

BAB II

TINJAUAN PUSTAKA

2.1 Limbah

Definisi secara umum, limbah adalah bahan sisa atau buangan yang dihasilkan dari suatu kegiatan dan proses produksi, baik pada skala rumah tangga, industri, pertambangan, dan sebagainya. Bentuk limbah tersebut dapat berupa gas dan debu, cair atau padat.

Jenis - jenis limbah dari zat pembentuknya adalah:

- a. Limbah organik. Limbah ini dapat terurai secara alami, contoh: sisa organisme (tumbuhan, hewan).
- b. Limbah anorganik. Limbah ini sukar terurai secara alami, contoh: plastik, botol, kaleng, dll.

Jenis - jenis limbah dari bentuk fisiknya adalah:

- a. Limbah padat, yang lebih dikenal sebagai sampah. Bentuk fisiknya padat. Definisi menurut UU No. 18 Tahun 2008, sampah adalah sisa kegiatan sehari-hari dan/atau proses alam yang berbentuk padat. Contoh: sisa – sisa organisme, barang dari plastik, kaleng, botol, dll.
- b. Limbah cair. Bentuk fisiknya cair. Contoh: air buangan rumah tangga, buangan industri, dll.
- c. Limbah gas dan partikel . Bentuk fisik nya gas atau partikel halus (debu) . Contoh: gas buangan kendaraan (dari knalpot), buangan pembakaran industry.

Contoh sederhana dari penghasil limbah dari bentuk fisiknya adalah manusia. Tubuh manusia menghasilkan limbah padat (tinja), limbah cair (kencing) dan limbah gas (karbondioksida atau CO₂). Pembuangan limbah dari manusia pun harus dikelola agar tidak mengganggu kesehatan dan lingkungan hidup mereka. Disamping pembagian berdasarkan zat pembentuk dan bentuk fisiknya, ada yang disebut Limbah Bahan Berbahaya dan Beracun (Limbah B3) , limbah ini dapat berbentuk padat, cair dan gas. Limbah B3 ialah setiap bahan sisa (limbah) suatu kegiatan proses produksi yang mengandung bahan berbahaya dan

beracun (B3) karena mudah meledak, mudah terbakar, bersifat reaktif, beracun, menyebabkan infeksi, bersifat korosif, dan lain – lain yang bila diuji dengan toksikologi dapat diketahui termasuk limbah B3, serta konsentrasi atau jumlahnya yang baik secara langsung maupun tidak langsung dapat merusak, mencemarkan lingkungan, atau membahayakan kesehatan manusia. Contoh: limbah medis (suntikan, botol obat), limbah industri, baterai, accu (aki), oli bekas, dll. (Soenarno, 2011)

2.2 Biomassa

Biomassa merupakan sumber energi terbarukan berasal dari tumbuhan.

Sumber-sumber biomassa adalah sebagai berikut (Kong 2010) :

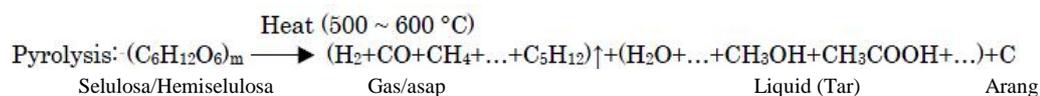
- a. Sisa-sisa hasil pertanian, seperti ampas tebu, batang dan serat jagung.
- b. Sisa-sisa hutan, misalnya serbuk gergaji industri pengolahan kayu.
- c. Sampah perkotaan, misalnya kertas-kertas bekas dan dedaunan kering.
- d. Lumpur sisa *pulp*.
- e. Sumber-sumber masa depan, seperti tanaman energi yang khusus ditanam.
- f. Jenis tanaman lain yang tidak mengandung pati maupun gula yang dipakai untuk memproduksi bioetanol.

2.3 Pirolisis

Pirolisis adalah proses dekomposisi kimia bahan organik melalui proses pemanasan tanpa melibatkan oksigen. Bahan yang biasa digunakan untuk proses pirolisis adalah batubara, limbah manusia dan hewan, sisa makanan, kertas, plastik, dan biomassa. Komposisi kimia bahan tersebut berubah ketika dilakukan pemanasan dalam keadaan tanpa adanya oksigen. Produk yang dihasilkan dari proses pirolisis berupa arang (karbon padat), *tar* dan asap, serta gas permanen yang meliputi metana, hidrogen, karbon monoksida dan karbon dioksida (Yokoyama, Shinya. 2008).

Berikut ini merupakan reaksi pirolisis.

Reaksi Pirolisis :



Semakin tinggi laju pemanasan semakin mempercepat pembentukan produk yang mudah menguap, meningkatkan tekanan, waktu tinggal yang pendek dari produk yang mudah menguap di dalam reaktor, dan hasil produk cair yang lebih tinggi; dinamakan pirolisis cepat atau pirolisis kilat. Dynamotive (Canada) dan BTG (Belanda) telah mengembangkan reaktor untuk pirolisis cepat, yang menunjukkan hasil produk cair yang tinggi, yaitu 60 sampai 80%. Karena tahanan panas dari kayu berkisar antara 0,12-0,42 W/(m K), yaitu sekitar 1/1000 dari tembaga, transfer panas menjadi penting untuk pirolisis cepat, dan diperlukan penghancuran kayu menjadi partikel kecil (Yokoyama, Shinya. 2008).

2.4 Asap Cair

Asap cair merupakan suatu hasil destilasi atau pengembunan dari uap hasil pembakaran tidak langsung maupun langsung dari bahan-bahan yang banyak mengandung karbon serta senyawa-senyawa lain, bahan baku yang banyak digunakan adalah kayu, bongkol kelapa sawit, ampas hasil penggergajian kayu, dll (Amritama, 2007). Sedangkan menurut Darmadji (1996), asap cair merupakan hasil kondensasi dari pirolisis kayu yang mengandung sejumlah besar senyawa yang terbentuk akibat proses pirolisis konstituen kayu seperti selulosa, hemiselulosa dan lignin. Hasil pirolisis dari senyawa selulosa, hemiselulosa dan lignin diantaranya akan menghasilkan asam organik, fenol, karbonil yang merupakan senyawa yang berperan dalam pengawetan bahan makanan.

Senyawa-senyawa tersebut berbeda proporsinya diantaranya tergantung pada jenis, kadar air kayu, dan suhu pirolisis yang digunakan. Asap cair mempunyai berbagai sifat fungsional yaitu yang utama untuk memberi flavor dan warna yang diinginkan pada produk asapan yang diperankan oleh senyawa fenol dan karbonil. Fungsi lainnya adalah untuk pengawetan karena kandungan senyawa fenol dan asam yang berperan sebagai antioksidan dan antimikrobia. Oleh sebab

itu, asap cair banyak digunakan sebagai zat antimikrobia dan antioksidan dalam bidang kehutanan, perkebunan, pangan, maupun bidang lainnya (Pszczola,1995).

Selama pembakaran, komponen utama dari kayu yaitu selulosa, hemiselulosa dan lignin akan mengalami pirolisis menghasilkan bermacam-macam senyawa, yaitu fenol, karbonil, asam, furan, alkohol, lakton, hidrokarbon polisiklis aromatis dan lain sebagainya (Hestirianto,2008). Asap cair yang diperoleh dari pirolisis termasuk grade 3 atau asap cair destilasi. Warnanya coklat pekat, kandungan tar (51,82%) masih tinggi. Grade 3 ini sangat cocok untuk penggumpalan karet, pengawetan kayu dll. Jika digunakan untuk pengawet pada makanan, maka grade3 harus ditingkatkan ke grade 2. Penggunaan lain grade 3 ini antara lain :pada perkebunan karet, dapat digunakan sebagai koagulan lateks dengan sifat fungsional asap cair/sebagai pengganti asam formiat, anti jamur, antibakteri. Industri kayu, pertahanan terhadap rayap, aplikasi pada penggumpalan lateks/karet mentah, aplikasi pada penyamakan kulit.

2.5 Kondensor

Kondensor adalah suatu alat untuk mengkondensasi suatu uap. Kondensor sebagai alat penukar kalor berguna untuk membuang kalor dan mengubah wujud uap menjadi cair.

Faktor-faktor yang mempengaruhi kapasitas kondensor adalah :

- a. Luas muka perpindahan panasnya meliputi diameter pipa kondensor, panjang pipa kondensor dan karakteristik pipa kondensor
- b. Aliran media pendinginnya secara konveksi natural atau aliran paksa
- c. Perbedaan suhu antara uap dengan udara luar
- d. Sifat dan karakteristik uap di dalam sistem

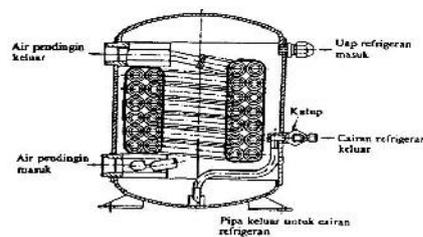
Kondensor ditempatkan di luar ruangan yang sedang didinginkan, agar dapat melepas keluar kepada zat yang mendinginkannya. Tekanan uap yang meninggalkan kondensor harus cukup tinggi untuk mengatasi gesekan pada pipa dan tahanan dari alat ekspansi, sebaliknya jika tekanan di dalam kondensor sangat

rendah dapat menyebabkan uap tidak mampu mengalir melalui alat ekspansi.
(repository.usu.ac.id)

Tipe-tipe *condenser* adalah :

a. *Partially Condenser*

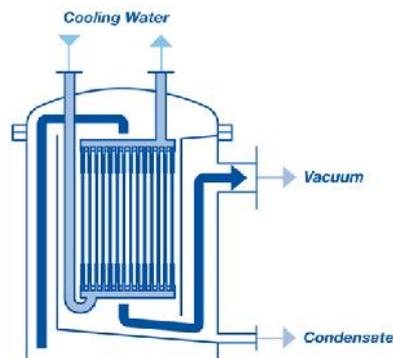
Condenser ini berfungsi hanya mengembunkan sebagian dari total uap yang dihasilkan (kondensat) dipakai sebagai refluks. *Condenser* ini biasanya dipasang dekat puncak kolom fraksinasi.



Gambar 1. *Partially Condenser*

b. *Overhead Condenser*

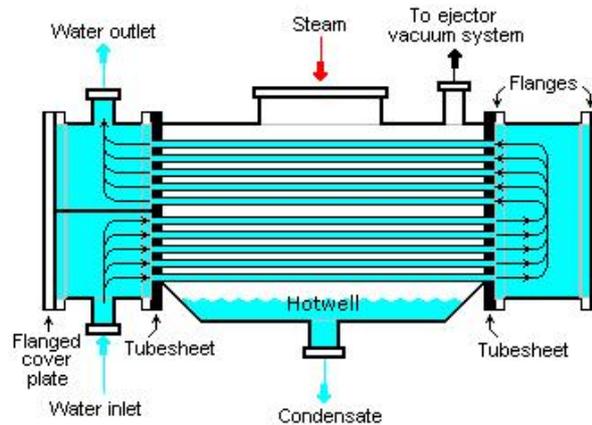
Condenser ini memerankan tiga hal pada saat yang bersamaan yakni mendinginkan uap, mengembunkan uap menjadi cairan, kemudian mendinginkan cairan tersebut.



Gambar 2. *Overhead Condenser*

c. *Surfacre Condenser*

Condenser ini berfungsi untuk mengkondensasi steam, kondensasi ini dijalankan dengan tekanan vakum dari 1 sampai 1,5 inHg absolute. Untuk membuat tekanan vakum digunakan injector.



Gambar 3. Surface Condenser

2.6 Entalpi

Entalpi adalah istilah dalam termodinamika yang menyatakan jumlah energi dari suatu sistem termodinamika. Entalpi terdiri dari energi dalam sistem, termasuk satu dari lima potensial termodinamika dan fungsi keadaan, juga volume dan tekanannya (merupakan besaran ekstensif. Satuan SI dari entalpi adalah joule, namun digunakan juga satuan British thermal unit dan kalori.

Total entalpi (H) tidak bisa diukur langsung. Sama seperti pada mekanika klasik, hanya perubahannya yang dapat dinilai. Entalpi merupakan potensial termodinamika, maka untuk mengukur entalpi suatu sistem, kita harus menentukan titik reference terlebih dahulu, baru kita dapat mengukur perubahan entalpi H . Perubahan H bernilai positif untuk reaksi endoterm dan negatif untuk eksoterm.

Untuk proses dengan tekanan konstan, H sama dengan perubahan energi dalam sistem ditambah kerja yang dilakukan sistem pada lingkungannya. Maka, perubahan entalpi pada kondisi ini adalah panas yang diserap atau dilepas melalui reaksi kimia atau perpindahan panas eksternal.

Entalpi gas ideal, solid, dan liquid tidak tergantung pada tekanan. Benda nyata pada temperatur dan tekanan ruang biasanya kurang lebih mengikuti sifat ini, sehingga dapat menyederhanakan perhitungan entalpi. (Wikipedia.org)

2.7 Entropi

Entropi adalah salah satu besaran termodinamika yang mengukur energi dalam sistem per satuan temperatur yang tak dapat digunakan untuk melakukan usaha. Mungkin manifestasi yang paling umum dari entropi adalah (mengikuti hukum termodinamika), entropi dari sebuah sistem tertutup selalu naik dan pada kondisi transfer panas, energi panas berpindah dari komponen yang bersuhu lebih tinggi ke komponen yang bersuhu lebih rendah. Pada suatu sistem yang panasnya terisolasi, entropi hanya berjalan satu arah (bukan proses reversibel/bolak-balik). Entropi suatu sistem perlu diukur untuk menentukan bahwa energi tidak dapat dipakai untuk melakukan usaha pada proses-proses termodinamika. Proses-proses ini hanya bisa dilakukan oleh energi yang sudah diubah bentuknya, dan ketika energi diubah menjadi kerja/usaha, maka secara teoritis mempunyai efisiensi maksimum tertentu. Selama kerja/usaha tersebut, entropi akan terkumpul pada sistem, yang lalu terdisipasi dalam bentuk panas buangan.

Pada termodinamika klasik, konsep entropi didefinisikan pada hukum kedua termodinamika, yang menyatakan bahwa entropi dari sistem yang terisolasi selalu bertambah atau tetap konstan. Maka, entropi juga dapat menjadi ukuran kecenderungan suatu proses, apakah proses tersebut cenderung akan "terentropikan" atau akan berlangsung ke arah tertentu. Entropi juga menunjukkan bahwa energi panas selalu mengalir secara spontan dari daerah yang suhunya lebih tinggi ke daerah yang suhunya lebih rendah. (Wikipedia.org)

2.8 Persamaan Interpolasi Linier

Menentukan titik-titik antara dari 2 buah titik dengan menggunakan garis lurus. Persamaan garis lurus yang melalui 2 titik (x_1, y_1) dan (x_2, y_2) dapat dituliskan dengan rumus:

$$\frac{y-y_1}{y_2-y_1} = \frac{x-x_1}{x_2-x_1} \dots\dots\dots(1)$$

$$y = y_1 + \frac{x-x_1}{x_2-x_1} (y_2 - y_1) \dots\dots\dots(2)$$

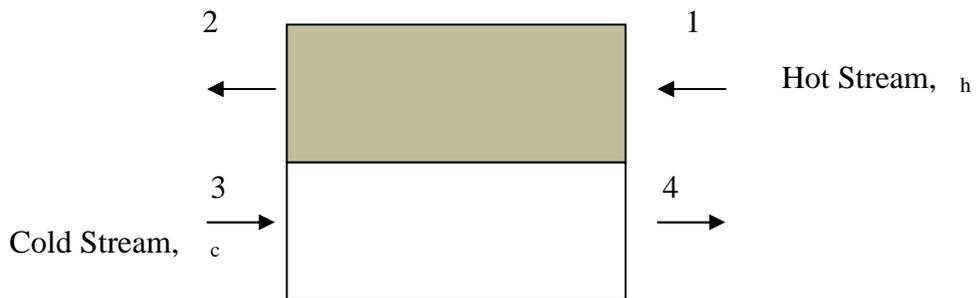
(Sumber : <http://lecturer.eepis-its.edu/~ira/metnum/bab8tm%20%281%29.pdf>)

2.9 Exergi

Exergi sebagai potensi kerja maksimum dalam bentuk materi atau energi ketika berinteraksi dengan lingkungannya. Potensi kerja ini diperoleh melalui proses reversible. Exergi dapat ditransfer diantara sistem dan dapat dihancurkan oleh proses irreversible didalam sistem. Exergi adalah kerja maksimum teoritis yang mampu diperoleh saat sistem tersebut berinteraksi dengan lingkungan dalam mencapai kesetimbangan (Sutini,2011).

Penukar kalor komponen utama dalam sistem dan merupakan komponen yang signifikan dalam kehilangan exergi. Alat penukar kalor tidak efisien dalam nilai exergi karena didesain untuk temperatur minimum atau didesain pada perbedaan temperatur yang maksimal (Kotas TJ,1995).

Berikut ini merupakan rumus-rumus yang digunakan untuk menghitung exergi pada penukar panas :



Gambar 4. Kondenser

Sumber : (E jhon dkk, 1995)

Persamaan exergi sistem terbuka

$$0 = \sum \left(1 - \frac{T_0}{T_j}\right) \dot{Q}_j - \dot{W}_{CV} + (\dot{m}_h e_{f1} + \dot{m}_c e_{f3}) - (\dot{m}_h e_{f2} + \dot{m}_c e_{f4}) - (\dot{E}_d) \dots (3)$$

Untuk sistem terbuka maka

Harga : $\sum \left(1 - \frac{T_0}{T_1}\right) \dot{Q}_1 = 0$

$$\dot{W}_{CV} = 0$$

$$\dot{m}_h (e_{f1} - e_{f2}) = \dot{m}_c (e_{f4} - e_{f3}) + \dot{E}_d \dots (4)$$

$$e_{f1} - e_{f2} = (h_1 - h_2) - T_0 (s_1 - s_2) \dots (5)$$

$$e_{f4} - e_{f3} = (h_4 - h_3) - T_0 (s_4 - s_3) \dots \dots \dots (6)$$

$$\dot{E}_d = \dot{m}_h (e_{f1} - e_{f2}) - \dot{m}_c (e_{f4} - e_{f3}) \dots \dots \dots (7)$$

Dimana :

- \dot{m}_h = laju alir massa steam
- \dot{m}_c = laju alir massa fluida dingin
- $e_{f1} - e_{f2}$ = laju perpindahan exergi dari keadaan 1 ke keadaan 2
- $e_{f4} - e_{f3}$ = laju perpindahan exergi dari keadaan 3 ke keadaan 4
- \dot{E}_d = kehancuran exergi
- h = entalphi
- S = entropi
- T_0 = Temperatur Referensi

(sumber : E Jhon dkk, 1995)

