

## **II. KAJIAN TEORI**

### **2.1. KAJIAN TEORI SAMPAH**

#### **2.1.1. Pengertian Sampah**

Menurut (Undang – Undang Nomor 18 Tahun 2008 Tentang Pengelolaan Sampah, 2008), sampah adalah material sisa berbentuk padat yang dihasilkan dari berbagai kegiatan manusia sehari-hari maupun dari proses alam. Menurut *World Health Organization* (WHO) Sampah didefinisikan sebagai material yang sudah tidak dimanfaatkan, tidak dipergunakan, tidak diinginkan, atau dibuang oleh manusia sebagai hasil dari aktivitas sehari-hari, dan tidak terjadi secara alami (Candra, 2006). Kemudian, sampah juga dapat didefinisikan sebagai material sisa yang dihasilkan dari aktivitas manusia atau proses alam, yang tidak lagi memiliki nilai guna atau dianggap tidak diperlukan. Material ini muncul setelah suatu proses penggunaan atau konsumsi, dan memerlukan pengelolaan yang tepat untuk mencegah dampak negatif terhadap lingkungan (Azwar, 1979). Dengan demikian, dapat disimpulkan bahwa sampah merupakan material sisa berbentuk padat yang dihasilkan dari aktivitas manusia atau proses alam, yang tidak lagi memiliki nilai guna dan memerlukan pengelolaan yang tepat untuk mencegah dampak negatif terhadap lingkungan.

#### **2.1.2. Klasifikasi Sampah**

Berdasarkan sifatnya, sampah dapat diklasifikasikan menjadi 3 jenis, yaitu:

##### **1) Sampah Organik**

Sampah organik, yang sering disebut sebagai sampah basah, adalah sampah yang berasal dari sisa makhluk hidup. Jenis sampah ini mudah terurai dan membusuk secara alami (Damanhuri & Padmi, 2006).

##### **2) Sampah Anorganik**

Sampah anorganik, atau sering disebut sebagai sampah kering, merupakan jenis sampah yang berasal dari senyawa non-organik.

Sampah ini biasanya berasal dari sumber daya alam yang tidak dapat diperbarui, seperti minyak bumi, proses industri, serta mineral atau tambang (Damanhuri & Padmi, 2006).

### 3) Sampah B3

Sampah B3 adalah limbah berbahaya dan beracun yang bersifat toksik, sehingga memerlukan penanganan khusus. Limbah ini banyak dihasilkan oleh kegiatan industri maupun produk yang digunakan sehari-hari. Semakin berkembangnya industri, semakin beragam pula jenis limbah B3 yang dihasilkan (Ikhsandri, 2014).

Menurut (Suwerda, 2012), berdasarkan sumbernya, sampah dapat diklasifikasikan menjadi 5 jenis, yaitu:

#### 1) Sampah Rumah Tangga

Sampah rumah tangga mencakup berbagai jenis, seperti sampah organik berupa sisa makanan, sampah dari kebun atau halaman, serta sampah anorganik seperti peralatan rumah tangga yang sudah tidak terpakai, gelas, kain, kardus, dan tas bekas. Selain itu, terdapat juga sampah rumah tangga yang mengandung bahan berbahaya dan beracun (B3), seperti bahan kosmetik dan baterai bekas yang sudah tidak digunakan lagi.

#### 2) Sampah Pertanian

Kegiatan pertanian juga menghasilkan sampah, yang umumnya berupa sampah organik yang mudah membusuk, seperti rerumputan. Selain itu, aktivitas pertanian juga menghasilkan sampah B3 seperti pestisida dan pupuk buatan, yang memerlukan penanganan khusus agar tidak mencemari lingkungan atau berbahaya bagi manusia.

#### 3) Sampah Sisa Bangunan

Proses konstruksi bangunan menghasilkan sampah seperti tripleks, potongan kayu, dan bambu, serta sampah anorganik seperti kaleng bekas, potongan besi, dan kaca.

#### 4) Sampah Perdagangan

Sampah perdagangan biasanya berasal dari pasar tradisional, dengan berbagai jenis sampah yang dihasilkan dari aktivitas jual beli.

#### 5) Sampah Industri

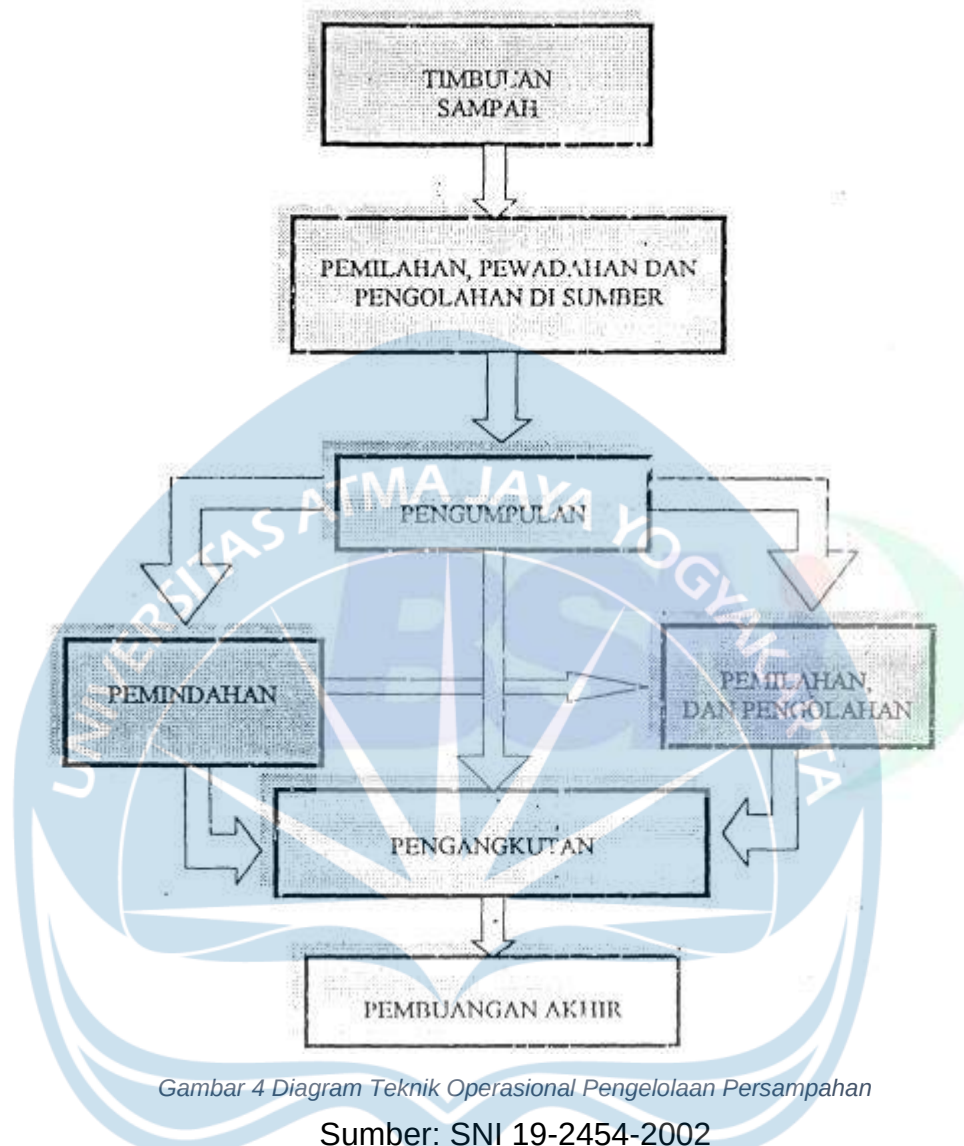
Sampah industri merupakan hasil dari aktivitas di sektor industri yang tidak dapat dimanfaatkan kembali. Jenis sampah yang dihasilkan bergantung pada bahan baku dan proses yang dilakukan, dengan sampah muncul dari proses input, produksi, hingga output.

## **2.2. KAJIAN TEORI PENGELOLAAN SAMPAH**

### **2.2.1. Pengertian Pengelolaan Sampah**

Pengelolaan sampah menurut (Undang – Undang Nomor 18 Tahun 2008 Tentang Pengelolaan Sampah, 2008) adalah kegiatan yang sistematis, menyeluruh, dan berkelanjutan yang meliputi pengurangan dan penanganan sampah. Kegiatan pengurangan sampah mencakup pembatasan timbulan sampah, pendauran ulang, dan pemanfaatan kembali sampah. Teknik operasional pengelolaan sampah perkotaan yang terdiri dari kegiatan pewadahan sampai dengan pembuangan akhir sampah harus bersifat terpadu dengan melakukan pemilahan sejak dari sumbernya (SNI 19-2454-2002 Tentang Tata Cara Teknik Operasional Pengelolaan Sampah, 2002)

### **2.2.2. Proses Pengelolaan Sampah**



#### 1) Pengumpulan

Pengumpulan sampah adalah proses pengambilan sampah dari sumbernya atau dari tempat penampungan, kemudian dipindahkan ke tempat pembuangan sementara atau pengolahan sampah. Pengangkutan dapat dilakukan menggunakan gerobak dorong atau kendaraan khusus seperti mobil pick-up sampah. Prinsip utama dalam pengumpulan sampah adalah menjaga agar sampah tidak tercecer, baik di lokasi asal maupun selama perjalanan. Umumnya, gerobak dorong atau truk digunakan untuk mengangkut sampah ke tempat penampungan sementara (SNI 19-2454-2002 Tentang Tata Cara Teknik Operasional Pengelolaan Sampah, 2002).

## 2) Pemilahan

Berdasarkan (PERATURAN DAERAH KABUPATEN BANTUL NOMOR 2 TAHUN 2019 TENTANG PENGELOLAAN SAMPAH RUMAH TANGGA DAN SAMPAH SEJENIS SAMPAH RUMAH TANGGA, 2019), pemilahan harus dilakukan oleh setiap orang pada sumber sampah. Pemilahan dilakukan dengan menyediakan fasilitas untuk memisahkan sampah organik, anorganik, dan sampah spesifik. TPS juga harus memiliki fasilitas untuk pemilahan dengan label dan warna yang berbeda.

## 3) Pengolahan

Berdasarkan (PERATURAN DAERAH KABUPATEN BANTUL NOMOR 2 TAHUN 2019 TENTANG PENGELOLAAN SAMPAH RUMAH TANGGA DAN SAMPAH SEJENIS SAMPAH RUMAH TANGGA, 2019), pengolahan sampah meliputi beberapa metode, seperti pemadatan, pengomposan untuk sampah organik, daur ulang materi dan energi. Terdapat juga metode pengolahan lain seperti insinerasi dan pemadatan untuk mengurangi volume sampah (SNI 19-2454-2002 Tentang Tata Cara Teknik Operasional Pengelolaan Sampah, 2002). Fasilitas pengolahan ini disediakan di TPS3R, TPST, atau TPA oleh lembaga pengelola sampah dan Pemerintah Daerah.

## 4) Pembuangan

Pembuangan akhir sampah dilakukan di TPA dengan berbagai metode, termasuk penimbunan terkendali (*controlled landfill*) atau lahan urug saniter (*sanitary landfill*), yang bertujuan untuk meminimalkan dampak lingkungan dengan pengelolaan yang sesuai (SNI 19-2454-2002 Tentang Tata Cara Teknik Operasional Pengelolaan Sampah, 2002).

## 2.3. KAJIAN TEORI *INTERMEDIATE TREATMENT FACILITIES* (ITFs)

### 2.3.1. Pengertian *Intermediate Treatment Facilities* (ITFs)

Menurut (PERATURAN BUPATI BANTUL NOMOR 125 TAHUN 2021, 2021), tempat pengolahan sampah dengan prinsip 3R (*reduce, reuse, recycle*) atau TPS3R adalah tempat untuk kegiatan pengumpulan, pemilahan, dan pendauran ulang sampah. *Intermediate Treatment Facilities* (ITFs) merupakan fasilitas yang dirancang untuk memproses sampah, dan berfungsi sebagai tempat pengolahan sebelum akhirnya sampah diangkut ke TPA/TPST. ITF memanfaatkan teknologi berkelanjutan yang ramah lingkungan, serta dirancang untuk menghasilkan produk yang dapat digunakan kembali maupun energi dari sampah kota, mendukung upaya pengurangan sampah secara efektif dan berkontribusi pada penyediaan energi hijau (Peraturan Gubernur Provinsi DKI Jakarta No. 33 Tahun 2018, 2018).

### 2.3.2. Teknologi Dalam Sistem *Intermediate Treatment Facilities* (ITFs)



Gambar 5 Teknologi Waste Management dalam sistem ITFs

Sumber: Kajian Teknis Peraturan Daerah Provinsi DKI Jakarta Nomor 3 Tahun 2013 tentang Pengelolaan Sampah

Teknologi pengolahan sampah dengan sistem ITFs dapat dibagi menjadi 3 bagian utama, yaitu pengolahan secara mekanis-biologis, daur ulang (*recycle*), dan pemusnahan dengan energi panas dan kimia (*thermochemical processes*).

#### 1) *Mechanical Biological Treatment* (MBT)

*Mechanical Biological Treatment* (MBT) adalah teknologi pengolahan limbah yang menggabungkan proses mekanis dan

biologis untuk mengelola limbah padat perkotaan. MBT dirancang untuk memisahkan komponen limbah menjadi fraksi yang dapat digunakan kembali, didaur ulang, atau dibuang secara efisien (Abdeljaber et al., 2022). Proses ini mencakup dua tahap utama:

- Proses Mekanis

Pada tahap ini, limbah dipilah secara mekanis menggunakan alat seperti trommel atau pemisah magnetik untuk memisahkan material yang dapat didaur ulang, seperti logam, plastik, dan kertas. Sampah organik yang tersisa kemudian dipindahkan ke tahap biologis.

- Proses Biologis

Limbah organik yang sudah dipilah kemudian diproses secara biologis, sering melalui komposting atau anaerobic digestion (AD), untuk mengurangi massa limbah dan menghasilkan produk seperti kompos atau biogas. Biogas yang dihasilkan dapat digunakan sebagai sumber energi terbarukan (Abdeljaber et al., 2022).

## 2) Daur Ulang (*Materials Recovery Facilities*)

Berdasarkan Undang – undang Nomor 18 Tahun 2008 tentang Pengelolaan Sampah, daur ulang melibatkan pengelolaan sampah secara terpadu dengan memfokuskan pada pemilahan, pengolahan, dan pemanfaatan kembali material yang masih memiliki nilai ekonomi. Dalam konteks ini, daur ulang bertujuan mengurangi volume sampah yang harus dibuang ke tempat pemrosesan akhir, sekaligus meminimalkan dampak lingkungan yang diakibatkan oleh sampah. Selain itu, daur ulang juga mendukung prinsip ekonomi sirkular dengan mengolah sampah menjadi produk baru, seperti kompos atau bahan baku industri.

## 3) *Thermochemical Processes*

*Thermochemical Processes* adalah serangkaian metode pengolahan sampah atau biomassa yang menggunakan panas dan reaksi kimia untuk mengonversi bahan organik menjadi produk

bernilai, seperti energi, bahan bakar, atau bahan kimia (Management & Recovery, 2023). Proses *thermochemical* dapat diaplikasikan dalam waste management sebagai solusi untuk mengurangi volume sampah dan menghasilkan energi terbarukan. Berikut adalah beberapa jenis utama proses *thermochemical* (*thermos artikel*):

- *Pyrolysis*

*Pyrolysis* melibatkan pemecahan bahan organik pada suhu tinggi (400–800°C) tanpa adanya oksigen. Proses ini menghasilkan biochar, bio-oil, dan syngas. *Pyrolysis* cocok untuk mengolah sampah plastik, biomassa, dan sampah organik, menghasilkan bahan bakar cair dan padat, serta gas yang dapat digunakan untuk energi (Management & Recovery, 2023).

- *Gasification*

Gasifikasi adalah proses yang mengonversi bahan organik menjadi syngas (campuran hidrogen dan karbon monoksida) melalui pemanasan dalam jumlah oksigen atau uap air yang terbatas. Gasifikasi bekerja pada suhu 700–1300°C dan dapat mengubah biomassa, limbah organik, atau bahkan limbah padat menjadi energi atau bahan bakar sintetis (Management & Recovery, 2023).

- *Insinerator*

Teknologi insinerator adalah metode pengolahan limbah yang menggunakan pembakaran pada suhu tinggi untuk mengurangi volume sampah dan menghasilkan energi. Insinerasi mengubah sampah padat menjadi abu, gas buang, dan energi panas yang bisa dimanfaatkan. Insinerator modern juga dilengkapi dengan boiler untuk menangkap energi panas dari pembakaran sampah, yang dapat diubah menjadi listrik atau digunakan sebagai energi panas (Kwon et al., 2024). Proses ini membantu dalam pengurangan volume sampah hingga 90%,

sehingga mengurangi ketergantungan pada tempat pembuangan akhir (TPA)

## 2.4. STUDI PRESEDEN

### 2.4.1. TPA-BLE Banyumas

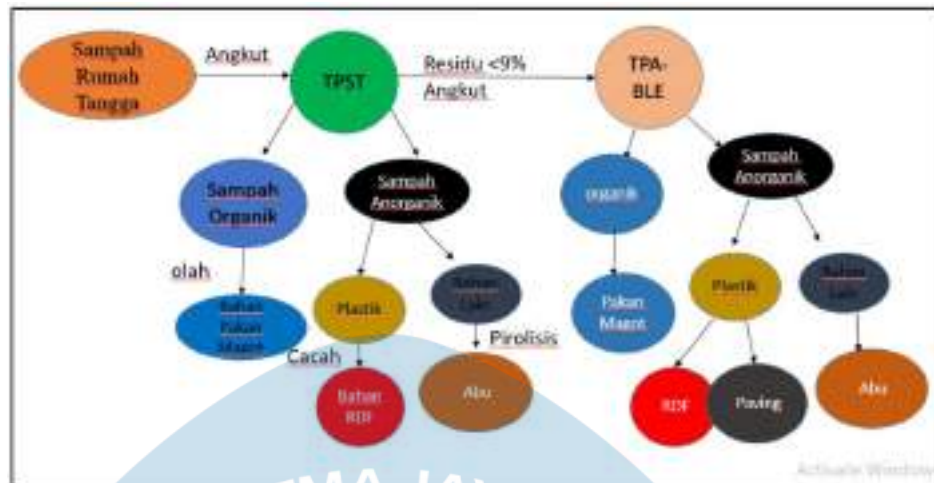


Gambar 6 TPA-BLE Banyumas

Sumber: (Supriyanto, 2023)

#### A. Konsep dan Alur Pengelolaan Sampah di TPA-BLE Banyumas

TPA-BLE (Tempat Pembuangan Akhir Berbasis Lingkungan dan Edukasi) Kabupaten Banyumas merupakan sistem pengelolaan sampah yang komprehensif dan berorientasi pada prinsip zero waste (Utomo & Muttaqijn, 2023). Berbeda dengan TPA konvensional yang hanya berfungsi sebagai tempat penimbunan akhir (*landfill*), TPA-BLE diintegrasikan dengan Tempat Pengelolaan Sampah Terpadu (TPST) yang berperan signifikan dalam memproses sampah sebelum residunya masuk ke TPA.



Gambar 7 Alur engolahan Sampah Kabupaten Banyumas

Sumber: (Utomo & Muttaqijn, 2023)

Alur pengelolaan sampah dimulai dari:

- Pengumpulan di TPST  
Sampah dari masyarakat dikumpulkan dan diolah di TPST. Dari total sampah, sekitar 91% dapat diolah di TPST menjadi pakan maggot (dari sampah organik) dan Refused Derived Fuel (RDF) dari sampah anorganik seperti plastik. Sampah plastik dicacah dan dijual ke TPST Jeruk Legi di Cilacap untuk diolah lebih lanjut (Utomo & Muttaqijn, 2023).
- Proses di TPA-BLE  
Residual waste (9% dari sampah awal) yang tidak dapat diproses di TPST dikirim ke TPA-BLE untuk diolah lebih lanjut. Di sini, TPA-BLE menggunakan beberapa pendekatan pengolahan, seperti:
  - o Pemisahan ulang sampah residu menjadi organik dan anorganik.
  - o Pemanfaatan organik sebagai pakan maggot.
  - o Pemanfaatan plastik anorganik untuk RDF dan paving.
  - o Pembakaran residu yang tidak dapat dimanfaatkan melalui mesin pirolisis dengan suhu  $>800^{\circ}\text{C}$  untuk meminimalisir emisi berbahaya.

TPA-BLE Banyumas juga bersifat *closed facility*, artinya beroperasi dalam hanggar tertutup untuk mengurangi dampak lingkungan seperti bau dan pencemaran udara (Utomo & Muttaqijn, 2023).

#### **B. Kapasitas dan Dampak Pengelolaan Sampah di Banyumas**

Dengan pemrosesan awal di TPST, sampah yang dikirim ke TPA-BLE berkurang secara signifikan. Sebelumnya, sebanyak 100 truk sampah per hari masuk ke TPA, tetapi setelah penerapan sistem ini, hanya tersisa sekitar 30 truk per hari (Utomo & Muttaqijn, 2023). Selain mengurangi beban lingkungan, TPA-BLE berkontribusi pada pemberdayaan ekonomi masyarakat melalui Kelompok Swadaya Masyarakat (KSM) yang menghasilkan pakan maggot dan bahan RDF.

#### **C. Fasilitas dan Teknologi Penunjang**

- Mesin Bag Opener

Mesin ini merupakan tahap pertama dari proses pengolahan sampah, yang berfungsi untuk memisahkan sampah organik dan anorganik secara otomatis. Mesin ini masih memisahkan sampah secara kasar, sehingga perlu proses pemilahan lebih lanjut dengan mesin trommel screen.

- Mesin Conveyor

Mesin ini membantu proses pemindahan material sampah secara otomatis antara mesin pengolahan, sehingga dapat menghemat waktu dan tenaga.

- Mesin Trommel Screen

Setelah dari mesin bag opener, sampah anorganik masuk ke mesin conveyor menuju ke mesin trommel screen ini, yang berfungsi untuk memisahkan sampah berdasarkan bobotnya. Sehingga, sampah organik nantinya dapat lebih terpisah dengan sampah anorganik, yang kemudian akan lanjut ke pemilahan secara manual, untuk memisahkan antara sampah plastik dan sampah residu. Sampah residu nantinya akan masuk ke dalam mesin pirolisis.

- **Mesin Pirolisis**

Salah satu inovasi utama di TPA-BLE adalah penggunaan mesin pirolisis untuk membakar residu sampah pada suhu tinggi ( $>800^{\circ}\text{C}$ ). Mesin ini memastikan tidak ada emisi berbahaya seperti dioksin dan furan. Pirolisis memungkinkan pemusnahan sampah residu tanpa menghasilkan gas beracun, sehingga mendukung pengelolaan yang ramah lingkungan. Hasil dari pembakaran suhu tinggi ini berupa abu, yang akan berakhir di landfill.

#### **D. Hasil Pengolahan Sampah**

- **Pengolahan Sampah Organik untuk Pakan Maggot**

Sampah organik yang masuk ke TPA-BLE diproses menjadi bubur dan digunakan sebagai pakan untuk budidaya maggot. Maggot yang dihasilkan kemudian dijadikan pakan alternatif untuk unggas atau ikan, menciptakan nilai ekonomi tambahan dari limbah organik.

- **Produksi Refuse-Derived Fuel (RDF)**

Sampah anorganik, terutama plastik, dicacah dan diolah menjadi RDF. RDF ini kemudian dijual sebagai bahan bakar alternatif bagi pabrik semen, menggantikan batu bara. Kerjasama dengan TPST Jeruk Legi di Cilacap membantu memperkuat rantai produksi RDF ini.

- **Produksi Paving Block**

Selain menjadi RDF, hasil cacahan sampah plastik juga dapat diolah menjadi Paving Block yang terbuat dari lelehan plastik, dengan menggunakan mesin extruder. Setelah dilelehkan, akan masuk ke mesin cetak paving block, lalu di dinginkan. Dalam sehari, paving block yang dapat di produksi sekitar 600-1000 buah.

Berikut adalah analisis perbandingan antara TPS3R yang sudah berjalan di Kabupaten Bantul, dengan fasilitas yang ada di TPA-BLE Banyumas.

|                                                   | METODE PENANGANAN SAMPAH                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                            | KAPASITAS                                                                                                                                         | CAKUPAN AREA LAYANAN               | RUANG                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                 |
|---------------------------------------------------|---------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|---------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|------------------------------------|-----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| TPS3R<br>(Kabupaten Bantul)                       | <ul style="list-style-type: none"> <li>- Pemilahan, secara konvensional/manual antara sampah organik dan anorganik.</li> <li>- Penerapan 3R, dengan penjualan sampah yang bisa di gunakan kembali (botol plastik, besi, dll) ke pihak collection center</li> </ul>                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                  | Kasihan 82,68 m <sup>3</sup> /hari (19,3% dari total keseluruhan Kabupaten Bantul)                                                                | 1 Kecamatan per TPS3R              | <ul style="list-style-type: none"> <li>- Parkir Kendaraan Pengangkut sampah</li> <li>- Ruang Pemilahan Sampah organik-anorganik</li> <li>- Ruang Pemilahan sampah anorganik</li> <li>- Area Penumpukan Sampah</li> </ul>                                                                                                                                              |
| TPA-BLE Banyumas (studi preseden untuk TPS3R-ITF) | <ul style="list-style-type: none"> <li>- Pengumpulan sampah dengan dumptruck dari TPS3R yang berada di daerah</li> <li>- Pemilahan dengan bantuan mesin pemilah otomatis antara organik dan anorganik, melalui beberapa tahapan pemilahan hingga benar-benar terpisah</li> <li>- Penerapan 3R dengan diolah ditempat: <ul style="list-style-type: none"> <li>- Organik: . Diolah dengan mesin pencacah sampah organik, menjadi bubur sampah, lalu dijadikan sebagai pakan magot yang dapat dijadikan sebagai sumber energi seperti briket dan biomassa</li> <li>- Anorganik: Dipilah lagi secara manual untuk memisahkan jenis sampah (plastik, kertas, besi, kain, karet, kaca). Lalu dicacah, yang kemudian dikeringkan untuk diolah menjadi RDF, atau diolah menjadi paving block dan material lainnya.</li> </ul> </li> <li>- Reduksi sampah residu dengan teknologi pirolisis (reduksi sampai 90%)</li> <li>- Sisa abu pembakaran masuk ke landfill</li> </ul> | Sampah sisa yang tidak terolah dari TPST yang berada di Kabupaten Banyumas (<9% sampah sisa) Kapasitas sekitar 10-12 dumptruck / 100 ton per hari | Seluruh TPST di Kabupaten Banyumas | <ul style="list-style-type: none"> <li>- Parkir Kendaraan Pengangkut sampah</li> <li>- Ruang Pemilahan Sampah organik-anorganik</li> <li>- Ruang Pemilahan sampah anorganik</li> <li>- Ruang Pencacahan Sampah Anorganik</li> <li>- Ruang Pirolisis (mesin insinerator)</li> <li>- Kolam IPAL</li> <li>- Area Penyimpanan Bahan RDF (Bubur sampah plastik)</li> </ul> |