0,593 kg/m ³	0,593 kg/m ³
Kadar pH	5,5 – 9,0	6,5 – 8,0
Temperatur	43°C - 66°C	54°C - 60°C

Sumber: (Rynk, 1992)

7.2 Meningkatkan Efektivitas Daur Ulang dan Komposting

Dengan meningkatkan efektivitas dari daur ulang dan komposting akan mampu membantu mengurangi jumlah sampah di TPA, meminimalisir dampak lingkungan, turut serta membantu pembangunan berkelanjutan. Berikut beberapa cara efektif nya:

1. Peningkatan kesadaran masyarakat dan ilmu terkait bidang daur ulang dan komposting, kampanye Pendidikan terkait cara memilah sampah yang benar, pelatihan berkelanjutan untuk masyarakat dan pihak pengelola.
2. Menyediakan fasilitas infrastruktur dan teknologi yang mudah untuk diakses, dan kontainer sampah yang jelas sesuai jenis sampah.
3. Komposisi dari bahan tambahan yang proporsional seperti bahan organik yang berserat sebagai peningkatan kandungan karbon dan nitrogen, dan mengatur proporsi bahan organik

hijau dan coklat agar kinerja mikroorganisme menjadi optimal.

4. Mendorong pengembangan dan penggunaan produk daur ulang atau ramah lingkungan, dan peraturan terkait yang mampu mendukung pasar untuk produk daur ulang dan ramah lingkungan.
5. Kerjasama pemerintahan dan swasta dalam upaya meningkatkan infrastruktur dan inisiatif daur ulang.
6. Penelitian dan inovasi baru terkait teknologi daur ulang dan komposting, dengan menggunakan infrastruktur terbaharukan.
7. Pengelolaan sampah berbasis elektronik, mengembangkan sistem elektronik yang efektif dan mampu mengontrol perilaku individu atau kelompok.
8. Pengomposan dapat dipercepat dengan menggunakan activator pengomposan (memanfaatkan organisme-organisme lain) seperti cacing tanah (pengomposan vermikompos) atau aktivator-aktivator lain seperti OrgaDec, Stardec, Starbio, EM-4, Promi, MARROS Bio-Activa, dll (Isroi, 2008)



Gambar 7.6 Aktivator OrgaDec (Website RPN)

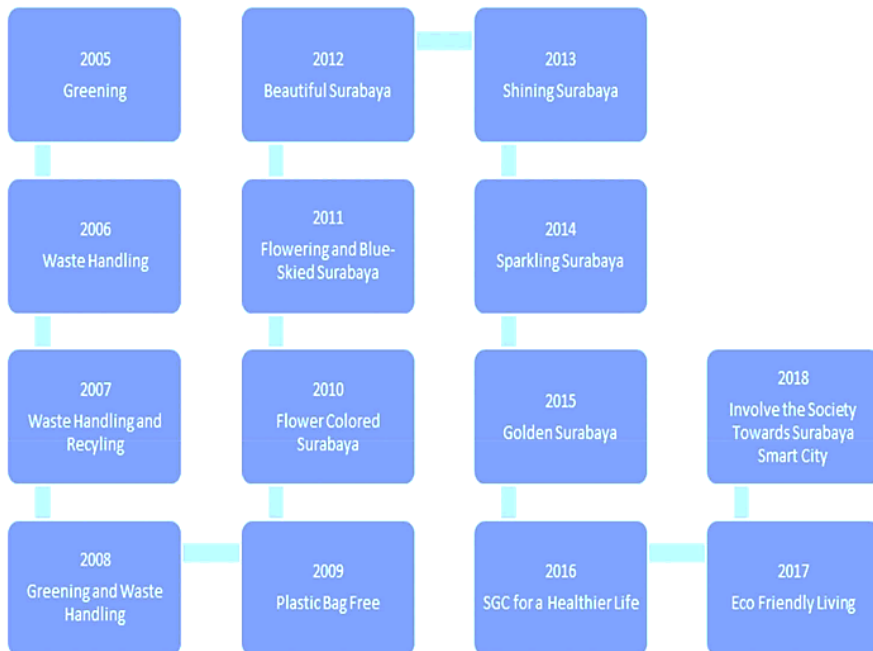
9. Monitoring dan evaluasi dari Tingkat keberhasilan program daur ulang dan komposting, serta melakukan perbaikan dan penyesuaian pada program berdasarkan data yang telah diterima.

7.3 Aplikasi Program Daur Ulang dan Komposting

1. Surabaya – Green and Clean Program

Sejak diperkenalkan oleh Walikota Tri Rismaharini. Program *Surabaya Green and Clean* (SGC) bertujuan untuk membentuk lingkungan yang sehat dan bersih dengan melibatkan seluruh masyarakat Surabaya tanpa terkecuali. Dari tahun 2005 – 2008, program ini mampu mengurangi jumlah sampah sebesar 23% yaitu dari 1.500 ton menjadi 1.150 ton perhari. Sampai dengan tahun 2018, sebanyak 3000 asosiasi masyarakat di seluruh kampung Surabaya telah mengimplementasikan program SGC ini (Pratono et al, 2017). Seluruh masyarakat diekspektasikan untuk hanya tidak membuat kampung-kampung yang merupakan kawasan permukiman terbesar menjadi bersih, namun juga membuatnya menjadi kawasan turis berbasis pembangunan lingkungan yang berkelanjutan (Selman, 2004).

Program-program SGC berupa dari pendirian bank sampah di kampung-kampung dan kelurahan yang masyarakat dapat menukar sampah yang mereka pilah dengan uang atau barang benda, program penyuluhan dan edukasi kepada masyarakat tentang pentingnya kesadaran akan lingkungan dengan menggunakan bahan daur ulang dan pengomposan, waste to energy yaitu program yang memanfaatkan limbah organik untuk menghasilkan energi terbarukan untuk kota dan membantu mengurangi limbah, dan konsep antisipasi pemerintah terhadap pengurangan pemanasan global (Tahir et al, 2011; Rahmawati et al, 2018; Wikantiyoso dan Tutuko, 2013).



Gambar 7.7 *Surabaya Green and Clean* dari 2005-2018 (Wibowo et al, 2019)

2. Jepang – Negara Terbersih di Asia

Berdasarkan data Ministry of Environment Jepang, dalam 50 tahun terakhir total sampah yang dihasilkan meningkat. Tahun 1970, Jepang menghasilkan sekitar 28 juta ton sampah, tapi di tahun 2020, meningkat sebesar 41 juta ton (Hiratsuka et al, 2020). Walaupun jumlah total sampah meningkat signifikan, namun Jumlah sampah per kapita berkurang dalam 20 tahun terakhir. Pada tahun 2000, Jumlah sampah per kapita adalah 1,22 kg/hari, namun di tahun 2019 berkurang ke angka 0,94 kg/hari (Saitoh et al, 2022).

Sudah tidak dipungkiri bahwa negara Jepang ketat dalam memilah sampah ke dalam berbagai kategori sampah. Jepang telah mengenalkan 3R (reduce, reuse, and recycle) dan Program Tanggung Jawab Produsen yang Diperluas (extended producer responsibility - EPR) sejak akhir tahun

1980-an. EPR adalah prinsip kebijakan perlindungan lingkungan ke produsen sebagai bentuk tanggung jawabnya agar mengurangi dampak lingkungan yang berasal dari siklus hidup. Hukum ini memberi dampak signifikan terhadap tingkat daur ulang, dimana manufaktur/produsen mulai mendesain pengemasan yang lebih simpel dan berinvestasi dalam infrastruktur untuk daur ulang. Japan juga mengimplementasikan sistem pay-as-you-throw, dimana rumah tangga akan dikenakan biaya sesuai dengan jumlah sampah yang dihasilkan (Weng et al, 2012).

Pada tahun 2000-an, Jepang mengubah fokusnya untuk mengembangkan dan mempromosikan penggunaan energi terbarukan. Tahun 2001, pemerintahan memperkenalkan hukum dasar dari Promotion of the Recycling-Oriented Society, yang menargetkan pengurangan sampah dan meningkatkan daur ulang. Hukum ini mengharuskan manufaktur (produsen), pengecer, penjual, dan importir untuk mendaur ulang. Pemegang kebijakan akan mengawasi bahan yang tersebar (Hara & Yabar, 2012).

Beberapa tahun terakhir, Jepang melanjutkan inovasi-inovasi lainnya terkait manajemen sampah, lebih khususnya sampah plastik. Tahun 2018, Jepang meluncurkan program 'Plastic Smart' untuk mengurangi penggunaan plastik sekali pakai dan mempromosikan penggunaan plastik daur ulang. Jepang juga mengembangkan teknologi canggih, seperti daur ulang berbasis kimia untuk sampah plastik (Kuan et al, 2022)

Edukasi dan Partisipasi Masyarakat

8.1. Pendahuluan

Salah Satu masalah di Indonesia yang tidak kunjung selesai adalah masalah sampah. Meningkatnya jumlah penduduk menyebabkan jumlah timbulan sampah yang juga semakin tinggi. Sampah yang dihasilkan bersumber dari berbagai kegiatan. Sumber sampah tersebut antara lain sampah rumah tangga, sampah yang berasal dari kegiatan pasar, industri hingga sampah yang mengandung bahan berbahaya misalnya sampah dari rumah sakit.

Adanya penambahan jumlah penduduk juga mengakibatkan sebuah kota berkembang dengan pesat. Perkembangan yang terjadi dapat berdampak pada masalah lingkungan. Setiap orang menghasilkan sampah dan jika hal ini tidak ditangani dengan serius maka berpengaruh terhadap lingkungan dan membawa dampak terhadap kesehatan, serta menimbulkan bau. Pada akhirnya masalah sampah yang ada akan menurunkan kualitas kesehatan masyarakat bahkan lingkungan.

Ketidakpedulian masyarakat terhadap masalah sampah tergambar pada perilaku yang tidak ramah lingkungan, seperti membuang sampah sembarangan. Bahkan di bantaran sungai

menjadi tempat pembuangan sampah yang akhirnya air sungai pun menjadi tercemar. Kondisi ini sering terjadi di daerah yang padat penduduk seperti perkotaan. Sehingga dibutuhkan pemahaman dan partisipasi masyarakat untuk menjaga lingkungan dan selalu hidup sehat.

8.2 Pentingnya Edukasi dan Partisipasi Masyarakat

Modal utama dalam upaya pencapaian sasaran pada program pengelolaan sampah terutama sampah perkotaan adalah pemberian edukasi dan keikutsertaan masyarakat didalamnya. Edukasi atau memberikan pemahaman agar masyarakat tidak membuang sampah disembarang tempat sangatlah penting. Selain itu, masyarakat juga harus mengerti bagaimana mengelola sampah dengan cara daur ulang, memanfaatkan kembali dan mengurangi limbah sampah. Kurangnya kesadaran di masyarakat menyebabkan sampah tidak dikelola dengan baik. Jika sampah dapat dikelola dengan baik dan benar maka sampah ini pun dapat dijadikan sebagai mata pencaharian sampingan. Sampah yang sudah dibuang dapat dikelola dan dimanfaatkan dengan cara didaur ulang.

Pemberian edukasi dapat dengan memberikan informasi ataupun dengan mengadakan pelatihan cara pengolahan sampah. Masyarakat diajarkan bagaimana mengolah sampah (waste management) mulai dari mengumpulkan, mengangkut, pemrosesan, daur ulang atau pembuangan dari material sampah. Sampah yang dikelola dapat mengurangi dampaknya terhadap kesehatan, lingkungan, atau estetika. Memberikan pemahaman bagi masyarakat sangatlah penting dan program ini seharusnya tetap berjalan. Dampak yang dapat dirasakan ketika program ini dilakukan secara terus menerus adalah memastikan semakin baiknya derajat kesehatan manusia dan lingkungan sekitarnya.

Jika pemahaman atau edukasi yang diberikan dapat dimengerti dan dijalankan oleh masyarakat maka pencemaran lingkungan dapat diminimalisir. Selain itu dapat memberikan

manfaat ekonomi dengan cara mengolah sampah menjadi barang yang bernilai ekonomis. Sehingga pemberian edukasi inilah yang harus tingkatkan dan selalu diberikan kepada masyarakat agar cara berpikir dan pola hidup menjadi berubah kearah yang lebih baik.

Edukasi yang diberikan bukan hanya memberikan pengertian saja namun juga terkait dampak dan cara pengelolaan sampah yang baik dan benar. Pemahaman tentang pengelolaan sampah tidak hanya diberikan di kalangan masyarakat umum saja namun juga dapat diberikan diterapkan di sekolah- sekolah, kantor ataupun fasilitas umum.

Setelah pemberian edukasi, hal yang tak kalah penting adalah partisipasi masyarakat. Tanpa adanya partisipasi aktif dari masyarakat maka program atau kegiatan pengolahan sampah tidak akan berjalan dengan baik. Partisipasi masyarakat juga mampu mengimbangi keterbatasan biaya dan kemampuan pemerintah dalam mencapai pelaksanaan program tersebut. Menurut Awing (2012), partisipasi dapat dilihat dari tiga sudut pandang, yaitu: (1) cara pandang dimana partisipasi itu merupakan kegiatan pembagian massal dari hasil pembangunan; (2) cara pandang dimana masyarakat secara massal telah menyumbang jerih payah dalam pembangunan; (3) dan bahwa partisipasi harus terkait dengan proses pengambilan keputusan didalam pembangunan dengan harapan pengelolaan sampah tetap banyak masyarakat yang ikut dalam kerja bakti agar di sekitar lingkungan tetap terjaga dan menjadi lingkungan yang bersih.

Adanya partisipasi masyarakat maka diharapkan masyarakat tidak akan membuang sampah sembarang. Selain itu dengan adanya pengetahuan tentang pengelolaan sampah yang awalnya tidak berharga ternyata dapat dimanfaatkan untuk dijadikan penghasilan tambahan dengan membuat kerajinan sehingga sampah menjadi lebih berharga. Pada akhirnya

sampah dapat menjadi sumber penghasilan dan meningkatkan perekonomian masyarakat sekaligus menjadikan lingkungan lebih bersih dan nyaman.

Pengelolaan sampah bukan hanya tanggung jawab pemerintah saja namun juga menjadi tanggung jawab bersama. Hal ini telah diatur dalam peraturan pemerintah nomor 45 tahun 2017 tentang keikutsertaan masyarakat dalam menyelenggarakan pemerintah daerah disebutkan bahwa partisipasi masyarakat adalah peran serta masyarakat untuk menyalurkan aspirasi, pemikiran, dan kepentingannya dalam penyelenggaraan pemerintah daerah. Bahkan dalam Undang-undang Nomor 18 Tahun 2008 tentang pengelolaan sampah pada pasal 28 ayat 1 disebutkan bahwa masyarakat dapat berperan serta dalam pengelolaan sampah sangat dibutuhkan demi terwujudnya lingkungan yang sehat, bersih dan rapi.

Adanya regulasi yang menjamin peran masyarakat tersebut memberikan peluang seluas-luasnya kepada setiap orang untuk ikut aktif dalam pengolahan sampah. Sehingga tidak ada alasan untuk membiarkan sampah yang berserakan serta lingkungan kotor dan pada akhirnya dapat menyebabkan degradasi lingkungan.

8.3 Metode Menyampaikan Edukasi dan Meningkatkan Partisipasi Masyarakat

Kondisi yang tidak nyaman akibat adanya sampah yang menjadi sumber masalah di masyarakat dapat menciptakan persoalan yang rumit. Kondisi tersebut diakibatkan karena adanya bau yang tidak sedap, lingkungan yang kotor, sampah yang berserakan dan banyaknya lalat yang berterbangan pada akhirnya berakibat adanya gangguan kesehatan sehingga menurunnya degradasi lingkungan.

Adanya aktivitas manusia mengakibatkan semakin bertambahnya jumlah timbulan sampah. Untuk itu,

permasalahan sampah harus segera ditangani. Penanganan sampah dengan mengurangi volume timbulannya cukup efektif, yakni dengan mengolah sampah mulai dari sumbernya hingga di tempat pengolahan akhir. Selain perilaku masyarakat yang harus dirubah, tidak kalah pentingnya adalah kebutuhan sarana dan prasarana antara lain wadah yang tersedia dan telah ditempatkan pada lokasi yang mudah dijangkau. Dalam pengelolaan sampah, hal tersebut dapat dilakukan jika adanya pemahaman yang baik pada masyarakat.

Untuk memberikan pemahaman pada masyarakat bagaimana mengolah sampah tentu saja dengan menggunakan metode atau cara yang benar. Beberapa metode yang dapat dilakukan dalam memberikan edukasi dan meningkatkan partisipasi masyarakat antara lain adalah:

- a. Memberikan penyuluhan dan sosialisasi kepada masyarakat tentang pentingnya menjaga lingkungan dengan cara mengolah sampah;
- b. Membuat brosur, pamflet ataupun poster yang dapat disebarakan secara *online* maupun *offline*;
- c. Menyediakan tempat sampah yang terpisah antara sampah organik dan non organik;
- d. Memberikan pelatihan cara pengolahan sampah menjadi barang yang dapat digunakan kembali bahkan bernilai ekonomis.

8.4 Evaluasi Efektivitas Program Edukasi dan Partisipasi Masyarakat

Pertambahan jumlah penduduk yang semakin meningkat menyebabkan bertambah pula jumlah timbulan sampah. Peningkatan volume sampah yang dihasilkan dari suatu kota

pada prinsipnya ditentukan pula oleh kegiatan masyarakat di kota itu sendiri. Adanya aktivitas masyarakat terdiri dari kegiatan yang berada di perumahan, perdagangan, perkantoran, pertanian, perdagangan dan lain sebagainya. Sehingga dibutuhkan penanganan yang perlu segera dilakukan mengingat persoalan sampah cukup pelik.

Berbagai cara telah ditempuh guna menyelesaikan masalah persampahan terutama sampah yang berada di perkotaan. Namun jumlah timbulan sampah yang berada di lokasi tempat pengolahan akhir (TPA) terus bertambah sehingga perlu adanya evaluasi terhadap program edukasi dan partisipasi masyarakat. Bicara mengenai evaluasi, menurut UNDP (2009), inti dari kegiatan evaluasi merupakan kegiatan penilaian atas suatu kegiatan dengan membandingkan tahapan awal kegiatan (yang telah direncanakan) dengan tahapan akhir (hasil kegiatan). Selanjutnya menurut Musa (2005), evaluasi program adalah suatu kegiatan untuk memperoleh gambaran tentang keadaan suatu objek yang dilakukan secara terencana, sistematis dengan arah dan tujuan yang jelas.

Untuk melakukan evaluasi suatu program kerja diperlukan adanya desain penelitian dan pembandingan yang dapat diukur seberapa tingkat keberhasilan program tersebut. Untuk itu beberapa unsur pokok yang harus ada dalam kegiatan evaluasi antara lain adalah objek yang dinilai, tujuan evaluasi, alat evaluasi, proses evaluasi, hasil evaluasi, standar yang dijadikan pembandingan dan proses perbandingan antara evaluasi dengan standar. Dari hasil evaluasi ini menjadi bahan bagi pengambilan keputusan.

Adanya evaluasi terhadap partisipasi masyarakat dalam pengelolaan sampah bertujuan untuk mengetahui pelaksanaan program ini tercapai sesuai dengan tujuan rencana. Setidaknya terdapat tiga tujuan yang diperoleh yakni :

- a. Mengetahui tingkat keberhasilan pencapaian dari program rencana yang telah ditetapkan;
- b. Mengetahui faktor-faktor yang menjadi penghambat dan pendukung dari program tersebut;
- c. Sebagai bahan masukan bagi pelaksanaan program selanjutnya.

Partisipasi masyarakat perlu ditumbuhkan dan dikembangkan serta dibina agar sasaran dari program pengolahan sampah dapat tercapai. Untuk itu beberapa hal yang perlu diperhatikan adalah :

- a. Diperlukan program-program yang dilakukan secara konsisten guna menumbuhkan, mengembangkan dan membina keikutsertaan masyarakat;
- b. Memberikan pemahaman atau edukasi guna membangun kesadaran dan pembentukan perilaku pada masyarakat;
- c. Hasil pelaksanaan program selanjutnya diharapkan dapat memberikan pengetahuan tambahan terhadap sampah dan pengolahannya.

Selanjutnya dari program pengolahan sampah diharapkan dapat membentuk perilaku masyarakat antara lain adalah sebagai berikut:

- a. Masyarakat dapat memahami dan mengerti masalah seputar kebersihan lingkungan;
- b. Dalam mewujudkan kebersihan lingkungan bersama maka masyarakat harus aktif terlibat langsung;
- c. Tata cara pemeliharaan dan perawatan kebersihan menjadi panduan bagi masyarakat;

- d. Dalam pengolahan sampah, masyarakat sukarela mengeluarkan biaya untuk pengelolaan sampah;
- e. Menularkan dan mengajak secara aktif untuk melakukan kebiasaan hidup yang bersih;
- f. Aktif memberikan saran dan pendapat kepada pemerintah yang berkaitan dengan program pengelolaan sampah.

Selain hal-hal di atas perlu juga adanya strategi untuk meningkatkan partisipasi masyarakat. Strategi dalam rangka meningkatkan peran masyarakat dapat dilakukan pendekatan edukatif dengan strategi dua tahap, yakni pengembangan petugas pendamping dan pengembangan masyarakat. Untuk pengembangan petugas dapat dilakukan dengan komunikasi yang baik. Adanya komunikasi yang baik dapat terhindar dari miss komunikasi yang nantinya dapat menghalangi terlaksananya program tersebut. Sedangkan untuk tahap pengembangan masyarakat merupakan hal yang tersulit untuk dilaksanakan dalam mengolah sampah. Tipikal masyarakat juga menjadi faktor yang perlu diperhatikan dalam pengolahan sampah. Jika masyarakat dengan tingkat pendidikan rendah dan tradisional maka dibutuhkan pendampingan yang intens. Pengertian dan edukasi harus dilakukan berulang-ulang dan kontinyu.

8.5 Penutup

Memberikan edukasi atau pemahaman kepada masyarakat menjadi tugas bersama baik pemerintah maupun masyarakat yang telah paham akan pentingnya menjaga kebersihan. Diharapkan pula masyarakat selalu aktif ikut serta dalam pengolahan sampah. Partisipasi masyarakat tidak hanya sebatas dalam pelaksanaan saja namun juga dimulai dari perencanaan hingga tercapainya tujuan.

Pelaksanaan setiap program perlu dilakukan secara serius, walaupun kendala dan tantangan selalu ada namun dapat diatasi dengan kerjasama yang baik. Untuk itu dibutuhkan keterlibatan berbagai unsur baik pemerintah dan masyarakat guna meningkatkan kesadaran dari masyarakat sendiri akan pentingnya melestarikan lingkungan.

Keberhasilan dalam pengolahan sampah menciptakan lingkungan yang bersih. Selain itu dapat mendatangkan manfaat lainnya bagi masyarakat dengan mengolah sampah menjadi sumber penghasilan tambahan. Dengan demikian sampah bukan hanya menjadi sampah saja tetapi sampah dapat menjadi sesuatu yang lebih berguna jika diolah dengan baik.

Masa Depan Pengolahan Sampah Perkotaan

9.1 Berbagai Masalah dalam Pengolahan Sampah

Pengolahan sampah di berbagai kota di Indonesia saat ini menimbulkan berbagai masalah baik di sektor hulu sampah rumah tangga dan sampah perkotaan hingga ke sektor hilir seperti tidak tersedianya tempat sampah modern yang masih menyatukan sampah basah (organik), sampah kering (plastik, kaleng, kertas, debris) dan sampah B3 (bahan berbahaya dan beracun), sarana angkutan sampah yang baik yaitu angkutan sampah tiga roda (*viar*) dan truk khusus angkutan sampah (tangkasaki) dengan sistem koordinasinya yang tidak teratur dan asal-asalan saja, Tempat Pembuangan Sampah sementara (TPS) berupa bak kontainer yang ditempatkan tidak pada tempatnya dan mengganggu kepentingan umum serta keberadaan Tempat Pembuangan Akhir sampah (TPA) yang tidak mampu lagi menampung sampah sesuai kapasitasnya, sehingga terjadi berkembangnya terus penggunaan lahan secara berlebihan (*overuse*) serta kesalahan penggunaan lahan (*missuse*) yang seharusnya untuk lingkungan perumahan yang sehat dan terhindar dari bau dan pembakaran sampah. Sebagai contoh di kota makassar yang saat ini sedang gencar dalam mengolah sampah perkotaan dengan slogan kota “*Sombere and Smart City*” (kota cerdas dan ramah) mampu meraih piala Adipura untuk

kota bersih namun masih dirasakan sistem pengolahan sampah perkotaan ini belum berjalan dengan baik seperti program edukasi dan pelatihan pengolahan sampah di sektor hulu bagi masyarakat dan sekolah-sekolah seperti program LISA (lihat sampah ambil), bank sampah di tingkat RT/RW belum berjalan secara simultan hingga keberadaan Mall Sampah yang muncul dengan program dengan 3 juta pengepul masih belum menyatukan program pemerintah pusat dan kota dalam hal kelembagaannya, bahkan cenderung seperti perusahaan swasta yang hanya ingin meraup keuntungan saja tanpa ada kepedulian sosial kemasyarakatannya, sehingga kebijakan yang ada antara pusat dan daerah masih secara parsial dan sendiri-sendiri, modernisasi, digitalisasi serta sentralisasi di tingkat loket pembayaran iuran sampah, transportasi dan distribusi sampah Tangkasaki (Truk Angkutan Sampah Kita) atau dalam bahasa makassar berarti bersih, harus bisa ditingkatkan secara modern, dengan memasyarakatkan digitalisasi pada era society 5.0 ini dan pada sektor hilir dapat tercipta industrialisasi penggunaan bahan sampah sebagai bahan baku yaitu terwujudnya industri pupuk organik, industri biji plastik dan industri kelistrikan berbahan bakar sampah dan lainnya yang melibatkan seluruh stakeholder yaitu pemerintah sebagai pengampu kebijakan, BUMN/D, investor asing dan pihak swasta selaku pelaku usaha serta masyarakat selaku subyek pembangunan yang berbasis pemberdayaan masyarakat (civil society) dapat terwujud dan masalah pengolahan sampah perkotaan pada akhirnya dapat terselesaikan dengan baik, yang mengedepankan kebersihan lingkungan bebas sampah terutama di perairan sungai, danau, laut tidak boleh ada sampah serta dikendalikan oleh pemerintah sesuai amanat pasal 3 undang-undang dasar 1945 yaitu : Bumi, air dan kekayaan alam yang terkandung didalamnya dikuasai oleh negara dan dipergunakan untuk sebesar-besarnya demi kemakmuran rakyat dan semoga ditahun 2045 mendatang, indonesia menjadi negara bebas sampah sebagai negara maju seperti Jepang, Singapura, Amerika dan lainnya yang

mengedepankan dan disiplin menerapkan masalah kebersihan dan sampah kota, dapat dicapai dengan sukses.

9.2 Prediksi dan Tantangan Masa Depan Sampah di Indonesia

Sebuah riset yang dirilis oleh Universitas Georgia pada tahun 2015 menemukan bahwa laut di Indonesia merupakan perairan kedua di dunia dengan jumlah sampah plastik terbanyak. Temuan ini bukanlah suatu pencapaian yang membanggakan, melainkan sebagai sebuah peringatan bahwa Indonesia tidak hanya menghadapi krisis sampah di daratan, tetapi juga telah merambah ke perairannya.

Pemerintah Indonesia telah menunjukkan kesadaran yang tinggi terhadap kondisi tersebut, dan sudah mengambil berbagai langkah untuk memperbaiki dan mengelola masalah sampah. Banyak juga inisiatif yang diambil oleh masyarakat, mulai dari membuka bisnis manajemen sampah hingga penemuan-penemuan siswa yang bertujuan untuk mengurangi atau mendaur ulang sampah.

Sejak deklarasi kemerdekaannya pada tahun 1945, Indonesia berharap untuk mencapai prestasi-prestasi baik dan luar biasa menjelang peringatan Hari Kemerdekaan yang ke-100 pada tahun 2045. Namun, jika dilema lingkungan yang rusak terus berlanjut, kita sebagai masyarakat perlu memiliki optimisme dan tindakan aktif dalam mengatasi permasalahan ini, bukan hanya diam saja.

Bagaimana kondisi Indonesia pada peringatan Hari Ulang Tahun yang ke-100 di tahun 2045? Bagaimana pula manajemen sampahnya? Semua itu akan sangat dipengaruhi oleh upaya bersama kita untuk merawat lingkungan dan mengelola sampah dengan bijak.

9.3 Bicara Sampah, Bicara Mengenai Hubungan Manusia

Sampah secara pasti terkait dengan aktivitas manusia. Semakin banyak kegiatan yang dilakukan manusia, semakin banyak pula sampah yang dihasilkan. Bayangkan saja, dengan Indonesia yang sedang mengalami bonus demografi setiap tahun, berapa banyak sampah yang akan dihasilkan?

Ketika berbicara tentang sampah, sebenarnya kita juga sedang berbicara tentang diri sendiri. Sebuah cerita menarik diulas dalam artikel yang berjudul "Rahasia Sukses Pengelolaan Sampah di Jepang," yang mengisahkan tentang kesadaran masyarakat Jepang terhadap gaya hidup mereka yang tidak teratur, yang menyebabkan masalah bagi diri mereka sendiri dan lingkungannya.

Pada tahun 1970-an, Jepang menghadapi krisis sampah. Mereka mencoba berbagai cara, mulai dari hal kecil seperti pengawasan dan pembinaan setiap pagi di setiap rumah. Sebuah komunitas yang peduli terhadap gerakan pemilahan sampah konsisten mengirimkan seseorang ke rumah-rumah warga untuk mengajarkan kepada ibu rumah tangga cara memilah sampah mereka. Kunjungan ini berlangsung hingga awal 1990-an, dan akhirnya menghasilkan berbagai kebijakan serta penemuan alat dan sistem pendauran ulang sampah. Jepang telah melalui perjalanan panjang untuk menciptakan negara yang bersih dan tertata rapi seperti sekarang, dimulai dari kesadaran masyarakatnya.

9.4 Tantangan Pengelolaan Sampah di Indonesia

Keberhasilan Jepang dalam mengelola sampah selama sekitar 30 tahun tergantung pada beberapa faktor, salah satunya adalah geografis. Jepang, yang terdiri dari sekitar 6.852 pulau, mengimplementasikan sistem pengelolaan sampah secara hierarkis, mulai dari tingkat distrik hingga provinsi, seperti dilaporkan dalam artikel oleh CNN. Akibatnya, setiap kota,

kecamatan, dan distrik dapat memiliki sistem pengolahan sampah yang sepenuhnya berbeda, termasuk Tokyo dengan 23 distriknya.



Sumber : [The guardian.com/gallery/recycling/japan](http://Theguardian.com/gallery/recycling/japan), 2008

Tiap wilayah di Jepang berupaya secara maksimal atau dengan kata lain, berkompetisi untuk mengurangi jumlah sampah yang akhirnya tidak berakhir di tempat pembakaran sampah. Bahkan, Jepang telah menyediakan buku panduan pemilahan sampah setebal 27 halaman untuk setiap rumah. Negara ini menerapkan peraturan yang sangat ketat terkait pemilahan sampah rumah tangga karena mereka menyadari

bahwa semua orang membutuhkan lingkungan yang bersih dan sehat.

Tokyo padat penduduk, tidak ada ruang pembuangan sampah.

Sumber : Yuya Shino / EPA / The guardian.com, Japan, 2008

Mari kita pindah fokus ke Indonesia, yang terdiri dari 16.056 pulau, 34 provinsi, dan ratusan kabupaten, sehingga secara geografis, Indonesia memiliki ukuran yang lebih besar



dibandingkan Jepang. Kemungkinannya adalah, Indonesia memerlukan lebih banyak energi, usaha yang lebih besar, dan tentu saja waktu yang lebih lama dibandingkan dengan Jepang.

Tetapi, jangan terlalu pesimis, karena saat ini pemerintah provinsi dan kota-kota kecil di Indonesia juga tengah berlomba-lomba dalam mengelola sampahnya. Menurut data tahun 2016, lebih dari 3000 bank sampah tersebar di seluruh Indonesia, yang hingga saat ini terus berusaha mengurangi jumlah sampah.

Hal ini menunjukkan bahwa kesadaran terhadap sampah di Indonesia tidak hanya dimiliki oleh sekelompok kecil orang. Pemerintah juga memberikan dukungan; pada Juni 2017, Kementerian Koordinator Kemaritiman menyatakan telah menyiapkan sejumlah tahapan, termasuk melalui pendidikan oleh Deputy SDM, Iptek, dan Budaya Maritim Kemenko Bidang Kemaritiman. R. Sudirman, Direktur Pengelolaan Sampah dari

Kementerian Kehutanan dan Lingkungan Hidup, juga menyebutkan bahwa pemerintahan Presiden Joko Widodo memiliki gagasan 'luar biasa' untuk mengatasi krisis sampah, yaitu mengubah sampah menjadi sumber energi.

Memang benar, pengelolaan sampah tidak sesederhana yang mungkin kita bayangkan. Sampah melewati banyak tahap sebelum mencapai tempat pembuangan akhir. Namun, satu hal yang bisa kita lakukan adalah dengan kesadaran penuh untuk mulai memilah sampah rumah tangga kita sendiri dan tidak membuang sampah ke sungai, parit, atau perairan mana pun tanpa dipilah terlebih dahulu. Pendidikan mengenai pemilahan sampah menjadi dasar dalam upaya mengelola sampah yang akhirnya mencapai Tempat Pembuangan Akhir. Dengan demikian, tantangan utamanya terletak pada kesadaran dan tindakan masyarakat Indonesia sendiri.

9.5 Teknologi Modern yang dibutuhkan

Banyak yang menyatakan bahwa tantangan sistem pembakaran sampah di Indonesia terkait dengan keterbatasan teknologi. Sejumlah pihak juga sependapat bahwa Indonesia mungkin sulit mencapai kebersihan jika teknologinya belum memadai. Saya sejalan dengan pandangan tersebut, meskipun teknologi bukanlah sesuatu yang tidak mungkin ditemukan di negara ini. Indonesia memiliki banyak individu berbakat dan ahli di bidang teknologi. Banyak generasi muda Indonesia yang saat ini sedang menempuh pendidikan di luar negeri dengan fokus pada bidang teknik mesin, yang tentunya dapat memberikan kontribusi yang besar dalam menciptakan teknologi.

Jangan meragukan potensi mereka, karena seiring berjalannya waktu di Indonesia setiap tahunnya, mereka juga memerlukan waktu untuk berinovasi dan mengembangkan kemampuan mereka.

9.6 Indonesia Harus Bisa Atasi Sampah Kota



Jakarta, September 2017 - Uji coba penerapan penggunaan limbah plastik pada campuran aspal untuk perkerasan jalan dilakukan di Bekasi. Jalan yang diujicoba aspal plastik sepanjang 3 km, Sumber : finance.detik.com

Setelah menelaah beberapa informasi di atas, seharusnya kita semakin memiliki optimisme dan bergerak dengan cepat. Mewujudkan lingkungan yang bersih dan sehat tidak lagi hanya berdasarkan motivasi "untuk anak cucu", melainkan mari lakukan perubahan saat ini dengan alasan "untuk kehidupan dan lingkungan saya saat ini". Dengan bertindak sekarang, dengan memulai kebiasaan memilah sampah sekarang, kita dapat bermimpi besar: Indonesia menjadi bebas sampah pada tahun 2045. Itu bukan hal yang tidak mungkin, asalkan mampu menerapkan kemajuan teknologi dan melibatkan masyarakat yaitu menjalankan kebijakan program *society 5.0* dan *civil society* dengan baik dan terpadu.

9.7 Mencontoh Negara Maju yang Bersih dan Sehat

Masa depan pengolahan sampah kota di Indonesia harus semakin membaik dengan disiplin yang tinggi mampu

menerapkan peraturan yang ada dengan menjadikan nilai-nilai bersih dan sehat sebagai budaya masyarakat pada akhirnya. Bonus demografi dengan banyak angkatan kerja dari kaum milenial pada tahun 2045 dan diharapkan Indonesia bisa menjadi negara maju tentunya haruslah diikuti dengan adanya disiplin yang tinggi dari masyarakat dan pemuda serta kerja keras untuk mencapai kesempatan emas pada abad golden millenium edge pada tahun 2045 tersebut dimana generasi Z bisa siap menerima estafet dari kepemimpinan dan alih generasi bangsa Indonesia. Indonesia harus bisa menyamai negara maju lainnya seperti Jepang yang juga negara kepulauan serta negara jasa seperti Singapura dan negara maju industri seperti amerika yang sangat ketat dan mengedepankan masalah kebersihan dan kepedulian terhadap sampah kota. Sampah kota saat ini tidak bisa lagi disepelekan. Jumlah penduduk yang semakin bertambah dengan pola hidup yang tidak sehat dengan mengandalkan kemasan plastik sangat merusak lingkungan dan perairan bagi negara kepulauan seperti indonesia, terbatasnya lahan perkotaan dengan urbanisasi yang tidak terkendali mengakibatkan menumpuknya sampah di TPA sampah perkotaan yang jauh dari kapasitasnya. Oleh karena itu perlu pemikiran yang serius dan konsisten dalam menangani dan memodernisasi sistem pengolahan sampah kota kedepannya agar tidak menimbulkan berbagai masalah terutama timbulnya berbagai penyakit wabah akibat sampah, lingkungan yang tidak sehat karena bau yang busuk dan adanya polusi pembakaran sampah kota. Oleh karena itu diperlukan adanya pembenahan dari sektor hulu dan hilir dari pengolahan sistem sampah perkotaan serta perlu adanya suatu model pengolahan sampah secara modern yang berbasis digitalisasi mengikuti kemajuan zaman dengan adanya Society 5.0 hingga betul-betul pengolahan sampah kota ini bisa berjalan secara efektif dan efisien, tidak hanya sekedar menjalankan kewajiban dan tugas mengelola sampah kota tetapi justru menimbulkan berbagai dampak dan masalah. Adanya edukasi di sektor hulu agar masyarakat dan pemuda dilibatkan untuk

terciptanya budaya menangani sampah dengan betul dan baik serta adanya budaya sehat dan bersih, pemanfaatan Fasilitas Ruang Terbuka Umum (Public Open Space) dan Ruang Terbuka Hijau (Green Open Space) dengan melibatkan masyarakat selaku Pemangku Kepentingan (Stakeholder) akan mampu menciptakan Masyarakat Sipil (Civil Society) yang bersih dan sehat pada akhirnya. Selain itu adalah hilirisasi sistem pengolahan sampah harus mampu menciptakan berkurangnya beban penerimaan sampah di TPA melalui berjalannya program pemerintah seperti : Pendirian pabrik pupuk organik oleh produsen pupuk, Kelistrikan berbahan bakar sampah, industri biji plastik, pertanian organik, program green city dan lainnya, harus mampu ditumbuhkan dan ditanggulangi oleh pemerintah dengan melibatkan perusahaan milik pemerintah, BUMN/D, serta pihak swasta dan investor, agar masalah optimalisasi sistem pengolahan sampah kota dapat dijalankan dengan baik, menyelesaikan berbagai masalah yang ada dan dilakukan secara modern agar berjalan secara efektif dan efisien, sehingga masa depan Indonesia menjadi negara maju terutama dalam menanggulangi sampah dan kebersihan dapat tercapai pada tahun 2045 menjadi negara yang terbebas dari masalah sampah, semoga berhasil tercapai.

9.8. Model Pengolahan Sampah Perkotaan Modern

Dari total 68,5 juta ton sampah nasional, tercatat komposisi sampah yang paling dominan adalah sisa makanan, plastik dan kertas, hal ini diungkapkan dalam acara Parlemen Kampus 2023 yang diselenggarakan oleh Sekretariat Jenderal DPR RI pada tanggal 15 maret 2023 yang lalu, dan dari data Sistem Informasi Pengelolaan Sampah Nasional (SIPSN) Kementerian Lingkungan Hidup dan Kehutanan pada tahun 2022 diketahui bahwa dari 202 (dua ratus dua) kabupaten/kota di Indonesia terdapat timbunan sampah sebanyak 21,1 juta ton dimana pengelolaan sampah ini masih berfokus pada lahan urug di TPA atau sebesar 30,8 %

sampah masih menumpuk di seluruh , juga, dibutuhkan suatu pemikiran yang serius agar pada tahun 2045 Indonesia bisa bebas dari masalah sampah kota.

Petugas mengoperasikan alat berat untuk menutup permukaan gunung sampah dengan tanah di TPA-Antang, Makassar, Sulawesi Selatan, Sabtu (27/1/2024), Sumber : news. detik.com

Adanya berbagai permasalahan pada lahan TPA-antang terlihat diatas, maka Pemerintah Kota Makassar beberapa waktu lalu sempat menutup sebagian permukaan gunung sampah dengan tanah di TPA tersebut sebagai upaya mengurangi bau busuk yang menyengat terutama saat datangnya musim hujan.



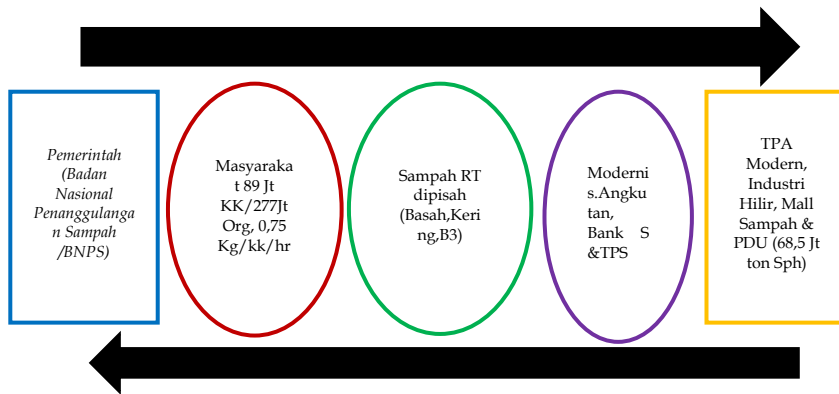
Keberhasilan Kota Surabaya dalam pengelolaan sampah menjadikannya yang paling maju, yang dibuktikan dengan prestasi meraih Adipura Kencana sebagai satu-satunya kota di Indonesia. Prestasi ini menjadi contoh kemajuan bagi kota-kota lain di Indonesia dan ASEAN. Surabaya memiliki salah satu pusat daur ulang sampah terkemuka, yaitu Pusat Daur Ulang (PDU) Jambangan, yang patut dicontohkan dari segi sarana. PDU Jambangan, dibangun pada tahun 2015, mampu mengelola 5-6 ton sampah per hari, dengan kapasitas maksimum 20 ton/hari. Pendapatan harian dari sampah yang diolah mencapai Rp 6 juta/hari.

Dalam kunjungan ekskursi rombongan Sekjen dan perwakilan tetap negara anggota ASEAN terkait pengelolaan sampah di PDU Jambangan pada tanggal 3 Mei 2019, Direktur Jenderal Pengendalian Pencemaran dan Kerusakan Lingkungan KLHK M.R. Karliansyah menyatakan bahwa pengelolaan sampah di Surabaya sangat luar biasa dan patut dijadikan contoh oleh kota-kota lain di Indonesia dan bahkan di ASEAN. Dia menekankan bahwa pengelolaan sampah di Surabaya bukan hanya dilakukan oleh Pemerintah Daerah, tetapi juga muncul dari inisiatif masyarakat sendiri. Sekjen ASEAN H.E Dato Lim Jock Hoi juga menambahkan harapannya bahwa Indonesia dapat berbagi pengetahuan dan teknologi dalam pengelolaan sampah dengan negara-negara ASEAN lainnya.

Dengan melihat berbagai permasalahan dalam pengelolaan sampah kota diatas, maka perlu dilakukan optimalisasi dengan adanya model “Sistem Maksimalisasi Pengolahan Sampah Modern Berbasis Teknologi (Society 5,0) dan Kemasyarakatan (Civil Society) ”, yang memodernisasi dan memaksimalkan pengelolaan lahan urug (TPA) dan Pusat Daur Ulang (PDU) agar dapat diwujudkan segera di seluruh kota di Indonesia, secara simultan dan holistik dibawah kendali pemerintah dengan membentuk Badan Nasional Penanggulangan Sampah (BNPS), agar masalah persampahan secara nasional dapat teratasi dengan sebaik-baiknya.

Adapun model optimalisasinya adalah sebagai berikut :

Meningkatkan Industri dan Teknologi (Society 5.0) di Hilir



Meningkatkan Edukasi dan Pemberdayaan (Civil Society) di Hulu

Note :

- Memaksimalkan lahan murah di luar kota untuk TPA, Industri Hilir, PDU & Mall Sampah, dan menghindari penumpukan sampah di dalam kota dan pembuangan sampah di saluran, sungai, waduk dan laut (perairan).
- Menjaga kebersihan lingkungan dan menghentikan polusi bau busuk menyengat dan pembakaran sampah.
- Melibatkan masyarakat (Civil Society) dan Teknologi Tinggi (Society 5.0).

9.9. Penutup

Berdasarkan berbagai permasalahan persampahan secara nasional maka dengan adanya suatu sistem optimalisasi pengolahan sampah kota secara simultan dan holistik yang ditangani oleh pemerintah pusat dan daerah secara menyeluruh maka diharapkan dengan adanya model tersebut dapat dijalankan dengan sebaik-baiknya maka diharapkan pada tahun 2045 mendatang, Indonesia akan terbebas dari masalah

persampahan di seluruh kota dengan melibatkan masyarakat, berteknologi tinggi dan semoga dapat segera terwujud.

Bab 10

Peran Irigasi dalam Pengelolaan Sampah Organik

10.1 Pendahuluan

Sampah organik merupakan salah satu bagian dengan persentase terbesar dalam sampah perkotaan. Pengelolaan sampah organik yang tidak tepat dapat menimbulkan berbagai permasalahan, seperti pencemaran lingkungan dan emisi gas rumah kaca. (Steven Witman, 2021)Irigasi, yang umumnya dikenal sebagai sistem perairan untuk tanaman salah satunya, dapat berperan dalam pengelolaan sampah organik dengan cara yang inovatif dan berkelanjutan.

Irigasi dapat membantu dalam proses pengomposan sampah organik. (Sandi, 2021)Air yang dialirkan melalui sistem irigasi dapat membantu menjaga kelembaban dan temperatur kompos, yang optimal untuk proses dekomposisi. Selain itu, irigasi juga dapat membantu dalam mendistribusikan udara dan mikroorganisme yang dibutuhkan untuk proses pengomposan.

Selain itu, sistem irigasi juga dapat digunakan untuk mengolah air limbah yang dihasilkan dari proses pengolahan sampah organik. Air limbah ini dapat dialirkan ke kolam atau lahan basah yang ditanami dengan tanaman air. Tanaman air ini

akan membantu membersihkan air limbah dan menjernihkannya sebelum dialirkan kembali ke lingkungan.

(Sidabalok et al., n.d.) Penggunaan irigasi dalam pengelolaan sampah organik memiliki banyak manfaat, seperti: mengurangi volume sampah yang dibuang ke TPA, menghasilkan kompos yang berkualitas, menanam tanaman yang bermanfaat, mengolah air limbah, dan mengurangi emisi gas rumah kaca. Penerapan irigasi dalam pengelolaan sampah organik dapat menjadi solusi yang efektif dan berkelanjutan untuk permasalahan sampah di perkotaan.

10.2 Sistem Irigasi dalam Mempercepat Dekomposisi Sampah Organik

Sistem irigasi yang baik dapat mempercepat dekomposisi sampah organik. Dengan menyediakan air secara teratur dan terkontrol, sistem irigasi membantu menciptakan kondisi optimal untuk mikroorganisme pengurai berkembang biak dan bekerja secara efektif (Septiyanto, 2022)

Proses dekomposisi sampah organik meliputi penguraian bahan organik oleh mikroorganisme seperti bakteri, jamur, dan cacing. Mikroorganisme ini membutuhkan air, oksigen, dan nutrisi untuk berkembang biak dan melakukan pekerjaannya. (Sudirman, 2021) Sistem irigasi membantu menyediakan air secara merata dan menjaga kelembaban sampah organik, sehingga mikroorganisme dapat bekerja secara optimal.

Selain itu, sistem irigasi juga membantu mendistribusikan oksigen ke dalam tumpukan sampah organik. Oksigen penting untuk respirasi seluler mikroorganisme, yang merupakan proses untuk menghasilkan energi dan memecah bahan organik. Dengan memastikan akses oksigen yang cukup, sistem irigasi membantu mempercepat proses dekomposisi.

Secara keseluruhan, sistem irigasi berperan dalam mempercepat dekomposisi sampah organik dengan menyediakan air dan oksigen yang dibutuhkan oleh mikroorganisme pengurai. Hal ini menghasilkan pupuk organik yang lebih efektif dan bermanfaat dalam waktu yang lebih singkat. (Subandriyo, 2012) Ada beberapa cara mempercepat proses pengomposan sampah organik dengan sistem irigasi dapat dilakukan dengan berbagai cara, seperti:

- a. **Mengoptimalkan Proses Pengomposan:** Persiapan bahan-bahan organik yang akan dikomposkan dipotong atau dicacah agar proses pengomposan berlangsung cepat.
- b. **Menggunakan Mikroorganisme Lokal (MOL):** Mikroorganisme lokal (MOL) dapat digunakan sebagai aktivator untuk mempercepat proses pengomposan dan mengurangi waktu yang dibutuhkan untuk mengubah sampah organik menjadi kompos.
- c. **Menggunakan Sistem Windrow:** Sistem windrow adalah salah satu sistem pengomposan di tempat terbuka beratap dengan aerasi alamiah. Sampah organik diaduk terlebih dahulu dengan cairan MOL dan tetes tebu yang diencerkan dengan air dengan perbandingan 1:1 Penyiraman sistem windrow disiram secara rutin setiap seminggu sekali.
- d. **Mengatur Kondisi Lingkungan:** Perlu diingat bahwa pengirisan yang tidak tepat dapat menyebabkan kelebihan air pada windrow, yang dapat mengganggu kinerja proses dekomposisi. Selain itu, pengendalian lingkungan seperti pengaturan suhu, kelembaban, dan aerasi juga penting untuk memastikan kondisi yang optimal bagi dekomposisi sampah organik.
- e. **Memanfaatkan Alat Komposter:** Alat komposter dapat digunakan untuk mempercepat proses pengomposan sampah organik. Komposter adalah sebuah sistem yang

dirancang khusus untuk mempercepat proses pengomposan sampah organik

10.3 Optimalisasi Penggunaan Air dan Pencegahan Pencemaran Lingkungan dalam Pengelolaan Sampah Organik menggunakan Sistem Irigasi

Penggunaan air dalam pengelolaan sampah organik dapat dioptimalkan dengan sistem irigasi. Sistem irigasi dapat digunakan untuk mengatur kadar air dalam sampah organik sesuai kebutuhan mikroorganisme yang berperan dalam proses dekomposisi. Hal ini dapat mempercepat proses pengomposan dan menghasilkan kompos yang kaya arah. Sistem irigasi juga dapat digunakan untuk mengatur kondisi lingkungan yang optimal untuk proses dekomposisi, seperti suhu, kelembaban, dan aerasi.

Pencegahan pencemaran lingkungan dalam pengelolaan sampah organik dapat dilakukan dengan cara mengatur kadar air dalam sampah organik sesuai kebutuhan mikroorganisme. Hal ini dapat membantu mengurangi pencemaran lingkungan akibat sampah organik yang terakumulasi di saluran irigasi. Sistem irigasi juga dapat digunakan untuk mengatur kondisi lingkungan yang tepat untuk pengomposan sampah organik, sehingga dapat mempercepat proses dekomposisi dan menghasilkan kompos yang kaya arah. Hal ini dapat membantu mengurangi pencemaran lingkungan akibat sampah organik.

(Pageh, 2018)Pengelolaan sampah organik dengan irigasi dapat dioptimalkan untuk meminimalisir penggunaan air dan mencegah pencemaran lingkungan. Berikut beberapa strategi yang dapat diterapkan:

- a. **Sistem Irigasi Tetes:** Sistem irigasi tetes memberikan air secara langsung ke akar tanaman, sehingga meminimalisir penguapan dan kebocoran air. Sistem ini juga membantu

menjaga kelembaban tanah secara optimal tanpa membasahi seluruh permukaan tanah, sehingga mengurangi risiko pertumbuhan gulma dan penyakit tanaman.

- b. **Pengumpulan Limbah Cair:** Limbah cair yang dihasilkan dari proses pengolahan sampah organik harus dikumpulkan dan diolah dengan tepat. Limbah ini dapat diolah dengan sistem biofilter atau pengolahan aerobik lainnya untuk menghilangkan kontaminan dan menghasilkan air yang aman untuk lingkungan.
- c. **Pemilihan Lokasi yang Tepat:** Lokasi pembangunan sistem pengelolaan sampah organik dengan irigasi harus dipilih dengan cermat untuk menghindari risiko pencemaran air tanah dan permukaan. Lokasi ideal adalah jauh dari sumber air minum dan tempat-tempat sensitif lingkungan lainnya.
- d. **Pemantauan Kualitas Air:** Pemantauan kualitas air secara berkala sangat penting untuk memastikan bahwa sistem irigasi tidak mencemari lingkungan. Parameter yang dipantau termasuk kadar pH, nitrat, fosfat, dan logam berat.

Dengan menerapkan strategi-strategi diatas, pengelolaan sampah organik dengan irigasi dapat dilakukan secara efisien dan ramah lingkungan. Hal ini membantu mengurangi penggunaan air dan mencegah pencemaran air tanah dan permukaan, sehingga berkontribusi pada kelestarian lingkungan.

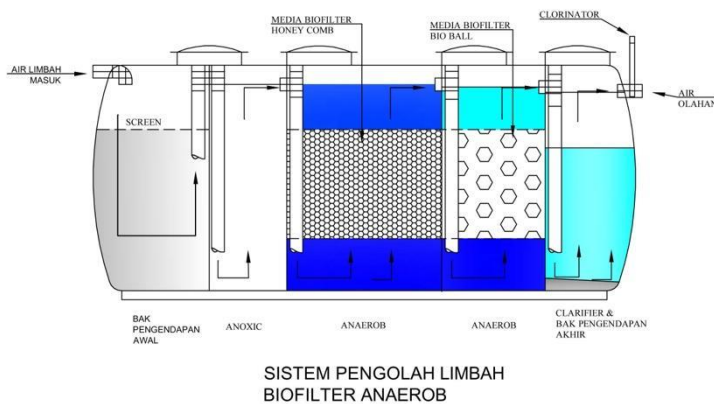
Contoh Implementasi:

- Di sebuah komunitas pedesaan, sistem irigasi tetes digunakan untuk mengelola sampah organik yang dihasilkan dari sisa makanan dan limbah pertanian. Sistem ini terbukti dapat menghemat air hingga 50% dibandingkan dengan metode penyiraman tradisional.



Gambar 10. 1 Sistem Irigasi Tetes (Anugrah, 2022)

- Di sebuah kota besar, limbah cair dari pengolahan sampah organik diolah dengan sistem biofilter sebelum dilepaskan ke lingkungan. Sistem ini mampu menghilangkan lebih dari 90% kontaminan dari limbah cair, sehingga aman bagi lingkungan.



Gambar 10. 2 Sistem Pengolah Air Limbah Biofilter (Ipal Biofive, 2016)

10.4 Penutup

Irigasi merupakan salah satu bagian penting dalam pengelolaan sampah organik. Dengan menggunakan sistem irigasi, sampah organik dapat diolah menjadi kompos yang dapat digunakan sebagai pupuk organik. Hal tersebut akan membantu mengurangi volume sampah yang dibuang ke tempat pembuangan akhir sampah, serta mempermudah proses pengelolaan sampah organik. Selain itu, kompos yang dihasilkan dapat digunakan untuk meningkatkan kualitas tanah, yang akan membantu memperbaiki lingkungan dan meningkatkan produktivitas tanaman.

Sistem irigasi yang digunakan dalam pengelolaan sampah organik dapat berupa sistem drip, sprinkler, ataupun sistem irigasi langsung. Pilihan teknik irigasi tergantung pada karakteristik sampah organik yang akan diolah, serta kondisi lingkungan di daerah pengelolaan sampah organik. Selain itu, peran irigasi dalam pengelolaan sampah organik juga dapat membantu mengurangi biaya produksi kompos, serta mempermudah proses pengelolaan sampah organik.

Dampak Transportasi pada Sistem Pengelolaan Sampah Perkotaan

11.1 Pendahuluan

Di tengah hiruk pikuk kehidupan perkotaan, pengelolaan sampah menjadi salah satu hal yang perlu mendapat perhatian serius. Sistem pengelolaan sampah yang efektif dan efisien tidak hanya berdampak pada kebersihan dan keindahan kota, tetapi juga berkontribusi pada kesehatan masyarakat dan kelestarian lingkungan. Salah satu elemen penting dalam sistem ini adalah transportasi sampah, yang bertanggung jawab untuk memindahkan sampah dari sumbernya ke tempat pemrosesan akhir atau tempat pembuangan akhir.

Namun, di balik peran tersebut, (Irwanto, 2019) transportasi sampah juga memiliki dampak yang tidak dapat diabaikan. Dampak ini dapat dikategorikan menjadi tiga aspek utama, yaitu ekonomi, lingkungan, dan sosial.

(Supervisor & Herumurti, 2016) Secara ekonomi, biaya transportasi sampah merupakan komponen penting dalam anggaran pengelolaan sampah. Biaya ini dipengaruhi oleh berbagai faktor, seperti jarak tempuh, jenis kendaraan yang digunakan, dan frekuensi pengangkutan. Biaya transportasi

yang tinggi dapat membebani anggaran pemerintah daerah dan menghambat upaya untuk meningkatkan layanan pengelolaan sampah.

(Wahyudi et al., 2019) Dari sisi lingkungan, transportasi sampah dapat menghasilkan emisi gas rumah kaca dan polutan udara lainnya, yang berkontribusi pada perubahan iklim dan kualitas udara yang buruk. Kebocoran atau tumpahan sampah selama pengangkutan juga dapat mencemari tanah dan air, membahayakan kesehatan masyarakat dan ekosistem di sekitarnya.

Dampak sosial juga tidak kalah penting. Transportasi sampah yang tidak efisien dapat menyebabkan penumpukan sampah di jalanan dan tempat umum lainnya, menimbulkan bau tidak sedap dan pemandangan yang tidak estetik. Hal ini dapat menurunkan kualitas hidup masyarakat dan nilai estetika kota.

Memahami dampak transportasi terhadap sistem pengelolaan sampah perkotaan sangat penting untuk merumuskan solusi yang lebih berkelanjutan dan efektif. Dengan menerapkan strategi yang tepat, seperti optimasi rute pengangkutan, penggunaan kendaraan hemat bahan bakar, dan penerapan teknologi daur ulang, dampak negatif transportasi sampah dapat diminimalkan (Saskia Dela Ferdiani et al., 2022). Sistem pengelolaan sampah perkotaan pun dapat menjadi lebih ramah lingkungan dan berkelanjutan.

11.2 Peningkatan Volume Sampah

(Ramdhani Harahap, 2013) Perkembangan perkotaan yang pesat diiringi dengan pertumbuhan transportasi dan mobilitas penduduk. Hal ini secara langsung berkontribusi pada peningkatan volume sampah yang dihasilkan. Peningkatan volume sampah akibat pertumbuhan transportasi dan mobilitas penduduk di perkotaan merupakan tantangan besar yang perlu segera diatasi. Upaya seperti edukasi masyarakat,

pengembangan sistem pengelolaan sampah yang terintegrasi, dan penerapan teknologi daur ulang perlu dilakukan untuk meminimalkan dampak negatif terhadap lingkungan dan kesehatan masyarakat.

(Kadarisman et al., 2015) Pertumbuhan transportasi dan mobilitas penduduk di perkotaan merujuk pada perubahan yang terjadi dalam sistem transportasi dan aksesibilitas penduduk di kota. Hal ini disebabkan oleh peningkatan jumlah kendaraan yang beroperasi, peningkatan kinerja dan efisiensi sistem transportasi, serta peningkatan kebutuhan penduduk yang memerlukan jasa transportasi. Pertumbuhan ini akan membawa kesan yang signifikan terhadap volume sampah yang dihasilkan di perkotaan, seperti:

- a. Peningkatan Penduduk: Pertumbuhan transportasi dan mobilitas penduduk di perkotaan akan membawa kesan yang signifikan terhadap volume sampah yang dihasilkan. Dengan peningkatan penduduk, jumlah sampah yang dihasilkan juga akan meningkat. Hal ini disebabkan oleh kebutuhan yang semakin banyak yang dibutuhkan oleh penduduk, seperti makanan, minuman, dan peralatan. Selain itu, peningkatan penduduk juga akan membawa kesan terhadap peningkatan jumlah sampah industri, seperti sampah plastik, sampah elektronik, dan sampah konstruksi.
- b. Peningkatan Transportasi: Pertumbuhan transportasi di perkotaan juga akan membawa kesan yang signifikan terhadap volume sampah yang dihasilkan. Dengan peningkatan jumlah kendaraan yang beroperasi, jumlah sampah yang dihasilkan juga akan meningkat. Hal ini disebabkan oleh kebutuhan yang semakin banyak yang dibutuhkan oleh penduduk, seperti makanan, minuman, dan peralatan. Selain itu, peningkatan transportasi juga akan

membawa kesan terhadap peningkatan jumlah sampah industri, seperti sampah plastik, sampah elektronik, dan sampah konstruksi.

- c. Peningkatan Konsumsi: Pertumbuhan transportasi dan mobilitas penduduk di perkotaan juga akan membawa kesan yang signifikan terhadap konsumsi yang semakin banyak. Dengan peningkatan konsumsi, jumlah sampah yang dihasilkan juga akan meningkat. Hal ini disebabkan oleh kebutuhan yang semakin banyak yang dibutuhkan oleh penduduk, seperti makanan, minuman, dan peralatan. Selain itu, peningkatan konsumsi juga akan membawa kesan terhadap peningkatan jumlah sampah industri, seperti sampah plastik, sampah elektronik, dan sampah konstruksi.
- d. Peningkatan Pengelolaan Sampah: Pertumbuhan transportasi dan mobilitas penduduk di perkotaan juga akan membawa kesan yang signifikan terhadap pengelolaan sampah. Dengan peningkatan volume sampah yang dihasilkan, pengelolaan sampah perlu meningkat untuk memastikan bahwa sampah dijadikan sebagai sumber tenaga, sumber pangan, atau sumber industri lainnya. Hal ini disebabkan oleh kebutuhan yang semakin banyak yang dibutuhkan oleh penduduk, seperti makanan, minuman, dan peralatan. Selain itu, peningkatan pengelolaan sampah juga akan membawa kesan terhadap peningkatan kinerja dan efisiensi pengelolaan sampah perkotaan.
- e. Peningkatan Pengelolaan Lingkungan: Pertumbuhan transportasi dan mobilitas penduduk di perkotaan juga akan membawa kesan yang signifikan terhadap pengelolaan lingkungan. Dengan peningkatan volume sampah yang

dihasilkan, pengelolaan lingkungan perlu meningkat untuk memastikan bahwa sampah dijadikan sebagai sumber tenaga, sumber pangan, atau sumber industri lainnya. Hal ini disebabkan oleh kebutuhan yang semakin banyak yang dibutuhkan oleh penduduk, seperti makanan, minuman, dan peralatan. Selain itu, peningkatan pengelolaan lingkungan juga akan membawa kesan terhadap peningkatan kinerja dan efisiensi pengelolaan sampah perkotaan.

- f. Peningkatan Pengelolaan Ekonomi: Pertumbuhan transportasi dan mobilitas penduduk di perkotaan juga akan membawa kesan yang signifikan terhadap pengelolaan ekonomi. Dengan peningkatan volume sampah yang dihasilkan, pengelolaan ekonomi perlu meningkat untuk memastikan bahwa sampah dijadikan sebagai sumber tenaga, sumber pangan, atau sumber industri lainnya. Hal ini disebabkan oleh kebutuhan yang semakin banyak yang dibutuhkan oleh penduduk, seperti makanan, minuman, dan peralatan

11.3 Pencemaran Udara dan Emisi Gas Rumah Kaca:

(Kustiasih et al., 2014) Hubungan antara pengelolaan sampah perkotaan dengan pencemaran udara dan emisi gas rumah kaca (GRK) adalah penting untuk diketahui, karena sampah merupakan salah satu sumber penyebab terjadinya emisi gas rumah kaca, yang terdiri dari gas metana (CH_4) dan karbondioksida (CO_2). Emisi gas rumah kaca dari sampah dapat mengakibatkan perubahan iklim, yang dapat mengakibatkan dampak negatif terhadap lingkungan dan kesehatan manusia. Pengelolaan sampah yang ramah lingkungan dapat mengurangi jumlah emisi gas rumah kaca melalui kegiatan 3R (reduce, reuse, recycle), perbaikan proses pengelolaan sampah di Tempat

Pemrosesan Akhir (TPA) sampah, dan pemanfaatan sampah menjadi produksi energi.

Meningkatkan kinerja dan efisiensi pengelolaan sampah perkotaan dapat membantu mengurangi emisi gas rumah kaca yang berasal dari pengelolaan sampah. Sistem pengelolaan sampah yang efektif, seperti controlled landfill dan sanitary landfill, dapat membantu mengurangi emisi gas rumah kaca dari pembakaran sampah terbuka (open burning), yang merupakan salah satu cara pengelolaan sampah yang masih banyak ditemui di Indonesia. Penggunaan teknologi pengolahan sampah, seperti insinerasi, dapat juga membantu mengurangi emisi gas rumah kaca dari pengelolaan sampah. Pengelolaan sampah yang ramah lingkungan dapat membantu mengurangi emisi gas rumah kaca, yang dapat mengakibatkan perubahan iklim. Peningkatan kinerja dan efisiensi pengelolaan sampah perkotaan, serta penggunaan sistem pengelolaan sampah yang efektif, dapat membantu mengurangi emisi gas rumah kaca dan membantu mengurangi dampak negatif yang disebabkan oleh sampah terhadap lingkungan dan kesehatan manusia.

(Great Britain., 1998) Gas buang kendaraan bermotor mengandung berbagai polutan berbahaya, seperti karbon dioksida (CO₂), nitrogen oksida (NO_x), dan partikulat (PM). CO₂ merupakan gas rumah kaca utama yang berkontribusi pada pemanasan global dan perubahan iklim. NO_x dan PM dapat menyebabkan berbagai masalah kesehatan, seperti penyakit pernapasan, penyakit jantung, dan kanker.

Dampak pencemaran udara dari emisi gas buang kendaraan bermotor tidak hanya dirasakan di kota-kota besar, tetapi juga di daerah pedesaan. Polutan udara dapat terbawa oleh angin dan menyebar ke area yang jauh dari sumber emisi. Hal ini dapat membahayakan kesehatan masyarakat di berbagai wilayah.

Emisi gas buang dari kendaraan bermotor berbicara dengan perubahan iklim melalui berbagai cara. Gas buang dari

kendaraan bermotor, seperti karbon dioksida (CO₂), monoksida (CO), nitrogen oksida (NO_x), dan partikulat, akan meningkatkan kondisi udara dan mencemari lingkungan. Emisi gas buang dari kendaraan bermotor juga menyumbang emisi karbon yang dilepas ke atmosfer, yang merupakan salah satu penyebab pemanasan global. Emisi gas buang dari kendaraan bermotor juga dapat mengganggu kesehatan manusia. Senyawa karbon yang berlebih di atmosfer dapat menyebabkan pemanasan global, yang akan mempengaruhi kesehatan manusia dan lingkungan. Data penelitian menunjukkan bahwa total emisi gas buang kendaraan bermotor yang dihasilkan sebesar 4,627 (Ton/tahun) dengan total serapan Ruang Terbuka Hijau 3810,387 (Ton/tahun), sehingga residu yang didapatkan sebesar -3805,760 (Ton/tahun). Hasil tersebut menunjukkan bahwa kualitas udara di kota masih baik dengan cadangan karbon tersimpan sebesar 3805,760 (Ton/tahun) sehingga emisi gas buang kendaraan bermotor di UIN Raden Intan Lampung dapat terserap semua

11.4 Kemacetan dan Gangguan Tata Ruang

Pengangkutan sampah yang tidak efisien dapat menyebabkan kemacetan dan mengganggu tata ruang kota. Kendaraan yang digunakan untuk mengangkut sampah, seperti truk, dapat membawa kendaraan lainnya yang berjalan di jalan raya, sehingga meningkatkan kemacetan. Hal ini dapat menyebabkan pengangkutan sampah yang tidak efisien menjadi salah satu faktor yang menyebabkan kemacetan di kota. Pengangkutan sampah yang tidak efisien dapat mengganggu tata ruang kota. Kendaraan yang digunakan untuk mengangkut sampah dapat membawa sampah ke tempat yang tidak sesuai, seperti jalan raya atau tempat yang tidak tepat untuk pengelolaan sampah. Hal ini dapat menyebabkan sampah yang tidak efisien mengganggu tata ruang kota, seperti menyebabkan kotoran di jalan raya atau menyebabkan kondisi lingkungan tidak sehat.

Pengangkutan sampah yang tidak efisien dapat juga menyebabkan dampak negatif lainnya, seperti peningkatan emisi gas rumah kaca (GRK) dan pencemaran udara. (Kurnia, 2021) Kendaraan yang digunakan untuk mengangkut sampah dapat membakar bahan bakar yang tidak ramah lingkungan, seperti minyak bensin, yang dapat menyebabkan emisi gas rumah kaca dan pencemaran udara. Hal ini dapat menyebabkan pengangkutan sampah yang tidak efisien menjadi salah satu faktor yang menyebabkan perubahan iklim dan dampak negatif terhadap lingkungan dan kesehatan manusia. Pengangkutan sampah yang tidak efisien tidak hanya berakibat pada penumpukan sampah di jalanan dan tempat umum, tetapi juga menimbulkan berbagai masalah lain, seperti:

1. **Kemacetan Lalu Lintas:** Truk pengangkut sampah yang besar dan lambat sering kali menjadi penyebab kemacetan di jalanan. Hal ini dapat mengganggu kelancaran mobilitas masyarakat dan membuang waktu produktif mereka.
2. **Gangguan Tata Ruang Kota:** Kendaraan pengangkut sampah yang parkir sembarangan di tempat yang tidak semestinya dapat mengganggu tata ruang kota dan estetika lingkungan. Hal ini dapat menurunkan nilai estetika kota dan membuat kota terlihat kumuh.
3. **Peningkatan Risiko Kecelakaan:** Kendaraan pengangkut sampah yang tidak terawat dengan baik atau dikendarai dengan ugal-ugalan dapat meningkatkan risiko kecelakaan di jalanan. Hal ini dapat membahayakan keselamatan pengguna jalan lainnya.
4. **Kebisingan:** Kebisingan dari mesin dan klakson kendaraan pengangkut sampah dapat mengganggu kenyamanan masyarakat, terutama di malam hari. Hal ini dapat

berdampak pada kesehatan mental dan kualitas hidup masyarakat.

5. **Pencemaran Udara:** Kendaraan pengangkut sampah yang menggunakan bahan bakar fosil dapat menghasilkan emisi gas buang yang mencemari udara. Hal ini dapat berkontribusi pada masalah kesehatan pernapasan dan kualitas udara yang buruk.

Oleh karena itu, penting untuk menerapkan sistem pengangkutan sampah yang efisien dan berkelanjutan. Hal ini dapat dilakukan dengan berbagai cara, seperti:

- **Optimasi rute pengangkutan:** Rute pengangkutan sampah perlu dioptimalkan untuk meminimalkan jarak tempuh dan waktu yang dibutuhkan.
- **Penggunaan teknologi:** Teknologi GPS dan sistem pelacakan dapat digunakan untuk memantau pergerakan kendaraan pengangkut sampah dan memastikan keefektifan rutenya.
- **Penerapan sistem pengangkutan multimoda:** Pengangkutan sampah dapat dilakukan dengan kombinasi berbagai moda transportasi, seperti truk, kereta api, dan kapal, untuk meningkatkan efisiensi dan mengurangi kemacetan.
- **Peningkatan kesadaran masyarakat:** Masyarakat perlu diedukasi tentang pentingnya menjaga kebersihan lingkungan dan membuang sampah pada tempatnya.

Dengan menerapkan sistem pengangkutan sampah yang efisien dan berkelanjutan, berbagai masalah yang ditimbulkan dapat diatasi. Hal ini akan menciptakan lingkungan yang lebih bersih, nyaman, dan aman bagi masyarakat.

11.5 Penutup

Dampak transportasi terhadap sistem pengelolaan sampah perkotaan sangatlah kompleks dan multidimensi. Dampak ini mencakup aspek ekonomi, lingkungan, dan sosial, yang saling terkait dan tidak dapat dipisahkan. Memahami dampak-dampak ini maka sangat penting untuk merumuskan solusi yang lebih berkelanjutan dan efektif dalam pengelolaan sampah perkotaan. Upaya yang komprehensif dan berkelanjutan perlu dilakukan, dengan melibatkan berbagai pihak, seperti pemerintah, masyarakat, dan sektor swasta.

Pemerintah perlu merumuskan kebijakan dan regulasi yang tepat untuk mendorong pengelolaan sampah yang efisien dan ramah lingkungan. Masyarakat perlu meningkatkan kesadaran dan partisipasinya dalam menjaga kebersihan lingkungan dan membuang sampah pada tempatnya. Sektor swasta dapat berperan dalam menyediakan teknologi dan infrastruktur yang mendukung sistem pengelolaan sampah yang berkelanjutan.

Dengan komitmen dan kerjasama dari semua pihak, sistem pengelolaan sampah perkotaan yang berkelanjutan dan ramah lingkungan dapat terwujud. Hal ini akan menciptakan kota yang lebih bersih, sehat, dan nyaman bagi masyarakat, serta berkontribusi pada pelestarian lingkungan untuk generasi mendatang.

Penting untuk diingat bahwa pengelolaan sampah bukan hanya tanggung jawab pemerintah, tetapi juga tanggung jawab kita semua. Dengan menjaga kebersihan dan membuang sampah pada tempatnya, kita dapat berkontribusi dalam menciptakan lingkungan yang lebih baik bagi diri sendiri dan generasi mendatang.