

PENGOLAHAN SAMPAH

1. Pengolahan Sampah

Pengolahan sampah merupakan bagian dari penanganan sampah dan menurut UU no 18 Tahun 2008 didefinisikan sebagai proses perubahan bentuk sampah dengan mengubah karakteristik, komposisi, dan jumlah sampah. Pengolahan sampah merupakan kegiatan yang dimaksudkan untuk mengurangi jumlah sampah, disamping memanfaatkan nilai yang masih terkandung dalam sampah itu sendiri (bahan daur ulang, produk lain, dan energi). Pengolahan sampah dapat dilakukan berupa : pengomposan, *recycling*/daur ulang, pembakaran (insinerasi), dan lain-lain.

Pengolahan secara umum merupakan proses transformasi sampah baik secara fisik, kimia maupun biologi. Masing masing definisi dari proses transformasi tersebut adalah :

1. Transformasi fisik.

Perubahan sampah secara fisik melalui beberapa metoda atau cara yaitu :

- Pemisahan komponen sampah: dilakukan secara manual atau mekanis, Sampah yang bersifat heterogen dipisahkan menjadi komponen-komponennya, sehingga bersifat lebih homogen. Langkah ini dilakukan untuk keperluan daur ulang. Demikian pula sampah yang bersifat berbahaya dan beracun (misalnya sampah laboratorium berupa sisa-sisa zat kimia) sedapat mungkin dipisahkan dari jenis sampah lainnya, untuk kemudian diangkut ke tempat pembuangan khusus.
- Mengurangi volume sampah dengan pemadatan atau kompaksi: dilakukan dengan tekanan/kompaksi. Tujuan dari kegiatan ini adalah untuk menekan kebutuhan ruang sehingga mempermudah penyimpanan, pengangkutan dan pembuangan. Reduksi volume juga bermanfaat untuk mengurangi biaya pengangkutan dan pembuangan. Jenis sampah yang membutuhkan reduksi volume antara lain: kertas, karton, plastik, kaleng.
- Mereduksi ukuran dari sampah dengan proses pencacahan. Tujuan hampir sama dengan proses kompaksi dan juga bertujuan memperluas permukaan kontak dari komponen sampah.

2. Transformasi Kimia.

Perubahan bentuk sampah secara kimiawi dengan menggunakan prinsip proses pembakaran atau insinerasi. Proses pembakaran sampah dapat didefinisikan sebagai perubahan bentuk sampah padat menjadi fasa gas, cair, dan produk padat yang terkonversi, dengan pelepasan energi panas.

Proses pembakaran ini sangat dipengaruhi oleh karakteristik dan komposisi sampah yaitu :

1. Nilai kalor dari sampah, dimana semakin tinggi nilai kalor sampah maka akan semakin mudah proses pembakaran berlangsung. Persyaratan nilai kalor adalah 4500 kJ/kg sampah agar dapat terbakar.
2. Kadar air sampah, semakin kecil dari kadar air maka proses pembakaran akan berlangsung lebih mudah.
3. Ukuran partikel, semakin luas permukaan kontak dari partikel sampah maka semakin mudah sampah terbakar.

Jenis pembakaran dapat dibedakan atas :

- Pembakaran stoikiometrik, yaitu pembakaran yang dilakukan dengan suplai udara/oksigen yang sesuai dengan kebutuhan untuk pembakaran sempurna.
- Pembakaran dengan udara berlebih, yaitu pembakaran yang dilakukan dengan suplai udara yang melebihi kebutuhan untuk berlangsungnya pembakaran sempurna.
- Gasifikasi, yaitu proses pembakaran parsial pada kondisi substoikiometrik, di mana produknya adalah gas-gas CO, H₂, dan hidrokarbon.
- Pirolisis, yaitu proses pembakaran tanpa suplai udara.

3. Transformasi Biologi

Perubahan bentuk sampah dengan memanfaatkan aktivitas mikroorganisme untuk mendekomposisi sampah menjadi bahan stabil yaitu kompos. Teknik biotransformasi yang umum dikenal adalah:

- Komposting secara aerobik (produk berupa kompos).
- Penguraian secara anaerobik (produk berupa gas metana, CO₂ dan gas-gas lain, humus atau lumpur). Humus/lumpur/kompos yang dihasilkan sebaiknya distabilisasi terlebih dahulu secara aerobik sebelum digunakan sebagai kondisioner tanah.

2. Skala Pengolahan Sampah

Berdasarkan metoda pengolahan dan tanggung jawab pengelolaan maka skala pengolahan dapat dibedakan atas beberapa skala yaitu :

- 1) Skala individu; yaitu pengolahan yang dilakukan oleh penghasil sampah secara langsung di sumbernya (rumah tangga/kantor). Contoh pengolahan pada skala individu ini adalah pemilahan sampah atau komposting skala individu.



a) Pemilahan



b) Komposting

Gambar 1. Pengolahan Skala Individu

- 2) Skala kawasan; yaitu pengolahan yang dilakukan untuk melayani suatu lingkungan/ kawasan (perumahan, perkantoran, pasar, dll). Lokasi pengolahan skala kawasan dilakukan di TPST (Tempat Pengolahan Sampah Terpadu). Proses yang dilakukan pada TPST umumnya berupa : pemilahan, pencacahan sampah organik, pengomposan, penyaringan kompos, pengepakan kompos, dan pencacahan plastik untuk daur ulang.



a) Pemilahan sampah



b) Proses komposting

Gambar 2. Proses pengolahan skala kawasan

- 3) Skala kota; yaitu pengolahan yang dilakukan untuk melayani sebagian atau seluruh wilayah kota dan dikelola oleh pengelola kebersihan kota. Lokasi pengolahan dilakukan di Instalasi Pengolahan Sampah Terpadu (IPST) yang umumnya menggunakan bantuan peralatan mekanis.



a) Lokasi MRF skala kota



b) Proses komposting skala kota

Gambar 3. Proses pengolahan sampah kota

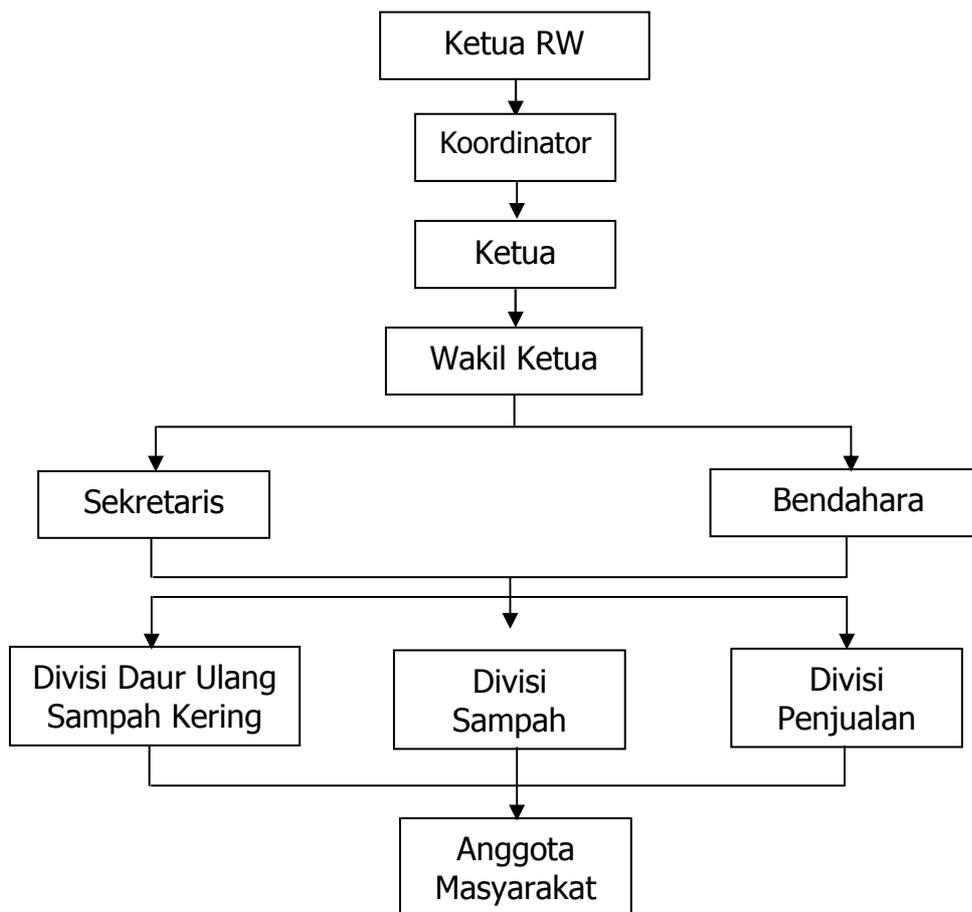
3. Tanggung Jawab Pengelola

Pengolahan sampah merupakan bagian penting dalam penanganan sampah untuk merubah sampah menjadi bentuk yang lebih stabil dan tidak mencemari lingkungan serta mengurangi jumlah sampah yang harus ditimbun di TPA (Tempat Pemrosesan Akhir). Pengelola dari proses pengolahan ini sangat tergantung dari dimana proses pengolahan dilakukan.

Pengolahan skala sumber, sangat berperan dalam mengurangi jumlah sampah yang harus dikelola. Adanya konsep 3R (*reduce, reuse* dan *recycle*) serta pengelolaan sampah berbasis masyarakat mulai merubah pradigma masyarakat tentang sampah. Sampah adalah sumber daya yang harus dikelola sejak mulai dari sumber sampah.

Pengelola di Skala Sumber Sampah dan Skala Kawasan

Pengelolaan sampah berbasis adalah sistem penanganan sampah yang direncanakan, disusun, dioperasikan, dikelola dan dimiliki oleh masyarakat. Tujuannya adalah kemandirian masyarakat dalam mempertahankan kebersihan lingkungan melalui pengelolaan sampah yang ramah lingkungan. Penanggung jawab dari pengelolaan ini termasuk pengolahannya sangat tergantung dari pengelolaan sampah di masyarakat. Sebagai contoh dapat dilihat pada Gambar 4. berikut.



Gambar 4. Skematik Pengelolaan Sampah Skala Sumber

1. Ketua RW
 - Bertanggung jawab terhadap seluruh pelaksanaan kegiatan pengolahan sampah rumah tangga.
 - Memberikan arahan dan masukan kegiatan kepada pengurus, baik melalui ketua maupun melalui pertemuan rutin yang diadakan oleh pengurus.
 - Mengingatkan pengurus, jika terjadi kegiatan yang tidak sesuai dengan apa yang telah disepakati dalam kerangka pencapaian tujuan bersama.
 - Memberikan motivasi kepada pengurus untuk tetap konsisten dalam pengelolaan sampah rumah tangga.

2. Koordinator
 - Melakukan koordinasi dengan pihak terkait baik dari dalam organisasi maupun dari luar organisasi, seperti kelurahan, kecamatan dan Pemerintah Kota Surabaya serta pihak terkait lainnya.
3. Ketua
 - Menyusun rencana kegiatan pengelolaan sampah rumah tangga dengan konsep 3R.
 - Memimpin diskusi pertemuan rutin untuk membahas perkembangan pelaksanaan pengelolaan sampah rumah tangga beserta kelebihan dan kekurangannya.
 - Melakukan kegiatan monitoring dan evaluasi program yang telah disusun.
4. Wakil Ketua
 - Membantu ketua dalam pelaksanaan tugasnya mengelola organisasi.
 - Mewakili ketua untuk memimpin diskusi pertemuan rutin jika ketua berhalangan hadir.
5. Sekretaris
 - Mencatat dan mendokumentasikan hasil rapat atau kesepakatan organisasi.
 - Mengurus surat keluar dan masuk yang ditujukan kepada organisasi.
 - Mencatat barang inventaris yang dimiliki
6. Bendahara
 - Mencatat jumlah sampah yang telah terkumpul dan terjual.
 - Membukukan dan mengelola keuangan organisasi serta memberikan laporan secara transparan untuk kepentingan organisasi sesuai dengan kesepakatan yang dibuat.
7. Divisi Daur Ulang Sampah Kering
 - Mengkoordinasi pengumpulan sampah yang masih bisa didaur ulang.
 - Melakukan daur ulang sampah kering, seperti membuat tas dan tempat sepatu dari plastik kemasan sabun cuci atau minyak goreng.
8. Divisi Sampah Basah
 - Mengkoordinasi pembuatan komposter Takakura atau sejenisnya secara swadaya.
 - Memberikan pelatihan kepada warga tentang tata cara penggunaan komposter Takakura atau sejenisnya.
 - Mengkoordinasi pelaksanaan pengomposan sampah rumah tangga.
9. Divisi Penjualan
 - Mengkoordinasi pengumpulan hasil pemilahan dan daur ulang sampah yang layak untuk dijual
 - Memasarkan dan menjual hasil pemilahan dan daur ulang sampah.
 - Mencatat hasil penjualan dari sampah yang telah dipilah dan didaur ulang
10. Anggota Masyarakat
 - Melakukan pemilahan terhadap sampah basah dan kering.

- Melakukan kegiatan pengomposan dengan keranjang Takakura di rumah masing-masing.
- Menyerahkan hasil pemilahan sampah kering kepada Divisi daur ulang sampah kering dan divisi penjualan.

Pengelola skala kota

Merupakan pengelolaan yang dilakukan untuk melayani sebagian masyarakat yang tinggal dalam suatu wilayah kota yang karena alasan kelayakan ekonomi dan teknis maka perlu terdiri atas sekurang-kurangnya 10% dari jumlah penduduk kota tersebut atau sekurang-kurangnya untuk 1 (satu) wilayah administrasi Kecamatan. Penanggung jawab kegiatan adalah Pemerintah Kota/Kabupaten. Pelaksana kegiatan adalah :

- Pengelola Kebersihan Kota
- Badan Usaha/Swasta
- Lembaga Kemitraan

4. Kompos dan Proses Komposting

Kompos didefinisikan sejenis pupuk organik, dimana kandungan unsur N, P dan K yang tidak terlalu tinggi, hal ini membedakan kompos dengan pupuk buatan. Kompos sangat banyak mengandung unsur hara mikro yang berfungsi membantu memperbaiki struktur tanah dengan meningkatkan porositas tanah sehingga tanah menjadi gembur dan lebih mampu menyimpan air (Tchobanoglous *et al.*,1993). Adapun manfaat dari kompos adalah :

- Memperbaiki struktur tanah;
- Sebagai bahan baku pupuk organik;
- Sebagai media remediasi tanah yang tercemar (pemulih tanah akibat pencemaran bahan kimia yang toxic terhadap mikroba tanah);
- Meningkatkan oksigen dalam tanah;
- Menjaga kesuburan tanah;
- Mengurangi kebutuhan pupuk inorganik.

Cara atau metoda untuk membuat kompos adalah proses komposting. Proses komposting ini merupakan proses dengan memanfaatkan proses biologis yaitu pengembangan massa mikroba yang dapat tumbuh selama proses terjadi. Metoda ini adalah proses biologi yang mendekomposisi sampah (terutama sampah organik yang basah) menjadi kompos karena adanya interaksi kompleks dari organisme yang terdapat secara alami. Berdasarkan prinsip proses biologis ini, maka karakteristik dari mikroba menjadi penting untuk diperhatikan. Jenis mikroba yang dimaksud adalah jenis mikroba yang diklasifikasikan dari cara hidupnya, yaitu :

- Mikroba anaerobic (yaitu mikroba yang hidup tanpa oksigen); jenis mikroba ini juga dibagi dalam 2-jenis yaitu : mesophilic (hidup pada temperatur (20-40 °C), dan thermophilic (hidup pada temperatur (45-70 °C).
- Mikroba aerobic adalah mikroba yang hanya dapat hidup dengan adanya oksigen. Sama dengan mikroba anaerobic berdasarkan fluktuasi kondisi suhu di dalam tumpukan kompos dapat dibedakan menjadi mesophilic dan thermophilic.

Proses komposting merupakan suatu proses yang paling relatif mudah dan murah, serta menimbulkan dampak lingkungan yang paling rendah. Proses ini hampir sama dengan pembusukan secara lamiah, dimana berbagai jenis mikroorganisme berperan secara serentak dalam habitatnya masing-masing. Makanan untuk mikroorganisme adalah sampah, sedangkan suplai udara dan air diatur dalam proses komposting ini.

Jenis sampah sangat mempengaruhi proses composting ini. Sampah yang dapat dikomposkan adalah sampah organik atau sering disebut sampah basah adalah jenis sampah yang berasal dari jasad hidup sehingga mudah membusuk dan dapat hancur secara alami. Contohnya adalah sayuran, daging, ikan, nasi, ampas perasan kelapa, dan potongan rumput /daun/ ranting dari kebun (Gambar 5.)



Daun Kering



Potongan tanaman hias



Sisa sayuran



Sisa buah dan kulit buah

Gambar 5. Sampah yang dapat dikomposkan (ESP, USAID)

5. Teknologi Proses Komposting

Berdasarkan teknologi proses, pengolahan kompos dapat dibedakan sebagai berikut:

- a. Komposting aerobik, menggunakan oksigen
- b. Komposting anaerobik, tanpa menggunakan oksigen

Komposting aerobik

Komposting aerobik, adalah komposting yang menggunakan oksigen dan memanfaatkan *respiratory metabolism*, dimana mikroorganismenya yang menghasilkan energi karena adanya aktivitas enzim yang membantu transport elektron dari elektron donor menuju external electron acceptor adalah oksigen.

Reaksi yang terjadi :



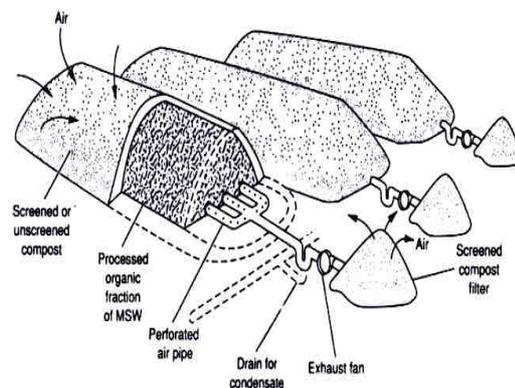
Ada beberapa metoda atau teknologi proses komposting secara aerobik ini yaitu

:

1. *Windrow composting* didefinisikan sebagai sistem terbuka, pemberian oksigen secara alamiah, dengan pengadukan/pembalikan, dibutuhkan penyiraman air untuk menjaga kelembabannya.



a) Windrow composting



b) *Aerated static pile*

Gambar 6. Windrow komposting

Keuntungan :

- Biaya relatif murah untuk windrow komposting
- Proses lebih sederhana dan cepat (khususnya yang menggunakan aerasi mekanis)
- Dapat dibuat dalam skala kecil dan mobile (*in-vessel composting*) Sehingga dapat dibuat dalam bentuk modul-modul)

Kerugian :

- Masih menimbulkan dampak negatif berupa : bau, lalat, cacing dan rodent, serta air leachate

- Operasional kontrol temperatur dan kelembaban sulit, karena kontak langsung dengan udara bebas, sering tidak mencapai kondisi optimal
- Membutuhkan lahan yang luas untuk sistem *windrow composting*, karena proses pengomposan sampai pematangan membutuhkan waktu minimal 60 hari.

Komposting anaerobik

Proses komposting tanpa menggunakan oksigen. Bakteri yang berperan adalah bakteri obligate anaerobik. Proses berlangsung dengan reaksi sebagai berikut :

Komposting cara anaerobik dengan reaksi:



Dalam proses ini terdapat potensi hasil sampingan yang cukup mempunyai arti secara ekonomis yaitu gas bio, yang merupakan sumber energi alternatif yang sangat potensial. Berdasarkan pendekatan *waste to energy (WTE)* diketahui bahwa 1 ton sampah organik dapat menghasilkan 403 Kwh listrik.

Keuntungan :

- Tidak membutuhkan energi, tetapi justru menghasilkan energi
- Dalam tangki tertutup sehingga tidak menimbulkan dampak negatif terhadap lingkungan

Kerugian :

- Untuk pemanfaatan biogas dibutuhkan kapasitas yang besar karena faktor skala ekonomis, sehingga kurang cocok diterapkan pada suatu kawasan kecil
- Biaya lebih mahal, karena harus dalam reaktor yang tertutup.

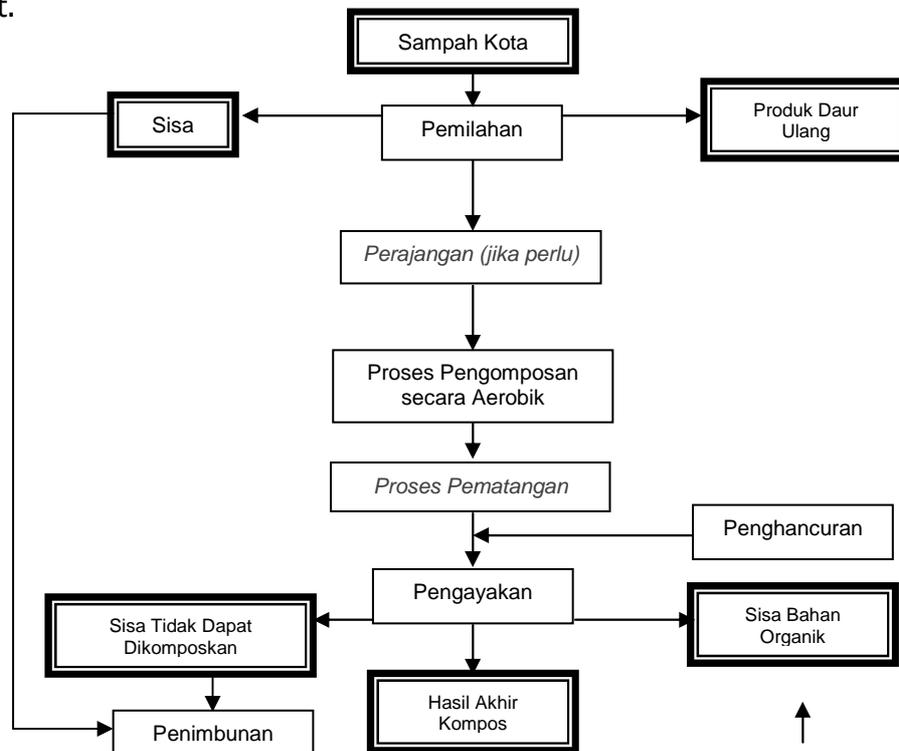
Untuk menunjang keberhasilan dalam proses komposting ada beberapa faktor yang perlu diperhatikan dan sangat mempengaruhi berjalannya proses ini yaitu :

1. Kadar air, untuk menjaga aktivitas mikroorganisme. Kadar air berkisar antara 50-60%, optimum 55%.
2. Rasio C/N, dimana karbon (C) merupakan sumber energi bagi mikroorganisme, sedangkan nitrogen (N) berfungsi untuk membangun sel-sel tubuh mikroorganisme. Nilai C/N berkisar antara 25-50.
3. Temperatur, merupakan faktor penting dalam kehidupan mikroorganisme agar dapat hidup dengan baik. Suhu pada hari-hari pertama pengomposan harus dipertahankan berkisar antara 50-55°C, sedangkan pada hari-hari berikutnya 55-60°C.
4. pH, juga sebagai indikator kehidupan mikroorganisme. Rentang pH dipertahankan berkisar antara 7 sampai 7,5.

5. Ukuran partikel, berhubungan dengan peningkatan rata-rata reaksi dalam proses. Ukuran partikel berkisar antara 25-75 mm.
6. *Blending* dan *Seeding*, pencampuran ini dipengaruhi oleh rasio C/N dan kadar air. Lumpur tinja sering ditambahkan pada komposting sampah untuk meningkatkan rasio C/N.
7. Suplai oksigen, sangat penting dalam proses pengomposan secara aerobik. Suplai oksigen secara teoritis biasanya ditentukan berdasarkan komposisi sampah yang dikomposkan.
8. Pengadukan, berfungsi untuk menjaga kadar air, menyeragamkan nutrient dan mikroorganisme.
9. Kontrol pathogen, dilakukan dengan pengontrolan suhu, dimana pathogen biasanya akan mati pada suhu 60-70°C selama 24 jam.

6. Operasional Proses Komposting

Operasional proses komposting secara umum sangat tergantung dari teknologi yang digunakan dan tergantung dari alat komposter dan lokasi dimana proses komposting dilaksanakan. Secara umum proses komposting secara aerobik dengan windrow komposting untuk skala kawasan atau kota dapat dilihat pada Gambar 7 berikut.



Gambar 7. Operasional Proses Pengomposan Secara Aerobik

1) Pemilahan

Pada pengomposan, sampah dipilah dan bahan organik biodegradable diproses menjadi kompos. Ada beberapa metode pemilahan yaitu :

- Secara manual; dimana sampah dibongkar dan dipilah sepenuhnya dengan tenaga manusia.
- Secara semi mekanis yaitu dengan bantuan ban berjalan yang dibantu oleh petugas pemilah;
- Secara mekanis :
 - Sampah berjalan diatas conveyor selanjutnya akan mengalami beberapa tahapan proses yaitu
 - Pemisahan logam besi dengan menggunakan magnet
 - Pemisahan sampah ringan dengan air separator
 - Pemisahan organik dengan saringan putar (*rotary screen*) atau saringan getar

2) Pencacahan

Pencacahan ini berfungsi untuk memperbesar luas permukaan kontak dari sampah sehingga mempercepat proses komposting.

Pencacahan pada skala kawasan

- Motor penggerak mesin cacah dihidupkan hingga stationer
- Sampah organik dituangkan ke dalam hopper hingga tercacah dan keluar dalam bentuk serpihan dan ditampung untuk proses berikutnya

Pencacahan pada skala kota

- Sampah dituangkan ke lubang penerimaan (*hopper*).
- Dengan menggunakan conveyor, sampah dimasukkan kedalam mesin cacah (*chrusher*)
- Pencacahan dalam mesin dengan menggunakan penghancur (*hammer*)
- Sampah yang telah hancur berjalan melalui conveyor menuju proses selanjutnya.

3) Proses Komposting

Windrow komposting :

- Sampah organik ditumpuk diatas lorong udara sampai ketinggian 1,5 m membentuk lajur-lajur (*row*) dengan panjang sesuai rencana
- Aliran udara dari lorong akan menyediakan udara/oksigen bagi proses dekomposisi yg berlangsung
- Tumpukan sampah dibalik untuk menjaga agar kelembaban atau suhu selalu berada dalam batas yang diijinkan
- Kompos akan terbentuk sekitar 5-6 minggu

- Proses pematangan kompos perlu waktu 1-2 minggu

Proses *Static Pile* :

- Sampah organik ditumpuk diatas lahan yang telah dilengkapi dengan sistem perpipaan porous untuk penghawaan
- Aliran udara diberikan melalui perpipaan dengan bantuan blower
- Kompos akan terbentuk sekitar 3-4 minggu
- Proses pematangan kompos perlu waktu 1-2 minggu

4) Proses pematangan

Hal lain yang perlu diperhatikan dalam composting adalah fase kematangan kompos. Kematangan kompos didefinisikan sebagai keadaan antara bahan organik mentah dengan busuk sempurna atau mati. Indikator yang biasanya digunakan sebagai indikasi kematangan kompos adalah :

1. Suhu, setelah beberapa lama dalam keadaan termofilik suhu akan menurun mendekati suhu ruangan. Jika proses pengadukan tidak menyebabkan suhu meningkat kembali dan suhu sudah stabil, maka dapat dianggap kompos mencapai kematangan.
2. Rasio C/N, selama proses berlangsung rasio C/N akan mengalami penurunan. Standard pengukuran kematangan kompos adalah rasio C/N ≤ 20 .
3. Bentuk fisik, secara sederhana untuk mengetahui kompos sudah matang atau tidak adalah dari bentuk fisik yang menyerupai tanah.
4. Bau, jika kompos diambil dalam dua genggam tangan, dimasukkan dalam kantong plastik dan diamkan selama 2 x 24 jam. Bila kantong plastik menggelembung dan panas atau waktu kantong dibuka menimbulkan bau yang menyengat, maka kompos belum matang.

5) Pengayakan

Berfungsi untuk memisahkan sampah halus dan sampah kasar, serta berfungsi untuk memisahkan antara sampah yang belum menjadi kompos dengan produk kompos.



Gambar 8. Pengayakan Kompos

7. Standar Kompos

Pengendalian mutu dari kompos sangat penting diperhatikan karena akan mempengaruhi kondisi tanah dan tanaman yang akan menyerap unsur-unsur yang disediakan oleh kompos. Selain itu kompos dibuat dari bahan seperti sampah dengan campuran lumpur dan kotoran sehingga diharuskan ada *quality control* untuk mencegah adanya kontaminasi dari bahan berbahaya yang terkandung dalam bahan baku pembuat kompos.

Standard baku mutu kompos berdasarkan SNI 19-7030-2004 dapat dilihat pada tabel 1 berikut.

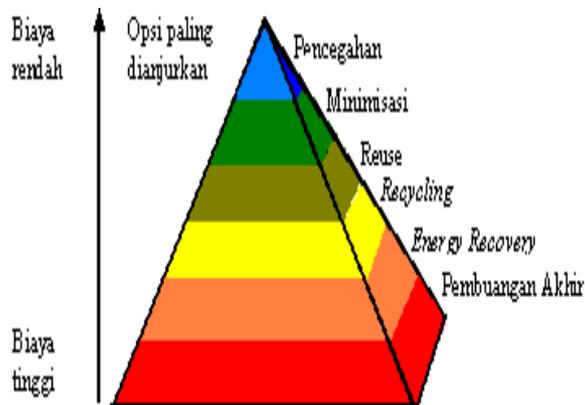
Tabel 1. Standar Kualitas Kompos

No	Parameter	Satuan	Minim	Maks	No	Parameter	Satuan	Minim	Maks
1	Kadar Air	%	°C	50	17	Cobal (Co)	mg/kg	*	34
2	Temperatur			Suhu air tanah	18	Chromium (Cr)	mg/kg	*	210
3	Warna			Kehitaman	19	Tembaga (Cu)	mg/kg	*	100
4	Bau			Berbau tanah	20	Mercuri (Hg)	mg/kg		0,8
5	Ukuran Partikel	mm	0,55	25	21	Nikel (Ni)	mg/kg	*	62
6	Kemampuan Ikat Air	%	58		22	Timbal (Pb)	mg/kg	*	150
7	pH		6,80	7,49	23	Selenium (Se)	mg/kg	*	2
8	Bahan Asing	%	*	1,5	24	Seng (Zn)	mg/kg	*	500
	Unsur Makro					Unsur Lain			
9	Bahan Organik	%	27	58	25	Calcium	%	*	25,50
10	Nitrogen	%	0,40		26	Magnesium (Mg)	%	*	0,60
11	Karbon	%	9,80	32	27	Besi (Fe)	%	*	2,00
12	Phosfor (P205)	%	0,10		28	Aluminium (Al)	%		2,20
13	C/N-rasio		10	20	29	Mangan (Mn)	%		0,10
14	Kalium (K20)	%	0,20	*		Bakteri			
	Unsur Mikro				30	Fecal Coli	MPN/gr		1000
15	Arsen	mg/kg	*	13	31	Salmonella sp.	MPN/4 gr		3
16	Cadmium (Cd)	mg/kg	*	3					

Keterangan : * Nilainya lebih besar dari minimum atau lebih kecil dari maksimum

8. Daur Ulang Sampah

Daur ulang didefinisikan suatu proses mengumpulkan, memisahkan, melakukan proses, menjual material yang dapat dimanfaatkan kembali atau mengubah menjadi material baru. Dalam pengelolaan sampah terpadu daur ulang merupakan salah satu bagian penting yang ditunjukkan dengan hirarki seperti pada Gambar 9 berikut.



Gambar 9. Hirarki Pengelolaan Sampah

Ada beberapa kegiatan yang terkait dengan hirarki pengelolaan sampah diatas yaitu :

1. Pencegahan (*Prevention*)
 - mengurangi pola konsumsi berlebihan
 - menggunakan produk sistem sewa
2. Minimisasi
 - menggunakan produk dengan kemasan yang dapat digunakan ulang,
 - menggunakan produk sistem *refill*
 - memilah sampah daur ulang
3. Pemanfaatan kembali (*Reuse*)
 - memanfaatkan barang bekas untuk fungsi sama atau berbeda.
 - menyumbangkan barang bekas ke pihak yang dapat memanfaatkan
4. Daur ulang (*Recycling*)
Mengubah bentuk & sifat sampah melalui proses bio-fisik-kimiawi menjadi produk baru (sampah basah diolah menjadi kompos, sampah plastik diolah menjadi pelet)
5. Perolehan energi (*energy recovery*)
Mengubah sampah melalui proses biofisikkimiawi menjadi energi (briket sampah, proses thermal (insinerasi, pyrolisis, gasifikasi), serta biogas)

6. Pembuangan akhir

Membuang seluruh komponen sampah ke TPA, atau membakarnya dengan proses incenerasi

Keuntungan yang diperoleh dengan menerapkan daur ulang dalam pengelolaan sampah antara lain:

1. Menghemat penggunaan sumber daya alam, karena dengan adanya daur ulang secara langsung akan menghemat bahan baku dalam proses produksi.
2. Menghemat lahan TPA, karena akan mengurangi volume sampah yang masuk ke TPA sehingga dapat memperpanjang masa pakai TPA.
3. Menghemat energi, karena dapat mempersingkat alur dalam proses produksi.
4. Menciptakan lapangan kerja, baik dalam proses pemilahan, pembuatan produk maupun penjualan.
5. Mengurangi biaya pengelolaan sampah, merupakan dampak langsung dari berkurangnya sampah yang diangkut ke TPA.
6. Meningkatkan kualitas lingkungan, karena dengan adanya daur ulang volume sampah semakin sedikit.

Program daur ulang dalam perencanaan dan pelaksanaan memerlukan beberapa tahap:

1. Pengembangan rencana daur ulang.
2. Penentuan kuantitas dan kualitas sampah yang dapat di daur ulang dan menentukan jenis bahan yang dapat di daur ulang.
3. Rencana pelayanan ke berbagai sumber timbulan (perumahan, komersil dll).
4. Merencanakan dan mempersiapkan fasilitas proses yang diperlukan.
5. Mengembangkan pasar dari produk-produk daur ulang.

Jenis sampah yang dapat di daur ulang sangat banyak dan dengan berbagai proses akan menjadi bahan baku untuk proses produksi, antara lain:

- Penggunaan langsung: kayu, drum, meubel, dsb
- Bahan baku untuk remanufakturing: logam aluminium, besi, kertas, karton, gelas, plastik, karet, dsb. Setiap bahan memerlukan spesifikasi yang ditentukan pembeli, seperti: tingkat kemurnian, densitas, model pengemasan
- Bahan baku untuk konversi biologik dan kimiawi: sampah organik untuk produksi kompos dan gas
- Bahan bakar: recovery energi panas menjadi listrik melalui proses pembakaran, melalui konversi sampah menjadi minyak, gas, pelet dsb.
- Reklamasi lahan: sampah konstruksi bangunan, kompos

Berdasarkan jenis sampah di atas dapat ditentukan secara spesifik proses pengolahan lanjutan yang akan dilakukan, seperti:

- Penggunaan langsung: masih dapat digunakan kembali, tingkat kebersihan (contoh: sepeda, meubel bekas)
- Bahan baku untuk remanufakturing:
 - Aluminium: ukuran partikel, tingkat kebersihan, kelembaban, densitas, jumlah, cara pengiriman, pembeli
 - Kertas & karton: sumber, grade, tidak ada majalah, tidak ada perekat, kelembaban, jumlah, cara penyimpanan, pembeli
 - Gelas: warna, tidak ada label, logam, & keramik, tingkat kebersihan, jumlah, cara penyimpanan, pembeli
 - Logam besi: sumber, densitas, tingkat kebersihan, tingkat kontaminasi dengan kaleng, aluminium, timbal, jumlah, cara pengiriman, pembeli
 - Logam non-besi: bervariasi menurut kebutuhan dan pasar
 - Tekstil: jenis bahan, tingkat kebersihan
- Bahan baku untuk biokonversi:
 - Sampah kebun: komposisi, ukuran partikel, distribusi ukuran, tingkat kontaminasi
 - Sampah organik: komposisi, tingkat kontaminasi
- Bahan baku untuk bahan bakar:
 - sampah kebun: komposisi, ukuran partikel, kadar air
 - sampah organik: komposisi, nilai kalori, kelembaban, keterbatasan penyimpanan, jumlah, pemasaran dan distribusi produk energi
 - kayu: komposisi, tingkat kontaminasi.
- Reklamasi:
 - sampah konstruksi: komposisi, tingkat kontaminasi, peraturan reklamasi yang berlaku, tata guna lahan

9. Tempat Pengolahan Sampah Terpadu (TPST)/IPST

Tempat Pengolahan Sampah Terpadu (TPST) atau *Material Recovery Facility* (MRF) didefinisikan sebagai tempat berlangsungnya kegiatan pemisahan dan pengolahan sampah secara terpusat. Kegiatan pokok di MRF ini adalah:

- pengolahan lebih lanjut sampah yang telah dipilah di sumbernya
- pemisahan & pengolahan langsung komponen sampah kota
- peningkatan mutu produk *recovery/recycling*

Jadi fungsi MRF & MR (*Material Recovery*)/TF adalah sebagai tempat berlangsungnya pemisahan, pencucian/pembersihan, pengemasan, dan pengiriman produk daur ulang sampah. Sedangkan pertimbangan teknis adanya MRF adalah :

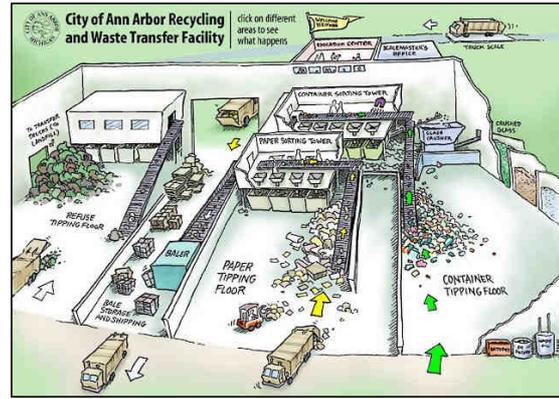
1. penetapan definisi dan fungsi MRF
2. penentuan komponen sampah yang akan diolah untuk saat sekarang dan masa mendatang

3. identifikasi spesifikasi produk
4. pengembangan diagram alir proses pengolahan
5. penentuan laju beban pengolahan
6. penentuan lay-out dan disain
7. penentuan peralatan yang digunakan
8. penentuan upaya pengendalian kualitas lingkungan
9. penentuan pertimbangan-pertimbangan estetika
10. penentuan adaptabilitas peralatan terhadap perubahan-perubahan yang mungkin terjadi

10. Rancangan TPST/IPST

MRF sebagai tempat daur ulang sampah, memerlukan fasilitas berdasarkan komponen sampah yang masuk dan yang akan dikelola. Secara umum dibedakan atas:

1. Fasilitas *pre-processing*, merupakan tahap awal pemisahan sampah, mengetahui jenis sampah yang masuk, meliputi proses-proses sebagai berikut:
 - Penimbangan, mengetahui jumlah sampah yang masuk.
 - Penerimaan dan penyimpanan, menentukan area untuk mengantisipasi jika sampah yang terolah tidak secepat sampah yang datang ke lokasi.
2. Fasilitas pemilahan, bisa secara manual maupun mekanis. Secara manual akan membutuhkan area dan tenaga kerja untuk melakukan pemilahan dengan cepat, sedangkan secara mekanis akan mempermudah proses pemilahan dan menghemat waktu. Peralatan mekanis yang digunakan antara lain:
 Alat untuk memisahkan berdasarkan ukuran : *reciprocating screen, trommel screen, disc screen*. Alat untuk memisahkan berdasarkan berat jenis : *air classifier*, pemisahan inersi, dan *flotation*.
3. Fasilitas pengolahan sampah secara fisik, setelah dipilah sampah akan ditangani menurut jenis dan ukuran material tersebut. Peralatan yang digunakan antara lain : *hammer mill dan shear shredder*.
4. Fasilitas pengolahan yang lain seperti komposting, ataupun RDF.



Gambar 10. Contoh Operasi MRF (TPST)

Faktor-faktor yang menentukan fungsi dari MRF adalah :

1. Peranan MRF dalam pengelolaan sampah.
2. Jenis komponen yang diolah.
3. Bentuk sampah yang diserahkan ke MRF.
4. Pengemasan dan penyimpanan produk.

Pada tabel 2 berikut dapat dilihat contoh bahan yang dapat di daur ulang di MRF, proses operasi dan kebutuhan peralatan.

Tabel 2. Contoh bahan, operasi serta kebutuhan peralatan dalam MRF

Bahan	Operasi	Kebutuhan peralatan
Kertas dan karton	Pemisahan secara manual kertas yang berkualitas tinggi dan karton, baling	Front end loader, conveyor, baler, forklift
Plastik campuran	Pemisahan manual PETE & HDPE, baling, penyimpanan	Areal penerimaan, conveyor, kontainer untuk penyimpanan, baler, forklift
Gelas campuran	Pemisahan manual gelas warna hijau, bening, dan warna lain Penyimpanan.	Areal penerimaan, conveyor, penghancur gelas, kontainer untuk penyimpanan, baler, forklift

Terkait dengan pengolahan maka ada beberapa proses yang bisa berlangsung di TPST atau MRF ini yaitu :

1. Transformasi fisik yaitu : pemisahan sampah dengan berbagai metoda seperti pemisahan secara manual maupun pemisahan secara mekanik menggunakan

beberapa peralatan, seperti *rotating screen*, *magnetic separation* dan lain-lain (Gambar 11)



a) *Rotating Screen*

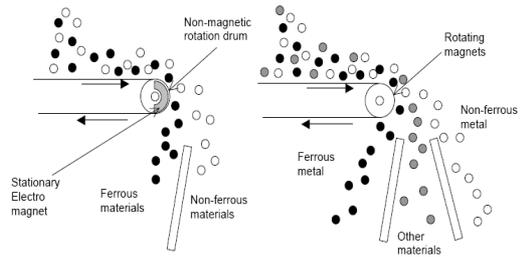


Figure 2.10. Magnetic separation

Figure 2.11. Electric separation

b) *Magnetic dan Electric Conveyor*

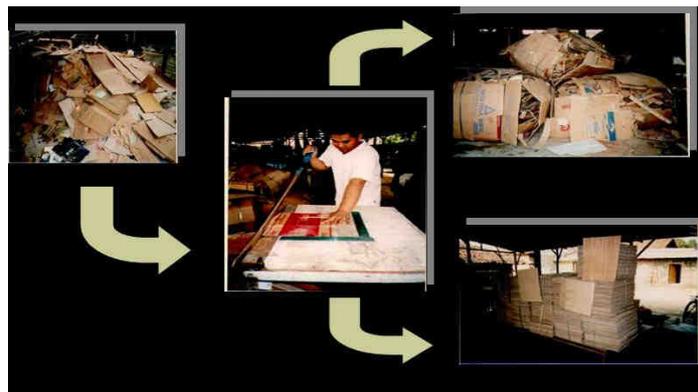
Gambar 11. Peralatan Pemisahan Sampah

Selain itu sampah-sampah lain seperti plastik, kardus dan lain-lain mengalami proses pemisahan dan pencacahan. Pada Gambar 12. berikut dapat dilihat alur pengolahan sampah plastik dan sampah kardus secara fisik. Proses kompaksi juga dapat terjadi di lokasi ini dengan penerapan dari *baling*.

2. Transformasi biologi yaitu proses pengomposan yang bisa diterapkan baik dalam skala TPST maupun IPST. Proses pengomposan ini bisa menggunakan beberapa metoda seperti windrow composting atau komposter angin dan proses pengomposan yang lain. Pemilihan teknologi sangat tergantung pada beberapa faktor antara lain : ketersediaan lahan dan kemudahan operasional proses pengomposan serta meminimalkan dampak negatif yang mungkin timbul.
3. Transformasi kimia, dengan mengubah sampah menjadi briket sampah. Sampah dapat digunakan sebagai sumber energi dengan memanfaatkan nilai kalor yang ada di dalam sampah.



a) Pencacahan sampah plastik



b) Pengolahan sampah kardus.

Gambar 12. Pengolahan sampah dengan pencacahan dan kompaksi

Selain keuntungan ada beberapa masalah yang harus diperhatikan dalam penerapan MRF ini yaitu:

1. Lokasi MRF (TPST)

Lokasi sebaiknya jauh dari permukiman penduduk dan industri, dengan pertimbangan MRF akan mendapatkan daerah penyangga yang baik dan mampu melindungi fasilitas yang ada. Tetapi tidak menutup kemungkinan lokasi dekat dengan permukiman atau industri, hanya saja dibutuhkan pengawasan terhadap operasional MRF sehingga dapat diterima di lingkungan.

2. Emisi ke lingkungan.

MRF yang akan dioperasikan harus melihat kemampuan lingkungan dalam menerima dampak yang ditimbulkan dari adanya fasilitas MRF, misalnya : kebisingan, bau, pencemaran udara, estetika yang buruk dan lain-lain. Pendekatan desain yang terbaik adalah merencanakan dengan baik

- penentuan lokasi MRF, menerapkan sistem bersih lokasi dan pengoperasian yang ramah lingkungan.
3. Kesehatan dan keamanan masyarakat
Kesehatan dan keamanan masyarakat secara umum sangat terkait dengan proses yang ada di dalam MRF. Jika proses di MRF direncanakan dan dilaksanakan dengan baik, maka dampak negatif yang akan ditimbulkan pada masyarakat dapat diminimalkan.
 4. Kesehatan dan keselamatan pekerja
Pengoperasian MRF juga menimbulkan resiko terhadap para pekerja, seperti kemungkinan adanya paparan dari bahan-bahan toksik yang masuk ke lokasi MRF, sehingga pekerja harus dilengkapi peralatan *safety* pribadi. Contoh peralatan tersebut pakaian yang aman, sepatu boot, sarung tangan, masker dan lain-lain.

Perancangan IPST/TPST

Ada beberapa langkah untuk merancang dari TPST/IPST ini yaitu :

1. *Material Balance Analysis*
Mengetahui jumlah sampah yang masuk ke lokasi pengolahan termasuk komposisi dan karakteristik sampah. Langkah ini bertujuan untuk membuat *material balance* guna mengetahui proses pengolahan yang akan dilakukan serta berapa banyak produk yang dihasilkan dan residu yang dihasilkan. Langkah ini juga merupakan langkah awal untuk menentukan prakiraan luas lahan serta kebutuhan peralatan bagi sistem di TPST.
2. Identifikasi seluruh kemungkinan pemanfaatan material tersebut
Mengetahui karakteristik sampah dan pemanfaatannya untuk bisa mengembangkan diagram alir proses pemanfaatan dan *material balance*.
3. Perhitungan akumulasi sampah
Menentukan dan menghitung jumlah akumulasi dari sampah, berapa sampah yang akan ditangani di dalam MRF dan laju akumulasi dengan penetapan waktu operasional dari MRF.
4. Perhitungan material *loading rate*
Perhitungan jumlah pekerja dan alat yang dibutuhkan serta jam kerja dan waktu operasional dari peralatan yang digunakan di dalam MRF.
5. Layout dan desain
Tata letak di dalam lokasi MRF agar mempermudah pelaksanaan pekerjaan.

Contoh rancangan MRF/TPST

Rencana desainnya sebagai berikut :

- Fasilitas daur ulang sampah direncanakan pada lokasi depo yang memiliki luas < 400 m², sedangkan depo dengan luas > 400 m² digunakan untuk fasilitas komposting. Pemilihan lokasi juga memperhatikan jumlah depo masing-masing kelurahan.
- TPS (Tempat Pembuangan Sementara) dibagi menjadi 3 bagian utama yaitu: tempat kontainer, tempat pemilahan dan tempat penyimpanan.
- Kontainer hanya digunakan untuk pengumpulan residu yang akan dibuang ke TPA. Satu TPS dirancang hanya membutuhkan satu kontainer. Jenis kontainer untuk masing-masing TPS direncanakan seperti yang tercantum dalam Tabel 3. Luas lahan yang diperlukan untuk meletakkan kontainer dapat dilihat pada Tabel 4.
- Kapasitas pengolahan dihitung berdasarkan kebutuhan lahan yang diperlukan untuk sorting (pemilahan) dan penimbunan tiap 1m³ sampah.

Tabel 3. Luas TPS/Depo dan Kontainer yang Digunakan

Luas Lahan TPS (m²)	Dimensi Lahan (m x m)	Volume Kontainer yang Digunakan (m³)
50	5 x 10	8
100	10 x 10	8
200	10 x 20	14
300	10 x 30	14
400	15 x 27	14
500	15 x 34	14
1000	15 x 67	14

Tabel 4. Luas Lahan untuk Kontainer

Luas Lahan TPS (m ²)	Dimensi/Ukuran Kontainer (m x m)	Luas Lahan untuk Kontainer (m ²)
50	4 x 5	20
100	4 x 10	40
200	8 x 10	80
300	8 x 10	80
400	8 x 15	120
500	8 x 15	120
1000	8 x 15	120

Perhitungan Luas Tempat Sorting (Pemilahan)

Tinggi maksimum timbunan sampah pada bak pemilah = 0.3 m
 Lebar bak pemilah = 2 m, untuk mempermudah pemisahan sampah oleh pekerja. Pekerja bekerja pada kedua sisi meja sorting (pemilahan).

Dalam 1 m³ sampah daur ulang diperlukan luas tempat sorting (pemilahan):

Lebar = 2 m

Tinggi = 0.3 m

Panjang = 1.7 m

Luas area = luas tempat sorting (pemilahan) + luas jarak antara
 = 3.4 + 9.18 = 12.58 m²

Apabila diperkirakan waktu yang diperlukan untuk memilah sampah dengan volume 1 m³ dengan 2 orang pekerja selama 30 menit, maka untuk 7 jam kerja dapat dipilah sampah sebesar 14 m³ sampah.

Perhitungan Luas Penimbunan Bahan Terpilah

Volume bahan terpilah tiap 1 m³ sampah input, didapat :

Kertas = 0.29071 m³

Logam = 0.00616 m³

Plastik = 0.17425 m³

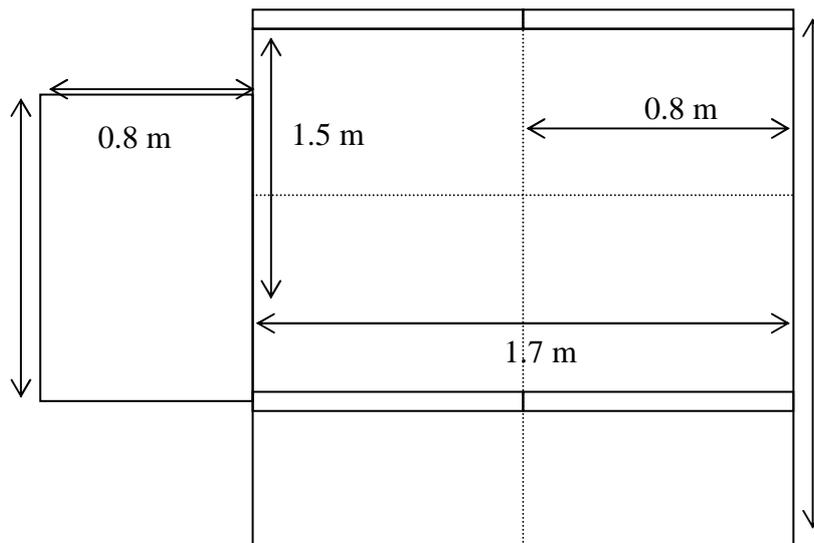
Kaca = 0.00089 m³

Residu ke TPA = 0.52858 m³

Dari neraca massa di atas, dihitung luas lahan yang diperlukan untuk tiap komponen terpilah. Dengan waktu penyimpanan maksimum 1 hari atau 7 jam kerja, maka volume bak penimbunan yang dibutuhkan :

Tabel 5. Dimensi Bak Penimbunan

Material	Volume (m ³)	Dimensi bak (m)	Frek.Pengambilan (kali/hari)
Kertas	4.06994	1.5x0.8x0.5	8
Logam	0.086	1.5x0.5x0.5	1
Plastik	2.439	1.5x0.8x0.5	4
Kaca	0.0124	0.2x0.5x0.5	1
Residu ke TPA	7.4	1.5x0.8x0.5	12



Bak Pemilah Sampah Daur Ulang

Bangunan Pelengkap

Untuk penyimpanan material daur ulang yang telah terpilah disediakan gudang penyimpanan dengan ukuran 3x 3 meter.

Sedangkan rumah jaga untuk petugas operasional MRF dengan ukuran 4 x 6 meter.

Pengomposan

Sampah organik yang diterima oleh Depo Daur Ulang Sampah kemudian mengalami proses pemilahan oleh petugas sebelum dikomposkan. Sampah

yang mudah dikomposkan, dicacah, kemudian ditumpuk untuk proses pengomposan. Ada beberapa alternatif pengomposan yang dapat dilakukan:

a. Proses Aerobik

- Sampah ditumpuk di atas para-para. Sampah perlu dibalik pada perioda waktu tertentu, untuk memastikan pemberian oksigen pada sampah cukup merata. Lama pengomposan sampah dengan cara ini \pm 60 hari. Cara ini telah dilakukan di UPDK Bratang.
- Untuk mempercepat waktu pengomposan, mengingat keterbatasan lahan, maka pemberian oksigen dapat dilakukan dengan cara memberi oksigen ke dalam tumpukan sampah. Tetapi sebagai konsekwensinya, perlu energi tambahan untuk proses pemberian (suplay) oksigen.
- Sampah dimasukkan ke dalam tong berlubang yang dapat diputar. Kapasitas tong tidak lebih dari 1 m³, karena jika terlalu besar, sampah tidak dapat tercampur pada saat diputar.

b. Proses Anaerobik/Fakultatif

- Sampah yang telah dicacah dimasukkan ke dalam bak sampah tertutup. Sampah dicampur dengan biofermentor. Leachate yang diperoleh dari hasil pengomposan juga sudah mengandung mikroba, sehingga dapat dimanfaatkan kembali pada proses pengomposan selanjutnya. Jika lama pengomposan yang diperlukan \pm 30 hari, maka diperlukan 30 unit bak-bak dengan volume bak sampah sesuai dengan kapasitas pengolahan setiap hari. Atau bak dapat dirancang untuk menerima sampah selama 5 hari, maka jumlah bak sampah yang diperlukan menjadi 6 unit. Penggunaan cara ini, dapat mengurangi kebutuhan luas lahan, karena bak dapat dibangun ke atas.

Contoh Soal : Daur Ulang di TPS

Model Desain Fasilitas Komposting

Rencana desainnya adalah :

1. TPS dibagi menjadi tiga bagian utama, yaitu tempat kontainer, tempat proses awal dan lahan pematangan.
2. Kontainer hanya digunakan untuk pengumpulan residu yang akan dibuang ke TPA.
3. Dilakukan pemilahan awal secara manual untuk bahan yang tidak dapat dikomposkan.
4. Dilakukan pencacahan bahan hingga mencapai ukuran 2 cm.
5. Sistem komposting terpilih adalah:

- **Alternatif 1 :**
secara *anaerobic fakultatif*, dengan penambahan inokulum EM4. Waktu proses komposting selama 30 hari.
- **Alternatif 2 :**
secara aerobic, windrow komposting terbuka, dengan penambahan inokulum EM 4. Waktu proses komposting selama 30 hari.

- **Alternatif 1**

Perhitungan luas lahan komposting :

Luas lahan komposting dihitung dengan kebutuhan lahan yang diperlukan untuk sorting (pemilahan), alat pencacah dan areal pematangan tiap 1 m³ sampah.

Lahan sorting (pemilahan) awal

Volume sampah input : 1 m³

Sorting dilakukan dengan garpu penggaruk manual, kedalaman timbulan pada bak sorting : 0.5 m.

Luas bak sorting = $1 / 0.5 = 2 \text{ m}^2$

Maka : panjang = 2 m, lebar = 1 m

Luas total = Luas bak sorting (pemilahan) + luas jarak antara
= $2 \text{ m}^2 + 10 \text{ m}^2 = 12 \text{ m}^2$.

Apabila diperkirakan waktu yang diperlukan untuk memilah sampah dengan volume 1 m³ dengan 2 orang pekerja selama 30 menit, maka untuk 7 jam kerja dapat dipilah sampah sebesar 14 m³ sampah.

Pencacahan

Volume bahan yang dicacah = $(0.8 \times 14) \text{ m}^3/\text{hari} = 11.2 \text{ m}^3/\text{hari}$ (80% yang akan dimanfaatkan)

Kapasitas alat pencacah mekanis : 2 m³/jam

Dimensi alat : p x l x t = 1 x 2 x 1 m

Dengan jam operasional alat selama 7 jam maka alat dapat mencacah sampah sebanyak 14 m³/hari.

Kebutuhan luas penampung hasil cacahan :

Tinggi = 1 m, Panjang = 1 m, Lebar = 1,5 m

Luas total = luas penampung + luas alat + luas jarak antara
= $1.5 + 2 + 13 = 16.5 \text{ m}^2$.

Luas areal pematangan

Volume hasil pencacahan = 11.2 m³/hari

Desain waktu pengomposan : 30 hari pada *anaerobic fakultatif composting* dengan penambahan inokulum EM 4.

Perhitungan luas area *composting*:

$$V = 11.2 \text{ m}^3/\text{hari} \times 30 \text{ hari} = 336 \text{ m}^3$$

Bila dimensi bak komposting :

Tinggi = 1.2 m, Lebar = 1.5 m, Panjang bak = 186 m

$$\begin{aligned} \text{Luas area} &= \text{Luas bak} + \text{luas jarak antara} \\ &= 279 + 375 = 654 \text{ m}^2 \end{aligned}$$

• Alternatif 2

Luas areal pematangan

Volume hasil pencacahan = 11.2 m³/hari

Desain waktu pengomposan : 30 hari secara aerobik windrow komposting terbuka dengan penambahan inokulum EM 4.

Perhitungan luas area *composting*:

$$V = 11.2 \text{ m}^3/\text{hari} \times 30 \text{ hari} = 336 \text{ m}^3$$

Luas penampang timbunan (UPDK, 1992)

$$L_1 = 0.6 \text{ m} \quad T_2 = 0.6 \text{ m}$$

$$L_2 = 1.75 \text{ m} \quad P = 10 \text{ m}$$

$$T_1 = 1.5 \text{ m}$$

$$\begin{aligned} \text{Luas penampang} &= \{(1.75 + 1)/2\} \times 1.5 \\ &= 2.0625 \text{ m}^2 = 2 \text{ m}^2 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \text{Kebutuhan panjang tumpukan} &= 336 \text{ m}^3 / 2 \text{ m}^3 \\ &= 168 \text{ m} \end{aligned}$$

$$\text{Luas area timbunan} = 168 \times 1.75 = 294 \text{ m}^2$$

Kebutuhan luas lahan untuk *composting* secara aerobik dapat dilihat pada Tabel 6.

Tabel 6. Kebutuhan Komposting dengan *Aerobic Windrow Composting* untuk 1 m³ Sampah Input/jam

	Komposting dengan Aerobic Windrow
Sampah Input	1 m ³ /30 menit (14 m ³ /hari)
Jumlah Pekerja	2 orang/ m ³ /30menit
Sampah Hasil Sorting (pemilahan)	0.8 m ³ /30 menit (11.2 m ³ /hari)
Bak Sorting (pemilahan)	Panjang = 2 m Lebar = 1 m Timbunan = 0.5 m Luas total = 12 m ²
Pencacah	Kap. = 2 m ³ /jam Dimensi = 1x2x1m Penampung Tinggi = 1 m Panjang = 1 m Lebar = 1,5 m Luas total = 16.5 m ² Tinggi = 1.2 m
Areal Pematangan	Volume timbunan windrow = 336 m ³ Luas penampang windrow = 2 m ² Lebar tumpukan = 1.75 m Area tumpukan = 294 m ² 3 x 3m (9 m ²) 4 x 6 m (24 m ²)
Gudang/unit Rumah jaga/unit Kontainer	lihat Tabel 3 dan Tabel 4
Total Luas Area Komposting	355.5 m² ≅ 400 m²

Tabel 7. Kebutuhan Lahan Fasilitas Daur Ulang dan Komposting dengan *Anaerobic Facultative* untuk 1 m³ Sampah Input/jam

	Komposting	Daur Ulang
Sampah Input	1 m ³ /30 menit (14 m ³ /hari)	1 m ³ /30 menit (14 m ³ /hari)
Jumlah Pekerja	2 orang/ m ³ /30menit	2 orang/ m ³ /30menit
Sampah Hasil Sorting (pemilahan)	0.8 m ³ /30 menit (11.2 m ³ /hari)	0.472 m ³ /30 menit (6.608 m ³ /hari)
Bak Sorting (pemilahan)	Panjang = 2 m Lebar = 1 m Timbunan = 0.5 m Luas total = 12 m ² Kap. = 2 m ³ /jam Dimensi = 1x2x1m	Lebar = 2 m Panjang = 1.7 m Timbunan = 0.3 m Luas area = 12.5 m ² -
Pencacah	Penampung Tinggi = 1 m Panjang = 1 m Lebar = 1,5 m Luas total = 16.5 m ²	-
Areal Pematangan	Tinggi = 1.2 m Lebar = 1.5 m Panjang = 186 m Luas area = 654 m ² 3 x 3m (9 m ²) 4 x 6 m (24 m ²)	-
Gudang/unit Rumah jaga/unit Kontainer	Tabel 3 dan Tabel 4	3 x 3m (9 m ²) 4 x 6 m (24 m ²) Tabel 3 dan Tabel 4
Luas Area Fasilitas	715.5 m²	45.5 m²

Sumber : Materi Pelatihan Berbasis Kompetensi Bidang Persampahan (Balai Teknik Air Minum dan Sanitasi Wilayah 2, Wiyung – Surabaya, 2010)