

BAB II

TINJAUAN PUSTAKA

2.1 Pengertian Limbah Bahan Berbahaya dan Beracun (B3)

Limbah merupakan buangan atau sisa yang dihasilkan dari suatu proses atau kegiatan dari industri maupun domestik (rumah tangga). Menurut Peraturan Pemerintah Nomor 101 tahun 2014 tentang Pengelolaan Limbah B3, limbah adalah sisa suatu usaha dan/atau kegiatan. Berdasarkan dari wujud limbah yang dihasilkan, limbah dibagi menjadi tiga yaitu limbah padat, limbah cair dan gas dengan penjelasan sebagai berikut:

1. Limbah padat adalah limbah yang berwujud padat. Limbah padat bersifat kering, tidak dapat berpindah kecuali ada yang memindahkannya. Limbah padat ini misalnya, sisa makanan, sayuran, potongan kayu, sobekan kertas, sampah, plastik, dan logam
2. Limbah cair adalah limbah yang berwujud cair. Limbah cair terlarut dalam air, selalu berpindah, dan tidak pernah diam. Contoh limbah cair adalah air bekas mencuci pakaian, air bekas pencelupan warna pakaian, dan sebagainya
3. Limbah gas adalah limbah zat (zat buangan) yang berwujud gas. Limbah gas dapat dilihat dalam bentuk asap. Limbah gas selalu bergerak sehingga penyebarannya sangat luas. Contoh limbah gas adalah gas pembuangan kendaraan bermotor. Pembuatan bahan bakar minyak juga menghasilkan gas buangan yang berbahaya bagi lingkungan (Abdurrahman, 2006).

Definisi limbah B3 berdasarkan Peraturan Pemerintah Nomor 101 tahun 2014 ialah sisa suatu usaha dan/atau kegiatan yang mengandung B3. Mengingat penting dan dampaknya Bahan Berbahaya dan Beracun bagi manusia, lingkungan, kesehatan, dan kelangsungan hidup manusia dan makhluk hidup lainnya, pemerintah melakukan pengaturan yang ketat.

2.2 Limbah Medis

Limbah adalah sesuatu yang di buang dari sumbernya (Bioshop, 2001), sedangkan menurut peraturan limbah adalah sisa suatu usaha dan/atau kegiatan (RI, 2014). Berdasarkan definisi tersebut, pengertian limbah merupakan sesuatu yang dibuang dari sumbernya karena tidak digunakan, tidak diinginkan dan berasal dari kegiatan manusia.

Limbah pelayanan kesehatan adalah semua limbah yang dihasilkan dari kegiatan pelayanan kesehatan tersebut baik dalam bentuk padat, cair maupun gas. Berdasarkan sifatnya, limbah pelayanan kesehatan dibedakan menjadi limbah medis dan non medis.

- a. Limbah medis adalah limbah padat yang terdiri dari limbah infeksius, limbah patologi, limbah benda tajam, limbah farmasi, limbah sitotoksis, limbah kimiawi, limbah radioaktif, limbah kontainer bertekanan, dan limbah dengan kandungan logam berat yang tinggi
- b. Limbah non medis adalah limbah padat yang dihasilkan dari kegiatan di pelayanan kesehatan di luar medis yang berasal dari dapur, perkantoran, taman dari halaman yang dimanfaatkan kembali apabila ada teknologinya (Departemen Kesehatan, 2006).

Penggolongan kategori limbah medis dapat diklasifikasikan berdasarkan potensi bahaya yang tergantung didalamnya, serta volume dan sifat persistensinya yang menimbulkan masalah :

1. Limbah benda tajam seperti jarum, perlengkapan intravena, pipet Pasteur, pecahan gelas, dll
2. Limbah infeksius, memiliki pengertian sebagai Limbah yang berkaitan dengan pasien yang memerlukan isolasi penyakit menular (perawatan intensif) dan limbah laboratorium
3. Limbah patologi (jaringan tubuh) adalah jaringan tubuh yang terbuang dari proses bedah atau autopsi

4. Limbah sitotoksik adalah bahan yang terkontaminasi atau mungkin terkontaminasi dengan zat sitotoksik selama peracikan, pengangkutan atau tindakan terapi sitotoksik
5. Limbah farmasi berasal dari obat-obatan yang kadaluarsa, yang sudah tidak diperlukan
6. Limbah kimia dihasilkan dari penggunaan kimia dalam tindakan medis, veteriner, laboratorium, proses sterilisasi dan riset
7. Limbah radioaktif adalah bahan yang terkontaminasi dengan radioisotop yang berasal dari penggunaan medis atau riset radionuklida.

(Astuti, 2014)

Limbah medis padat adalah limbah padat yang terdiri dari limbah infeksius, limbah patologi, limbah benda tajam, limbah farmasi, limbah sitotoksik, limbah kimiawi, limbah radioaktif, limbah container bertekanan dan limbah dengan kandungan logam berat yang tinggi.

1. Limbah Infeksius

Limbah yang terkontaminasi organisme patogen yang tidak secara rutin ada di lingkungan dan organisme tersebut dalam jumlah dan virulensi yang cukup untuk menularkan penyakit pada manusia rentan (KLHK, 2015).

2. Limbah Jaringan Tubuh (Patologis)

Limbah berupa buangan selama kegiatan operasi, otopsi, dan/atau prosedur medis lainnya termasuk jaringan, organ, bagian tubuh, cairan tubuh, dan/atau spesimen beserta kemasannya (KLHK, 2015).

3. Limbah Benda Tajam

Limbah benda tajam merupakan benda yang dapat menyebabkan luka iris maupun tusuk seperti jarum, jarum suntik, skalpel dan jenis belati lain, pisau, peralatan infus dan pecahan kaca. Baik terkontaminasi maupun tidak, benda semacam itu biasanya dipandang sebagai limbah layanan kesehatan yang sangat berbahaya (Pruss, et al., 2005).

4. Limbah Farmasi

5. Limbah Sitotoksik

Limbah sitotoksis adalah limbah dari bahan yang terkontaminasi dari persiapan dan pemberian obat sitotoksis untuk kemoterapi kanker yang mempunyai kemampuan untuk membunuh dan/atau menghambat pertumbuhan sel hidup (KLHK, 2015).

6. Limbah Kimia

Limbah kimia mengandung zat kimia yang berbentuk padat, cair maupun gas yang berasal dari aktifitas diagnosa dan eksperimen (Pruss et al., 2005).

7. Limbah Radioaktif

Limbah radioaktif adalah bahan yang terkontaminasi dengan radioisotop yang berasal dari penggunaan media atau riset radionuclida. Limbah ini berasal dari tindakan kedokteran nuklir, radio *immunoassay*, dan bakteriologis dapat berbentuk padat, cair atau gas (Departemen Kesehatan, 2006).

2.3 Klinik Kecantikan

Klinik adalah fasilitas pelayanan kesehatan yang menyediakan pelayanan medis dasar dan/ atau spesifik yang diselenggarakan oleh lebih dari satu jenis tenaga kesehatan (perawat atau bidan) dan dipimpin oleh seorang tenaga medis (dokter ataupun dokter spesialis). Berdasarkan jenis pelayanannya klinik dibagi menjadi klinik pratama dan klinik utama. Perbedaannya adalah klinik pratama menyelenggarakan pelayanan medik mendasar, sedangkan klinik utama adalah klinik yang menyelenggarakan pelayanan medik spesifik.

Sementara itu, klinik kecantikan adalah klinik yang menawarkan perawatan khusus terkait dermatologi untuk mempercantik ataupun mengubah penampilan pasiennya. Jika digabungkan secara bahasa, klinik kecantikan merupakan sebuah klinik yang menawarkan jasa pelayanan dermatologi. Dermatologi (dari bahasa Yunani: derma yang berarti kulit) adalah cabang kedokteran yang mempelajari kulit dan bagian-bagian yang berhubungan dengan kulit seperti rambut, kuku, kelenjar keringat, dan lain sebagainya.

Produk perawatan dari klinik kecantikan yang dikenal umum adalah *facial*. Perawatan *facial* adalah sebuah prosedur yang melibatkan berbagai perawatan kulit, termasuk: penguapan, pengelupasan, ekstraksi, krim, *lotion*, penggunaan masker,

dan pemijatan. Biasanya dilakukan di salon kecantikan tetapi juga dapat ditemukan di berbagai perawatan spa (Kartikasari, 2014).

2.4 Karakteristik Limbah B3 Klinik Kecantikan

Karakteristik limbah adalah sifat-sifat limbah yang meliputi sifat fisik, kimia, dan biologis. Pengujian karakteristik limbah dapat digunakan untuk menentukan fasilitas pengolahan, memperkirakan kelayakan pemanfaatan kembali untuk energy dan merencanakan fasilitas pembuangan akhir. Limbah dari beberapa tempat atau jenisnya berbeda sehingga memungkinkan memiliki sifat yang berbeda. Karakteristik limbah sendiri dapat diuraikan sebagai berikut:

A. Karakteristik fisik yang meliputi: berat jenis, kadar air, ukuran partikel dan distribusi partikel, dan permeabilitas buangan terkompaksi.

i. Berat Jenis

Berat jenis didefinisikan sebagai berat material per satuan volume. Berat jenis merupakan data yang sangat penting dalam studi mengenai timbunan sampah, terutama jika menggunakan satuan volume. Nilai berat jenis dapat berbeda karena dipengaruhi oleh lokasi geografis, musim tiap tahun, dan lamanya waktu penyimpanan. Menurut pengamatan di lapangan, berat jenis sampah yang diukur akan tergantung pada sarana pengumpulan dan pengangkut wadah yang digunakan, serta biasanya untuk kebutuhan desain menggunakan angka (Damanhuri & Padmi, 2010).

ii. Kadar air

Kandungan air limbah padat biasanya dinyatakan dalam salah satu dari dua cara. Dalam metode pengukuran berat basah, kelembapan dalam sampel dinyatakan sebagai persentase berat basah bahan sedangkan dalam metode berat kering, itu dinyatakan sebagai persentase dari berat kering bahan. Metode berat basah yang paling umum digunakan di bidang pengelolaan limbah padat (Damanhuri & Padmi, 2010).

B. Karakteristik kimia, meliputi: *proximate analysis* (kadar air, volatile, *fixed carbon*, dan abu), titik lebur, *ultimate analysis* (kadar karbon, hydrogen, oksigen, nitrogen, sulphur, fosfor), dan kadar energy.

i. Proximate analysis

Perkiraan analisis untuk komponen-komponen limbah padat meliputi uji:

- *Moisture* (hilangnya uap air ketika dipanaskan sampai 105°C untuk 1 jam)
- *Volatile combustible matter* (tambahan kehilangan berat pada pembakaran di 950°C dalam wadah tertutup)
- *Fixed carbon* (mudah terbakar sisa setelah bahan mudah menguap dihapus)
- Abu (berat residu setelah pembakaran dalam wadah terbuka).

Tabel 2. 1 Karakteristik Sampah

	Nilai (%)
<i>Proximate analysis</i>	
Moissure	15-40
Volatile metter	40-60
Fixed carbon	5-12
<i>Ultimate analysis</i>	
(combustible component)	
Carbon	40-60
Hidrogen	4-8
Oksigen	30-50
Nitrogen	0,2-1
Sulfur	0,05-0,3
Abu	1-10
Heating value	

	Nilai (%)
Organic fraction (kJ/kg)	12000-16000
Total kJ/Kg	3000-12000

Sumber: Tchobanoglous (1993)

ii. *Ultimate analysis*

Analisis akhir sebuah komponen limbah biasanya melibatkan penentuan persen C (karbon), H (hydrogen), O (Oksigen), N (Nitrogen), S (Belerang), dan abu. Hasil analisis akhir digunakan untuk menandai komposisi kimia dari materi organik di limbah padat. Selain itu juga digunakan untuk menentukan campuran yang tepat untuk bahan limbah yang sesuai dengan C/N rasio untuk proses konversi biologis. C (Karbon) merupakan sumber energi bagi mikroorganisme, sedangkan N (Nitrogen) digunakan untuk membangun sel-sel tubuh bagi mikroorganisme. Jika rasio C/N terlalu tinggi dekomposisi berjalan lambat. Jika rasio C/N rendah meskipun pada awalnya terjadi dekomposisi yang sangat tepat, tetapi berikutnya kecepatannya akan menurun karena kekurangan karbon sebagai sumber energi dan nitrogen akan hilang melalui penguapan ammonia (Satyani, 2010).

- C. Karakteristik Biologi, meliputi: Biodegradabilitas, produksi bau dan juga perkembangbiakan lalat.

2.5 Nilai Kalor dan Konsep *WtE*

Kebutuhan energi yang semakin tinggi, namun sumber daya yang tersedia semakin berkurang membuat energi alternatif dapat menjadi solusi dalam menggantikan sumber daya tidak terbarukan. Energi dapat digantikan oleh energi yang terkandung dalam sampah yang dikenal dengan konsep *WtE*. Proses *WtE* (*WtE*) adalah proses rekoveri energi dari limbah melalui pembakaran langsung

(insenerasi, pirolisis, dan gasifikasi), atau produksi bahan bakar dalam bentuk metan, hydrogen, dan bahan bakar sintetik lainnya (*anaerobic digestion, mechanical biological treatment, refused-derived fuel*) (Cheng & Hu, 2010).

Penentuan nilai kalor dapat ditentukan menggunakan bom calorimeter. Nilai kalor menjadi komponen penting dalam konsep *WtE*. Nilai kalor sampah secara spesifik dapat dipengaruhi perbedaan mendasar komposisi, karakteristik fisik dan kimia, dan lokasi penganbalian MSW. Disisi lain, perhitungan nilai kalor sampah keseluruhan dengan bom Kalorimeter tidak selalu memberikan hasil yang akurat dikarenakan sampel yang representative (Khuriati, Nur, & Istadi, 2015).

Konsep teknologi limbah menjadi energi yang dikembangkan dan diimplementasikan dengan mengikuti prinsip-prinsip keberlanjutan dapat menjadi strategi pengolahan limbah yang tepat dan produksi energi yang ramah. Pilihan teknologi waste to energi akan sangat berantung kepada sifat dan volume aliran limbah yang masuk. Faktor utama adalah kandungan energi (nilai kalor) limbah dimana dapat menentukan berapa banyak energi yang dapat diekstraksi limbah. Berikut adalah perkiraan nilai kalor bersih untuk fraksi MSW:

Tabel 2. 2 Nilai Kalor Bersih Sampah

Fraction	Net Calorific Value (MJ/Kg)
Paper	16
Organic Material	4
Plastics	35
Glass	0
Metals	0
Textiles	19
Other Materials	11

Sumber: ISWA (2013)

Metode konvensional untuk menghasilkan panas dari limbah adalah melalui pembakaran atau *syngas* yang dikeluarkan dalam sistem ketel untuk menghasilkan

uap. Metode ini lebih efisien 90% membakar limbah dimana panas langsung digunakan dalam proses meskipun potensi pasar kecil.

Pengaplikasian WtE dapat menjadi listrik, panas, kombinasi energy dan power, dan bahan bakar transportasi. Hal tersebut dapat diuraikan sebagai berikut:

1. Listrik dapat dihasilkan dari limbah melalui pembakaran langsung dan panas yang dikeluarkan digunakan untuk menghasilkan uap untuk menggerakkan turbin. Hal ini memiliki tingkat efisiensi sekitar 15% hingga 27% dengan pabrik modern mencapai ujung yang lebih tinggi. Tingkat efisiensi listrik dari insinerasi biasanya lebih tinggi daripada dari gasifikasi karena suhu operasi yang lebih rendah, tekanan uap dan energi keseluruhan yang diperlukan untuk menjalankan pembangkit. Proses gasifikasi dan pirolisis menghasilkan gas sintetis yang mudah terbakar (syngas) yang dapat digunakan untuk menghasilkan listrik melalui proses yang disajikan di atas, atau lebih lanjut disempurnakan dan ditingkatkan menjadi untuk pembangkitan langsung dalam turbin gas atau mesin. Efisiensi yang lebih besar diwujudkan dari pembakaran langsung di turbin gas atau mesin, bukan dari turbin uap.
2. Metode konvensional (Heat) untuk menghasilkan panas dari limbah adalah melalui pembakaran atau syngas yang dikeluarkan dalam sistem ketel untuk menghasilkan uap. Kemajuan teknologi memungkinkan peningkatan syngas menjadi metana yang dapat disuntikkan dalam jaringan gas dan digunakan dalam boiler domestik. Prosedur ini bisa lebih efektif karena panas dihasilkan dalam boiler efisiensi tinggi di mana diperlukan. Namun, metode yang lebih efisien hingga 90% adalah membakar limbah di kiln semen di mana panas langsung digunakan dalam proses, meskipun potensi pasar kecil.
3. Pembangkit WtE dapat menghasilkan panas dan daya secara bersamaan menggunakan unit CHP (*Combined Heat and Power*) yang meningkatkan efisiensi keseluruhan hingga 40%. Dalam konteks ini, panas yang dihasilkan selama produksi listrik ditangkap dan dimanfaatkan. Tantangan mengoperasikan sistem CHP secara optimal adalah mengetahui nilai relatif

listrik dan panas untuk memprioritaskan apa yang harus diproduksi lebih banyak sesuai permintaan. Ini terjadi karena ada pertukaran antara panas dan listrik, yang berarti bahwa semakin banyak panas dihasilkan, output listrik akan berkurang karena semakin sedikit jumlah energi yang tersedia. Sebaliknya, mesin gas tidak terpengaruh dengan cara yang sama.

4. Proses WtE juga dapat menghasilkan bahan bakar yang dapat dimanfaatkan dalam pengoperasian kendaraan transportasi. Syngas yang dihasilkan oleh teknologi gasifikasi dan pirolisis dapat dikonsumsi dalam mesin kendaraan jika ditingkatkan menjadi bio-metana. Syngas juga dapat digunakan untuk membuat bahan bakar diesel dan jet sintetis. Bahan bakar lain termasuk hidrogen, etanol, dan biodiesel. Minyak dapat diproduksi melalui pirolisis yang membutuhkan perawatan lebih lanjut untuk dikonversi menjadi bensin atau solar. Bahan bakar transportasi dapat menjadi metode yang lebih efisien dalam menggunakan energi dari limbah jika kebutuhan energi untuk membuat bahan bakar rendah. Namun, ini tidak selalu terjadi dan contoh dari proses intensif energi adalah pemurnian syngas yang diperlukan untuk membuatnya efektif untuk menjalankan mesin.

(Departement for Environment, 2014)

Berikut adalah beberapa teknologi termal yang dapat diaplikasikan dalam WtE sebagai berikut:

1. *Combustion* atau Insinerasi

Pembakaran limbah padat adalah oksidasi lengkap dari bahan yang mudah terbakar yang terkandung dalam bahan bakar limbah padat, dan prosesnya sangat eksotermik. Selama pembakaran limbah padat, beberapa proses kompleks terjadi secara bersamaan. Awalnya, panas di ruang bakar menguapkan kelembaban yang terkandung dalam limbah padat dan menguap komponen limbah padat. Gas yang dihasilkan kemudian dinyalakan dengan adanya udara pembakaran untuk memulai proses pembakaran yang sebenarnya. Proses ini mengarah pada konversi bahan bakar limbah menjadi gas buang, abu dan panas. Panas

yang dilepaskan digunakan untuk menghasilkan uap super panas bertekanan tinggi dari air, yang dikirim ke turbin uap yang dipasangkan dengan generator untuk menghasilkan listrik, atau digunakan untuk menyediakan proses uap. Penting untuk dicatat bahwa abu dasar dan terbang yang dibentuk oleh zat anorganik limbah mempengaruhi keseimbangan energi melalui kapasitas panas rata-rata, meskipun tidak secara khusus berpartisipasi dalam proses pembakaran. Tergantung pada opsi perawatan abu dasar, logam besi dan non-ferro juga dapat dipulihkan dan abu yang tersisa dapat ditingkatkan lebih lanjut untuk digunakan untuk konstruksi jalan dan bangunan (Grosso, Biganzoli, & Rigamonti, 2011).

2. *Gasification*

Gasifikasi limbah padat adalah oksidasi parsial dari bahan bakar limbah dengan adanya oksidan dalam jumlah yang lebih rendah daripada yang dibutuhkan untuk pembakaran stoikiometrik. Proses gasifikasi memecah limbah padat atau bahan baku limbah berbasis karbon menjadi produk sampingan yang bermanfaat yang mengandung sejumlah besar senyawa teroksidasi sebagian, terutama campuran karbon monoksida, hidrogen, dan karbon dioksida. Selanjutnya, panas yang diperlukan untuk proses gasifikasi disediakan baik dengan pembakaran parsial untuk mengabstraksi sisa atau energi panas disediakan dengan menggunakan pasokan panas eksternal. Gas yang dihasilkan, yang disebut syngas, dapat digunakan untuk berbagai aplikasi setelah proses pembersihan syngas, yang merupakan tantangan terbesar untuk mengkomersialkan pabrik ini dalam skala besar. Setelah gas syngas dibersihkan, dapat digunakan untuk menghasilkan bahan bakar, bahan kimia, atau gas alam sintetis (SNG) berkualitas tinggi yang dapat digunakan dalam turbin gas yang lebih efisien dan / atau mesin pembakaran internal atau dapat dibakar dalam pembakar konvensional yang terhubung ke boiler dan turbin uap. Namun, sifat heterogen dari bahan bakar limbah padat membuat proses gasifikasi sangat sulit

bersama dengan tantangan pembersihan syngas, dan tidak ada banyak pabrik gasifikasi limbah skala besar yang berdiri sendiri di Eropa (Eremed, 2015).

3. *Pyrolysis*

Pirolisis bahan bakar limbah padat didefinisikan sebagai dekomposisi bahan kimia limbah termokimia pada suhu tinggi, sekitar antara 500°C dan 800°C dengan tidak adanya udara dan mengubah limbah menjadi gas (*syngas*), cairan (*tar*), dan produk padat (karakteristik). Tujuan utama pirolisis adalah untuk meningkatkan dekomposisi termal limbah padat menjadi gas dan fase terkondensasi. Jumlah produk yang berguna dari proses pirolisis (CO, H₂, CH₄ dan hidrokarbon lainnya) dan proporsinya bergantung sepenuhnya pada suhu pirolisis dan laju pemanasan. Penting untuk dicatat bahwa perawatan mekanis sebelum gasifikasi, sensitivitas terhadap sifat bahan baku, nilai kalor yang rendah dari bahan bakar limbah, sistem pembersihan gas buang yang mahal, kesulitan pembersihan syngas dan kinerja yang buruk pada skala kecil telah menjadi tantangan besar selama gasifikasi MSW (Consonni & Viganò, 2012)

Tabel 2. 3 Perbandingan teknologi termal

Pyrolysis	Sasification	Combustion
Biasanya tidak ada udara	Udara sub stoikiometri eksotermik/endotermik	Udara berlebih eksotermik
Hanya satu panas (ekternal/internal)	Total alir volumetrik lebih rendah	Laju alir volumetrik lebih tinggi
Zat sisa berupa cairan	Abu sedikit dihasilkan	Abu banyak dihasilkan
Polutan dalam bentuk tereduksi (H ₂ S, COS)	Polutan dalam bentuk tereduksi (H ₂ S, COS)	Polutan dalam bentuk teroksidasi (SO _x , NO _x dll)

Pyrolysis	Sasification	Combustion
Skala timbulan 10 ton/hari	Skala timbulan 100 ton/hari	Skala timbulan 1500 ton/hari

Sumber: World Energy council (2016)

