

BAB II

TINJAUAN PUSTAKA

2.1 Kajian Pustaka

2.1.1 Pengerrian Asap

Asap adalah suspensi partikel kecil di udara (aerosol) yang berasal dari pembakaran tak sempurna dari suatu bahan bakar. Asap umumnya merupakan produk samping yang tak diinginkan dari api (termasuk kompor dan lampu) serta pendingan, tapi dapat juga digunakan untuk pembasmian hama (fumigasi), komunikasi (sinyal asap), pertahanan (layar asap, *smoke-screen*) atau penghirupan tembakau atau obat bius. Asap kadang digunakan sebagai agen pemberi rasa (*flavoring agent*) dan pengawet untuk berbagai bahan makanan. Keracunan asap adalah penyebab utama kematian korban kebakaran di dalam ruangan. Asap ini membunuh dengan kombinasi kerusakan termal, keracunan, dan iritasi paru-paru yang disebabkan oleh karbon monoksida, hidrogen sianida, dan produk pembakaran lainnya.

2.1.2 Parameter Udara Bersih

Udara yang bersih adalah udara yang mengandung banyak manfaat bagi manusia. Udara yang bersih besar dari segala macam sesuatu yang tidak dibutuhkan oleh manusia, baik itu berupa zat-zat atau partikel-partikel padat seperti debu, kotoran, dan lainnya maupun berupa gas-gas yang tidak diperlukan karena sifatnya yang merugikan, seperti karbondioksida, karbonmonoksida, dan gas-gas yang berbahaya lainnya. Udara yang bersih dan sehat ini memiliki ciri khas khusus yang membedakannya dengan udara yang cenderung tidak baik atau cenderung tercemar. Pada kesempatan kali ini kita akan membahas mengenai udara yang bersih dan sehat, yang mana meliputi ciri-ciri udara tersebut.

Udara yang bersih lagi sehat berbeda dengan udara yang biasa kita hirup dalam suasana hiruk pikuk, seperti daerah perkotaan. Udara yang bersih dan sehat ini merupakan udara yang murni, sejuk, dan terasa segar apabila kita hirup dan masuk ke paru-paru kita. Udara bersih merupakan udara yang murni dan belum tercampur dengan berbagai benda asing, baik dalam bentuk padat, cair, maupun

gas, serta zat- zat lain yang bersifat merugikan. Udara yang bersih dan sehat ini tentulah berbeda ciri-cirinya dengan udara yang tercemar atau kotor.

2.1.3 Baku Mutu Kualitas Udara

Tahun 1971 US EPA menetapkan standar pertama untuk materi partikulat dalam *National Ambient Air Quality Standard* (NAAQS) dalam bentuk *Total Suspended Particulate* (TSP). Tahun 1987 standar tersebut diganti dengan PM₁₀ mengingat sifat aerodinamiknya, yaitu sebesar 50 µg/m³ untuk rata-rata tahunan dan sebesar 150 µg/m³ untuk rata-rata 24 jam. Tahun 1997, setelah banyak penelitian mengenai sifat aerodinamik PM_{2,5} yang berkaitan erat dengan angka mortalitas dan morbiditas, maka ditetapkan standar untuk PM_{2,5} adalah sebesar 15 µg/m³ untuk rata-rata tahunan, dan 65 µg/m³ untuk rata-rata 24 jam (Fierro (2000), PPRI No 41 Tahun 1999).

OSHA (*The Occupational Safety and Health Administration*) menetapkan baku mutu yang berlaku di lingkungan kerja. Batas aman untuk total partikulat yang bersifat umum (tidak diidentifikasi khusus) selama 8 jam TWA (*Time Weighed Average*) PEL (*Permissible Exposure Limit*) adalah 15 mg/m³ dan 5 mg/m³ untuk ukuran yang terespirasi. Partikulat dengan ketetapan khusus (terdapat keterangan toksikologis) ditetapkan TWA PEL sebesar 10 mg/m³ untuk total partikulat, dan 5 mg/m³ untuk ukuran terespirasi (OSHA, 1989). Indonesia telah mengatur baku mutu konsentrasi pencemar di udara ambien berdasarkan Peraturan Pemerintah No 41 Tahun 1999

Tabel 2.1 Standar Baku Udara Bersih

No.	Parameter	Waktu Pengukuran	Baku Mutu
1	SO ₂ (Sulfur Dioksida)	1 Jam	900 µg/m ³
		24 Jam	365 µg/m ³
		1 Thn	60 µg/m ³
2	CO (Karbon Monoksida)	1 Jam	30.000 µg/m ³
		24 Jam	10.000 µg/m ³
		1 Thn	-
3	NO ₂ (Nitrogen Dioksida)	1 Jam	400 µg/m ³
		24 Jam	150 µg/m ³
		1 Thn	100 µg/m ³
4	O ₃ (Oksidan)	1 Jam	235 µg/m ³
		1 Thn	50 µg/m ³
5	HC (Hidrokarbon)	3 Jam	160 µg/m ³
6	PM ₁₀ (Partikel < 10 µm) PM _{2,5} ((Partikel < 2,5 µm)	24 Jam	150 µg/m ³
		24 Jam	65 µg/m ³
		1 Thn	15 µg/m ³
7	TSP (Debu)	24 Jam	230 µg/m ³
		1 Thn	90 µg/m ³
8	Pb (Timah Hitam)	24 Jam	2 µg/m ³
		1 Thn	1 µg/m ³
9.	Dustfall (Debu Jatuh)	30 hari	10 Ton/km ² /Bulan (Pemukiman)
			20 Ton/km ² /Bulan (Industri)
10	Total Fluorides (F)	24 Jam	3 µg/m ³
		90 hari	0,5 µg/m ³
11.	Fluor Indeks	30 hari	40 µg/100 cm ² dari kertas limed filter
12.	Khlorine & Khlorine Dioksida	24 Jam	150 µg/m ³
13.	Sulphat Indeks	30 hari	1 mg SO ₃ /100 cm ³ Dari Lead Peroksida

(sumber : digilib.itb.ac.id)

2.2 Landasan Teori

2.2.1 Prinsip Dasar *Wet Scrubber*

Sistem *scrubber* adalah kumpulan berbagai macam alat kendali polusi udara yang dapat digunakan untuk membuang partikel dan/atau gas dari arus gas keluaran industri. Dahulu, *scrubber* berkaitan dengan peralatan kontrol polusi yang menggunakan liquid untuk mencuci polutan yang tidak diinginkan

dari arus gas. Saat ini, istilah *scrubber* juga digunakan untuk menggambarkan sistem yang menyuntikkan atau memasukkan bahan aktif kering atau liquid ke dalam arus gas kotor untuk mencuci gas asam. *Scrubber* adalah salah satu peralatan pokok yang mengontrol emisi gas, terutama gas asam.

Wet scrubber adalah istilah yang digunakan untuk menggambarkan variasi alat yang menggunakan liquid untuk membuang polutan. Pada *wet scrubber*, arus gas kotor dibawa menuju kontak dengan *liquid* pencuci dengan cara menyemprotkan, mengalirkannya atau dengan metode kontak lainnya. Tentu saja desain dari alat kontrol polusi udara (termasuk *wet scrubber*) tergantung pada kondisi proses industri dan sifat alami polutan udara yang bersangkutan.

Karakteristik *exhaust* gas dan sifat debu, jika terdapat partikel, adalah hal yang sangat penting. *Scrubber* dapat didesain untuk mengumpulkan polutan partikel dan /atau gas. *Wet scrubber* membuang partikel dengan cara menangkapnya dalam tetesan atau butiran liquid. Sedangkan untuk polutan gas proses *wet scrubber* adalah dengan melarutkan atau menyerap polutan ke dalam liquid. Adapun butiran liquid yang masih terdapat dalam arus gas pasca pencucian selanjutnya harus dipisahkan dari gas bersih dengan alat lain yang disebut *mist eliminator* atau *entrainment separator*.

Sebagai alat pengendali partikel, *wet scrubber* (disebut juga *wet collector*) dinilai performanya terhadap *fabric filter* dan *electrostatic precipitator* (ESPs). Beberapa keunggulan *wet scrubber* dibandingkan alat-alat tersebut adalah :

- *Wet scrubber* memiliki kemampuan untuk mengatasi temperatur dan kelembapantinggi.
- Pada *wet scrubber*, *flue* gas didinginkan, menghasilkan kebutuhan ukuran peralatan yang lebih kecil secara keseluruhan.
- *Wet scrubber* dapat membuang baik polutan gas maupun partikel padat.
- *Wet scrubber* dapat menetralkan gas yang korosif.

Beberapa kelemahan *wet scrubber* adalah korosi, kebutuhan akan *mist removal* untuk menghasilkan efisiensi tinggi, dan kebutuhan akan *treatment* atau penggunaan kembali *liquid* pencuci. Tabel 2.1 merangkum keunggulan dan kelemahan tersebut. *Wet scrubber* telah digunakan di berbagai macam industri seperti *acid plants*, *fertilizer plants*, *steel mills*, *asphalt plants*, dan

power plants skala besar.

Tabel 2.1 Keunggulan dan kelemahan *wet scrubber* relatif terhadap alat pengendali polusi lainnya

Keunggulan	Kelemahan
<p>Kebutuhan tempat kecil, <i>Scrubber</i> mengurangi temperatur dan <i>volume</i> arus gas produser. Oleh karena itu, ukuran <i>vessel</i> termasuk <i>fan</i> dan <i>duct</i> yang mengarah <i>downstream</i> lebih kecil daripada yang terdapat di alat lain. Ukuran yang lebih kecil menghasilkan biaya pokok yang lebih kecil dan lebih fleksibel dalam penempatan lokasi.</p>	<p>Masalah korosi, air dan polutan terlarut dapat membentuk suatu senyawa asam yang sangat korosif. Konstruksi material yang sesuai sangat penting, dan juga area yang rentan akan keadaan basah- kering dapat menimbulkan korosi.</p>
<p>Tidak ada sumber pengotor kedua, begitu partikel terkumpul, partikel tidak dapat keluar selama proses berjalan.</p>	<p>Kebutuhan power tinggi, efisiensi pembuangan tinggi untuk partikel padat hanya dapat dicapai pada <i>pressure drop</i> yang tinggi, yang berujung pada biaya operasi yang tinggi.</p>
<p>Dapat mengatasi gas dengan temperatur tinggi dan humiditas tinggi. Tidak ada batas temperatur atau masalah kondensasi yang terjadi seperti pada <i>baghouse</i> atau ESPs.</p>	<p>Masalah pembuangan air. Kemungkinan dibutuhkan penetral limbah air bekas pencucian (untuk skala besar) agar tidak mencemari lingkungan.</p>

(sumber : Gerald T. Joseph, *Scrubber system operation review Self-instructional manual*, North Carolina State University)

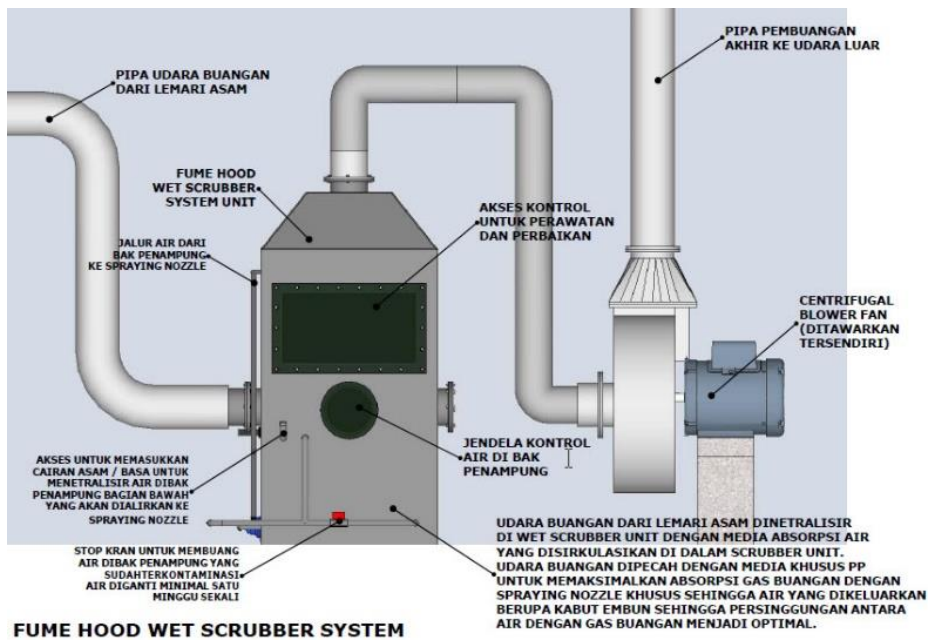
2.2.2 Prinsip Operasi *Wet Scrubber*

Wet scrubber membuang polutan partikel dari arus gas dengan menangkap partikel tersebut dalam tetesan/butiran *liquid* atau lapisan scrubbing *liquid* (biasanya air) lalu memisahkan tetesan air tersebut dari arus gas. Beberapa variabel proses mempengaruhi penangkapan partikel; variabel tersebut adalah ukuran partikel, ukuran *droplet liquid*, dan kecepatan relatif partikel dengan *droplet liquid*, dengan ukuran polutan partikel menjadi parameter yang paling besar. Secara umum, partikel yang lebih besar lebih mudah untuk ditangkap daripada yang lebih kecil. Kunci dari penangkapan partikel yang efektif pada

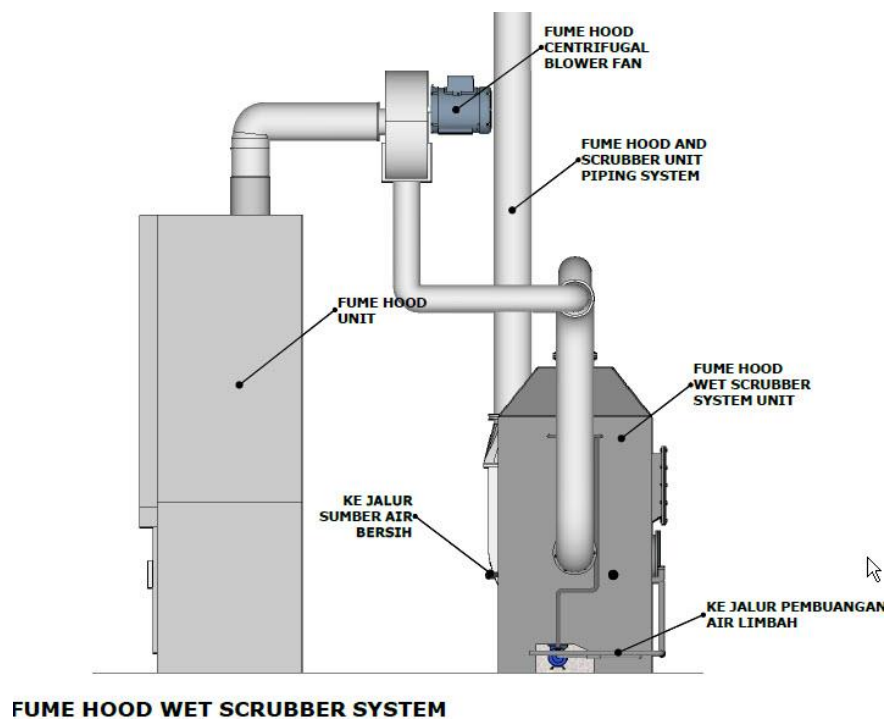
wet scrubber adalah dengan menciptakan kabut atau *droplet* kecil yang bertindak sebagai target pengumpul : biasanya, makin kecil *droplet* dan makin banyak *droplet* yang tercipta, makin baik kemampuan untuk menangkap partikel berukuran kecil.

Penangkapan partikel secara umum meningkat seiring dengan tingginya energi sistem yang digunakan karena energi dibutuhkan untuk memproduksi kabut *droplet* air. Kecepatan relatif yang tinggi antara partikel dan *droplet liquid* (partikel bergerak cepat terhadap *droplet liquid*) juga mendukung pengumpulan partikel.

Untuk pengumpulan atau pembuangan polutan gas, polutan tersebut harus mudah terlarut dalam *liquid* yang dipilih. Sebagai tambahan, sistem harus didesain sedemikian rupa agar dapat menyediakan pencampuran yang baik antara fase gas dan liquid, dan waktu yang cukup (*residence time*) untuk polutan gas dapat larut. Pertimbangan lain yang cukup penting untuk kedua jenis pengumpulan polutan adalah jumlah *liquid* yang digunakan atau diinjeksikan ke dalam *scrubber* per *volume* gas yang dihasilkan (disebut juga sebagai *liquid-to-gas ratio*) dan pembuangan tetesan air yang terbawa dalam gas. *liquid-to-gas ratio* sangat penting untuk menjamin jumlah *liquid* agar cukup untuk pembuangan polutan yang efektif.



Gambar 2.1 Prinsip Operasi Wet scrubber
 (sumber : <https://jualbakteripengurai.files.wordpress.com/2017/09/cara-kerja-wet-scrubber.jpg>)



Gambar 2.2 Prinsip Operasi Wet scrubber
 (sumber : <https://jualbakteripengurai.files.wordpress.com/2017/09/cara-kerja-wet-scrubber.jpg>)

2.2.3 Cara Kerja *Wet Scrubber*

a) *Impingement* (pengontakan)

Suatu campuran gas dengan partikel solid (debu) masuk dengan cepat melalui inlet lalu dikontakkan dengan cairan dengan cara di *spray* sehingga partikel debu akan tersangkut dalam cairan.

b) Difusi (penyebaran)

Partikel-partikel solid tersebut dialiri oleh gas yang kemudian menyebabkan partikel tersebut menyebar berupa tetesan-tetesan.

c) Humidifikasi (melembabkan)

Tetesan-tetesan tersebut lalu diflotasikan (melayang) dengan cara humidifikasi, yaitu mengubah permukaan tetesan-tetesan tersebut menjadi elektrostatis. Lalu memisahkannya berdasarkan ukuran tetes (besar dan kecil) secara mekanik. Cara seperti ini biasanya digunakan untuk debu berkonsentrasi tinggi dan tergantung pada kondisi spesifik debu dan gas-gas lain yang terlibat.

d) Kondensasi (pengembunan)

Apabila tetesan-tetesan itu telah mencapai *dew point* (titik pengembunan), maka akan terjadi peristiwa pengembunan. Proses yang dilakukan secara mekanik. ini akan mengembunkan tetesan lebih efektif dan ukurannya lebih seragam. Mekanisme ini penting untuk gas panas dengan konsentrasi debu yang kecil. Untuk konsentrasi yang lebih besar perlu ditambahkan jumlah proses kondensasi tersebut.

e) *Wetting* (pembasahan)

Proses ini sebenarnya tidak berperan penting dalam *scrubber*. Ini dilakukan agar tidak terjadi naiknya partikel debu setelah menjadi tetesan (proses pembasahan dilakukan agar partikel-partikel debu yang telah menjadi tetesan tidak ikut keluar bersama gas lagi).

f) Partisi Gas (gas pendukung)

Jika pada suatu gas dilewatkan cairan atau busa, gas akan dipecah menjadi elemen-elemen yang kecil dimana jarak antara partikel yang tersuspensi dan cairan yang melingkupinya relatif kecil. Dalam beberapa proses

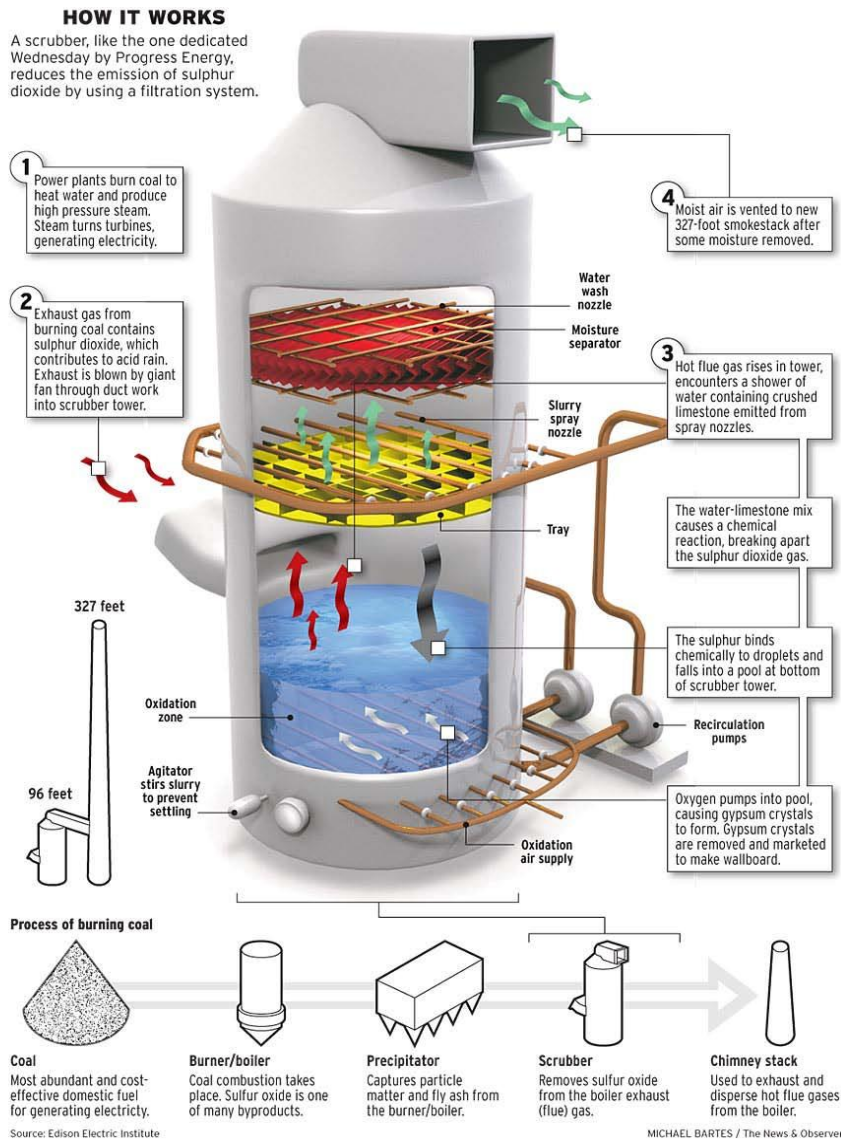
terjadi pemisahan yang diakibatkan oleh gaya gravitasi, dalam hal ini cairan bertindak sebagai awal pemisahan.

g) *Dust Disposal* (pembuangandebu)

Dalam beberapa *scrubber*, cairan tidak dipisahkan oleh gas tetapi mengalir sebagai pengisi diatas permukaan. Terkecuali dari efek Humidifikasi dan *Wetting* adalah untuk membersihkan permukaan dan mencegah debu naik keatas, hasil yang nyata terjadi juga karena melibatkan tindakan mekanik yang spesifik.

h) *Electronic Precipitaion*

Faktor ini juga berperan dalam proses *scrubbing*, namun mekanismenya sulit dipahami dan hanya untuk kondisi yang amat penting serta hanya terjadi dalam beberapa proses.



Gambar 2.4 Cara Kerja *Wet Scrubber*
(sumber : andalucy.blogspot.co.id/2011/06/wet-scrubber.html)

2.2.4 Manfaat *Wet Scrubber*

Beberapa keuntungan dari *scrubber* basah antara lain:

1. *Scrubber* basah mempunyai kemampuan untuk menangani embun dan temperatur
2. Dapat mengurangi polutan udara yaitu penanggulangan emisi debu dan penanggulangan emisi senyawa pencemar yang dihasilkan oleh gas buang suatu industri dalam sekali proses.
3. *Scrubber* dapat menetralkan gas yang bersifat menghancurkan.