

BAB II

TINJAUAN PUSTAKA

2.1 Sampah

Limbah padat atau sampah merupakan bahan – bahan buangan rumah tangga atau pabrik yang tidak digunakan lagi atau tidak terpakai dalam bentuk padat. Limbah padat atau sampah yang dihasilkan bila tidak ditangani akan menimbulkan banyak masalah pencemaran (Zulkifli, 2014). Gambar 2.1 merupakan gambar timbunan sampah di TPA Piyungan, Bantul, Yogyakarta.



Gambar 2.1 Timbunan Sampah

Sumber: Dokumen peneliti di TPA Piyungan

Menurut Zulkifli (2014) ada beberapa metode pengolahan limbah padat yang telah umum diterapkan, yaitu:

1) Penimbunan

Terdapat dua cara penimbunan sampah yang umum dikenal, yaitu metode penimbunan terbuka atau open dumping dan metode sanitary landfill. Pada metode penimbunan terbuka, sampah dikumpulkan dan ditimbun begitu saja dalam lubang yang dibuat pada suatu lahan, biasanya di lokasi tempat pembuangan akhir (TPA). Metode penimbunan merupakan metode kuno yang memberikan dampak negatif lain. Di lahan penimbunan terbuka, berbagai hama dan kuman penyebab penyakit dapat berkembang biak. Gas metan yang dihasilkan oleh pembusukan sampah organik dapat menyebar ke udara dan menimbulkan bau busuk serta mudah terbakar. Cairan yang tercampur dengan sampah dapat merembes ke tanah dan mencemari tanah serta air. Bersama rembesan air tersebut, dapat terbawa zat – zat yang berbahaya bagi kesehatan dan lingkungan.

Berbagai permasalahan yang ditimbulkan oleh metode open dumping menyebabkan dikembangkan metode penimbunan sampah yang lebih baik, yaitu sanitary landfill. Pada metode sanitary landfill, sampah ditimbun dalam lubang yang dialasi lapisan lempung dan lembaran plastik untuk mencegah perembesan limbah ke tanah. Sampah yang ditimbun dipadatkan, kemudian ditutupi dengan lapisan tanah tipis setiap hari. Hal ini akan mencegah tersebarnya gas metan yang dapat mencemari udara dan berkembangbiaknya berbagai macam penyebab penyakit.

2) Insinerasi

Insinerasi adalah pembakaran limbah padat menggunakan suatu alat yang disebut insinerator. Kelebihan dari proses insinerasi adalah volume sampah berkurang sangat banyak, bisa mencapai 90 %. Selain itu, proses insinerasi menghasilkan panas yang dapat dimanfaatkan untuk menghasilkan listrik atau untuk memanaskan ruangan. Meski demikian, tidak semua jenis limbah padat dapat dibakar dalam insinerator. Jenis limbah padat yang cocok untuk

insinerasi di antaranya adalah kertas, plastik dan karet, sedangkan contoh jenis limbah padat yang kurang sesuai untuk insinerasi adalah kaca, sampah makanan dan baterai.

Kelemahan utama metode insinerasi adalah biaya operasi yang mahal. Selain itu, insinerasi menghasilkan asap buangan yang dapat menjadi pencemar udara serta abu pembakaran yang kemungkinan mengandung senyawa berbahaya.

3) Pembuatan Kompos

Kompos adalah pupuk yang dibuat dari sampah organik, seperti sayuran, daun dan ranting, serta kotoran hewan, melalui proses degradasi/penguraian oleh mikroorganisme tertentu. Kompos berguna untuk memperbaiki struktur dan menyediakan zat makanan yang diperlukan tumbuhan, sementara mikroba yang ada dalam kompos dapat membantu penyerapan zat makanan yang dibutuhkan tanaman.

Pembuatan kompos merupakan salah satu cara terbaik untuk mengurangi timbunan sampah organik. Cara ini sangat cocok diterapkan di Indonesia, karena cara pembuatannya relatif mudah dan tidak membutuhkan biaya yang besar. Selain itu, kompos dapat dijual sehingga dapat memberikan pemasukan tambahan atau bahkan menjadi alternatif mata pencaharian.

4) Daur Ulang

Berbagai jenis limbah padat dapat mengalami proses daur ulang menjadi produk baru. Proses daur ulang sangat berguna untuk mengurangi timbunan sampah karena bahan buangan diolah menjadi bahan yang dapat digunakan kembali. Contoh beberapa jenis limbah padat yang dapat didaur ulang adalah kertas, kaca, plastik, karet, logam seperti besi, baja, tembaga dan aluminium.

Bahan – bahan yang didaur ulang dapat dijadikan produk baru yang jenisnya hampir sama atau sama dengan produk jenis lain. Contohnya, limbah kertas bisa didaur ulang menjadi kertas kembali. Limbah kaca dalam bentuk

botol atau wadah bisa didaur ulang menjadi botol atau wadah kaca kembali atau dicampur dengan aspal untuk menjadi bahan pembuat jalan.

Menurut Slamet (2009) sampah dibedakan atas sifat biologisnya sehingga memperoleh pengelolaan yakni, sampah yang dapat menbusuk, seperti (sisa makan, daun, sampah kebun, pertanian, dan lainnya), sampah yang berupa debu, sampah yang berbahaya terhadap kesehatan, seperti sampah – sampah yang berasal dari industri yang mengandung zat-zat kimia maupun zat fisik berbahaya. Sedangkan menurut Amos Noelaka (2008) sampah dibagi menjadi 3 bagian yakni:

1) Sampah Organik

Sampah Organik merupakan barang yang dianggap sudah tidak terpakai dan dibuang oleh pemilik / pemakai sebelumnya, tetapi masih bisa dipakai, dikelola dan dimanfaatkan dengan prosedur yang benar. Sampah ini dengan mudah dapat diuraikan melalui proses alami.

2) Sampah Nonorganik

Sampah nonorganik adalah sampah yang dihasilkan dari bahan-bahan nonhayati, baik berupa produk sintetik maupun hasil proses teknologi pengolahan bahan tambang. Sampah ini merupakan sampah yang tidak mudah menbusuk seperti, kertas, plastik, logam, karet, abu, gelas, bahan bangunan bekas dan lainnya.

3) Sampah B3 (Bahan berbahaya beracun)

Pada sampah berbahaya atau bahan beracun (B3), sampah ini terjadi dari zat kimia organik dan nonorganik serta logam-logam berat, yang umumnya berasal dari buangan industri. Pengelolaan sampah B3 tidak dapat dicampurkan dengan sampah organik dan nonorganik. Biasanya ada badan khusus yang dibentuk untuk mengelola sampah B3 sesuai peraturan berlaku.

2.2 Komposisi Sampah

Komposisi sampah merupakan penggambaran dari masing - masing komponen yang terdapat pada sampah dan distribusinya. Data ini penting untuk

mengevaluasi peralatan yang diperlukan, sistem, pengolahan sampah dan rencana manajemen persampahan suatu kota. Pengelompokan sampah yang paling sering dilakukan adalah berdasarkan komposisinya, misalnya dinyatakan sebagai % berat atau % volume dari kertas, kayu, kulit, karet, plastik, logam, kaca, kain, makanan, dan sampah lain – lain (Damanhuri et.al, 2004).

Menurut McKinney dan Schoch (1996), komposisi sampah dibedakan menjadi beberapa jenis yang terdiri dari bahan-bahan berikut ini:

- 1) Logam: beberapa logam dapat digunakan lagi tanpa melewati proses penghancuran. Ada juga yang dapat didaur ulang dengan cara meleburkan logam dengan api bersuhu tinggi sehingga menciptakan perkakas baru. Waktu paruh atau degradasinya lebih lama dibanding bahan lain. Jadi, sangat disayangkan apabila logam dibuang sembarangan ke lingkungan. Contohnya kaleng, besi, paku, stainless steels bekas dan sejenisnya.
- 2) Kertas: terbuat dari serat tumbuhan khususnya batang pohon yang bersifat organik. Kertas lebih mudah untuk diuraikan oleh mikroba daripada logam. Hingga saat ini, daur ulang kertas masih terus berjalan. Namun tidak dapat dibandingkan dengan daur ulang material lainnya karena hanya bisa didaur ulang dari 6-8 kali. Contohnya kertas cetakan, koran, majalah dan karton bekas.
- 3) Plastik: umumnya plastik terbuat dari polimer sintesis yang mengandung hidrogen, karbon dan oksigen hasil pengolahan minyak bumi. Tipe plastik masa kini cenderung sulit diuraikan dan bahkan tidak mudah menyatu dengan alam. Pencemaran lingkungan oleh sampah plastik tidak hanya merusak komponen lingkungan tapi juga menghasilkan beberapa zat pencemar yang berbahaya bagi lingkungan biotik dan abiotik. Namun, sifatnya sulit diuraikan ini memberikan keuntungan, yakni benda-benda plastik tersebut dapat digunakan kembali dan didaur ulang menjadi produk baru. Contohnya plastik kemasan makanan/minuman, perkakas masak bekas, plastik kresek, dan sebagainya.
- 4) Karet: terbuat dari getah pohon karet dan campuran beberapa bahan yang teksturnya elastis dan mudah melebur apabila dibakar. Karena sifatnya

sulit diuraikan di lingkungan, banyak orang melakukan pembakaran. Walaupun mudah melebur, ternyata pembakaran karet ini menghasilkan asap yang hitam pekat yang dapat mengganggu kesehatan. Namun, beberapa komunitas menyadari bahwa karet ini dapat digunakan kembali dan didaur ulang menjadi produk baru yang bernilai ekonomis. Contohnya adalah ban bekas, sandal karet, karet penghapus dan sebagainya.

- 5) Kain/tekstil: terbuat dari susunan helai benang. Benang ini berasal dari serat tumbuhan dan juga serat kepompong ulat sutera. Karena pada proses pembuatannya, benang-benang tersebut sudah diberikan tambahan zat pewarna dan pengawet. Penambahan itu membuat serat kain sulit diuraikan di lingkungan. Namun, kain bekas dapat dipergunakan kembali atau didaur ulang. Contohnya adalah sobekan kain, gordena, dan lain-lain.
- 6) Kaca: merupakan senyawa yang dapat didaur ulang 100%. Pecahan cangkir dan piring kaca dapat dileburkan dan dijadikan produk baru, dan proses ini dapat berulang-ulang tanpa ada batasan waktu. Kaca atau gelas ini sendiri terbuat dari pasir silika dan beberapa bahan tambahan yang dibentuk dalam temperatur dan tekanan tinggi. Walaupun daur ulang kaca/gelas secara langsung tidak dapat menghasilkan produk yang sama persis, kaca/gelas ini tetap dapat diubah menjadi fiberglass. Selain itu pecahan kaca juga dapat digunakan untuk membuat tembok pembatas yang aman. Contohnya adalah gelas/piring kaca, lampu, pecahan jendela kaca dan lain-lain.
- 7) Kayu: mengandung serat dan bahan organik yang dapat diuraikan, bahkan beberapa serangga mengambil bahan organik itu sebagai bahan makanannya, seperti rayap. Selain itu, kayu bekas juga dapat dimanfaatkan untuk bahan bakar alternatif untuk memasak dan menghangatkan ruangan. Contohnya kayu, ranting, bekas kursi atau meja.
- 8) Sampah mudah busuk: terdiri dari sisa-sisa makanan, sayuran, buah-buahan yang merupakan bahan organik, sehingga lingkungan masih dapat menguraikannya.

- 9) Bebatuan: sampah jenis ini mengandung beberapa jenis bebatuan ataupun material yang berasal dari tanah. Seringkali ditemukan dalam bentuk material bangunan ataupun sisa pengukiran bongkahan batu. Contohnya adalah beton yang hancur, serpihan ukiran perhiasan dan pernak-pernik dari batu.

Komposisi sampah dipengaruhi oleh faktor - faktor sebagai berikut (Tchobanoglous et.al, 1993):

- 1) Frekuensi pengumpulan.

Semakin sering sampah dikumpulkan, semakin tinggi tumpukan sampah terbentuk. Sampah kertas dan sampah kering lainnya akan tetap bertambah, tetapi sampah organik akan berkurang karena terdekomposisi.

- 2) Musim.

Jenis sampah akan ditentukan oleh musim buah - buahan yang sedang berlangsung.

- 3) Kondisi Ekonomi.

Kondisi ekonomi yang berbeda menghasilkan sampah dengan komponen yang berbeda pula. Semakin tinggi tingkat ekonomi suatu masyarakat, produksi sampah kering seperti kertas, plastik, dan kaleng cenderung tinggi, sedangkan sampah makanannya lebih rendah. Hal ini disebabkan oleh pola hidup masyarakat ekonomi tinggi yang lebih praktis dan bersih.

- 4) Cuaca.

Di daerah yang kandungan airnya cukup tinggi, kelembaban sampahnya juga akan cukup tinggi.

- 5) Kemasan produk.

Kemasan produk bahan kebutuhan sehari - hari juga akan mempengaruhi komposisi sampah. Negara maju seperti Amerika banyak menggunakan kertas sebagai pengemas, sedangkan negara berkembang seperti Indonesia banyak menggunakan plastik sebagai pengemas.

2.3 Tempat Pemrosesan Akhir (TPA) Sampah

Pembuangan limbah padat khususnya limbah padat perkotaan (MSW) merupakan masalah yang penting. Secara global, tempat pembuangan sampah adalah metode utama pembuangan limbah padat karena merupakan praktik paling sederhana dan paling efektif untuk penyimpanan limbah padat (Williams, 2005).

Tempat pembuangan limbah yang baik memiliki beberapa karakteristik. Tempat pembuangan limbah seharusnya berada jauh dari daerah dimana GIS mengidentifikasi lokasi limbah berdasarkan kesesuaian adanya riwayat banjir. Jika tidak, limbah bisa menjadi sumber pencemaran air yang serius yang pada gilirannya mengancam lingkungan dan kehidupan. Selain itu, data ketinggian air bawah tanah harus digunakan untuk menghindari polusi air bawah tanah. Kendala lain untuk area pembuangan limbah yang tepat adalah memiliki jarak yang spesifik dari kesalahan di wilayah ini. Peta geologi dapat digunakan untuk tujuan mengidentifikasi kesalahan dan lokasi di sini struktur kerak yang lemah. Peta landuse, peta jalan dan faktor lingkungan lainnya juga harus dipertimbangkan dalam menemukan lokasi pembuangan limbah yang aman dan ramah lingkungan (Allen et al, 2001).

Sementara menurut Mizwar (2012) penentuan lokasi TPA dilakukan melalui tiga tahap penilaian. Penilaian tahap pertama dilakukan dengan metode *binary* untuk menentukan zona layak atau tidak layak sebagai lokasi TPA berdasarkan delapan kriteria penilaian kelayakan regional. Pada lahan yang memenuhi kriteria penilaian diberi nilai 1 dan lahan yang tidak memenuhi kriteria penilaian diberi nilai 0. Sehingga zona layak TPA ditetapkan apabila nilai lahan mencapai jumlah maksimal (delapan). Penilaian tahap kedua dilakukan dengan metode *Analytical Hierarchy Process* (AHP) dan *Weighted Linear Combination* (WLC) untuk menentukan tingkat kesesuaian lahan dari beberapa alternatif lokasi yang telah diperoleh pada penilaian tahap pertama berdasarkan tujuh kriteria penilaian kelayakan penyisih. AHP digunakan untuk menentukan bobot dan nilai dari masing-masing kriteria penilaian, sedangkan WLC digunakan untuk operasi perhitungan nilai kesesuaian sebagai lokasi TPA. Penilaian tahap ketiga (kelayakan rekomendasi) dilakukan dengan metode *overlay* peta hasil penilaian tahap sebelumnya dengan Peta Rencana Umum Tata Ruang Kota Banjarbaru 2000-2010

untuk menetapkan lokasi terbaik dari beberapa alternatif lokasi yang telah diperoleh pada penilaian sebelumnya.

Membangun dan mengelola suatu TPA perlu banyak sumberdaya, karena itu seringkali perlu dilaksanakan bersama, membangun kemitraan antara komunitas, pemerintah setempat, dan lembaga lainnya. Sebuah TPA dapat menjaga kesehatan masyarakat hanya bila TPA dikelola dengan baik. Pengelolaan yang baik biasanya meliputi pelatihan dan dukungan bagi pekerja TPA, dan bekerja sama dengan pusat - pusat pemanfaatan ulang sumberdaya, lapak - lapak sampah beracun, dan pemerintah daerah setempat (Conant, 2008).

Menurut Bangun Ismansyah (2010), agar dapat menjalankan fungsinya dengan baik, TPA biasanya ditunjang dengan sarana dan prasarana antara lain:

1) Prasarana jalan

Prasarana jalan sangat menentukan keberhasilan pengoperasian TPA. Semakin baik kondisi TPA akan semakin lancar kegiatan pengangkutan sehingga lebih efisien.

2) Prasarana drainase

Drainase TPA berfungsi untuk mengendalikan aliran limpasan air hujan dengan tujuan untuk memperkecil aliran yang masuk ke timbunan sampah. Air hujan merupakan faktor utama terhadap debit lindi yang dihasilkan. Semakin kecil rembesan air hujan yang masuk pada timbunan sampah akan semakin kecil pula debit lindi yang dihasilkan.

Secara teknis drainase TPA dimaksudkan untuk menahan aliran limpasan air hujan dari luar TPA agar tidak masuk ke dalam area timbunan sampah. Drainase penahan ini umumnya dibangun di sekeliling blok atau zona penimbunan. Selain itu, untuk lahan yang telah ditutup tanah, drainase berfungsi sebagai penangkap aliran limpasan air hujan yang jatuh di atas timbunan sampah tersebut. Untuk itu permukaan tanah penutup harus dijaga kemiringannya mengarah pada saluran drainase.

3) Fasilitas penerimaan

Fasilitas penerimaan dimaksudkan sebagai tempat pemeriksaan sampah yang datang, pencatatan data dan pengaturan kedatangan truk sampah. Pada umumnya fasilitas ini dibangun berupa pos pengendali di pintu masuk TPA.

4) Lapisan kedap air

Lapisan kedap air berfungsi untuk mencegah rembesan air lindi yang terbentuk di dasar TPA ke dalam lapisan tanah di bawahnya.

5) Lapisan pengaman gas

Gas yang terbentuk di TPA umumnya berupa gas karbondioksida dan metan dengan komposisi hampir sama di samping gas - gas lain yang sangat sedikit jumlahnya. Kedua gas tersebut memiliki potensi yang besar dalam proses pemanasan global terutama gas metan. Karenanya perlu dilakukan pengendalian agar gas tersebut tidak dibiarkan bebas lepas ke atmosfer. Untuk itu perlu dipasang pipa - pipa ventilasi agar gas dapat keluar dari timbunan sampah pada titik tertentu. Untuk itu perlu diperhatikan kualitas dan kondisi tanah penutup TPA. Tanah yang berporos atau banyak memiliki rekahan akan menyebabkan gas lebih mudah lepas ke udara bebas. Pengolahan gas metan dengan cara pembakaran sederhana dapat menurunkan potensinya dalam pemanasan global.

6) Fasilitas pengaman lindi

Lindi merupakan air yang terbentuk dalam timbunan sampah yang melarutkan banyak sekali senyawa yang ada sehingga memiliki kandungan pencemar, khususnya zat organik. Lindi sangat berpotensi menyebabkan pencemaran air baik air tanah maupun permukaan sehingga perlu ditangani dengan baik.

7) Alat berat

Alat berat yang biasanya digunakan di TPA umumnya berupa *bulldozer*, *excavator* dan *loader*. Setiap jenis peralatan tersebut memiliki karakteristik yang berbeda dalam operasionalnya.

8) Penghijauan

Penghijauan lahan TPA diperlukan untuk beberapa maksud diantaranya adalah peningkatan estetika lingkungan sebagai *buffer zone* untuk pencegah bau dan lalat yang berlebihan.

9) Fasilitas penunjang

Beberapa fasilitas penunjang yaitu pemadam kebakaran, mesin pengasap, kesehatan dan keselamatan kerja, serta toilet.

Di Brasil, limbah padat umumnya dapat didaur ulang, dikomposkan, dibakar, atau ditimbun, namun deposit di tempat pembuangan terbuka adalah praktik yang paling umum dilakukan. Jumlah CH_4 , CO_2 , dan N_2O yang dipancarkan bervariasi tergantung pada jumlah sampah yang dihasilkan, kandungan bahan organik dalam komposisinya, dan kondisi anaerobik pembuangan. Sanitary landfill bertindak sebagai bioreaktor yang besar, dimana biodegradasi bahan organik dalam limbah terjadi di lingkungan anaerob yang didominasi. Degradasi ini menghasilkan pembangkitan biogas (atau gas landfill - LFG), terutama terdiri dari CO_2 dan CH_4 , yang merupakan gas rumah kaca, yang terakhir dengan kekuatan pemanasan global 21 kali lebih besar dari yang sebelumnya. (Loureiro et al, 2013)

2.4 Gas Rumah Kaca

Efek rumah kaca (*green house effect*) merupakan suatu keadaan yang timbul akibat semakin banyaknya gas buang ke lapisan atmosfer kita yang memiliki sifat penyerap panas yang ada, baik yang berasal dari pancaran sinar matahari maupun panas yang ditimbulkan akibat dari pendinginan bumi, radiasi solar dan radiasi panas tersebut kemudian dipancarkan kembali ke permukaan bumi. Panjang gelombang yang dapat diserap dan terperangkap oleh gas rumah kaca adalah untuk panjang gelombang yang lebih besar dari 1200A (sinar inframerah) (Soedomo, 2001).

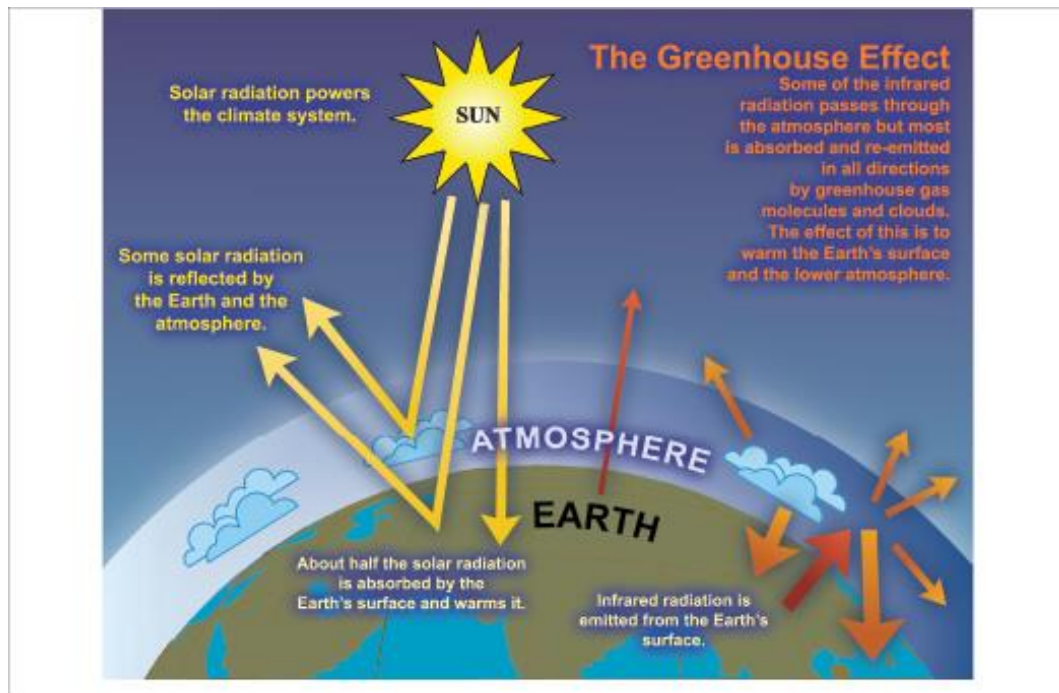
Dalam rumah kaca, radiasi solar gelombang pendek dari matahari ditangkap dan dipancarkan sebagai gelombang panjang infra merah, demikian halnya dengan

radiasi panas dari tanah dan permukaan lainnya di bawah lapisan rumah kaca. Radiasi panas yang berasal dari bagian bawah lapisan rumah kaca ditangkap dan diserap dalam lapisan rumah kaca, yang tidak dapat mentransmisikan radiasi gelombang panjang ke bagian luar yang memiliki suhu yang lebih rendah daripada lapisan rumah kaca (Soedomo, 2001).

Gas rumah kaca sendiri adalah gas yang timbul secara alamiah dan merupakan akibat kegiatan industri. Contoh gas rumah kaca (GRK) adalah CO_2 (karbon dioksida), CH_4 (metana), N_2O (nitrogen oksida), CFC (chloro fluoro karbon), HFC (hidro fluoro karbon), PFC (perfluoro karbon), SF_6 (sulphur heksafluoro). Jika GRK terlepas ke atmosfer dan sampai pada ketinggian troposfer, akan terbentuk lapisan “selimut” atau “rumah kaca” yang mengungkung bumi. Adapun partikel yang melayang – layang di atmosfer bumi berasal dari letusan gunung berapi berupa debu (abu) vulkanik. Saat melayang – layang di atmosfer bumi sebelum kemudian jatuh ke bumi, debu (abu) vulkanik tersebut berlaku sebagai lapisan selimut yang mengungkung bumi (Wardhana, 2010).

Pada temperatur rata – rata permukaan bumi sebesar 288°K (15°C), emisi gelombang panjang (infra merah) yang dipancarkan kembali oleh permukaan bumi adalah sebesar 390 W/m^2 , sedangkan pada lapisan terluar atmosfer emisi terukur hanya sebesar 236 W/m^2 . Perbedaan emisi yang terukur ini menunjukkan terjadinya perangkap panas dalam lapisan atmosfer atau terjadi efek rumah kaca (Soedomo, 2001).

Adanya peningkatan emisi gas rumah kaca, keseimbangan antara radiasi yang datang dan radiasi yang dipantulkan kembali akan terjadi apabila temperatur permukaan bumi dan bagian bawah atmosfer meningkat emisinya akan mengakibatkan terjadinya kecenderungan peningkatan suhu dari permukaan bumi dan atmosfer bagian bawah atau disebut juga pemanasan global (Soedomo, 2011). Gambar 2.2 di bawah ini merupakan ilustrasi efek rumah kaca.



Gambar 2.2 Efek Rumah Kaca

Sumber : IPCC 2007

Sumber – sumber gas rumah kaca sangat beragam. Baik negara maju dan berkembang telah bertanggung jawab atas emisi gas rumah kaca. Kegiatan manusia (antropogenik) merupakan penyebab utama peningkatan gas rumah kaca yang ada sekarang di troposfer bumi. Penggunaan energi dan budi daya pertanian sawah merupakan sumber utama antropogenik yang kecenderungannya semakin meningkat (Soedomo, 2001).

Di Brasil, pengelolaan sampah dalam emisi gas rumah kaca relatif kecil, Pada metana terhitung 6,1% dari total emisi di dalam negeri, untuk perhitungan 63,3% dari emisi limbah. Pengelolaan limbah berkontribusi untuk emisi CO₂ secara minimal karena pembakaran mengandung bahan karbon yang tidak terbarukan, dengan 0,4% dari emisi limbah padat. Sementara N₂O menyumbang 8,3% (Rovere et al, 2007).

Menurut Ziyang Lou (2017), Sebagai sumber emisi gas rumah kaca antropogenik, pola emisi GRK dari sektor sampah yang tidak jelas, akan mengganggu pengambilan keputusan yang efektif untuk pengurangan potensi gas

rumah kaca. Kecenderungan variasi persediaan GRK dipelajari dari tahun 1949 sampai 2013 di China berdasarkan metode peluruhan orde pertama (FOD), dan total perkiraan gas rumah kaca ditemukan meningkat dari 0,36 menjadi 72,4 Mt CO₂-eq. TPA merupakan kontributor utama emisi gas rumah kaca, dan persentase yang diduduki meningkat dari 17% di tahun 1979, menjadi nilai puncak 82% pada tahun 1999, dan akhirnya menjadi 69,5% pada tahun 2013.

Pola pembagian sektoral regional dihitung setiap 5 tahun setelah 2003 karena peningkatan limbah padat yang luar biasa dalam beberapa dekade terakhir. Cina Timur ditemukan sebagai daerah yang dominan untuk emisi gas rumah kaca, sementara persentase yang sesuai menurun dari 38,60% pada tahun 2003 menjadi 30,75% pada tahun 2013. Persen tersebut meningkat dari 4,69% menjadi 7,31%, karena lebih banyak penimbunan akhir di *North West*. Teknologi mitigasi metana, terutama penutup tanah dan pengumpulan gas *landfill-flaring*, merupakan kontribusi utama pengurangan CH₄. Alternatif pengalihan untuk TPA efektif dalam mitigasi GRK tidak langsung, dan pengurangan pembuangan sampah merupakan bagian penting lainnya melalui penerapan pajak "bayar-buang-buang" dan perlindungan lingkungan (Ziyang Lou, 2017).

2.5 Pemanasan Global

Cahaya matahari yang berwarna putih, sebenarnya terdiri atas berbagai macam jenis warna (merah, jingga, kuning, hijau, biru, nila, ungu). Masing-masing jenis warna mempunyai panjang gelombang tertentu, cahaya ungu mempunyai panjang gelombang terpendek, dan merah terpanjang. Di sisi lain ada cahaya yang tidak tampak yaitu "Ultra violet" dengan panjang gelombang lebih pendek dari pada cahaya ungu; namun sebaliknya cahaya infra merah dengan panjang gelombang lebih panjang dari pada merah, dan merupakan sinar yang bersifat panas.

Di dalam atmosfer, bumi terdapat berbagai jenis gas, dimana gas-gas tersebut dapat meneruskan sinar matahari yang bergelombang pendek, hingga sinar matahari dapat sampai ke permukaan bumi dan akibat yang ditimbulkannya permukaan bumi menjadi panas. Kemudian permukaan bumi memancarkan

kembali sinar yang diterimanya. Menurut hukum fisika panjang gelombang sinar yang dipancarkan sebuah benda tergantung pada suhu benda tersebut. Makin tinggi suhunya akan semakin pendek gelombangnya. Matahari dengan suhu yang tinggi, memancarkan sinar dengan gelombang yang pendek. Namun sebaliknya karena permukaan bumi dengan suhu yang rendah, maka memancarkan sinar dengan gelombang panjang yaitu sinar infra merah. Sinar infra merah dalam atmosfer terserap oleh gas tertentu, hingga tidak terlepas ke angkasa luar. Panas yang terperangkap di dalam lapisan bawah atmosfer mengakibatkan suhu di permukaan bumi naik atau dikenal dengan istilah pemanasan global. Jika kecenderungan seperti sekarang ini terus berlangsung, maka pada abad yang akan datang, suhu udara permukaan bumi akan naik antara $2,3^{\circ}\text{C}$ sampai $7,0^{\circ}\text{C}$. (Wahyono, 2008).

Pemanasan global adalah kejadian meningkatnya suhu rata – rata di atmosfer, laut dan daratan bumi. Hasil pengamatan menunjukkan bahwa telah terjadi kenaikan suhu rata – rata $0,72^{\circ}\text{C}$ pada negara tropis, sedangkan negara Jepang (temperate) terjadi sampai dengan 1°C . kejadian tersebut disebabkan semakin bertambahnya gas rumah kaca (GRK). *United Nations Framework Convention Climate Change* (UNFCCC) atau Konvensi PBB mengenai perubahan iklim, menyatakan ada 6 jenis gas rumah kaca, yaitu CO_2 (karbon dioksida), N_2O (dinitro oksida), CH_4 (metan), SF_6 (sulfurheksa florida), PFC5 (perflorokarbon) dan HFC5 (hidroflorokarbon) (Sodiq, 2013).

Sedangkan gas yang paling berkontribusi terhadap pemanasan global adalah CO_2 , CH_4 , N_2O , NO_2 , CO, PFC dan SF_6 . Gas rumah kaca inilah yang menyebabkan efek rumah kaca, dimana gas tersebut diserap dan dipantulkan kembali radiasi gelombang yang dipancarkan bumi, sehingga permukaan bumi menjadi lebih panas. Gas rumah kaca yang ada di atmosfer sebenarnya memegang peranan penting guna menjaga suhu bumi dan gas yang paling dominan adalah CO_2 . Tanpa GRK, planet bumi suhunya akan terlalu dingin, sehingga akan mengganggu kehidupan makhluk hidup (Sodiq, 2013).

Soedomo (2001) mengatakan pengaruh pemanasan global dalam setengah abad mendatang diperkirakan akan meliputi kenaikan permukaan laut, perubahan pola angin, penumpukan es dan salju di kutub, meningkatnya badai atmosferik,

bertambahnya populasi dan jenis organisme penyebab penyakit dan dampaknya terhadap kesehatan masyarakat, perubahan pola curah hujan dan siklus hidrologi, perubahan ekosistem hutan, daratan dan ekosistem alami lainnya. Kesemuanya ini bukan mustahil akan mengarah pada meningkatnya kepunahan berbagai spesies tumbuhan dan binatang, tetapi juga mungkin pada perubahan dan peningkatan spesies yang bertahan hidup (*strained species*). Beberapa pendugaan dampak yang sekarang dikembangkan oleh para ahli, umumnya dikaitkan dengan salah satu dampak orde pertama kenaikan temperatur, seperti kenaikan muka air laut dan dampak orde berikutnya perubahan pola dan pergerakan angin.

2.6 Gas Metana (CH₄)

Emisi metana merupakan gas emisi yang juga potensial mencemari lingkungan bahkan berkontribusi dalam pemanasan global. Walaupun gas karbondioksida merupakan gas yang paling berpengaruh terhadap pemanasan global, radiasi gas metana lebih tinggi dibandingkan karbondioksida. Pemanasan metana terhadap atmosfer meningkat 1 % setiap tahunnya, dan hewan ternak berkontribusi menghasilkan gas metana sebesar 3 % dari total gas rumah kaca (Tyler, 2006).

Gas Metana adalah senyawa hidrokarbon paling sederhana yang berbentuk gas yang tidak berwarna dan tidak berbau dengan rumus kimia CH₄. Selain itu sifat – sifat lain gas metana antara lain dapat terbakar pada kadar antara 5 – 15%, memiliki berat molekul 16,04 dan berat jenis atau specific gravity 0,554, titik didih -161°C dan memiliki kelarutan dalam air sekitar 35 mg/L pada tekanan 1 atm (Cunha dkk, 2016).

Jumlah emisi gas metana ke atmosfer yang berasal dari sumber – sumber alamiah pada saat ini diperkirakan mencapai 208 juta ton pertahunnya. Dari keseluruhan sumber – sumber alamiah yang ada, sumber dari lahan basah (wetland) merupakan sumber yang terbesar yang jumlahnya diperkirakan sebanyak 170 Tg atau 170 juta ton pertahunnya. Sumber – sumber lainnya adalah emisi geologis (geological emissions) yang diperkirakan sebanyak 42 – 64 juta ton/tahun, emisi

dari danau – danau sekitar 30 juta ton per tahun dan emisi dari tumbuh – tumbuhan sebanyak 20 – 60 juta ton pertahunnya (US-EPA, 2010)

Tempat pemrosesan sampah (TPA) merupakan salah satu sumber emisi metana terbesar. *Landfill* metana adalah hasil dekomposisi anaerob dari fraksi organik limbah. Jumlah metana yang dihasilkan dari proses ini tergantung pada jumlah limbah, kadar air dan suhu. TPA secara progresif menggantikan pelepasan limbah padat, praktek pembuangan terbuka dan pembakaran. Diperkirakan penanganan limbah menjadi sumber emisi CH₄ terbesar ketiga di Amerika Serikat (EPA, 2010).

Keberadaan dan pergerakan metana (CH₄) sangat berbahaya pada TPA yang tidak dilengkapi dengan fasilitas pengelolaan gas. Hal ini disebabkan konsentrasi minimal gas CH₄ sebesar 5 – 15% dapat mengakibatkan bahaya ledakan dan kebakaran bila tercampur dengan udara atau peledakan saat terkena sambaran petir (US-EPA, 2010a).

Menurut Kiswandayani, et al (2016) dalam jurnalnya yang berjudul “Komposisi Sampah dan Potensi Emisi Gas Rumah Kaca pada Pengelolaan Sampah Domestik: Studi Kasus TPA Winongo Kota Madiun”, gas yang paling banyak diemisikan pada setiap tahunnya adalah gas CH₄ karena gas tersebut telah diemisikan dari seluruh aktivitas pengelolaan sampah di TPA Winongo Kota Madiun. Aktivitas pengelolaan sampah yang mengemisikan gas CH₄ dengan nilai yang paling tinggi adalah aktivitas penimbunan sampah, karena hampir seluruh sampah yang diangkut dan diolah di TPA Winongo Kota Madiun ditangani oleh pihak DKP dengan cara ditimbun. Selain itu komposisi sampah yang sebagian besar merupakan sampah organik mengakibatkan tingginya tingkat emisi gas CH₄ dari aktivitas penimbunan sampah.

2.7 Gas Karbon Dioksida (CO₂)

Karbon dioksida adalah gas yang tidak berwarna dan tidak berbau. Ketika dihirup pada konsentrasi yang lebih tinggi dari konsentrasi karbon dioksida di atmosfer, ia akan terasa asam di mulut dan mengengat di hidung dan tenggorokan.

Efek ini disebabkan oleh pelarutan gas di membran mukosa dan saliva, membentuk larutan asam karbonat yang lemah. Sensasi ini juga dapat dirasakan ketika seseorang bersendawa setelah meminum air berkarbonat. Konsentrasi yang lebih besar dari 5.000 ppm tidak baik untuk kesehatan, sedangkan konsentrasi lebih dari 50.000 ppm dapat membahayakan kehidupan hewan (Staff, 2006).

Secara fisik, karbon dioksida sangat stabil, dan sebagian besar tidak terpengaruh karena berinteraksi dengan bahan lainnya di atmosfer. Sifat fisik zat ini dapat bervariasi sesuai dengan suhu. Karbon dioksida membentuk zat padat pada suhu di bawah -70 derajat Celsius (-94 ° Fahrenheit). Karbon dioksida juga dapat berubah menjadi cair ketika dilarutkan dalam air di bawah tekanan konstan. Sifat kimia karbon dioksida umumnya terkait dengan tingkat keasaman. Sementara sebagian besar unit karbon dioksida yang sedikit asam secara alami, tingkat keasaman dapat dimodifikasi dengan melarutkan molekul dalam air. Proses ini dilakukan di laboratorium atau fasilitas industri karena sifat yang sangat khusus dari pekerjaan ini (Hisham, 2015).

Karbon yang terbakar tidak sempurna terbentuk menjadi senyawa gas monoksida (CO), hidrokarbon (HC) terutama metana (CH₄) dan partikulat (asap, debu, dsb). Gas karbon dioksida (CO₂) adalah produk pembakaran yang paling kecil dampak negatifnya terhadap lingkungan. Gas karbondioksida (CO₂) hanya bersifat rumah kaca dengan nilai GWP sangat kecil dibandingkan dengan metana (CH₄) yang merupakan produk lain dari pembakaran karbon. Gas karbon monoksida (CO) bersifat polutan yang membahayakan kesehatan bahkan bisa menyebabkan kematian, demikian juga hidrokarbon. Partikulat karbon merupakan polutan yang berdampak buruk pada kesehatan mata dan pernapasan, terutama jika ukurannya kurang dari 10 mikron karena partikulat berpotensi masuk ke sistem peredaran darah (Ataei, 2016).

Sejak revolusi industri, berbagai sumber energi telah dikembangkan dan dimanfaatkan dalam skala besar. Didorong oleh industrialisasi yang pesat dan urbanisasi di negara berkembang seperti China, ekonomi secara mendunia telah mencapai pertumbuhan yang relatif cepat. Namun pada proses pembangunan ekonomi, peningkatan konsumsi energi telah menyebabkan pencemaran

lingkungan yang serius dan emisi CO₂ (Shao et al, 2016a). Hal ini ditunjukkan dengan rangkaian isu ketidakseimbangan lingkungan seperti pemanasan global, kenaikan permukaan air laut, dan sering terjadi kejadian cuaca ekstrim. Sudah diketahui bahwa antropogenik karbon dioksida (CO₂) adalah akar penyebab isu yang berkaitan dengan lingkungan (Fan et al, 2015).

Pada 2014 emisi CO₂ di China mencapai 11,50 miliar ton. Emisi CO₂ ini menyumbang 35,6 % total emisi CO₂ dari seluruh dunia. Dengan demikian, China telah menjadi fokus dunia untuk menekankan pengurangan emisi CO₂. Namun, kenaikan konsumsi batu bara membuat pengurangan emisi CO₂ sangat sulit. Sektor industri merupakan sumber utama total emisi CO₂, tetapi pesatnya perkembangan sektor pertanian beberapa waktu sekarang terbukti meningkatkan emisi CO₂ yang utama (Dogan et al 2016).

Ada beberapa hal yang dapat dilakukan untuk mengurangi konsentrasi CO₂ dari atmosfer, yaitu mengurangi produksi CO₂ dengan dua cara berupa mengganti bahan bakar fosil dengan energi terbarukan dan mereboisasi hutan, serta menghilangkan sebagian CO₂ dari atmosfer dengan teknologi terbarukan (Newman, 1993).

2.8 Penelitian Terdahulu Terkait Emisi Gas Rumah Kaca di TPA

Dasar atau acuan yang berupa teori - teori atau temuan - temuan melalui hasil berbagai penelitian sebelumnya merupakan hal yang sangat perlu dan dapat dijadikan sebagai data pendukung. Salah satu data pendukung yang perlu dijadikan bagian tersendiri adalah penelitian terdahulu yang relevan dengan permasalahan yang sedang dibahas dalam penelitian ini. Dalam hal ini, fokus penelitian terdahulu yang dijadikan acuan adalah terkait dengan masalah emisi gas rumah kaca di Tempat Pemrosesan Akhir (TPA) sampah. Oleh karena itu, peneliti melakukan langkah kajian terhadap beberapa hasil penelitian berupa tesis dan jurnal-jurnal melalui internet. Daftar penelitian terdahulu yang terkait dengan potensi gas rumah kaca di TPA di tampilkan pada tabel 2.1 berikut:

Tabel 2.1 Penelitian Terdahulu Terkait Potensi Gas Rumah Kaca Di TPA

No	Nama Peneliti/Tahun	Judul Penelitian	Isi
1	Aliftya Vicky Kiswandayani, Liliya Dewi Susanawati, Ruslan Wirosuedarmo / (Jurnal-2015)	Komposisi Sampah dan Potensi Emisi Gas Rumah Kaca pada Pengelolaan Sampah Domestik: Studi Kasus TPA Winongo Kota Madiun	Komponen sampah di TPA Winongo Kota Madiun antara lain sampah organik, sampah kebun dan taman tahun, sampah kayu, sampah kertas dan karton, sampah tekstil, sampah nappies tahun, sampah karet dan kulit, sampah plastik, sampah logam, sampah gelas. Total nilai emisi gas rumah kaca di TPA Winongo Kota Madiun dari emisi gas CH ₄ dan emisi gas N ₂ O pada tahun 2015 sebesar 5905.596 ton CO ₂ eq thn-1 dan pada tahun 2025 sebesar 7461.384 ton CO ₂ eq thn-1.
2	Wahyu Purwanta / (Jurnal - 2009)	Penghitungan Emisi Gas Rumah Kaca (GRK) Dari Sektor Sampah Perkotaan Di Indonesia	Potensi gas metan dari sektor sampah di Indonesia sangat besar yakni sekitar 109,96 Gg per tahun dimana terdapat l.k 400 TPA yang hampir semuanya beroperasi secara open dumping.
3	Chrismalia Hapsari, Susi Agustina Wilujeng / (Skripsi - 2010)	Studi Emisi Karbondioksida (CO ₂) dan Metana (CH ₄) Dari Kegiatan Reduksi Sampah di Wilayah Surabaya Bagian Selatan	Emisi metana (CH ₄) dan emisi karbondioksida (CO ₂) dari sampah yang dihasilkan oleh penduduk Kota Surabaya masuk ke TPA Benowo pada tahun 2010 adalah 3.431.144 MTCO ₂ E CH ₄ /tahun dan 492.873 MTCO ₂ E/tahun. Dari kegiatan reduksi sampah mereduksi emisi karbondioksida sebanyak 12.088,82 MTCO ₂ E/tahun (5,81%) dari kegiatan penggunaan ulang sampah plastik dan 7804,17 MTCO ₂ E/tahun (3,75%) dari kegiatan komposting sampah. Sedangkan emisi metana yang dihasilkan dari komposting sampah adalah 8,12 MTCO ₂ E CH ₄ /tahun atau 0,00056% metana yang terlepas diudara.
4	Wahyu Purwanta / (Jurnal - 2010)	Perhitungan Emisi Karbon Dari Lima Sektor Pembangunan Berdasar Metode IPCC Dengan Verifikasi Faktor Emisi Dan Data Aktivitas Lokal	Hasil penghitungan emisi CH ₄ di TPA sampah menghasilkan angka 609 Gg/tahun atau setara 12.800 CO ₂ eq Gg/tahun. Dari keseluruhan sektor, sektor kehutanan merupakan penyumbang emisi CO ₂ ekivalen terbesar (58%), diikuti sektor energi (25%), pertanian (8%), industri (6%), dan limbah (3%).
5	Mutiara Rizki Khatulistiwa, Dian Rahayu Jati, Laili Fitria / (Jurnal - 2015)	Inventarisasi Emisi CH ₄ Di TPA Batu Layang Kota Pontianak Provinsi Kalimantan Barat	Nilai potensi emisi CH ₄ di TPA Batu Layang Kota Pontianak Tahun 2015 adalah 4298,95 ton/tahun dan proyeksi nilai emisi CH ₄ pada Tahun 2020 adalah 4720 ton/tahun dengan peningkatan 84,21 ton/tahun

2.9 Metode Perhitungan IPCC

IPCC (*Intergovernmental Panel on Climate Change*) merupakan badan yang berperan untuk menyediakan data ilmiah terkini yang berkaitan dengan perubahan iklim. Berdasarkan IPCC 2006, ketelitian penghitungan emisi gas rumah kaca dikelompokkan dalam 3 tingkat ketelitian. Dalam kegiatan inventarisasi gas rumah kaca, tingkat ketelitian perhitungan dikenal dengan istilah “Tier”. Tingkat ketelitian perhitungan terkait dengan data dan metoda perhitungan yang digunakan sebagaimana dijelaskan berikut ini:

1. Tier 1: Estimasi berdasarkan data aktivitas dan faktor emisi *default* IPCC. Pada Tier 1, estimasi tingkat emisi GRK menggunakan sebagian besar data aktivitas dan parameter default IPCC 2006.
2. Tier 2: Estimasi berdasarkan data aktivitas yang lebih akurat dan faktor emisi *default* IPCC atau faktor emisi spesifik suatu negara atau suatu pabrik (*country specific/plant specific*). Pada Tier 2, estimasi tingkat emisi GRK menggunakan beberapa parameter *default*, tetapi membutuhkan data aktivitas dan parameter terkait (faktor emisi, karakteristik limbah, dan lain-lain) dengan kualitas yang lebih baik.
3. Tier 3: Estimasi berdasarkan metode spesifik suatu negara dengan data aktivitas yang lebih akurat (pengukuran langsung) dan faktor emisi spesifik suatu negara atau suatu pabrik (*country specific/plant specific*). Pada Tier 3, estimasi tingkat emisi GRK didasarkan pada data aktivitas spesifik suatu negara (lihat Tier 2) dan menggunakan salah satu metoda dengan parameter kunci yang dikembangkan secara nasional atau pengukuran yang diturunkan dari parameter-parameter spesifik suatu negara.

Penentuan Tier dalam inventarisasi GRK sangat ditentukan oleh ketersediaan data dan tingkat kemajuan suatu negara atau pabrik dalam hal penelitian untuk menyusun metodologi atau menentukan faktor emisi yang spesifik dan berlaku bagi negara/pabrik tersebut. Dalam penelitian ini, pengolahan data menggunakan metode default TIER 1 dengan petunjuk perhitungan IPCC.