

## **BAB 2**

### **TINJAUAN PUSTAKA**

#### **2.1 Sampah**

Definisi sampah menurut UU No 18 tahun 2008 tentang pengelolaan sampah, sampah adalah sisa kegiatan sehari-hari manusia dan/atau proses alam yang berbentuk padat. Sampah atau juga disebut limbah, menurut Damanhuri dan Padmi (2010) adalah Semua buangan yang dihasilkan oleh aktivitas manusia dan hewan yang berbentuk padat, lumpur (*sludge*), cair maupun gas yang dibuang karena tidak dibutuhkan atau tidak diinginkan lagi.

Limbah menurut sumbernya terbagi atas 4 jenis, yaitu limbah kegiatan kota (masyarakat), limbah pertanian, limbah industri dan limbah pertambangan. Sedangkan menurut sifat bahayanya, limbah terbagi atas 2 jenis, yaitu limbah bahan berbahaya dan beracun (B3) dan limbah domestik (Damanhuri,dkk,2010).

Sampah atau limbah sebagai barang sisa, barang yang tidak dibutuhkan atau barang yang tidak diinginkan, semakin hari semakin meningkat jumlahnya seiring dengan peningkatan jumlah penduduk dan pertumbuhan pembangunan. Jumlah yang kian meningkat membutuhkan pengelolaan khusus agar tidak menimbulkan dampak negatif untuk sekitarnya. Menurut Tchobanoglous dan Kreith (1993), sampah dapat menimbulkan permasalahan yang kompleks, diantaranya:

1. Masalah estetika dan kenyamanan,
2. Merupakan sarang atau tempat berkumpulnya berbagai binatang yang dapat menjadi vektor penyakit,
3. Menyebabkan terjadinya polusi udara, air dan tanah,
4. Menyebabkan terjadinya penyumbatan saluran-saluran air buangan dan drainase

Pengelolaan sampah adalah kegiatan yang sistematis, menyeluruh, dan berkesinambungan yang meliputi pengurangan dan penanganan sampah dengan tujuan untuk meningkatkan kesehatan masyarakat dan kualitas lingkungan serta menjadikan sampah sebagai sumber daya (UU No 18 th 2008). Pengelolaan sampah dapat dilakukan langsung dari sumbernya, yaitu dengan melakukan 3R (*reduce, reuse* dan *recycle*). *Reduce* adalah pengurangan sampah, *reuse* adalah pemakaian kembali barang yang dapat dipakai, dan *recycle* adalah pemanfaatan ulang sampah menjadi barang yang lebih bermanfaat. Untuk pengelolaan selanjutnya terjadi di TPS (tempat penampungan sementara) yang kemudian berakhir di TPA (Tempat Pemrosesan Akhir). TPA merupakan tempat pemrosesan akhir dimana terjadi proses pengembalian sampah kealam (lingkungan) di lahan urug.

## 2.2 Komposisi Sampah

Komponen komposisi sampah menurut SNI 19-3964-1994 adalah komponen fisik sampah seperti sisa-sisa makanan, kertas-karton, kayu, kain-tekstil, karet-kulit, plastik, logam besi-non besi, kaca dan lain-lain. Dikutip dari Septiani (2015), Tchonaboglous dan Kreith (1993) menggolongkan komposisi sampah kedalam 2 komponen utama, yaitu :

1. Komposisi fisik sampah, meliputi : sampah basah, kertas, kardus, plastik, sampah halaman/taman, kain, karet, kayu, kaca, logam, debu, dan lain-lain.
2. Komposisi kimia sampah, meliputi: unsur karbon, hydrogen, oksigen, nitrogen, sulfur, fosfor, serta unsur lainnya yang terdapat dalam protein, karbohidrat dan lemak.

Penggolongan komposisi sampah ini diperlukan untuk mengetahui cara pengolahan dan penanganan sampah dan potensi pemanfaatan kembali sampah tersebut. Hal tersebut dikarenakan oleh setiap komposisi sampah memiliki kandungan fisik kimia yang berbeda.

Berdasarkan cara pengolahan dan penanganannya, Damanhuri dan Padmi (2010) menggolongkan sampah menjadi 12 jenis, yaitu:

1. Komponen mudah membusuk (*putrescible*): sampah rumah tangga, sayuran, buah-buahan, kotoran binatang, bangkai, dan lain-lain

2. Komponen bervolume besar dan mudah terbakar (*bulky combustible*): kayu, kertas, kain, plastik, karet, kulit dan lain-lain
3. Komponen bervolume besar dan sulit terbakar (*bulky noncombustible*): logam, mineral, dan lain-lain
4. Komponen bervolume kecil dan mudah terbakar (*small combustible*)
5. Komponen bervolume kecil dan sulit terbakar (*small noncombustible*)
6. Wadah bekas: botol, drum dan lain-lain
7. Tabung bertekanan/gas
8. Serbuk dan abu: organik (misal pestisida), logam metalik, non metalik, bahan amunisi dsb
9. Lumpur, baik organik maupun non organik
10. Puing bangunan
11. Kendaraan tak terpakai
12. Sampah radioaktif.

Putra dan Yuriandala (2010) menyatakan bahwa sumber sampah terbanyak adalah berasal dari pemukiman, komposisinya berupa 75% terdiri dari sampah organik dan hanya 25% sampah anorganik. Berdasarkan perhitungan estimasi total timbulan sampah berdasarkan jenisnya yang dilakukan oleh KLH pada tahun 2008, persentase komposisi sampah terbesar adalah sampah dapur sebanyak 58% dan sampah plastik 14%.

Tabel 2.1 estimasi total timbulan sampah

Jenis Sampah	Jumlah (juta ton/tahun)	Persentase (%)
Sampah Dapur	22,4	58%
Sampah Plastik	5,4	14%
Sampah Kertas	3,6	9%
Sampah Lainnya	2,3	6%
Sampah Kayu	1,4	4%
Sampah Kaca	0,7	2%
Sampah Karet/Kulit	0,7	2%
Sampah Kain	0,7	2%
Sampah Metal	0,7	2%
Sampah Pasir	0,5	1%
TOTAL	38,5	100%

Sumber: Statistik Persampahan Domestik Indonesia, KLH 2008

Tabel 2.2 Komposisi sampah di beberapa kota (% berat basah)

Komponen	London	Singapura	Hongkong	Jakarta	Bandung
Organik	28	4,6	9,4	74	73,4
Kertas	37	43,1	32,5	8	9,7
Logam	9	3	2,2	2	0,5
Kaca	9	1,3	9,7	2	0,4
Tekstil	3	9,3	9,6	-	1,3
Plastik/Karet	3	6,1	6,2	6	8,6
Lain-lain	11	32,6	29,4	8	6,1

Sumber: Damanhuri,dkk,2010

Komposisi sampah juga dipengaruhi oleh beberapa faktor (Damanhuri,dkk,2010):

1. Cuaca: di daerah yang kandungan airnya tinggi, kelembaban sampah juga akan cukup tinggi
2. Frekuensi pengumpulan: semakin sering sampah dikumpulkan maka semakin tinggi tumpukan sampah terbentuk. Tetapi sampah organik akan berkurang karena membusuk, dan yang akan terus bertambah adalah kertas dan dan sampah kering lainnya yang sulit terdegradasi
3. Musim: jenis sampah akan ditentukan oleh musim buah-buahan yang sedang berlangsung
4. Tingkat sosial ekonomi: Daerah ekonomi tinggi pada umumnya menghasilkan sampah yang terdiri atas bahan kaleng, kertas, dan sebagainya
5. Pendapatan per kapita: masyarakat dari tingkat ekonomi rendah akan menghasilkan total sampah yang lebih sedikit dan homogen dibanding tingkat ekonomi lebih tinggi.
6. Kemasan produk: kemasan produk bahan kebutuhan sehari-hari juga akan mempengaruhi. Negara maju cenderung tambah banyak yang menggunakan kertas sebagai pengemas, sedangkan negara berkembang seperti Indonesia banyak menggunakan plastik sebagai pengemas.

### 2.3 Karakteristik Sampah

Sama halnya dengan komposisi sampah, karakteristik sampah juga diperlukan untuk mengetahui cara pengolahan dan penanganan sampah. Selain

itu, analisa karakteristik sampah juga diperlukan untuk desain system pengolahan sampah. Karakteristik sampah terbagi atas 2 berdasarkan sifatnya, yaitu fisik dan kimia (Damanhuri,dkk,2010).

1. Karakteristik Fisik, meliputi : berat jenis, nilai kalor, kadar volatil, kadar air, kadar abu dan distribusi ukuran.
2. Karakteristik kimia: khususnya yang menggambarkan susunan kimia sampah tersebut yang terdiri dari unsur C, N, O, P, H, S, dsb.

Salah satu karakteristik yang sangat penting untuk mengetahui potensi sampah dapat dimanfaatkan menjadi energi alternatif dalam hal ini RDF adalah nilai kalor. Nilai kalor merupakan nilai yang menyatakan kandungan energi atau panas yang dimiliki suatu material. Nilai Kalor merupakan salah satu karakteristik bahan bakar yang sangat penting dan berguna dalam mengontrol unit pembakaran. Nilai kalor didefinisikan sebagai jumlah energi yang dilepaskan selama pembakaran sempurna suatu unit massa dari biomassa (Lokahita,dkk,2013).

Penentuan nilai kalor pada sampah dapat dilakukan dengan percobaan menggunakan *bomb calorimeter* ataupun dengan persamaan matematika yang bentuk persamaannya digolongkan menjadi 3 jenis yaitu berdasarkan analisis ultimate, analisis proximate dan komposisi fisik (Kathiravale,dkk,2003). Pada penelitian ini, penentuan nilai kalor dilakukan dengan perhitungan dengan persamaan matematika yang mengacu pada model tradisional dan model bento. Selain itu untuk membandingkannya analisis kalor juga menggunakan alat *bomb calorimeter* dimana jumlah sampel sampah yang dibutuhkan hanya sebesar 1 gr. Pengujian nilai kalor mengacu pada ASTM D5865. Berikut merupakan persamaan yang digunakan pada model konvensional, tradisional dan model bento.

- a. Model tradisional (Daura,dkk,2014)

$$LHV = 45V - 6W$$

Dimana,

LHV : Nilai kalor (Kcal/kg)

V : persen volatil material mudah terbakar

W : persen kadar air

b. Model Bento

$$LHV = 44,75VM - 5,85W + 21,2$$

Dimana,

LHV : Nilai kalor (Kcal/kg)

VM : persen volatil

W : persen kadar air

Pengukuran nilai kalor sampah keseluruhan dengan bom calorimeter sangat rentan terhadap kesalahan karena sedikitnya jumlah sampel yang digunakan. Dalam Daura,dkk (2014), Amin,dkk (2011) mengatakan bahwa keuntungan menggunakan metode persamaan matematika ini adalah memberikan hasil berdasarkan ukuran sampel dan dapat memberikan estimasi akurat pada nilai kalor. Kandungan energi sampah perkotaan mengandung sekitar 50% zat yang mudah terbakar (*combustible*)(Mirmanto,2008). Berikut kandungan energi untuk material mudah terbakar.

Tabel 2.3 Kandungan energi material mudah terbakar (*combustible*)

Material	Kandungan Energi	
	kJ/kg	Btu/lb
Sampah perkotaan		
- Bahan buangan (sampah)	10.500	4500
- Kertas	16.300	7000
- Sampah organik	5.800	2.500

Sumber: Mirmanto (2008)

Analisis yang dapat dilakukan untuk mengetahui kadar air, kadar volatil, kadar abu dan kadar karbon tetap adalah *proximate analysis* (Daura,dkk, 2014).

a. Kadar Air

Analisis kadar air mengacu pada SNI 03-1971-1990 mengenai metode pengujian kadar air agregat. Analisis ini dilakukan dengan memanaskan sampel pada oven dengan suhu 105°C dengan mengukur

berat sampel setiap jamnya selama 5 jam dan dilanjutkan dengan pemanasan dengan suhu 70°C selama 12 jam untuk memastikan telah hilangnya air pada sampel. Perhitungan persentase kadar air adalah sebagai berikut:

b. Kadar Volatil

Kadar volatil ditentukan dengan memanaskan 1 gr sample pada *furnace* dengan suhu 950°C selama 7 menit. Perlakuan tersebut mengacu pada ASTM E 897-88 (2004). Perhitungan persentase kadar volatil adalah sebagai berikut:

$$\%kadar\ volatil = \left( \frac{(berat\ awal - berat\ akhir)}{berat\ awal} \times 100\% \right) - \%kadar\ air$$

c. Kadar Abu dan Karbon Tetap

Kadar abu mengacu pada ASTM E 830-87 (2004) yaitu, ditentukan dengan memanaskan 1 gr sampel pada *furnace* dengan suhu 575°C selama 2 jam. Perhitungan persentase kadar abu adalah sebagai berikut:

$$\%kadar\ abu = \frac{(berat\ awal - berat\ akhir)}{berat\ awal} \times 100\%$$

Penetapan kadar karbon tetap menggunakan perhitungan

$$\% \text{ fixed karbon} = 100\% - (\% \text{ volatil} + \% \text{ abu})$$

## 2.4 RDF (Refuse Derived Fuels)

*Refuse Derived Fuel* merupakan salah satu produk yang dihasilkan dari *landfill mining* yang berupa bahan bakar alternative yang memiliki nilai kalor yang setara dengan batu bara. Menurut Nithikul (2007), RDF atau *Refuse Derived Fuel* adalah material yang mudah terbakar yang berasal dari sampah padat perkotaan.

Dikutip dari Nihitkul (2007), Caputo dan Pelagagge (2002) menyatakan bahwa sampah perkotaan memiliki komposisi beragam yang bergantung pada sumber dan perilaku hidup masyarakat kota. Sampah perkotaan yang belum

diolah memiliki kadar air yang tinggi, nilai kalor yang rendah, ukuran partikel yang beragam dan kadar abu yang tinggi. Hal tersebutlah yang menyebabkan sampah perkotaan sulit untuk dimanfaatkan menjadi energi. Salah satu pemanfaatan yang dapat dilakukan dan memiliki beberapa keunggulan adalah RDF. *Refuse Derived Fuel* memiliki nilai kalor yang tinggi dan konstan, komposisi kimia dan fisik yang seragam, kemudahan dalam penyimpanan, penanganan dan transportasi yang mudah dan emisi polutan yang dihasilkan rendah. Gendebien (2003) menyebutkan, komposisi khas RDF adalah sampah-sampah yang berupa plastik, kertas, kayu, tekstil, dan material kering padatan lainnya.

Menurut *America Society for Testing and Material* (ASTM) E 856-83 (2006), RDF dapat diklasifikasikan menjadi 7 kategori, yaitu

1. RDF-1 : RDF yang berasal dari sampah yang digunakan langsung dari bentuk buangnya.
2. RDF-2 : RDF yang berasal dari sampah yang telah diproses menjadi berukuran kasar dengan atau tanpa logam besi dengan pemisahan sedemikian rupa sehingga 95% beratnya melewati saringan berukuran 6-mesh persegi. Disebut juga dengan *coarse RDF*.
3. RDF-3 : RDF yang berasal dari sampah yang telah diproses untuk memisahkan kaca, logam dan bahan anorganik lainnya dengan dihancurkan sedemikian rupa sehingga 95% beratnya melewati saringan berukuran 2-mesh persegi. Disebut juga dengan *Fluff RDF*.
4. RDF-4: RDF yang berasal dari limbah yang mudah terbakar yang diproses menjadi bentuk bubuk sehingga 95% beratnya melewati saringan berukuran 10-mesh (0,035 persegi). Disebut juga dengan *Powder RDF*.
5. RDF-5: RDF yang berasal dari sampah yang mudah terbakar terpadatkan (dikompres) kedalam bentuk pellet, kubus atau briket. Disebut juga dengan *Densified RDF*.
6. RDF-6: RDF yang berasal dari sampah yang mudah terbakar diproses menjadi bahan bakar cair. Disebut juga dengan *RDF Slurry*.



7. RDF-7: RDF yang berasal dari sampah yang mudah terbakar yang diproses menjadi bahan bakar gas. Disebut juga dengan *RDF Syngas*.

Karakteristik penting untuk RDF sebagai bahan bakar adalah nilai kalor, kadar air, abu konten, sulfur, dan klorin. Nilai ini akan bervariasi sesuai dengan sumbernya (rumah tangga, perkantoran, konstruksi, dll), sesuai dengan system pengumpulan dan pengolahan yang diterapkan (penyaringan, penyortiran, penggilingan dan pengeringan) (Gendebien,dkk,2003).

Tabel 2.4 Kualitas RDF Berdasarkan Sumber

Sumber RDF	Nilai Kalor (MJ/kg)	Kadar Abu (%)	Kadar Klorin (%)	Kadar Sulfur (%)	Kadar Air (%)
Rumah Tangga	12-16	15-20	0.5-1		10-35
Komersial	16-20	5-7	<0.1-0.2	<0.1	10-20
Industri	18-21	10-15	0.2-1		3-10
Limbah pembongkaran (Konstruksi)	14-15	1-5	<0.1	<0.1	15-25

Sumber: Gendebien,dkk (2003)

Menurut Lokahita,dkk (2013), di Indonesia belum memiliki standar kualitas yang harus dipenuhi dalam pembuatan RDF, sehingga standar kualitas RDF dapat mengacu pada standar Eropa untuk mengembangkan standar di Indonesia dengan penyesuaian di berbagai faktor. Berikut merupakan standar RDF di berbagai negara di Eropa.

Tabel 2.5 Standar Kualitas RDF di Berbagai Negara Eropa

No	Parameter	United Kingdom (*)	Italia (*)	Finlandia (*)	Swedia (**)

1	Nilai Kalor Minimum (Kkal/Kg)	4469.41	3582.68	3105-3821.5	5708-7428
2	Kadar Air (%)	7-28	<25	23-25	<30
3	Kadar Abu (%)	12	20	5-17	5-10
4	Sulfur (%)	0.1-0.5	0.6	0.1-0.2	<0.5
5	Klorin (%)	0.3-1.2	0.9	0.3-10	<1

(\*) Sumber: Nithikul (2007)

(\*\*) Sumber: Lokahita,dkk (2013)

Dikutip dari Sari (2012) selain dapat dibandingkan dengan standar RDF di Negara Eropa, standar RDF juga dapat dibandingkan dengan standar yang terdapat di ISTAC (Turki) dan Lechtenberg (Jerman).

Tabel 2.5 Standar Kualitas RDF di ISTAC dan Lechtenberg

Parameter	ISTAC	Lechtenberg
Nilai Kalor (kcal/kg)	3500	-
% Kadar Air	25%	<20%
% Kadar Abu	7,7%	8-12%
% Kadar Volatil	92,3%	50-80%

Sumber: Sari (2012)

## 2.5 TPA Piyungan Bantul

TPA Piyungan yang terletak di Dusun Ngablak, Desa Sitimulyo, Kecamatan Piyungan, Kabupaten Bantul, DI Yogyakarta merupakan tempat pemrosesan akhir sampah yang digunakan dan dikelola oleh Kota Yogyakarta, Kabupaten Sleman dan Kabupaten Bantul. TPA Piyungan Bantul telah beroperasi dari tahun 1995 hingga saat ini. TPA Piyungan Bantul memiliki 3 zona dengan luas total TPA sebesar 12,5 Ha.

TPA Piyungan telah melewati batas masa pakainya pada 2015, oleh karena itu penelitian ini bertujuan untuk memberikan solusi agar TPA Piyungan dapat

menjadi TPA yang berkelanjutan dengan memanfaatkan sampah yang telah tertimbun. Salah satu pemanfaatan yang dapat dilakukan adalah dengan mengubah sampah di TPA menjadi bahan baku energi terbarukan yaitu *Refuse Derived Fuel*. Pada penelitian ini pengambilan sampel dilakukan di zona 1 TPA Piyungan dengan luas area zona 1 sebesar 40000 m<sup>2</sup>. Zona 1 dipilih karena zona 1 merupakan zona yang memiliki aktivitas yang paling sedikit diantara zona lainnya dikarenakan zona 1 adalah zona pasif yang seharusnya tidak digunakan lagi namun dikarenakan zona 2 dan 3 hampir mencapai batas maksimal sehingga zona 1 mulai digunakan kembali.



Gambar 2.1 Zona 1 TPA Piyungan Bantul  
*Sumber:* Dokumentasi pribadi

## 2.6 Kondisi Eksisting Zona 1 TPA Piyungan Bantul

TPA Piyungan Bantul merupakan tempat pemrosesan akhir sampah yang digunakan dan dikelola oleh Kota Yogyakarta, Kabupaten Sleman dan Kabupaten Bantul. TPA Piyungan Bantul terletak di Dusun Ngablak, Desa Sitimulyo, Kecamatan Piyungan, Kabupaten Bantul, DI Yogyakarta. TPA Piyungan Bantul telah beroperasi dari tahun 1995 hingga saat ini. TPA Piyungan Bantul memiliki 3 zona dengan luas total TPA sebesar 12,5 Ha.

Menurut Kasam (2011), pengelolaan sampah di TPA Piyungan Bantul menggunakan metode pengolahan *sanitary landfill*, yaitu dengan membuang dan menumpuk sampah pada suatu lokasi lalu dipadatkan dan ditutup dengan tanah penutup (*top soil*) dengan waktu tunda penutupan maksimal 48 jam serta pada TPA Piyungan terdapat kolam pengolahan lindi (*leachate*). Dalam pengelolaan sampah di TPA Piyungan, sampah yang telah diangkut langsung

dibuang ke lokasi yang telah tersedia tanpa adanya proses pemilahan antara sampah organik ataupun sampah anorganik selain itu penutupan dengan tanah penutup tidak dilakukan setiap hari ataupun dua hari sekali sehingga sampah kian menumpuk dan terlihat seperti menggunakan metode *open dumping*.

Pada kondisi dilapangan, sampah yang diangkut oleh truk-truk pengangkut ditimbang dijembatan timbang dan langsung dibuang dizona yang telah disediakan, setelah itu alat-alat berat seperti *excavator* dan *bulldozer* meratakan dan memadatkan sampah yang telah dibuang. Sampah yang masih memiliki nilai ekonomis diambil oleh para pemulung yang terdapat disekitar TPA Piyungan Bantul untuk dijual kembali. Selain itu, sampah yang terdapat di TPA Piyungan Bantul juga menjadi sumber pakan ratusan hewan ternak seperti sapi, domba dan ayam yang dilepas dan digembala di lokasi timbunan sampah TPA Piyungan. Kondisi seperti ini terjadi di semua zona TPA Piyungan tidak terkecuali di zona 1 TPA yang memiliki luas sebesar 4 Ha.

Zona 1 merupakan zona yang memiliki aktivitas yang paling sedikit diantara zona lainnya dikarenakan zona 1 sebenarnya adalah zona pasif yang seharusnya tidak digunakan lagi namun dikarenakan zona 2 dan 3 hampir mencapai batas maksimal sehingga zona 1 mulai digunakan kembali. Sampah yang terdapat dizona 1 sebagian besar adalah plastik, kertas, organik dan kayu, dimana jenis sampah-sampah tersebut adalah sampah yang dapat dimanfaatkan kembali. Pada zona ini juga terdapat kubangan *leachate* yang terbentuk dari air hujan yang terkumpul dan terperangkap dipermukaan cekung dan tidak dapat menyerap yang disebabkan oleh komposisi sampah yang sebagian besar adalah plastik.