

BAB II

TINJAUAN PUSTAKA

2.1 Tinjauan Teori Sampah

Pembahasan terkait dengan teori sampah digunakan untuk dijadikan acuan dalam penelitian ini yang mengambil tema pengolahan sampah dan berlokasi di kecamatan Sandubaya, Mataram, Lombok.

2.1.1 Pengertian Sampah

Sampah merupakan sisa kegiatan sehari-hari manusia dan/atau proses alam yang berbentuk padat. (UU, 2008). Berdasarkan SNI 19-2454-2002 Tentang Tata Cara Teknik Operasional Pengelolaan Sampah Perkotaan, pengertian sampah adalah limbah yang bersifat padat terdiri dari zat organik dan zat anorganik yang dianggap tidak berguna lagi dan harus dikelola agar tidak membahayakan lingkungan dan melindungi investasi pembangunan.

2.1.2 Penggolongan Sampah

A. Penggolongan Sampah Berdasarkan Sumber

Berdasarkan sumbernya secara umum, sampah tergolong menjadi beberapa jenis yakni sampah rumah tangga, sampah sejenis rumah tangga dan sampah spesifik. yang diatur dalam Undang-Undang No.8 Tahun 2008.

1. Sampah Rumah Tangga adalah sampah yang berasal dari kegiatan sehari-hari dalam rumah tangga, yang tidak termasuk tinja dan sampah cair lainnya;
2. Sampah sejenis rumah tangga adalah sampah yang dihasilkan dari aktivitas perdagangan;
3. Sampah Spesifik; Sampah spesifik adalah sampah.

Selanjutnya penggolongan sampah dapat dibedakan berdasarkan sumber dan komposisi. Penggolongan sampah berdasarkan sumber dapat dibagi menjadi 7 jenis yaitu : (Tchobanoglous, 1993)

1. Sampah hasil aktivitas perumahan (rumah tangga) yakni sampah yang berasal dari kegiatan sehari-hari dalam rumah tangga terdiri dari sampah makanan, sampah dedaunan halaman, kardus, kertas tekstil, kulit, sampah kebun, kayu, kaca, alumunium, logam lainnya;
2. Sampah hasil kegiatan komersil terdiri dari kertas, plastik, kerdus, kaca, logam dan sampah khusus;

3. Sampah hasil kegiatan komersil terdiri dari kertas, plastik, kardus, kaca, logam dan sampah khusus;
4. Sampah Institusi yang sebagian besar mirip dengan sampah komersil;
5. Sampah Konstruksi dan Pembongkaran terdiri dari kayu, baja, beton dan timah. Sampah dari Pelayanan perkotaan seperti kegiatan pembersihan jalan, pertamanan, pembersihan cekungan, area parkir dan pantai dan tempat rekreasi lainnya;
6. Sampah dari kegiatan industri;
7. Sampah dari kegiatan pertanian seperti sampah makanan, sampah hasil tani dan kotoran hewan.

Dalam penelitian ini sampah yang menjadi objek penelitian adalah sampah yang dikumpulkan pada TPS di Kecamatan Sandubaya. Berdasarkan survey, maka jenis sampah yang masuk ke TPS adalah sampah rumah tangga yang berasal dari kegiatan rumah tangga yang dilayani sistem pengumpulan Kecamatan Sandubaya. Jenis sampah ini sesuai dengan konsep 3R dimana pengolahan pada TPST ditujukan untuk mengurangi sampah dari kegiatan rumah tangga mendekati sumber.

B. Penggolongan Sampah Berdasarkan Jenis

1. Jenis Sampah secara umum

Sampah berdasarkan jenis dibagi menjadi 2 yakni sampah organik dan sampah anorganik. Sampah organik adalah sampah yaitu sampah yang terdiri dari bahan-bahan organik dan mempunyai sifat mudah membusuk. Sedangkan sampah anorganik adalah sampah yang susunannya terdiri dari bahan organik ataupun kimia yang cukup kering yang sulit terurai oleh mikroorganisme sehingga sulit membusuk.

2. Jenis Sampah Berdasarkan Bentuk

Sedangkan penggolongan sampah berdasarkan jenisnya dapat dibedakan menjadi 10 jenis sampah berdasarkan materi pembentuk, dan ukuran menurut IPCC Tahun 2006.

Sampah menurut jenisnya terbagi terdiri dari

- a. Sampah Makanan (*food waste*)
- b. Sampah Kebun (*garden yard and park waste*)
- c. Sampah Kertas (*paper and cardboard*)
- d. Sampah Kayu (*wood*)
- e. Sampah Kain (*textiles*)
- f. Sampah Popok dan sejenisnya
- g. Sampah Karet dan Kulit

- h. Sampah Plastik (*plastics*)
- i. Sampah Logam
- j. Sampah Kaca
- k. Sampah lainnya seperti kabel dan sampah elektronik lainnya

Pada penelitian ini jenis sampah yang menjadi objek penelitian adalah sampah rumah tangga. Ini didasarkan pada konsep pengolahan sampah 3R dimana fungsi TPST adalah mengurangi sampah yang diangkut ke TPA dari aktivitas rumah tangga. Sampah dari aktivitas perdagangan, rumah sakit, dan sampah spesifik tidak termasuk dalam penelitian ini. Penggolongan sampah menurut IPCC digunakan sebagai dasar dalam pengukuran volume sampah menurut jenisnya pada penelitian ini.

2.1.3 Volume dan Berat Jenis Sampah

Berdasarkan SNI 19-2454-2002 volume sampah dan berat sampah yang di hasilkan dari jenis sumber sampah di wilayah tertentu persatuan waktu dinyatakan dalam satuan volume (m^3) dan berat sampah (kg/atau ton). Pengukuran volume sampah dapat dilakukan dengan berbagai metode salah satunya adalah *Load Count Analysis* yakni mengukur sampah yang masuk pada titik pengumpulan sampah berdasarkan kapasitas alat angkut sampah. Setelah dilakukan pengukuran maka data volume sampah dapat dikonversi ke dalam massa jenis untuk mengetahui jumlah sampah yang dapat diolah di TPST. Satuan konversi berat jenis berdasarkan komposisi berdasarkan Tchobanoglous, dkk. (1993), standar berat jenis sampah dari masing-masing komponen sampah dapat dilihat pada **Tabel 2.1.**

Tabel 2. 1 Berat Jenis Sampah Berdasarkan Komposisi

No	Komponen Sampah	Berat Jenis (kg/m^3)
1	Kertas	89,71
2	Karton	49,66
3	Plastik	65,68
4	Kain	68,6
5	Karet	129,75
6	Kulit	160,19
7	Kaca	195,43
8	Kaleng	89,71
9	Logam lain	320,38
11	Sampah basah	288,34
12	Kayu	593,00

Sumber : Tchobanoglous, dkk 1993

2.1.4 Konsep Pengolahan Sampah 3R

Konsep pengolahan sampah Kota Mataram menggunakan konsep 3R. Penanganan sampah 3R adalah konsep penanganan sampah dengan mengurangi sampah mendekati

sumber dengan metode *reduce* (mengurangi), *reuse* (menggunakan kembali) dan *recycle* (mendaur ulang) sampah mulai dari sumbernya.

1. *Reduce*

Reduce atau reduksi sampah merupakan upaya untuk mengurangi timbunan sampah di lingkungan sumber dan bahkan dapat dilakukan sejak sebelum sampah dihasilkan. Setiap sumber dapat melakukan upaya reduksi sampah dengan cara merubah pola hidup konsumtif, yaitu perubahan kebiasaan dari yang boros dan menghasilkan banyak sampah menjadi hemat/ efisien dan sedikit sampah. Namun diperlukan kesadaran dan kemauan masyarakat untuk merubah perilaku tersebut

2. *Reuse*

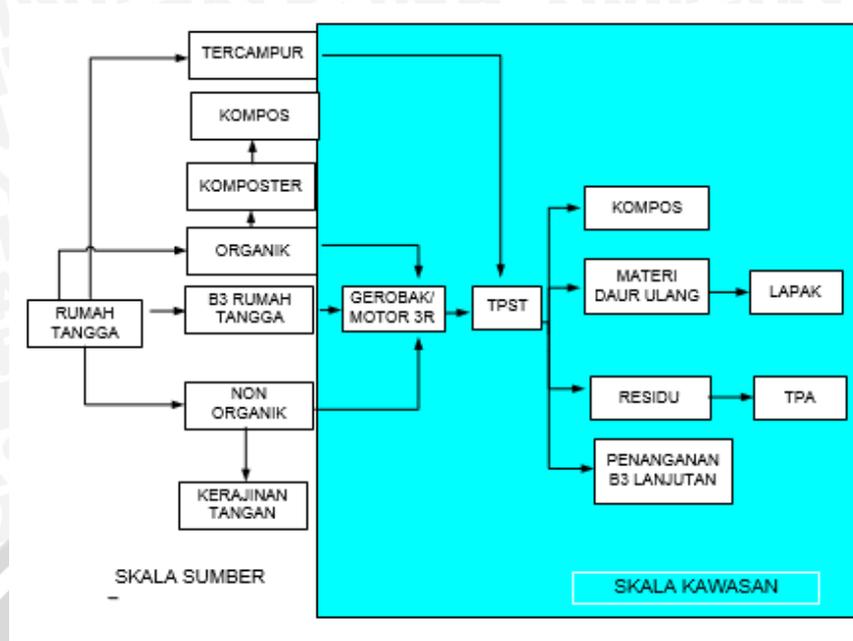
Reuse berarti menggunakan kembali bahan atau material agar tidak menjadi sampah (tanpa melalui proses pengolahan), seperti menggunakan kertas bolak balik, menggunakan kembali botol bekas “minuman” untuk tempat air, mengisi kaleng susu dengan susu refill dan lain-lain.

3. *Recycle*

Recycle berarti mendaur ulang suatu bahan yang sudah tidak berguna (sampah) menjadi bahan lain setelah melalui proses pengolahan, seperti mengolah sisa kain perca menjadi selimut, kain lap, keset kaki, dsb atau mengolah botol/plastik bekas menjadi biji plastik untuk dicetak kembali menjadi ember, hanger, pot.

Pengelolaan sampah 3R merupakan paradigma baru dalam pengelolaan sampah. Paradigma baru tersebut lebih ditekankan kepada metoda pengurangan sampah yang lebih arif dan ramah lingkungan. Bentuk implementasi 3R yang diterapkan di TPST Kecamatan Sandubaya hanya *reuse* dan *recycle* sedangkan konsep *reduce* tidak dapat diterapkan karena objek yang menjadi konsep *reduce* adalah pengurangan pada tingkat rumah tangga/sumber sampah. Metode tersebut lebih menekankan kepada tingkat perilaku konsumtif dari masyarakat serta kesadaran terhadap kerusakan lingkungan akibat bahan tidak terpakai lagi.

Pengelolaan sampah 3R dibagi menjadi dua jenis yaitu Pengolahan Skala Rumah Tangga dan Pengolahan Skala Kawasan. Pengembangan Konsep 3R skala rumah tangga dan kawasan digambarkan pada bagan berikut



Gambar 2. 1 Konsep Pengelolaan Sampah 3R Skala Kawasan

Sumber: Kementerian Pekerjaan Umum, 2012

Dari gambar diatas diketahui bahwa pengelolaan sampah 3R merupakan upaya pengurangan sampah mendekati sumber dengan melakukan pengolahan pada TPST. Pada bagan terlihat bahwa TPST ditujukan untuk mengurangi sampah dari rumah tangga dengan input sampah terpilah ataupun campuran. Pada penelitian ini TPST Kecamatan Sandubaya mengikuti konsep pengelolaan sampah 3R dengan prioritas pengolahan sampah yakni sampah dari kegiatan rumah tangga atau perumahan namun sampah yang diolah tidak sepenuhnya murni berasal dari rumah tangga karena pada kondisi pengumpulan eksisting, sampah pada Kecamatan Sandubaya terkumpul pada TPS yang memiliki peluang tercampurnya sampah rumah tangga dengan sampah dari kegiatan lain yang berada di sekitar lingkungan rumah tangga dan perumahan tersebut.

Pengolahan yang dilakukan pada TPST berupa pembuatan produk kompos dan daur ulang sampah anorganik. Pengelolaan sampah dengan konsep 3R skala kawasan dapat dilakukan secara dengan dua cara yakni pengolahan dengan sampah input berupa sampahaeterpilah dan sampah campuran. Pengolahan pada TPST dengan input sampah terpilah diawali dengan pemilahan pada skala sumber antara sampah organik dan anorganik sebelum dibawa menuju TPST. Pemilahan tersebut melibatkan partisipasi masyarakat tiap rumah tangga. Sedangkan pengolahan dengan tipe jenis sampah campuran, seluruh sampah yang berasal dari rumah tangga langsung diangkut menuju TPST tanpa adanya partisipasi masyarakat dalam upaya pemilahan. Penentuan penggunaan jenis sampah input tersebut

dilihat dari klasifikasi luasan TPST. Dalam pengelolaan TPST dengan konsep 3R beberapa hal yang harus dipertimbangkan yakni sebagai berikut:

A. Jenis Sampah *Input*

Daya tampung dan jenis sampah yang dibawa menuju TPST dibedakan berdasarkan luas lahannya. Berdasarkan Pedoman Umum Pengelolaan Sampah 3R Kementerian PU Tahun 2006 skala pelayanan dan jenis sampah *input* dibedakan menjadi 3 jenis yakni

1. Untuk TPS 3R dengan luas 1000 m² dapat menampung sampah dengan atau tanpa proses pemilahan sampah di sumber.
2. TPS3R dengan luas 200 - 500 m², hanya dapat menampung sampah dalam keadaan terpilah (50%) dan sampah campur 50 %.
3. TPS3R dengan luas < 200 m² sebaiknya hanya menampung sampah tercampur 20 %, sedangkan sampah yang sudah terpilah 80 %.

Sesuai dengan karakteristik lokasi wilayah studi, maka dalam penelitian ini diasumsikan bahwa pengolahan pada TPST Kecamatan Sandubaya menggunakan tipe input sampah campuran karena luas lahan TPST mencapai 1000 m².

B. Metode Pengolahan Sampah Pada TPST

Metode pengolahan sampah pada TPST dapat dilakukan dengan dua jenis pengolahan yakni sebagai berikut (Pedoman Pengelolaan 3R Permukiman):

1. Pembuatan Kompos

Sampah yang digunakan sebagai bahan baku kompos adalah sampah dapur (terseleksi) dan daun-daun potongan tanaman. Metode pembuatan kompos dapat dilakukan dengan berbagai cara antara lain dengan *open windrow*, dan *casparry*. Perlu dilakukan analisa kualitas terhadap produk kompos secara acak dengan parameter antara lain warna, C/N rasio, kadar N,P,K dan logam berat. Pemasaran produk kompos dapat bekerja sama dengan pihak Koperasi dan Dinas (Kebersihan, Pertamanan, Pertanian, dll).

2. Daur ulang sampah anorganik

Sampah yang didaur ulang minimal adalah kertas, plastik dan logam yang memiliki nilai ekonomi tinggi dan untuk mendapatkan kualitas bahan daur ulang yang baik. Pemilahan dilakukan pada sampah yang memiliki nilai jual tinggi kemudian dijual ke lapak. Pemasaran produk daur ulang dapat dilakukan melalui kerja sama dengan pihak lapak atau langsung dengan industri pemakai. Untuk sampah plastik (air mineral, minuman dalam kemasan, mie instan dll) sebaiknya

dimanfaatkan untuk diolah menjadi barang-barang setengah jadi menjadi bahan baku lain atau kerajinan.

Teori pengelolaan diatas digunakan sebagai dasar untuk menentukan alternatif tipe pengolahan yang dapat dilakukan pada lokasi wilayah studi. Alternatif tersebut diantaranya adalah pemilahan sampah anorganik (*reuse*), pembuatan kompos sampah organik (*composting*), dan *recycle* sampah plastik menjadi barang setengah jadi (*flakes*). Pemilahan adalah kegiatan memilah sampah anorganik yang bernilai tinggi seperti sampah kertas, plastik, besi dan gelas/kaca yang kemudian dijual ke pengepul tanpa proses pengolahan. Sedangkan recycle adalah kegiatan mengolah khusus sampah anorganik khususnya plastik menjadi barang setengah jadi yakni butiran plastik (*flakes*).

2.1.5 Sistem Pengelolaan Sampah Perkotaan

Salah satu aspek penting yang untuk dikaji sebelum menentukan alternatif-alternatif pengolahan sampah pada TPST adalah kondisi sistem pengelolaan sampah Kecamatan Sandubaya. Secara umum sistem pengelolaan sampah ditunjukkan pada **Gambar 2.2**



Gambar 2. 2 Bagan Sistem Pengelolaan Sampah

Sumber : SNI 19 2454 2002

Sistem pengelolaan sampah memberikan gambaran mengenai proses alir sampah dari sumber sampah (rumah tangga) hingga lokasi pengolahan sampah akhir Tempat Pengolahan Akhir (TPA). Elemen-elemen fungsional dalam sistem pengelolaan sampah meliputi lokasi pewardahan, pengumpulan, pengangkutan, pengolahan dan pembuangan di TPA (SNI 19-2454-2002). Pemilihan alternatif pada penelitian ini memiliki tujuan utama

untuk meningkatkan peran pada sub sistem pengolahan dalam mengurangi dampak lingkungan dari volume sampah Kecamatan Sandubaya. Sub sistem lainnya yakni tahap pengumpulan, dan pengangkutan hanya digunakan sebagai gambaran umum input TPST bukan menjadi output analisis/tujuan utama penelitian. Dimana pada lokasi pengolahan, kegiatan utama yang dilakukan adalah pemilahan dan pengolahan.

A. Pengumpulan sampah

Pengumpulan sampah adalah proses penanganan sampah dengan cara pengumpulan dari masing-masing sumber sampah untuk diangkut ke tempat penampungan sementara, pengolahan sampah skala kawasan atau langsung ke tempat pemrosesan akhir (SK SNI 19-3242-1994). Pengumpulan sampah terdiri atas beberapa pola antara lain

1. Pola pengumpulan individual langsung

Pola individu langsung adalah cara pengumpulan sampah dari rumah-rumah/sumber sampah dan diangkut langsung ke TPS/ TPA. Tanpa kegiatan pemindahan.

2. Pola pengumpulan individual tidak langsung

Pola individu tidak langsung adalah cara pengumpulan sampah dari masing-masing sumber sampah dikumpulkan ke lokasi pemindahan untuk diangkut menuju TPA.

3. Pola pengumpulan komunal langsung

Komunal langsung cara pengumpulan sampah dari masing-masing titik pewadahan komunal dan diangkut langsung ke TPS/ TPA.

4. Pola pengumpulan komunal tidak langsung

Komunal tidak langsung adalah cara pengumpulan sampah dari masing-masing titik pewadahan komunal dibawa ke lokasi pemindahan dengan menggunakan gerobak sampah untuk kemudian diangkut ke TPS/ TPA.

5. Penyapuan jalan dan taman

Pola penyapuan jalan dan taman adalah kegiatan pengumpulan hasil penyapuan jalan dan taman. Penangan penyapuan jalan untuk setiap daerah berbeda tergantung pada fungsi dan nilai daerah yang dilayani. Pengumpulan sampah hasil penyapuan jalan diangkut ke lokasi pemindahan untuk kemudian diangkut ke pemrosesan akhir

Berdasarkan beberapa tipe pengumpulan sampah yang dijelaskan diatas, sampah dari aktivitas penyapuan jalan tidak termasuk dalam penelitian ini karena TPS/ TPST di wilayah studi tidak menerima sampah penyapuan jalan.

Pelaksanaan pengumpulan sampah agar dapat berjalan dengan lancar, maka diperlukan suatu perencanaan operasional pengumpulan menurut SNI 19-2454-2002 harus memperhatikan:

1. Frekuensi ritasi antara 2-4 rit/ hari
2. Periodisasi: 1 hari 2 hari atau maksimal 3 hari sekali, tergantung dari kondisi komposisi sampah (semakin besar prosentase sampah organik periodisasi pelayanan maksimal sehari), kapasitas kerja, desain peralatan dan kualitas pelayanan.
3. Sarana pengumpulan sampah dengan menggunakan tong sampah, gerobak sampah, pick up, maupun dump truck.
4. Mempunyai daerah pelayanan tertentu dan tetap.
5. Mempunyai petugas pelaksana yang tetap dan dipindahkan secara periodik. Pembebanan pekerjaan diusahakan merata dengan kriteria jumlah sampah terangkut, jarak tempuh dan kondisi daerah.

B. Pemandahan sampah

Pemandahan adalah proses pemandahan sampah dari kendaraan yang lebih kecil ke kendaraan pengangkut yang lebih besar. Pemandahan dapat dilakukan dengan menggunakan tenaga manusia (manual) atau bantuan alat berat (mekanikal). Ada 3 macam pemandahan yang sering dilakukan:

1. Pemandahan langsung dari kontainer ke kendaraan pengangkut
2. Pemandahan dengan menggunakan alat angkut lain yang lebih kecil
3. Pemandahan dari tanah ke atas kendaraan baik menggunakan tenaga manusia maupun mesin

C. Pengangkutan sampah

Menurut SNI 19-2454-2002, pengangkutan sampah adalah kegiatan membawa sampah dari lokasi pemandahan atau langsung dari sumber sampah menuju ke tempat pembuangan akhir (TPA). Tiga pola pengangkutan sampah adalah sebagai berikut:

1. Pengangkutan sampah dengan sistem pengumpulan individual langsung (*door to door*)

Truk pengangkut sampah dari *pool* menuju titik sumber sampah pertama untuk mengambil sampah, selanjutnya mengambil sampah padat titik-titik sumber sampah berikutnya sampa truk penuh sesuai dengan kapasitasnya. Selanjutnya diangkut ke TPA, truk menuju ke lokasi sumber sampah berikutnya.

2. Pengangkutan sampah melalui sistem pemindahan melalui sistem kontainer. Ada tiga tipe pengangkutan dengan kontainer, yaitu:

a. TIPE I

Kendaraan dari pool menuju kontainer isi pertama untuk mengangkut sampah ke pemrosesan atau ke TPA kemudian kontainer kosong dikembalikan ke tempat semula. Menuju ke kontainer isi berikutnya untuk diangkut ke pemrosesan atau ke TPA. Kontainer kosong dikembalikan ke tempat semula. Demikian seterusnya sampai rit terakhir.

b. TIPE II

- 1) Kendaraan dari pool menuju kontainer isi pertama untuk mengangkut sampah ke pemrosesan.
- 2) Dari sana kendaraan tersebut dengan kontainer kosong menuju ke lokasi kedua untuk menurunkan kontainer kosong dan membawa kontainer isi untuk diangkut ke pemrosesan.
- 3) Demikian seterusnya sampai pada rit terakhir.
- 4) Pada rit terakhir dengan kontainer kosong dari pemrosesan atau TPA menuju ke lokasi kontainer pertama.
- 5) Sistem ini diberlakukan pada kondisi tertentu, misal pengambilan pada jam tertentu adtau mengurangi kemacetan lalu lintas.

c. Tipe III

- 1) Kendaraan dari pool dengan membawa kontainer kosong menuju ke lokasi kontainer isi untuk mengganti/mengambil dan langsung membawanya ke pemrosesan atau ke TPA.
- 2) Kendaraan dengan membawa kontainer kosong dari TPA menuju ke kontainer isi berikutnya. Demikian seterusnya sampai dengan rit terakhir.

3. Pengangkutan sampah melalui sistem pemindahan dengan container tetap

- a. Kontainer tetap biasanya untuk kontainer kecil serta alat angkut berupa truk *compactor*.
- b. Kendaraan dari pool menuju kontainer pertama, sampah dituangkan ke dalam truk *compactor* dan meletakkan kembali kontainer yang kosong.
- c. Kendaraan menuju ke kontainer berikutnya sehingga truk penuh, untuk kemudian langsung ke pemrosesan atau ke TPA.

- d. Demikian seterusnya sampai dengan rit terakhir. Pengangkutan sampah hasil pemilahan yang bernilai ekonomi dilakukan sesuai dengan jadwal yang telah disepakati.

Ketiga sistem pengelolaan diatas digunakan untuk mengidentifikasi kondisi eksisting pengelolaan` sampah di Kecamatan Sandubaya. Kondisi eksisting ini menjadi dasar dalam perhitungan emisi gas rumah kaca dan *Benefit Cost Ratio*.

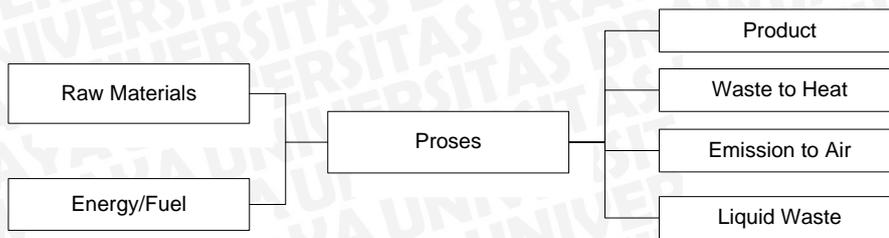
2.1.6 Faktor-faktor yang Mempengaruhi Pemilihan Tipe Pengolahan Sampah

Pengelolaan sampah perkotaan merupakan permasalahan yang kompleks karena melibatkan hubungan antar elemen dan sering menimbulkan konflik dalam pencapaian tujuannya (Haastrup, 2014). Permasalahan sampah menjadi lebih akut dan pemilihan pengolahan sampah dapat menjadi pemicu terjadinya konflik. Dalam konteks ini, Pengambil keputusan (*decision makers*) harus mampu mengambil keputusan yang benar dan tepat. Salah satu pendekatan dalam pemilihan tipe pengolahan sampah adalah pendekatan pengolahan berkelanjutan.

Menurut Mc.Dougall (2001) manajemen sampah berkelanjutan (*Integrated waste management*) merupakan konsep dasar dalam batasan penentuan jenis pengolahan sampah termasuk didalamnya adalah upaya pengurangan (*reduce*), penggunaan kembali (*reuse*), *,composting, landfill, inceneration*, dan pengolahan lainnya. Berdasarkan teori ini, konsep berkelanjutan tidak mengimplikasikan bahwa satu tipe pengolahan lebih baik daripada jenis pengoahan lainnya namun tipe pengolahan yang berkelanjutan adalah pengolahan yang mampu secara maksimal meminimalisir biaya operasional (*cost*) dan dampak lingkungan (*environmental*) (McDougall et all 2001). Secara umum kosep berkelanjutan harus memenuhi kriteria ekonomi berkelanjutan (*economically sustain*) dan juga berkelanjutan secara lingkungan (*environtmentally*).

A. Pertimbangan Aspek Lingkungan

Environtment sustainability berarti tipe pengolahan yang tepat mampu mengurangi secara maksimal semua dampak lingkungan yang dihasilkan dari proses pengolahan diantaranya emisi penggunaan energi, serta polusi udara, polusi air dan tanah. (White et all 2001). Salah satu metode yang dapat digunakan dalam mengidentifikasi dampak lingkungan dalam pengolahan sampah yakni *life cycle analysis* (Mcdougall et all,2001). Analisis ini mampu menghitung jumlah energi dalam pengolahan material dan jumlah emisi gas yang mampu dihasilkan dalam setiap tahap pengolahan sampah. Secara umum emisi lingkungan dalam dijelaskan pada Gambar 2.3



Gambar 2. 3 Life Cycle Analysis Proses Pengolahan Sampah

Sumber : McDougall,2011

Secara umum pengolahan sampah terbagi menjadi 3 tahapan yakni penyiapan bahan atau *raw material*, proses pengolahan dan hasil pengolahan. Masing-masing tahap menghasilkan emisi terhadap lingkungan berupa emisi udara, emisi air dan tanah. Sesuai dengan tipe pengolahan yang dilakukan di TPST yakni *reuse* sampah anorganik, *composting* dan *recycle* sampah plastik pada penelitian ini hanya dibatasi pada emisi udara. Polusi tanah dan air tidak termasuk ke dalam penelitian ini karena cairan lindi dan sisa buangan lainnya dapat dikontrol sehingga tidak memberikan dampak polusi. Cairan lindi dari proses *composting* digunakan kembali sebagai pupuk sedangkan air buangan sisa pencucian bahan plastik dikelola oleh Dinas Kebersihan.

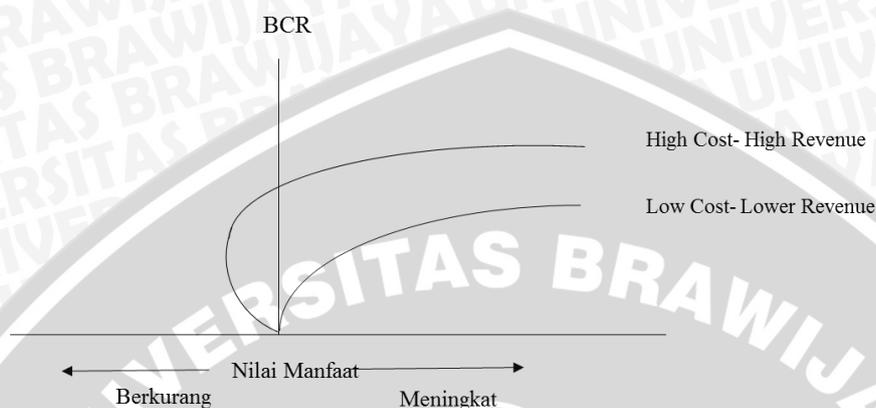
B. Pertimbangan Aspek Biaya

Economically sustainability berarti tipe pengolahan sampah yang tepat memiliki biaya operasional yang dapat diterima dan dilaksanakan oleh pemerintah sebagai stakeholder yang mengelola pengolahan sampah tersebut. (McDougall, 2001). Dalam pertimbangan aspek biaya terdapat beberapa kondisi yang harus dipenuhi yakni:

1. Supply *waste material* yang stabil
2. Tersedianya sistem pengangkutan menuju fasilitas pengolahan
3. Tersedianya proses pemilahan untuk menghasilkan *material raw*

Sampah input (*waste material*) merupakan kebutuhan wajib yang harus dipenuhi untuk mencapai pengolahan dengan jangka waktu panjang. Ini mengartikan bahwa biaya pengangkutan untuk mengumpulkan sampah (*waste material*) menuju fasilitas pengolahan menjadi faktor penting yang menentukan biaya pengolahan. Pemilihan pengolahan sampah harus mempertimbangkan Untuk itu lokasi fasilitas pengolahan sampah harus mampu mengatur biaya untuk mengumpulkan input sampah secara stabil dan mampu menghasilkan produk olah sampah yang memiliki nilai ekonomi. (McDougall, 2001). Dalam pengelolaan sampah terdapat dua hal yang mempengaruhi biaya dalam pengolahan sampah yakni faktor internal yakni jumlah komposisi sampah yang dapat diolah, biaya perubahan pengangkutan akibat pengolahan dan biaya tambahan akibat ekspansi target pengolahan sampah.

Sedangkan faktor eksternal terdiri dari harga produk hasil pengolahan dan pajak. Dalam penelitian ini faktor yang digunakan dibatasi pada faktor internal. Secara garis besar terdapat dua pilihan pengolahan yang dapat dilakukan yakni pengolahan *biaya tinggi- revenue tinggi* atau pengolahan sampah *biaya rendah namun revenue rendah* digambarkan dalam grafik sebagai berikut:



Gambar 2. 4 Perbedaan dua pola pengolahan sampah

Sumber : Mc Dougall, 2011

Pengelolaan sampah dengan memaksimalkan pengolahan di gambarkan pada garis *High Cost-High Revenue* yang berarti dengan memilih pengolahan biaya tinggi akan berdampak negatif pada nilai manfaat di awal pelaksanaan pengolahan namun akan memberikan nilai manfaat yang tinggi dan BCR dalam jangka waktu yg lama. Pilihan pengelolaan sampah kedua yakni mengolah sampah dengan biaya rendah namun dengan nilai manfaat yang rendah pula. Kedua pola ini dapat digunakan sesuai dengan kondisi sitem pengelolaan sampah, kemampuan pemerintah dan kondisi alam wilayah perencanaan.

Selanjutnya menurut Safitri (2012) persampahan merupakan salah satu tantangan yang dihadapi oleh negara-negara berkembang. Pertambahan jumlah sampah dan pengelolaan yang tidak sesuai dapat menimbulkan resiko terhadap kesehatan, dampak lingkungan bahkan dampak sosial. Hal ini mengindikasikan pemilihan pengolahan sampah menjadi kompleks karena dipengaruhi berbagai aspek (kriteria) dan adanya hubungan keterkaitan antar kriteria. Terdapat 4 kriteria yang mempengaruhi pemilihan alternatif-alternatif pengeolahan sampah organik yaitu kriteria ekonomi, lingkungan, sosial, teknis, dan kelembagaan. Dalam penelitian ini faktor yang digunakan 3 aspek yaitu aspek ekonomi, aspek lingkungan dan teknis (Safitri, 2012).

1. Aspek Ekonomi

Dapat dijabarkan menjadi kriteria, yaitu:

a. Investasi rendah

Keterbatasan anggaran pemerintah daerah untuk melaksanakan kegiatan pengelolaan sampah harus diperhitungkan dalam rangka menentukan jenis teknologi pengolahan sampah yang sesuai. Oleh karena itu pertimbangan investasi yang murah merupakan salah satu kriteria yang perlu diperhatikan dalam menentukan jenis teknologi pengolahan sampah. Komponen Inventasi adalah perangkat keras, perangkat lunak, insidental.

b. Biaya operasional rendah

Seperti halnya dengan kriteria investasi, pertimbangan biaya operasional yang rendah ini pun dilatarbelakangi oleh keterbatasan anggaran pemerintah daerah untuk kegiatan pengelolaan sampah. Oleh karena itu pertimbangan biaya operasional yang rendah merupakan salah satu kriteria yang perlu diperhatikan dalam menentukan jenis teknologi pengolahan sampah. Komponen biaya operasional yaitu gaji dan upah, transportasi, perawatan dan perbaikan, diklat, admin kantor dan utilitas

D. Aspek Teknis

Berdasarkan Masalah ketersediaan lokasi yang sesuai untuk penerapan teknologi pengolah sampah perlu dipertimbangkan. Hal ini mengingat suatu teknologi pengolah sampah belum tentu dapat diterapkan secara optimal jika lokasi yang ditempatinya tidak sesuai atau bahkan tidak tersedia. Aspek-aspek di atas menjadi pertimbangan dalam pemilihan alternatif pengolahan sampah di lokasi studi.

2.1.7 Fungsi dan Tipe Pengolahan pada TPS Terpadu

Pembahasan mengenai TPS Terpadu pada sub ini dijadikan sebagai acuan analisis operasional TPST di lokasi studi. TPS Terpadu didefinisikan sebagai tempat berlangsungnya kegiatan pemisahan dan pengolahan sampah secara terpusat. Kegiatan pokok di TPST ditentukan berdasarkan fungsi dan skala pelayanan berdasarkan tiap daerah. Untuk memberi batasan fungsi dan skala pelayanan TPST pada wilayah studi maka diperlukan kajian tinjauan dari beberapa peraturan terkait operasional TPST. Berikut merupakan rincian pengelolaan tinjauan tugas fungsi dan jenis pengolahan TPST berdasarkan Permen PU No. 3 Tahun 2013 tentang Tata Cara Penyediaan Fasilitas Pengolahan dan Pemrosesan Akhir Sampah

A. Fungsi dan Skala Pelayanan

Fungsi dan tandart pelayanan minimum TPS Terpadu diatur dalam beberapa peraturan. Menurut Permen PU No.3 Tahun 2013 fungsi TPS Terpadu adalah sebagai tempat

berlangsungnya kegiatan pemisahan dan pengolahan sampah secara terpusat. Kegiatan pokok di TPST adalah:

1. Pengolahan lebih lanjut sampah yang telah dipilah di sumbernya.
2. Pemisahan & pengolahan langsung komponen sampah kota.
3. Peningkatan mutu produk *recovery/recycling*.

Kriteria utama dalam pelaksanaan TPS Terpadu menurut Permen PU No.3 Tahun 2013 adalah Batasan administrasi lahan TPS 3R dalam batas administrasi yang sama dengan area pelayanan TPS 3R berbasis masyarakat. Sedangkan menurut Perda Kota Mataram No.12 Tahun 2012 skala pelayanan TPS Terpadu setidaknya dapat melayani 30.000 penduduk.

B. Ruang pengolahan dan fasilitas Penunjang

Fasilitas penunjang pada TPS Terpadu diatur dalam Permen PU No.3 Tahun 2013 dimana dibagi menjadi 4 jenis yaitu fasilitas *pre processing*, fasilitas pemilahan, fasilitas pengolahan secara fisik, dan fasilitas *composting*.

1. Fasilitas *pre processing*, merupakan tahap awal pemisahan sampah, mengetahui jenis sampah yang masuk, meliputi proses sebagai berikut:
 - a) Penimbangan, mengetahui jumlah sampah yang masuk.
 - b) 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:
 - a) Alat untuk memisahkan berdasarkan ukuran: *reciprocating screen*, *trommel screen*, *disc screen*.
 - b) 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.

C. Identifikasi Potensi Reduksi Sampah

Metode pengukuran yang dapat digunakan dalam menentukan potensi sampah dapat diolah di TPST adalah *Material Balance*. Analisis *mass balance*/analisis keseimbangan

massa adalah analisis keseimbangan material dari tiap-tiap sumber timbunan sampah (Tchobanoglous, dkk. 1993). Adapun langkah-langkah dalam penggunaan metode perhitungan identifikasi potensi reduksi adalah sebagai berikut

1. Analisis Keseimbangan Material (*material balance analysis*) mengetahui jumlah sampah yang masuk kelokasi pengolahan termasuk komposisi dan karakteristik sampah. Langkah ini bertujuan untuk membuat material balance guna mengetahui proses pengolahan yang akan dilakukan serta berapa produk yang di hasilkan 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 mengetahui karakteristik sampah dan pemanfaatannya untuk bisa mengembangkan diagram alir proses pemanfaatan *material balance*.
3. Perhitungan akumulasi sampah
Menentukan dan menghitung jumlah akumulasi dari sampah, berapa sampah yang akan di tangani TPST dan laju akumulasi dengan penetapan waktu pengoperasian dari TPST.
4. Perhitungan material loading rate perhitungan jumlah pekerja dan alat yang akan dibutuhkan serta jam 30 kerja dan waktu pengoperasian dari peralatan yang digunakan di dalam TPST.

Tahapan diatas menjadi acuan oleh peneliti dalam mengidentifikasi volume sampah dan flowchart sampah dari sumber sampah hingga menuju TPST dan TPA.

D. Tipe Pengolahan Sampah pada TPST

Pengolahan sampah ditujukan untuk mengurangi volume sampah dan/atau mengurangi daya cemar sampah. Berdasarkan Permen PU No.3 PRT/M/2013 terdapat beberapa jenis pengolahan yang dapat diterapkan pada TPST yakni pemilahan (*reuse*), *recycle melalui* pengolahan secara fisik, biologi dan kimia. Dari tipe pengolahan tersebut yang dapat dilikaukan di TPST Kecamatan Sanduabaya pada lokasi studi hanya *reuse*, *composting* dan *recycle* sampah plastik.

Proses pengolahan sampah pada TPST dapat dikelompokkan menjadi dua tipe yakni:

1. *Reuse*

Reuse merupakan kegiatan menggunakan kembali sampah anorganik yang bernilai ekonomi dengan cara memilah kemudian menjual kembali sampah ke

pengepul. Pemilahan merupakan proses yang bertujuan untuk memisahkan berbagai jenis sampah berdasarkan densitasnya, yang umumnya dilakukan untuk sampah anorganik berupa sampah plastik, sampah gelas/kaca, sampah kertas dan sampah besi. Proses ini dapat dilakukan melalui proses peniupan (dengan menggunakan semburan udara pada laju alir tertentu) atau menggunakan proses sentrifugasi (dengan mengalirkan sampah pada aliran berbentuk heliks, sehingga sampah plastik dengan densitas tertentu dapat terpisahkan). Selain itu pemilahan juga dapat dilakukan dengan manual. Pemilahan ditujukan untuk mengumpulkan sampah yang bernilai tinggi seperti plastik, kertas, gelas/kaca dan logam atau besi. Selanjutnya bahan tersebut dibersihkan untuk dijual kembali kepada pengepul.

2. *Recycle*

Pengolahan dengan *recycle* ditandai dengan adanya pengolahan secara fisik yang umumnya ditujukan sebagai proses pendahuluan dari sebuah rangkaian proses pengolahan sampah. Pengolahan secara fisik adalah kegiatan memilah dan mengubah ukuran sampah. Berikut merupakan penjelasan tipe pengolahan yang dapat dilakukan pada TPST secara fisik.

a. Pencacahan

Proses ini ditujukan untuk memperkecil ukuran partikel sampah dan memperluas bidang permukaan sentuh sampah. Proses pencacahan dapat mereduksi volume hingga mencapai 3 kali lipat atau densitas sampah akan meningkat 3 kali lipat melalui proses ini. Kebutuhan energi untuk proses ini mencapai 3 MJ/ton sampah. Proses ini dapat dikatakan menjadi proses wajib sebelum sampah diolah lebih lanjut dengan proses kimia termal atau biologi, karena reduksi ukuran partikel akan selalu meningkatkan kinerja proses lanjut yang akan dipilih. Beberapa contoh pengolahan sampah yang menggunakan pencacahan adalah *composting* dan pengolahan biji plastik.

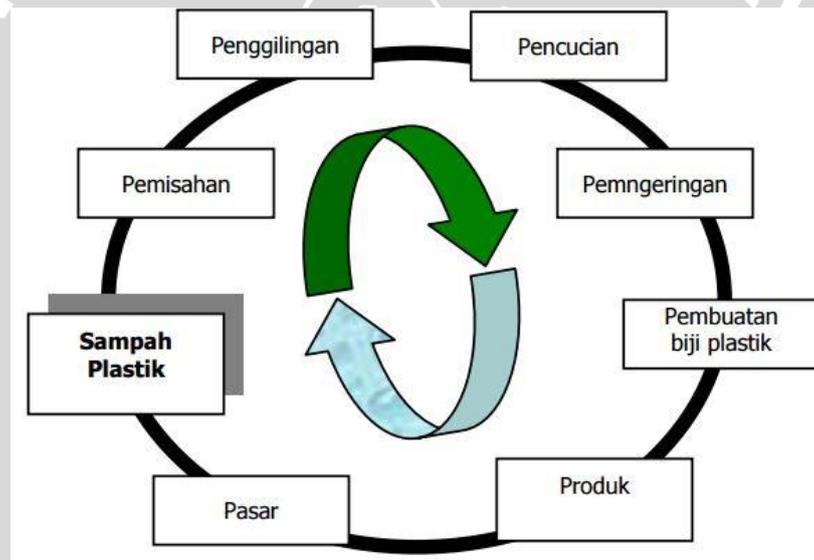
1) *Composting*

Dalam pembuatan produk kompos, pencacahan dilakukan untuk memperkecil ukuran sampah daun/sisa makanan agar lebih mudah mengalami pembusukan.

2) Keranjang/penggilingan Plastik

Selain *composting* pengolahan yang menggunakan metode pencacahan adalah pembuatan bahan baku biji plastik (barang setengah jadi). Teknologi pengolahan sampah plastik yang saat ini banyak digunakan

adalah teknologi keranjang plastik, pelelehan plastik, dan pencetakan plastik. Kebanyakan daur ulang yang dilakukan pada TPST hanya sampai pada keranjang plastik karena kemudahan penggunaan teknologinya. Sangat jarang pelaku daur ulang yang melelehkan plastik untuk memproduksi biji plastik sebagai bahan baku pabrik. Keranjang plastik merupakan pengolahan sampah plastik yang dimulai dengan tahap pemilahan, pencucian kemudian pencacahan menghasilkan serpihan plastik/ *flakes*. Tahap awal penggilingan diawali dengan memilah sampah plastik menjadi hanya beberapa jenis plastik Low Density Poly Ethylene (LDPE), High Density Poly Ethylene (HDPE), Poly Ethylene Terephathalelate (PET), PVC dan PP. Berikut merupakan beberapa contoh sampah plastic yang dapat diolah menjadi *flakes*. Proses pengolahan serpih plastik/*flakes* adalah sebagai berikut:

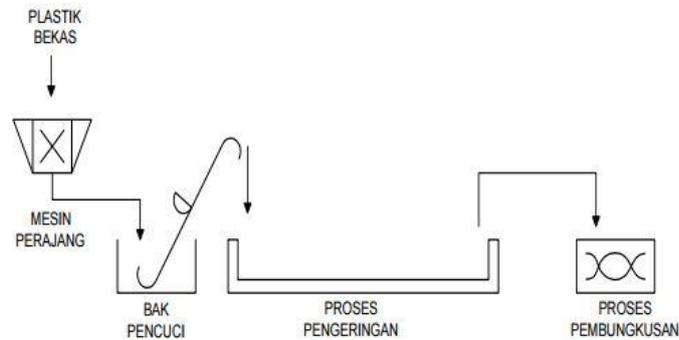


Gambar 2. 5 Proses Pengolahan Sampah Plastik menjadi *Flakes*

Sumber: Filman S Hawan dkk 2005

Proses pengolahan diawali dengan pemilahan/pemisahan sampah dengan tenaga manusia karena belum ada alat yang dapat memisahkan sampah plastik berdasarkan jenisnya. Kemampuan memilah sampah dengan tenaga manusia menggunakan dasar asumsi Permen PU Nomer 3/PRT/M/2013 Selanjutnya dilakukan penggilingan dengan alat cacah untuk memotong sampah menjadi ukuran sampah kecil yakni 1 cm kemudian dimasukan kedalam bak pencuci dan dikeringkan. Setelah kering serpihan plastik disebut juga sebagai *flakes* siap untuk dikirim ke prabik plastik. Mutu *flakes* dipengaruhi oleh keahlian pemilahan sampah plastik sehingga tidak

tercampur satu jenis sampah plastik dengan yang lainnya. Kebutuhan ruang yang diperlukan dalam pengolahan sampah plastik menjadi *flakes* dapat digambarkan sebagai berikut



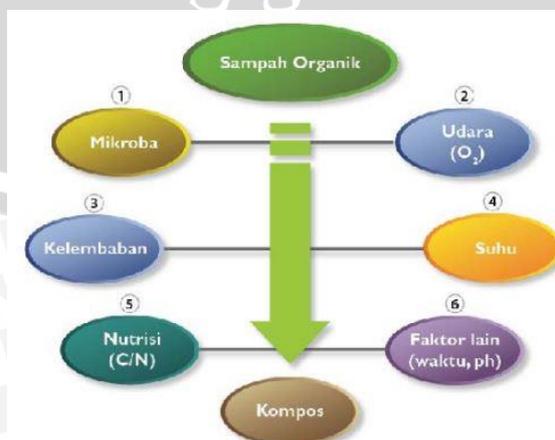
Gambar 3. Daur Ulang Plastik Pada Usaha Penggilingan

Gambar 2. 6 Kebutuhan Ruang Proses Pengolahan *Flakes*

Sumber: Filman S Hawan dkk 2005

3. Pengolahan Sampah Secara Biologis

Proses ini banyak dipilih karena dianggap lebih berwawasan lingkungan dan menimbulkan dampak lingkungan yang relatif lebih kecil. Sebagai suatu proses yang memanfaatkan mikroorganisme/bioproses, maka proses ini bercirikan kepada sistem kontrol yang lebih rumit dan waktu detensi yang panjang. Proses pengolahan secara biologis terdiri dari proses aerobik dan anerobik yang mana dibedakan oleh adanya bantuan oksigen atau tidak. Pengolahan sampah secara biologi yang dapat dilakukan pada TPST adalah *Composting*. *Composting* merupakan proses pengolahan sampah menjadi produk kompos. Proses perubahan sampah organik menjadi kompos merupakan proses metabolisme alami dengan bantuan makhluk hidup. Untuk itu, ada beberapa faktor yang wajib dipenuhi yakni udara, mikroba, suhu kelembabab, nutrisi dan faktor lain.



Gambar 2. 7 Komponen Wajib Kompos

Sumber: PU Cipta Karya, 2011

Jenis sampah yang dapat dikompos adalah sampah organik yang terdiri dari 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. Tahapan dalam pengolahan sampah menjadi kompos terdiri dari

- a. Penerimaan sampah. Sampah yang masuk ke lokasi dari gerobak/truk sebaiknya masih relatif segar dan didominasi oleh sampah organik, agar lebih cepat pemilahannya. Jumlahnya perlu dicatat secara rutin dalam log book (buku catatan kegiatan).
- b. Pemilahan dan pencacahan sampah organik. Secara manual, sampah organik dipisahkan untuk dibawa ke tempat pengomposan. Non organik yang dapat di daur ulang dibawa ke area non organik/lapak, sedangkan residu (sisa) dikumpulkan dalam kontainer. Sampah yang berukuran besar dan panjang seperti dari pertamanan dicacah terlebih dahulu.
- c. Pencampuran dan pembentukan tumpukan/gundukan. Agar lebih homogen (merata), beberapa jenis sampah organik (sampah dapur, taman, kotoran ternak dll) perlu dicampur terlebih dahulu. Kemudian ditumpuk berbentuk trapesium (windrow) memanjang atau dalam bak.
- d. Pembalikan. Secara teratur tumpukan dibalik 1 – 2 kali seminggu secara manual dengan memindahkan tumpukan atau digulirkan. Catat waktu / tanggal pembalikan.
- e. Penyiraman. Tumpukan perlu disiram secara rutin untuk menjaga kelembaban proses, menggunakan selang spray agar merata. Hentikan penyiraman untuk tumpukan yang telah berumur 5 minggu atau dua minggu sebelum panen.
- f. Pemanenan dan pengayakan. Produk kompos matang perlu diayak agar berukuran halus sesuai kemudahan penggunaan.
- g. Pengemasan dan penyimpanan. Jika ingin dijual, kompos halus dapat dikemas sesuai volume yang diinginkan dan diberi informasi tentang nama kompos, bahan baku, produsen kompos, dan kegunaannya untuk tanaman. Setelah dilemas dapat disimpan dalam gudang yang terlindung dari panas matahari dan hujan.

Pengomposan yang dilakukan pada tingkat kawasan dapat dilakukan dengan 2 metode yakni dengan *windrow composting* dan teknik *casparty*.

a) *Windrow composting*

Windrow composting adalah pengomposan dengan melakukan penumpukan sampah tanpa alat pencetak. Tumpukan bisa berbentuk persegi panjang atau trapesium. Sistem pengudaraan selain dari proses pembalikan, diperoleh pula dari proses penganginan dari setiap sisi tumpukan sampah. Tinggi tumpukan sampah maksimal 1.5 m dengan luas penampang 2 m²



Gambar 2. 8 Composting Metode *Windrow Composting*

Sumber : Pedoman Umum 3R Permukiman

b) *Caspary*

Metode *caspary* adalah melakukan pengomposan dengan menumpuk sampah menggunakan alat pencetak. Ukuran kotak kecil 1 x 1 x 0,5 m dan kotak besar 2 x 1 x 0,5 m. Tinggi tumpukan sampah antara 1 sampai 1,5 m. Sistem pengudaraan sama seperti metoda open windrow



Gambar 2. 9 Composting Metode *Caspary*

Sumber : Pedoman Umum 3R Permuiman

Pada penelitian ini tipe pengolahan yang digunakan hanya composting, reuse dan recycle sampah plastik

E. Aspek Teknis dan Ekonomi Pengolahan pada TPST

1. Aspek Teknis Wilayah Pelayanan Persampahan

Kriteria dan standar pelayanan diperlukan dalam perencanaan penyelenggaraan TPST untuk dapat memenuhi tujuan tersedianya pelayanan penanganan sampah yang memadai dengan mengedepankan pemanfaatan sampah sebagai sumber daya.

Sasaran pelayanan pada tahap awal prioritas harus ditujukan pada daerah yang berkriteria berikut:

- a. Telah mendapatkan pelayanan saat ini,
- b. Berkepadatan tinggi
- c. Kawasan strategis

Kawasan strategis dilihat dari fungsi dan guna lahan pada wilayah tersebut. Setelah itu prioritas pelayanan diarahkan pada daerah pengembangan sesuai dengan rencana induk perencanaan wilayah. (Permen PU No.3 Tahun 2013).

2. Aspek Teknis Kebutuhan Ruang Pengolahan

Hal-hal yang diperhatikan dalam teknologi pengolahan yang di TPST adalah luas TPST itu sendiri. Kebutuhan ruang pengolahan didasarkan pada jenis pengolahan yang digunakan pada TPST. Berikut merupakan kebutuhan ruang berdasarkan Permen PU No.3 /PRT/M/2013 menurut teknologi pengolahan yang di lakukan.

a. Ruang Pemilahan

Ruang pemilahan adalah ruang kebutuhan luas lahan yang diperlukan untuk penampungan/penerimaan sampah yang dibawa ke TPS dan ruang proses *sorting*. Berdasarkan Peraturan Menteri PU No.3/PRT/M/2013 tinggi sampah maksimum pada penampungan sampah dan *sorting*/pemilahan yakni 0,3 m. Selain itu ruang diperlukan ruang sebesar 9,8 m² yang digunakan untuk operasioanl truck dan tenaga pemilah.

b. Ruang Pengomposan

Ruang Pengomposan adalah ruang yang digunakan untuk pematangan sampah organik yang telah dicacah untuk menjadi pupuk. Sampah organik yang diterima depo daur ulang sampah kemudian mengalami proses pemilahan oleh petugas sebelum di komposkan, dicacah kemudian ditumpuk untuk proses pengomposan. Luasan untuk pengomposan tergantung pada metode pengomposan yang digunakan, apakah dengan proses aerobik atau proses anaerobik/fakultatif. Pada penelitian ini metode yang digunakan adalah aerobik yakni *windrow composting* yang berarti menggunakan bantuan udara untuk pematangan. Tinggi maksimum

timbunan sampah pada tahap pematangan dengan metode *windrow composting* adalah 1,3 m.

c. Ruang Pencucian

Ruang pencucian sampah ditunjukkan untuk membersihkan sampah plastik hasil cacahan. Tiap 1 m³ volume hasil cacahan sampah plastik per jam membutuhkan ruang pencucian seluas 3 m dengan tinggi bak 80 cm.

d. Ruang Pengeringan

Ruang Pengeringan adalah ruang yang digunakan untuk menyimpan sampah plastic hasil cacahan dan proses pencucuan hingga siap untuk dikemas. Setelah beberapa saat direndam dalam bak pencuci, plastik diangkat dengan saringan kemudian ditempatkan pada ruang pengeringan untuk dikeringkan/diangin-anginkan. Dalam waktu 4-7 hari plastik tersebut sudah kering dan siap diolah. Tinggi maksimal hasil olahan sampah pada ruang pengeringan yakni 0,2 m.

e. Gudang

Untuk penyimpanan material daur ulang yang telah terpilah disediakan gudang penyimpanan dengan ukuran 3x3 m. Sedangkan rumah jaga untuk petugas pengoperasian TPST adalah 4x6 m.

3. Aspek Pembiyaaan

Aspek pembiayaan terbagi menjadi menjadi biaya investasi dan biaya operasional biaya investasi terdiri dari :

- a. Biaya konstruksi bangunan pemroses sampah skala kawasan
- b. Biaya konstruksi prasarana dan sarana
- c. Biaya pengadaan alat reduksi volume

Penyelenggaraan pengoperasian pembangunan TPS Terpadu skala kawasan harus didukung dengan biaya operasi dan pemeliharaan yang memadai sesuai dengan perhitungan data analisis keuangan. Faktor yang mempengaruhi biaya pengoperasian dan pemeliharaan skala kawasan adalah:

- a. Timbulan sampah yang ditangani di SPA skala kawasan
- b. Faktor pemadatan
- c. Biaya pengoperasian mesin pemadatan
- d. Biaya tenaga kerja (operator SPA skala kawasan)

Biaya pengoperasian dan pemeliharaan mesin pemadat, diantaranya:

- a. Kebutuhan solar
- b. Kebutuhan oli mesin

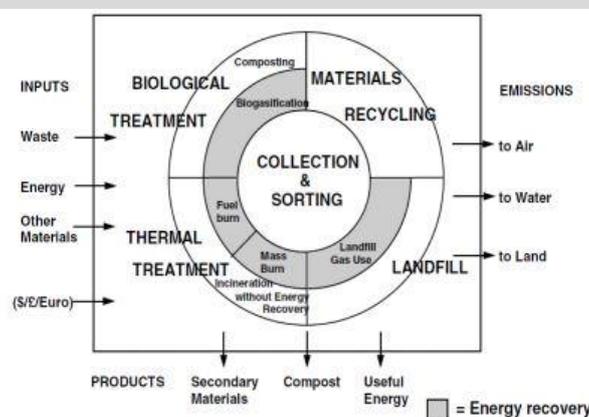
- c. Kebutuhan filter oli
- d. Penggantian spare part
- e. Kebutuhan oli hidrolik
- f. Kebutuhan bahan bakar mesin press

Biaya tenaga kerja, diantaranya:

- a. Tunjangan operator dan asisten operator

2.1.8 Emisi Pengolahan Sampah

Akhir-akhir ini, pengelolaan sampah terpadu dipahami sebagai suatu proses untuk mencapai pengelolaan sampah yang berkelanjutan dengan cara mengurangi volume sampah yang dibuang ke TPA, memaksimalkan pemulihan sampah untuk bahan bakar daur ulang dan energi, dan meminimalkan pencemaran terhadap lingkungan (*Hickman et al, Tchobanoglous et al, 2002*). Salah satu program daur ulang sampah dapat dilakukan di TPS untuk memilah sampah yang masih tercampur menjadi produk daur ulang adalah salah satu cara yang dapat dilakukan oleh pengelola sampah untuk mereduksi emisi GRK dan mengurangi beban TPA (*McDougall et al, 2001*). Pendekatan yang dapat dilakukan untuk mengetahui emisi dari pengolahan sampah adalah pendekatan jejak karbon (*Life Cycle Analysis*). Jejak karbon merupakan penjumlahan dan pengurangan emisi GRK pada daur hidup (life cycle) suatu produk atau aktifitas. Pada pengolahan sampah dimulai pada saat sampah dibuang di wadah atau tong sampah dan berakhir apabila sampah dikirim ke TPA atau dibakar. Dengan pendekatan *Life Cycle*, emisi dari sistem pengelolaan sampah dapat dihitung dari pemakaian sumber dayanya dan emisi yang dilepaskannya ke lingkungan (ke udara) baik melalui sistem utama pengelolaan sampah maupun sistem lain yang terkait dengan pengelolaan sampah seperti daur ulang dan konversi sampah menjadi energi (*Mc.Daugall et all, 2001*). Secara skematis, batasan sistem emisi pengelolaan sampah terpadu untuk analisis daur hidup adalah seperti **Gambar 2.10**



Gambar 2. 10 Hasil Emisi dari pendekatan Life Cycle
Sumber : Mc.Daugall et all 2001

Dari gambar tersebut dapat diketahui bahwa emisi yang dibuang ke udara dalam pengelolaan sampah dapat dihasilkan dari tahap pengumpulan (*collection*), tahap pemilahan, penggunaan bahan bakar/energi, proses *composting*, *thermal treatment* dan proses pengolahan lainnya. Berdasarkan Gambar 2.10 maka perhitungan emisi pada penelitian ini dibatasi pada tahap pengolahan secara biologis berupa komposting maupun fisik berupa pencacahan dan pemilahan sampah anorganik (*recycling*).

2.2 Tinjauan Analisis

2.2.1 Analisis Volume Sampah

Analisis volume sampah dihitung sesuai dengan tahapan perencanaan TPST berdasarkan Permen PU No.3 Tahun 2013 dimana volume sampah dihitung dengan pendekatan keseimbangan massa. Analisis ini dilakukan dengan beberapa tahapan yakni:

A. Menghitung jumlah volume sampah

Menghitung jumlah volume sampah menggunakan pendekatan *Load-count analysis*. Metode ini menggunakan pendekatan jumlah sampah pada lokasi pengumpulan. Mengukur jumlah berat sampah yang masuk ke TPS, misalnya diangkut dengan gerobak, selama 8 hari berturut-turut. Dengan melacak jumlah dan jenis penghasil sampah yang dilayani oleh gerobak yang mengumpulkan sampah tersebut, sehingga akan diperoleh volume sampah. Rumus perhitungan volume sampah dengan teknik *Load-Count Analysis*.

$$\text{Generation rate} = Rit \times V \times D \quad (2-1)$$

- Generation Rate : Jumlah Sampah ($\frac{kg}{hari}$)
 Rit : Jumlah perjalanan kendaraan pengangkut (*rit/hari*)
 D : Densitas Massa jenis sampah ($\frac{kg}{m^3}$)
 V : Volume Gerobak (m^3)

B. Mengetahui Volume dan Berat menurut Jenis sampah

Berdasarkan SNI 19 3694 1994 Komposisi sampah terbagi menjadi sampah organik dan anorganik yang dinyatakan dalam bentuk persentase. Nilai persentase menunjukkan besarnya volume sampah berdasarkan jenis sampah tersebut. Rumus perhitungan komposisi sampah dapat dilihat sebagai berikut:

$$\text{Komposisi (\%)} = \frac{B_i}{BSS} \quad (2-2)$$

- Dimana :
 B_i : Berat Sampah Jenis I (kg/m^3)
 BSS : Berat Sampah Seluruhnya (Kg)

C. Mengetahui *Recovery Factor* Sampah

Nilai *recovery factor* diketahui dengan melihat penelitian sebelumnya atau pengamatan langsung. Nilai *recovery* menunjukkan jumlah sampah yang dapat dimanfaatkan kembali dari sebuah sistem pengelolaan sampah. Nilai *recovery factor* dinyatakan nol jika tidak ada sampah yang terpilah oleh pemulung atau sampah yang dimanfaatkan kembali. Perhitungan potensi reduksi sampah dapat dilihat pada **Tabel 2.2**.

Tabel 2. 2 Perhitungan Potensi Reduksi Sampah

Jenis Sampah	Berat Sampah (kg)	Rf (%)	Berat Sampah yang dapat direduksi	Berat sampah sisa (residu)
Sampah Daun				
Sampah Kertas				
.....				
	Total Berat		Total Berat Reduksi	Total Berat residu

Sumber : Sari,2011

2.2.2 Analisis Kebutuhan Kapasitas Pengolahan Sampah TPST

Kapasitas pengolahan, dihitung berdasarkan kebutuhan luas lahan yang diperlukan untuk sorting dan kebutuhan luas penimbunan setiap 1 m³ bahan terpilah dengan memperhitungkan maksimum waktu penyimpanan Kapasitas pengolahan sampah TPST dihitung berdasarkan jenis sampah dan teknologi pengolahan sampah. Kapasitas dihitung berdasarkan parameter luas lahan, tenaga kerja dan waktu operasional.

A. Kebutuhan Lahan Pengolahan Sampah Organik (*Composting*)

Dalam pengolahan sampah organik menjadi produk kompos terdapat beberapa tahap pengolahan yakni pemilahan, pencacahan, pengomposan, pengayakan dan pengemasan. Kebutuhan lahan untuk pengomposan dihitung dengan persamaan sebagai berikut

$$L_1 = \frac{Vc}{t} + La \quad (2-3)$$

$$L_2 = \frac{Vt}{t} \quad (2-4)$$

$$Total Luas = L_1 + L_2 \quad (2-5)$$

Dimana :

L₁ : Luas lahan Pemilahan (m²)

L₂ : Luas Lahan Pengomposan/Pematangan (m²)

Vc : Volume Campuran (m³)

Vt : Volume Terpilah (m³)

t : tinggi sampah (m)

B. Kebutuhan Lahan Pemanfaatan Kembali Sampah Anorganik (*reuse*)

Dalam pengolahan sampah organik menjadi produk kompos terdapat beberapa tahap pengolahan yakni pemilahan dan ruang penimbunan. Luas lahan penimbunan didasarkan pada Permen PU No.3 Tahun 2013 yakni tinggi maksimum timbunan adalah 0,5 m. 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 2. 3 Dimensi bak Penampungan

Material	Vol Sampah (m ³)	Dimenis Bak	Kebutuhan Lahan (m ²)
Kertas		1.5 x 0.8	
Gelas/Kaca	Volume Hasil	1.5 x 0.5	
Plastik	Pengamatan	1.5 x 0.8	
Logam		2.0 x 0.5	
Total			

Sumber : Lampiran Permen PU No.3 PRT/M/ Tahun 2013

C. Kebutuhan Lahan Pengolahan sampah anorganik plastik (*recycle*)

Kebutuhan lahan untuk pengolahan plastik menjadi butiran plastik (*flakes*) terdiri dari kebutuhan untuk pencucian dan pengeringan. Perhitungan kebutuhan untuk pencucian didasarkan dari volume sampah yang dihasilkan dari proses pencacahan tiap jamnya. Setiap volume sampah yang dihasilkan membutuhkan ruang pencucian sebesar 3 m³. Sedangkan ruang pengeringan didasarkan dari volume hasil pencuciaan. Ketinggian samph pada proses pengeringan yakni 20 cm. (Kementrian PU).

Dari ketiga perhitungan diatas menjadi dasar untuk emngetahui kebutuhan lahan perhitungan dalam pembentukan model kebutuhan lahan kombinasi tipe pengolahan. Dimana kebutuhan lahan lahan terdiri dari kebutuhan lahan penerimaan, pemilahan, pengomposan, penimbunan, pengeringan dan pencucian sampah plastik.

2.2.3 Analisis Emisi CO₂

Perhitungan emisi CO₂ dari pengolahan sampah organic rumah tangga pada TPS Terpadu Kecanatan Sandubaya dihitung melalui dua tahapan yakni perhitungan emisi dari proses pengangkutan dan emisi dari proses pengolahan kompos.

A. Perhitungan emisi proses pengangkutan

Perhitungan emisi pengangkutan dihitung dengan motede konsumsi bahan bakar. Dalam perhitungan CO₂ berdasar IPCC (2006) didapatkan pendekatan berdasar jumlah konsumsi bahan bakar kendaraan bermotor. Berikut adalah persamaan yang digunakan yaitu

$$Emission = \sum_a (Fuel_a \cdot EF_a) \quad (2-6)$$

Dimana :

Emission = Emisi CO₂ , NO₂ , CH₄ (kg)

Fuel_a = Bahan bakar yang terjual/terpakai (TJ)

EF_a = Faktor emisi (kg/TJ)

a = Jenis bahan bakar

Pada penelitian ini hanya menggunakan satu jenis emisi yakni CO₂ sehingga nilai emisi NO₂ dan CH₄ harus dikonversi dengan satuan konversi pada **Tabel 2.4**

Tabel 2. 4 Nilai Konversi Carbon Equivalen

Jenis Emisi	Nilai Konversi (CO ₂ Eq)
NO ₂	310
CH ₄	21

Sumber: IPCC 2006

Kemudian untuk menghitung jumlah bahan bakar yang digunakan kendaraan selama berjalan, dapat digunakan persamaan berikut :

$$Estimated\ Fuel = \sum_{i,j,t} (Vehicles_{i,j,t} \cdot Distance_{i,j,t} \cdot Consumption_{i,j,t}) \quad (2-7)$$

Keterangan :

Estimated Fuel = total bahan bakar yang digunakan

Vehicles_{i,j,t} = jumlah kendaraan

Distance_{i,j,t} = jarak tempuh kendaraan (km)

Consumption_{i,j,t} = rata-rata tingkat konsumsi bahan bakar (Lt/Km)

i = jenis kendaraan

j = jenis bahan bakar

t = jenis jalan, dapat dihilangkan

Rata-rata konsumsi bahan bakar tiap kendaraan memiliki koefisiensi yang berbeda beda tergantung pada jenis kendaraan dan bahan bakar. Berikut merupakan dasar asumsi sebagai acuan satuan efisiensi bahan bakar berikut pada **Tabel 2.5**

Tabel 2. 5 Koefisien Bahan Bakar Kendaraan

Jenis Kendaraan	Koefisien Bahan Bakar (Liter/km)
Light Truck Vehicle (Jenis Dump Truck)	33,6
Pick Up Vehicle (Jenis Pick Up)	13,8

Sumber : IPCC 2006

Perhitungan bahan bakar yang terpakai menggunakan satuan TJ (*Tera Joule*) yang dihitung dari konsumsi bahan bakar dikalikan dengan satuan *energy content*. Berikut merupakan *energy content* berdasarkan jenis bahan bakar pada **Tabel 2.6**

Tabel 2. 6 Energy Content (TJ/liter)

Jenis Bahan Bakar	Energy Content (TJ/Liter)
Gasoline	44.80
Jet Kerosene	44.59
Other Kerosene	44.75
Shale Oil	36.00
Gas/Diesel Oil	43.33
Residual Fuel Oil	40.19
LPG	47.31
Ethane	47.49
Naphtha	45.01
Bitumen	40.19
Lubricants	40.19
Petroleum Coke	31.00
Refinery Feedstocks	44.80
Refinery Gas	48.15
Other Oil Products	40

Sumber : Module 1 Enrgy IPCC 2006

Tabel 2. 7 Emisi Faktor untuk Jenis Bahan Bakar dan Kendaraan

Vehicle Type	Emission Factor, Default (Kg/TJ)		
	CO ₂	CH ₄	N ₂ O
Motor			
Gasoline			
Uncontrolled	69.300,0	33,0	3,2
Oxidation Catalyst		25,0	8,0
Low Mileage Light Duty Vehicle Vintage 1995 or Later		3,8	5,7
Gas/Diesel Oil	74.100,0	3,9	3,9

Sumber : IPCC 2006

Tabel 2. 8 Emisi Faktor untuk Bahan Bakar Indonesia

Bahan Bakar	Faktor Emisi Nasional (Kg/GJ)
Pertamax	19,8
Premium	19,9
Solar	20,3

Sumber : Kementrerian Energi dan Sumber Daya Mineral, 2013

B. Perhitungan emisi dari pengolahan sampah.

Dalam pembuatan kompos sampah organik yang diolah dilakukan dengan dua jenis metode yaitu *aerobic* dan *anaerobic*. *Aerobic* merupakan proses oksidasi parsial untuk mereduksi volume dan daya cemar sampah dengan bantuan mikroorganisme aerobik dalam kondisi keberadaan oksigen (udara). Sedangkan secara *anaerobic* merupakan proses oksidasi parsial untuk mereduksi volume dan daya cemar sampah dengan bantuan mikroorganisme anaerobik dalam kondisi ketiadaan oksigen (udara). Proses oksidasi parsial ini akan mengunci nilai kalor pada senyawa produk dari proses tersebut, di antaranya gas hidrogen (H_2), gas metana (CH_4). Secara umum proses *aerobic* dan *anaerobic* mampu mengurangi emisi CH_4 dan CO_2 yang dihasilkan dibandingkan dengan tidak dilakukan pengolahan atau *Landfilling*. Pada penelitian ini dilakukan dua perhitungan yakni perhitungan emisi pada *composting* digunakan panduan perhitungan IPCC 2006 dengan metode *aerobic* dan

perhitungan emisi jika tidak dilakukan adanya pengolahan (*landfilling*). Tahapan perhitungan emisi CO₂ yakni:

1. Langkah 1 : Kumpulkan data tentang jumlah dan jenis limbah padat yang diperlakukan secara biologis.
2. Langkah 2 : Perkirakan emisi CH₄ dan N₂O dari pengolahan biologis limbah padat menggunakan persamaan.
3. Langkah 3 : Kurangi jumlah jumlah gas CH₄ yang dihasilkan dengan jumlah gas *recovery* untuk memperkirakan emisi CH₄ bersih tahunan.

a. Emisi dari proses *composting Aerobic*.

Dari proses aerobik sebagian besar dari karbon organik degradable (DOC) di bahan limbah diubah menjadi karbon dioksida (CO₂). Diperkirakan emisi yang dilepaskan ke atmosfer berkisar dari kurang dari 1 persen menjadi dari kandungan karbon awal dalam materi. Perhitungan emisi menurut IPCC (2006) sebagai berikut:

$$CH_4 \text{ Emission} = \sum_i (M_i \times EF_i) \times 10^{-3} - R \quad (2-8)$$

Dengan :

M_i = massa sampah organik dan anorganik jenis I (Gg)

EF_i = factor emisi bahan organic jenis I (Kg/Gg Waste)

R = Nilai *recovery* CH₄ per tahun

b. Emisi dari *Degradasi Sampah*

Menurut *Indonesian Climate Change Sectoral Road Map ICSSR* setiap daerah memiliki target pengurangan emisi gas rumah kaca salah satunya di sektor persampahan. Pengolahan sampah dengan 3R ditargetkan dapat mengurangi emisi sampah sebesar 26% dari proses degradasi sampah jika dibuang ke TPA yang tidak dilengkapi fasilitas *recovery* emisi. Perhitungan emisi sampah dari degradasi sampah menggunakan satuan emisi 75 kg CH₄ /Ton sampah dan 105 kg CO₂/Ton Sampah. Maka emisi sampah yang dihasilkan dari 9,3 m³ dari proses degradasi yakni

$$\text{Emisi CH}_4 \text{ dalam CO}_2 \text{ Eq} = M \times Ef \times 10^{-6} \quad (2-10)$$

$$\text{Emisi CO}_2 \text{ dalam CO}_2 \text{ Eq} = M \times Ef \times 10^{-6}$$

Dimana:

M : Massa Sampah (Gg)

Ef : *Emission Factor* (Kg/Gg)

2.2.4 Analisis Aspek Pembiayaan

Seluruh pembangunan yang dilakukan oleh pemerintah sebagai stake holder bertujuan untuk memberikan manfaat terhadap masyarakat pembiayaan dalam pengelolaan sampah rumah tangga mampu menghasilkan manfaat yang lebih tinggi dari pada biaya atau sering disebut konsep Ekonomi Teknik. Ekonomi Teknik merujuk pada kajian alternatif mana yang dianggap menguntungkan bagi sebuah kegiatan dan metode yang sering digunakan adalah *biaya mafaat (benefit Cost)* dimana untuk mengestimasi nilai ekonomi pengelolaan sampah pada TPS Terpadu Kecamatan Sandubaya dilakukan perhitungan biaya konsumsi dibandingkan dengan pendapatan dan manfaat.

Menurut Yedlas (2003) komponen biaya konsumsi terdiri dari biaya operasional dimana setiap pengolahan sampah tidak lepas dari adanya sistem pengangkutan dan pengolahan. Satuan yang digunakan adalah Rupiah/ton sampah. Ketiga biaya tersebut dapat dihitung dengan persamaan sebagai berikut

$$\text{Biaya pengelolaan } C_{OD} = \left(\frac{\sum_{i=1}^3 e_i}{W_a} \right) \quad (2-11)$$

Dengan :

W : Jumlah timbulan sampah organik yg masuk ke TPS

e₁ : Biaya Pengangkutan

e₂ : Biaya Pengolahan

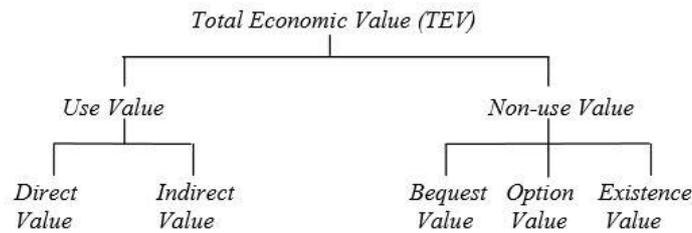
Selain itu komponen biaya konsumsi adalah biaya investasi. Menurut Permen PU No.3 Tahun 2103 komponen biaya investasi terdiri dari biaya investasi terdiri dari biaya konstruksi bangunan, biaya konstruksi prasarana dan sarana, biaya pengadaan alat reduksi. Total manfaat bersih (*total net benefit*) merupakan penjumlahan dari manfaat bersih kegiatan operasional TPS Terpadu (*operasional net benefit*) ditambah penghematan biaya pengangkutan (*avoided transportation cost*). *Operasional net benefit* didapatkan dari perhitungan biaya dan potensi penerimaan yang dihasilkan dari kegiatan operasional pengolahan sampah. *Avoided transportation cost* didapatkan dari jumlah biaya pengangkutan ke TPA yang dapat dihemat karean adanya pengolahan pada TPST. Biaya pengangkutan terdiri dari biaya konsumsi bahan bakar dan biaya perawatan.

2.2.5 Analisis Biaya Manfaat

Sesuai dengan dengan konsep *Economically sustainbilty* berarti tipe pengolahan sampah yang tepat memiliki biaya operasional yang dapat diterima dan dilaksanakan oleh pemerintah. Seluruh pembangunan yang dilakukan oleh pemerintah sebagai stake holder bertujuan untuk memberikan manfaat terhadap masyarakat pembiayaan dalam pengelolaan

sampah rumah tangga mampu menghasilkan manfaat yang lebih tinggi dari pada biaya atau sering disebut konsep Ekonomi Teknik. Ekonomi Teknik merujuk pada kajian alternatif mana yang dianggap menguntungkan bagi sebuah kegiatan dan metode yang sering digunakan adalah *biaya mafaat (benefit Cost)* dimana untuk mengestimasi nilai ekonomi pengelolaan sampah pada TPS Terpadu Kecamatan Sandubaya dilakukan perhitungan biaya konsumsi dibandingkan dengan pendapatan dan manfaat. Pada umumnya, untuk menentukan kelayakan suatu proyek digunakan analisis manfaat-biaya (*Benefit Cost Ratio*). Pada dasarnya Analisis Biaya Manfaat (*Benefit Cost Ratio*) dilakukan untuk membandingkan biaya-biaya dan manfaat-manfaat yang timbul selama kegiatan sebuah proyek berlangsung. Perbandingan ini dinilai menggunakan Benefit Cost Ratio. BCR adalah perbandingan nilai ekuivalen semua manfaat terhadap nilai ekuivalen semua biaya. Perhitungan nilai ekuivalen dapat dilakukan menggunakan analisis nilai sekarang (*present value*) (Raharjo, 2007). Dalam melakukan analisis manfaat-biaya proyek-proyek pemerintah, perlu ditentukan dari sudut mana proyek tersebut akan ditinjau. Tahapan dalam menentukan nilai BCR adalah sebagai berikut

- a. Spesifikasi secara jelas kegiatan/program yang akan dianalisis (Spesifikasi secara jelas proyek/program yang akan dianalisis) dimana melibatkan spesifikasi lengkap elemen-elemen utama proyek : lokasi, waktu, kelompok yang terlibat, hubungan-hubungan dengan program-program lainnya, dan lain-lain.
- b. Mendeskripsikan input dan output program secara kuantitatif.
Dalam hal ini, dilakukan pembentukan komponen apa yang dibutuhkan untuk kegiatan dan komponen yang akan dihasilkan dalam kegiatan. Selain itu waktu harus diperhitungkan. Biasanya proyek-proyek lingkungan lingkungan tidak dapat selesai dalam waktu singkat sehingga spesifikasi input dan output juga harus memperhitungkan atau meramalkan kejadian-kejadian di masa datang. Data yang dibutuhkans seperti nilai suku bunga, dan periode perencanaan kegiatan
- c. Menjabarkan secara rinci keseluruhan biaya dan manfaat dari input-input dan Seluruh manfaat dan biaya dalam *BCA* harus dinyatakan dalam bentuk nilai uang/moneter agar bisa dibandingkan secara langsung. Seringkali penilai harus berhadapan dengan manfaat dan biaya yang tidak memiliki nilai pasar (*intangible*) sehingga harus dilakukan estimasi dengan teknik-teknik valuasi lingkungan. Konsep manfaat dan biaya langsung dan tidak langsung digambarkan pada Gambar



Gambar 2. 11 Konsep Nilai dalam BCR

Sumber: Hanley and Spash (1993).

Terdapat dua jenis nilai dan konsep nilai dalam analisis biaya manfaat yakni *use value* dan *non use value*. *Use value* adalah nilai sebuah hasil kegiatan yang dinikmati langsung oleh penggunanya, sedangkan *non use value* hasil sebuah kegiatan pada suatu infrastruktur yang tidak dinikmati langsung oleh penggunanya. Pada penelitian ini konsep nilai hanya menggunakan konsep *use value* khususnya *direct value*. Peneliti melihat bahwa TPST Kecamatan Sandubaya merupakan kegiatan yang berorientasi pada pengurangan sampah yang manfaatnya langsung dirasakan oleh stakeholder yang mengelola kegiatan tersebut. Penelitian ini tidak mencakup analisis nilai yang tidak memiliki nilai pasar (*indirect*).

d. Membandingkan biaya-biaya dan manfaat-manfaat.

Perbandingan tersebut perlu dilakukan dalam penilaian untuk mencari kelayakan dari suatu kegiatan yang akan dilaksanakan berdasarkan nilai *present value*.

Selanjutnya fungsi BCR yang Net B/C ratio merupakan angka perbandingan antara jumlah present value positif dengan jumlah present value yang negatif, dalam arti metode ini berguna untuk menghitung antara nilai sekarang penerimaan-penerimaan kas bersih di masa datang dengan nilai sekarang investasi. Net B/C ratio yaitu angka yang menunjukkan tingkat besarnya tambahan manfaat bersih pada setiap tambahan biaya sebesar satu tahun. Proyek dapat dikatakan layak apabila *Net B/C ratio*, rasionya lebih besar dari 1 (satu). Rumus yang digunakan dalam perhitungan *Net B/C ratio* adalah sebagai berikut :

$$Net \frac{B}{C} = \frac{(PV)B}{((PV)C)} \quad (2-12)$$

Keterangan :

BCR = Rasio manfaat terhadap biaya (*benefit-cost ratio*)

(PV)B = Nilai sekarang benefit

(PV)C = Nilai sekarang biaya

BCR > 1 usulan proyek diterima

BCR < 1 usulan proyek ditolak

BCR = 0 netral

2.2.6 Mixture Design

Mixture design merupakan salah satu metode *Response Surface Methodology* yang digunakan untuk menggabungkan beberapa *ingridien*/komponen melihat apakah pencampuran dua komponen atau lebih tersebut mampu menghasilkan produk akhir dengan sifat yang lebih diinginkan, dibandingkan dengan penggunaan *ingridien* tunggalnya dalam menghasilkan produk yang sama (Cornell, 1990). Ciri penting yang membedakan *Mixture Design* dengan *Respon Surface* lainnya adalah jumlah total proporsi komponen yang berbeda dalam *Mixture Design* harus sama dengan satu. (Cornell, 1990). Tujuan utama dari *mixture design* adalah

1. Memodelkan prediksi pengaruh campuran komponen terhadap variabel respon dengan bentuk persamaan matematika.
2. Mengetahui campuran yang memberikan nilai optimal dengan menggunakan metode (*D-Optimal*)

Secara umum pengaruh campuran kombinasi terhadap variabel respon dinyatakan dalam persamaan regresi linier yang terdiri dari beberapa macam jenis yakni *linier*, *quadratic*, *cubic*, *special cubic*. Persamaan masing-masing regresi dalam *Mixture Design* adalah sebagai berikut:

- a. Linier
$$y = ax_1 + bx_2 + cx_3 \dots kx_k$$
- b. Quadratic
$$y = ax_1 + bx_2 + cx_3 + d x_1x_2 + ex_2x_3 + f x_1x_3 \dots kx_k$$
- c. Cubic
$$y = ax_1 + bx_2 + cx_3 + d x_1x_2 + ex_2x_3 + f x_1x_3 + g(x_1x_2x_3) + h(x_1x_2(x_1-x_2)) + i(x_1x_3(x_1-x_3)) + j((x_2x_3(x_2-x_3)) \dots kx_k$$
- d. Spesial Cubic
$$y = ax_1 + bx_2 + cx_3 + d x_1x_2 + ex_2x_3 + f x_1x_3 + g(x_1x_2x_3) \dots kx_k$$

Keterangan : Y = Variabel Terikat

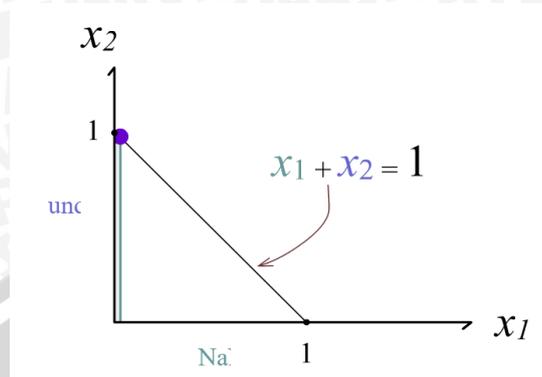
x_1 = Komponen Kombinasi 1 x_k = Komponen Kombinasi ke k

x_2 = Komponen Kombinasi 2 k = Jumlah Komponen Campuran

x_3 = Komponen Kombinasi 3

Keempat persamaan memiliki perbedaan jumlah komponen pembentuk regresi dimana setiap jenis regresi memberikan pengaruh berbeda terhadap nilai respon. Regresi terbaik yang digunakan adalah regresi yang memberikan hasil terbaik dari uji statistik. Persamaan regresi yang secara umum memberikan pengaruh terbaik dan banyak digunakan adalah jenis *quadratic* dan *special cubic*. Ini dipengaruhi oleh jumlah komponen campuran terbentuk. Jumlah komponen campuran dalam *mixture design* disimbolkan dengan k dimana

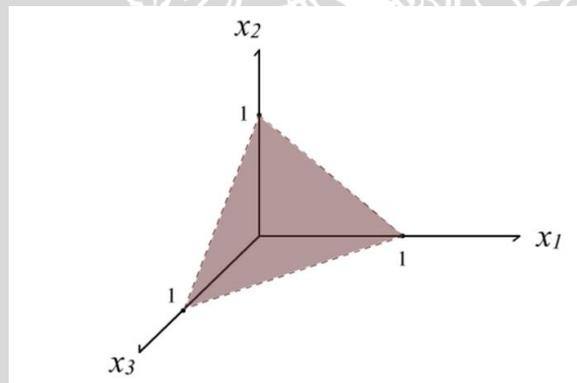
jika nilai $k=2$ maka komponen pembentuk berjumlah 2 yakni x_1 dan x_2 . Permodelan kombinasi menggunakan 2 komponen ini digambarkan pada bidang datar/*contour plot* dengan dua garis sumbu x dan y sebagai berikut:



Gambar 2. 12 Contour Mixture Design dengan 2 Komponen

Sumber: Minitab.com

Pada *mixture design* menggunakan dua komponen permodelan digambarkan ke dalam bentuk bidang datar yang terdiri dua sumbu yakni sumbu horizontal x_1 yang mewakili komponen 1 dan sumbu vertikal mewakili komponen 2 atau x_2 dimana keseluruhan peluang model kombinasi diambarkan pada garis persamaan $x_1 + x_2 = 1$.

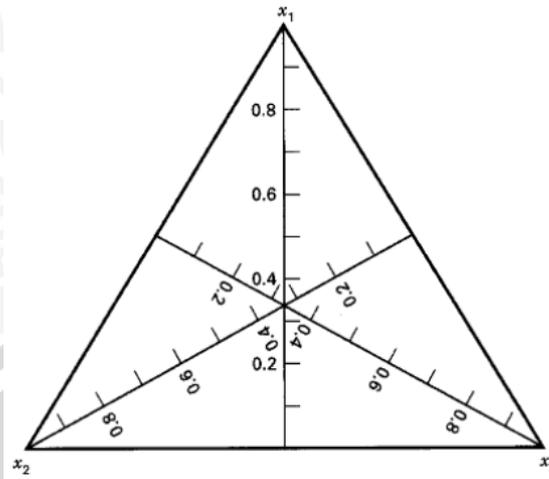


Gambar 2. 13 Contour Mixture Design dengan 3 komponen

Sumber: Minitab.com

Sedangkan jika jumlah komponen pembentuk regresi sama dengan 3 atau $k=3$ maka terdapat tiga sumbu yang mewakili 3 komponen yakni x_1, x_2, x_3 dan membentuk bidang segitiga. Setiap sudut segitiga berhimpit dengan titik di tiap garis sumbu yang mewakili nilai maksimal kombinasi tiap tiap komponen yakni 1. Begitu pula dengan dengan komponen yang berjumlah dari 4 komponen maka peluang kombinasi maka terbentuk dari 4 sumbu digambarkan pada bentuk *tetrahedron* dimana masing-masing dari empat sisi *tetrahedron* adalah segitiga *equilateral* yang memiliki nilai maksimal sama dengan 1. Pada penelitian ini jumlah komponen permodelan kombinasi yang digunakan sebanyak 3 komponen sehingga keseluruhan peluang kombinasi digambarkan pada *contour plot* bidang segitiga seperti pada

Gambar 2.13. Bentuk segitiga dapat berupa segitiga sama kaki atau sama sisi lebih jelasnya dapat dilihat pada ilustrasi Gambar 2.14



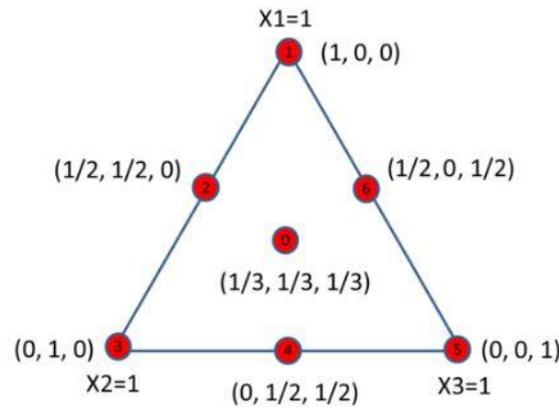
Gambar 2. 14 Contour Plot 3 Komponen

Sumber: Minitab.com

Pada bidang terdapat 3 sumbu yang mewakili nilai maksimal pada masing-masing komponen kombinasi yakni x_1, x_2, x_3 dimana nilai maksimal dari ketiga komponen dianggap sama yakni 1. Garis yang dilengkap dengan titik nilai menggambarkan rentang nilai terendah dan tertinggi dari masing masing komponen.

Untuk mendapatkan model kombinasi optimal dan penggambaran *contour plot* pada *mixture design* terdapat 3 metode yang dapat diterapkan yakni *simplex lattice*, *centroid lattice*, dan *extreme lattice design*. Ketiga metode ini memiliki ciri-ciri masing masing jumlah perbedaan dalam kedalaman kombinasi yang disimbolkan dengan m . Berikut merupakan penjelasan ketiga jenis metode dalam *mixture design* dengan 3 komponen kombinasi:

1. *Simplex lattice xentroid* adalah metode dimana jumlah kedalaman kombinasi menggunakan desain centroid dengan titik data yang terletak di setiap sudut, tiga titik tengah di setiap sisi, serta pusat dan sangat efektif menunjukkan signifikansi yang terkait dengan tiga komponen utama. Secara umum sampel kombinasi mengambil nilai tengah dari masing-masing rentang nilai variabel kombinasi. Jumlah sampel kombinasi metode *centroid lattice* dirumuskan dalam persamaan $N = 2^p - 1$ dengan p adalah jumlah variabel kombinasi.



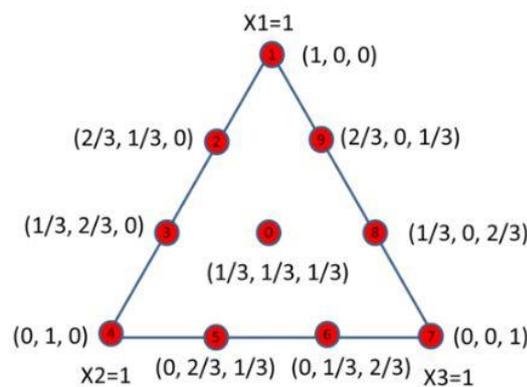
Gambar 2. 15 Simplex Lattice Centroid dalam Bidang Segitiga

Sumber: www.minitab.com

2. *Simplex Lattice design* memiliki perbedaan dalam jumlah kedalaman kombinasi dimana nilainya dapat diatur sesuai tingkat ketelitian yang diinginkan oleh peneliti. Dengan metode *mixture design* jumlah tingkat kedalaman kombinasi atau m berjumlah 10. Jumlah kombinasi metode *simplex lattice design* dirumuskan dalam persamaan

$$N = \frac{(p+m-1)!}{m!(p-1)!} \quad (2-13)$$

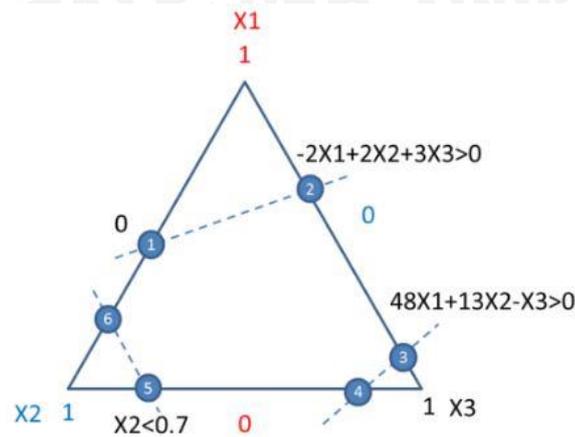
Dengan p adalah jumlah variabel kombinasi dan m adalah tingkat kedalaman kombinasi (*degree of lattice*).



Gambar 2. 16 Simplex Lattice dalam Bidang Segitiga

Sumber: www.minitab.com

3. *Extrem Lattice design* memiliki ciri khusus yakni desain campuran dalam bidang segitiga yang dibatasi oleh sebuah simplex. Pembatasan ini berasal dari kenyataan bahwa beberapa bagian dari semua bahan yang diperlukan untuk unit eksperimental kombinasi memiliki jumlah/proposisi yang berbeda.



Gambar 2. 17 Extreme Lattice Design

Sumber: www.minitab.com

Gambar diatas menunjukkan kombinasi dengan 3 variabel dimana terdapat batasan nilai tiap variabel sehingga terdapat irisan yang digambarkan dengan garis putus-putus. Peluang kombinasi digambarkan dalam luas segitiga, dalam *extreme design* peluang kombinasi semakin berkurang sesuai dengan batas minimum dan maksimum tipe komponene pembentuk kombinasi. Berdasarkan ketiga metode tersebut maka metode yang tepat menggambarkan kombinasi pengolahan sampah pada penelitian ini adalah metode *Extreme Lattice Design* karena memungkinkan nilai dari masing-masing komponen kombinasi yang berbeda beda sesuai potensi volume sampah hasil pengamatan sehingga akan terbentuk irisan-irisan seperti pada Gambar 2.16

Proses optimasi pengolahan sampah pada TPST Kecamatan Sandubaya pada penelitian ini menggunakan peranti lunak (software) *Design-Expert 10.0 Trial Version*. Peranti lunak ini menyediakan fasilitas *mixture design (D-optimal)* dengan metode *Extrem Lattice Design*. Beberapa tahapan dalam analisis *mixture design* untuk menentukan kombinasi tipe pengolahan terbaik yang dapat dilakukan pada wilayah studi adalah sebagai berikut (Saragih,2012):

1. Menentukan tujuan utama permodelan
2. Menentukan variabel respon (y) dan komponen kombinasi (x)
3. Penentuan Batas Kombinasi
4. Pembuatan Sample Kombinasi
5. Perhitungan Nilai respon
6. Overlay Kombinasi
7. Interpretasi Hasil Uji Statistik dan *D optimal*

Dalam analisis hasil uji statistik merupakan tahapan akhir untuk memilih jenis persamaan regresi yang akan dipilih dan kombinasi terbaik, beberapa yang menjadi pertimbangan adalah

8. Jumlah masing-masing ketiga komponen pembentuk harus memiliki nilai maksimum kombinasi yang sama.
9. Komponen kombinasi harus memiliki sebaran data normal
10. Terdapat hubungan linier yang signifikan antara variabel bebas (X) dan variabel tergantung (Y) digambarkan dengan nilai R Square

2.3 Penelitian Terdahulu

Pada penelitian ini terdapat studi terdahulu yang digunakan oleh peneliti sebagai referensi dalam penyusunan alat analisis dan penentuan variabel serta parameter. Studi terdahulu yang digunakan sebagai referensi berkaitan dengan penelitian ini dapat dilihat pada **Tabel 2.9**

Tabel 2. 9 Penelitian Terdahulu

Nama	Judul, Tahun	Variabel	Metode Analisis	Hasil	Kontribusi dalam Penelitian
Rasyidatur Rahmaniah	Potensi Reduksi Sampah Perkotaan Melalui Pengelolaan Sampah di TPS Kecamatan Mataram 2014	<ul style="list-style-type: none"> • Sistem Pengumpulan Sistem Pengangkutan • Sistem Pengolahan • Sistem Pemindahan 	<ul style="list-style-type: none"> • AHP • Analisis Regresi 	Faktor yang mempengaruhi pengelolaan sampah pada TPS Terpadu adalah system pemindahan dan pengangkutan Potensi reduksi yaitu 5% dari total sampah	Dalam penelitian ini peneliti menggunakan persentase komposisi sampah Kota Mataram dan metode perhitungan volume sampah pada TPS
Yedlas dkk	Economic Insight of Municipal Waste Management In Mumbai 2003	<ul style="list-style-type: none"> • Biaya Pengumpulan • Biaya Pengangkutan • Biaya Pengolahan • Manfaat tak terhitung dari pengelolaan sampah 	<i>Benefit Cost Analysis</i>	Kuntungan yang dapat dari pemanfaatan sampah di Mumbai India hanya sebesar 1,25 dollar tiap Ton. Dari hasil perhitungan BC Ratio pengelolaan sampah tidak lebih dari 1	Penelitian ini digunakan peneliti sebagai penurunan variable biaya operasional pada pengelolaan sampah pada TPST Kecamatan Sandubaya
Rahmi Sari Dewi	Evaluasi Pembiayaan dan Sosial Unit Pengelolaan Sampah Kota Depok 2008	<ul style="list-style-type: none"> • Biaya Operasional • Biaya Investasi • Opputunity cost • Penerimaan Tenaga Kerja • Penerimaan Masyarakat 	<ul style="list-style-type: none"> • <i>Benefit Cost Analysis</i> • Total Economic Value 	UPS dengan volume sampah yang diolah sebesar 7,56 m3/hari mampu menghasilkan potensi nilai olahan sampah Rp 51.634.264 per tahun dan Rp 81.059.694.857 jika seluruh sampah	Penelitian ini digunakan sebagai penurunan variable pembiayaan dan manfaat dari Pengelolaan TPS Terpadu.

Nama	Judul, Tahun	Variabel	Metode Analisis	Hasil	Kontribusi dalam Penelitian
				domestik Kota Depok diolah lebih lanjut	
Bunga Ayu Abadi dan Welly Herumurti	Perhitungan Emisi Karbon Pengolahan Sampah Kota Probolinggo 2013	<ul style="list-style-type: none"> • Emisi <i>Composting</i> • Emisi Kendaraan • Emisi Penggunaan Energi 	Metode Evaluatif menggunakan pedoman IPCC 2006	Kesimpulan pada studi ini menunjukkan bahwa timbul sampah TPA Kota Probolinggo sebesar 33.812,78 kg/hari. kegiatan komposting jumlah sampah kebun yang dikomposkan sebesar 563,3979 kg/hari dan sampah sisa makanan sebesar 1255,18 kg/hari.	Penelitian ini digunakan sebagai panduan dalam perhitungan variabel lingkungan yaitu menghitung karbondioksida pada pengomposan dan proses pengolahan lainnya.
Johnson Saragih	Penentuan komposisi optimum buburan kertas kraft liner 150 gsm menggunakan metode mixture eksperimen	<ul style="list-style-type: none"> • Variabel komposisi Bahan Kertas (x) • Kekuatan Hasil kertas (y) 	Analisis <i>Mixture Design</i> .	Hasil kombinasi menunjukkan bahwa komposisi terbaik dalam pembuatan sampah kertas adalah kombinasi bahan komponen Waste Paper sebesar 71.23 % Pulp 8.72 Air sebesar 3.54% Rosin sebesar 5.7% Aluminium Sulfat sebesar 3.29% dan Starch sebesar 7.55 % komposisi campuran berhasil meningkatkan kualitas kertas	Penelitian ini digunakan sebagai panduan penggunaan dan interpretasi hasil analisis <i>Mixture Design</i>

2.4 Tinjauan Kebijakan

Tunjukkan kebijakan berisikan mengenai peraturan yang berkaitan dengan penelitian dan menjadi acuan dasar dalam penentuan ruang lingkup materi penelitian. Beberapa tinjauan kebijakan yang mendasari penelitian ini anatar lain:

2.4.1 Peraturan Daerah No 12 Tahun 2011 Tentang RTRW Kota Mataram

Tempat Penampungan Sementara yang selanjutnya disebut TPS adalah tempat sebelum sampah diangkut ke tempat pendauran ulang, pengolahan, dan/atau tempat pengolahan sampah terpadu. Tempat Pengolahan Sampah Terpadu yang selanjutnya disebut TPST adalah tempat dilaksanakannya kegiatan pengumpulan, pemilahan, penggunaan ulang, pendauran ulang, pengolahan, dan pemrosesan akhir sampah. Rencana pengembangan sistem jaringan persampahan kota sebagaimana dimaksud dalam Pasal 15

huruf g dilakukan untuk menanggulangi dan mengelola produksi sampah dari kegiatan masyarakat kota. Pengelolaan dan penanggulangan sampah sebagaimana dimaksud pada dilakukan melalui:

- b. Konsep Pengelolaan Sampah Terpadu Menuju *Zero Waste* menggunakan metode 3R dengan mengurangi sampah mendekati sumber dengan membangun TPST.
- c. Jenis sampah organik dan anorganik untuk dikelola melalui konsep 3R (*Reduce, Recycle, Reuse*)

Peraturan Daerah No.12 Tahun 2011 berkaitan dengan peraturan mengenai konsep pengolahan yang menjadi dasar penanganan sampah Kecamatan Sandubaya yakni pengelolaan sampah dengan konsep 3R yang diimplementasikan ke dalam 3 tipe pengolahan yakni *reuse, recycle* sampah plastik, *recycle* sampah organik menjadi kompos atau *composting*. Selain itu Peraturan Daerah No.12 Tahun 2011 mengatur tentang fungsi TPST Kecamatan Sandubaya yakni mengurangi sampah yang dihasilkan dari kegiatan masyarakat atau rumah tangga.

2.4.2 Rencana Pengelolaan Persampahan Kota Mataram Tahun 2012

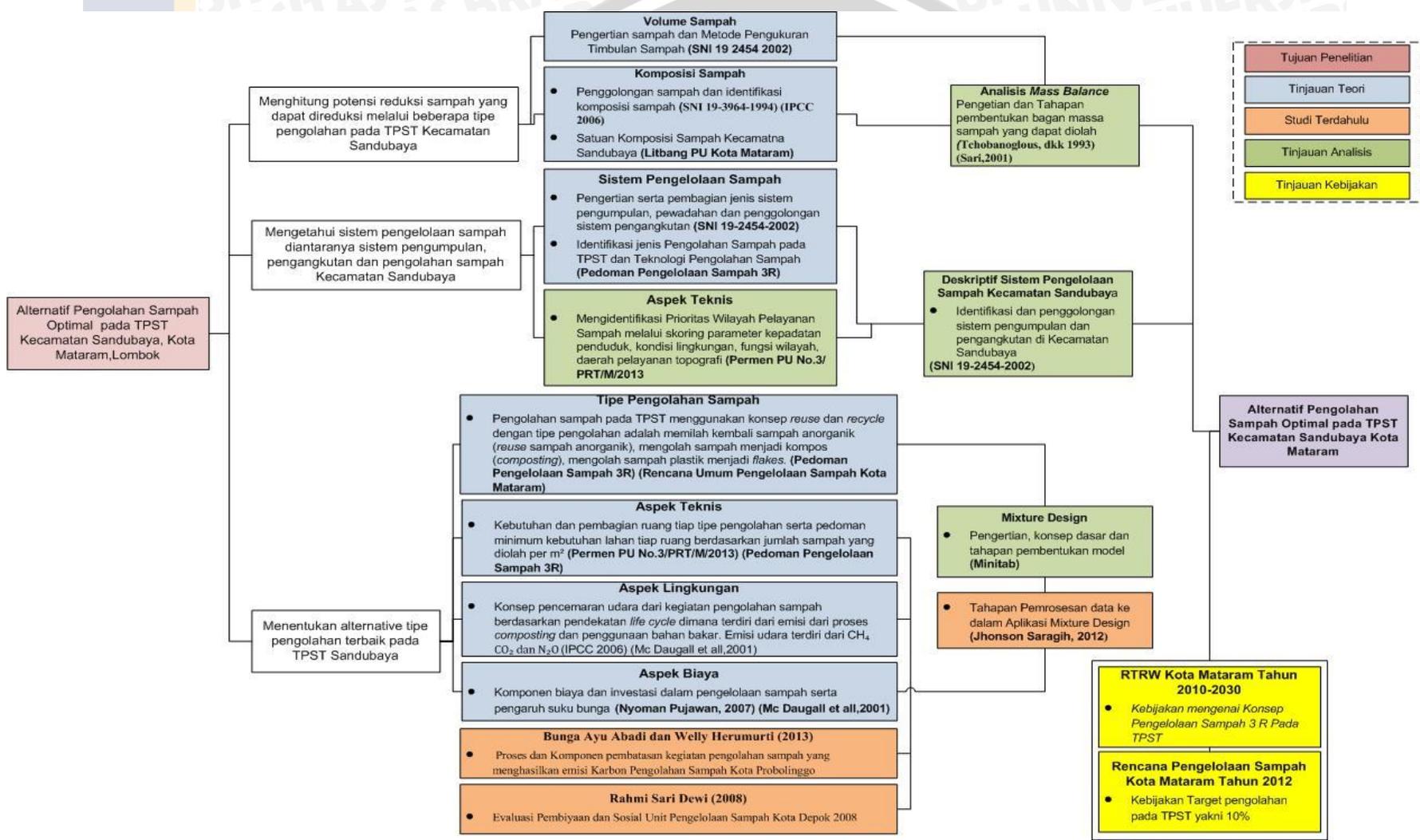
Berdasarkan Rencana Persampahan Kota Mataram Tahun 2012 mengatur tentang beberapa hal mengenai target pengolahan dan tipe pengolahan yang diprioritaskan dilakukan di TPST Kecamatan Sandubaya. Beberapa kebijakan yang diatur antara lain

1. Target pengurangan sampah pada Kecamatan Sandubaya sebesar 10% sampah yang diangkut ke TPA
2. Pengurangan sampah dilakukan dengan pengolahan yakni *reuse, recycle* sampah plastik, *recycle* sampah organik menjadi kompos atau *composting*.
3. Daur ulang diarahkan untuk perkuatan jaringan konsumen, dan industry daur ulang

Rencana Pengelolaan Persampahan Kota Mataram Tahun 2012 digunakan sebagai dasar dalam penentuan target pengolahan TPST dan tipe pengolaha yang dilakukan dalam penelitian ini.

2.5 Kerangka Teori

Teori-teori yang dijabarkan pada sub bab sebelumnya merupakan teori-teori yang digunakan untuk mencapai tujuan penelitian. Adapun teori-teori tersebut digambarkan kaitannya dengan masing-masing tujuan penelitian pada **Gambar 2.18**



Gambar 2. 18 Kerangka Teori