

PENGARUH KANDUNGAN SULFUR DI DALAM BAHAN BAKAR TERHADAP EMISI GAS SO₂ DI LINGKUNGAN DAN BERBAGAI PENGARUHNYA

Oleh :
Ir. Djainuddin Semar

SARI

Aplikasi bahan bakar minyak dan batubara pada suatu mesin sebagai bahan bakar, akan dapat mempengaruhi kualitas udara sekitar akibat gas buangnya. Dengan demikian mempengaruhi kehidupan manusia, hewan dan tumbuh-tumbuhan. Faktor utama yang mengakibatkan pencemaran udara adalah gas sulfur dioksida yang mahal biaya untuk menanggulangnya. Adalah suatu keuntungan bagi Indonesia yang memiliki minyak dan batu bara dengan kadar sulfur yang rendah.

Penyediaan peralatan pencegah pencemaran udara oleh gas SO₂ dan pengaturan lokasi industri stasioner, serta memiliki bahan bakar dengan kadar sulfur rendah adalah usaha untuk mencegah & menanggulangi terjadinya pencemaran yang disebabkan oleh gas sulfur dioksida. Keseluruhan masalah tersebut akan dibahas pada tulisan ini.

ABSTRACT

The application of fuel oil and coal for an engine would effect air quality as result of its exhaust gas. Thus it could influence human being, animals, and vegetation. The main factor that causes air pollution is the sulfur dioxide gas and it would be very expensive to solve it. It would be advantageous for Indonesia to choose oil and coal with low sulfur content.

The supply of an equipment to prevent air pollution by the SO₂ gas, and the management of location of stationary industry and owning fuel oil with low sulfur content is an effort to prevent and to solve the pollution caused by the sulfur dioxide gas. All of the problem would be discussed in this article.

I. PENDAHULUAN

Masalah zat pencemar di lingkungan udara memang sangat luas dengan berbagai aspeknya, baik yang menyebabkan timbulnya persoalan maupun usaha-usaha pencegahan, pengendalian dan penanggulangannya.

Dilihat dari aspek penyebab terjadinya pencemaran, maka sumber zat pencemar dibedakan atas sumber bergerak dan sumber titik (stasioner).

Yang dimaksud sumber bergerak adalah sepeda motor, mobil, kapal laut, dan lain-lain. Sedangkan yang termasuk sumber titik adalah pabrik-pabrik, unit pembangkit energi seperti ketel uap, dapur-dapur dan lain sebagainya.

Ditinjau dari jenis bahan bakar yang dipakai, pada umumnya sumber bergerak, kecuali kapal laut dan kereta api, memakai bensin (premium dan super) atau minyak

solar (HSD) sebagai bahan bakarnya. Kadar sulfur di dalam bahan bakar jenis ini relatif rendah bila dibandingkan dengan kadar sulfur di dalam minyak diesel, minyak bakar atau batubara yang dipakai sebagai bahan bakar sumber stasioner (Tabel 2).

Kadar sulfur yang tinggi di dalam bahan bakar, agaknya dapat mempengaruhi pencemaran lingkungan udara, karena gas buangnya mengandung gas SO₂ sebagai hasil oksidasi dari persenyawaan sulfur itu.

Kini makin ramai dibicarakan orang mengenai adanya kerusakan lingkungan di sekitar lokasi industri di Inggris pada akhir tahun 1985 yang disebabkan oleh presipitasi asam. Konon pencemaran asam itu timbul akibat oksidasi dari sulfur oksidasi yang berasal dari cerobong asap suatu industri yang memakai batubara sebagai bahan bakar. Pencemaran asam ini diketahui setelah industri sekitar lokasi itu telah beroperasi

selama 20 tahun yang lalu. Kejadian di Inggris itu membuat kita waspada untuk mengadakan studi pada lokasi industri tertentu (terutama industri migas) sehingga kejadian di Inggris tersebut tidak akan terjadi di Indonesia.

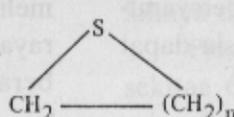
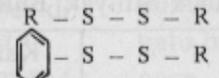
II. JENIS DAN KADAR SULFUR DALAM BAHAN BAKAR

A. Jenis Senyawa Sulfur

Senyawa sulfur yang terdapat di dalam minyak bumi dan produknya adalah sangat komplek sekali dan tidak stabil terhadap pengaruh panas. Senyawa-senyawa sulfur ini akan berubah secara kimia selama proses pengolahan minyak yaitu membentuk senyawa hidrogen sulfida dan senyawa sulfur yang lebih sederhana.

Penelitian yang intensif dan luas dapat mengetahui jenis senyawa sulfur dalam minyak seperti yang terlihat pada Tabel 1.

Tabel 1 Jenis Persenyawaan Sulfur Dalam BEM

| Jenis Senyawa | Rumus Kimia | Terjadinya |
|----------------------|---|------------|
| Hidrogen Sulfida | H ₂ S | ***** |
| Mercaptan : | | |
| . Alifatik | RSH | * ** *** |
| . Aromatik | SH | *** |
| Sulfida : | | |
| . Alifatik | R - S - R | ** *** |
| . Siklik |  | ** *** (?) |
| Disulfida : | | |
| . Alifatik | R - S - S - R | ** |
| . Aromatik |  | *** |
| Poli Sulfida | R - (S) _n - R | ** *** |
| Tiofena & Turunannya |  | *** |

Catatan :

* dalam minyak bumi

** dalam produksi minyak hasil

*** dalam produksi minyak hasil perengkahan.

B. Kadar Sulfur Di Dalam Bahan Bakar

1. Bahan Bakar Minyak

Dari hasil evaluasi minyak bumi Indonesia, ternyata minyak bumi Indonesia mempunyai kadar sulfur yang rendah yakni untuk minyak bumi yang didapat di Sumatera, Jawa, Kalimantan dan laut sekitarnya, kecuali daerah Bula Seram, Lemun berkadar sulfur tinggi yaitu masing-masing 2,57% wt dan 2,40% wt. Sedangkan daerah Irian Jaya berkadar sulfur sedang yaitu untuk daerah Kasim Utara dan Cenderawasih 1,04% berat. Kasim 3 (0,79% berat), Klamono (0,90% berat), Walio (0,68% berat) dan lain-lain.

Kandungan sulfur dengan kadar yang tinggi dalam bahan bakar minyak senantiasa harus dibuang, karena senyawa ini dapat menimbulkan kerugian-kerugian baik dalam proses pengolahan maupun akibat pemakaiannya pada mesin.

Kadar sulfur di dalam produksi minyak hasil yang dipasarkan haruslah sesuai dengan batas-batas minimum dan maksimum dari spesifikasi bahan bakar. Penyimpangan sifat-sifat bahan bakar minyak dari spesifikasi akan mempengaruhi penggunaannya pada suatu motor, antara lain menyebabkan kerusakan mesin dan menurunkan unjuk kerja mesin serta dapat menyebabkan pencemaran lingkungan akibat gas buangnya.

Kadar sulfur di dalam berbagai jenis produksi minyak bumi yang memenuhi persyaratan spesifikasi bahan bakar Indonesia dapat dilihat pada Tabel 2.

Tabel 2 Kadar Sulfur Dalam Produksi Minyak Bumi*)

| Jenis Bahan Bakar Minyak | Kandungan Sulfur (% Berat, Maks) | Metoda Tes ASTM |
|---|----------------------------------|-----------------|
| Bensin Penerbangan (avgas 73 & 100/130) | 0,05 | D 1266 |
| Bahan Bakar Jet | 0,30 | D 1266 |
| Bensin Premium & Super 98 | 0,20 | D 1266 |
| Minyak Solar (High Speed Diesel Oil) | 0,50 | D 1551/1552 |
| Minyak Diesel (IDO dan MDF) | 1,50 | D 1551/1552 |
| Minyak Bakar (Marine Fuel Oil) | 3,50 | D 1551/1552 |

*) Sumber : Peraturan Dirjen Migas No. 002/P/DM/Migas/1979 tentang Spesifikasi Bahan Bakar di Indonesia

2. Batu Bara

Penelitian kadar sulfur pada batu bara Indonesia, ternyata bahwa batu bara Indonesia mempunyai kadar sulfur yang berbeda yakni tergantung dari daerahnya. Batu bara dari Tambang Arang Bukit Asam (TABA) di Sumatera Selatan dan Ombilin kadar sulfur $\pm 0,50\%$, sedangkan batu bara yang didapat dari Kalimantan (mungkin dari daerah Blok 5 Eocene Area) berkadar sulfur berkisar antara 1,00 - 2,83% atau rata-rata 1,67% S.

III. EMISI GAS SULFUR DIOKSIDA

A. Sumber Gas Sulfur Dioksida

Pada umumnya gas SO_2 diemisikan oleh sumber pembangkit energi bergerak (motor bensin dan motor diesel), sumber pembangkit energi stasioner, proses produksi dan lain-lain. Selain mengemisikan gas SO_2 , sumber sumber tersebut juga mengemisikan zat-zat pencemar lain yaitu hidrokarbon tidak terbakar (UNHC), karbon monoksida (CO), karbon dioksida (CO_2), oksida nitrogen (NO_x), oksida sulfur (SO_2 dan SO_3), partikel-partikel padat dan komponen aditif bahan bakar seperti timbal dan atau fosfor.

1. Dari Sektor Transportasi

Motor bensin dan motor diesel pada umumnya dipakai di sektor transportasi yang meliputi sarana kendaraan bermotor di jalan raya, kereta api, kapal laut dan alat-alat berat. Di sektor transportasi umumnya

menggunakan bahan bakar bensin atau minyak solar. SO_2 umumnya diemisikan oleh motor diesel.

2. Dari Sektor Sumber Stasioner

Emisi gas SO_2 di sektor sumber stasioner lebih besar dibandingkan dengan sektor transportasi; hal ini disebabkan karena bahan bakar yang dipakai pada sektor ini mengandung sulfur dengan kadar yang tinggi.

Di sektor unit pembangkit energi listrik sebagian besar menggunakan bahan bakar minyak dengan jenis minyak diesel (IDO), minyak bakar, atau batu bara, panas bumi dan lain-lain.

3. Dari Proses Produksi

Smelter gas mengemisikan gas SO_2 dan H_2S yang diperoleh dari pembakaran batu bara. Industri asam sulfat mengemisikan gas SO_2 melalui proses pemurnian gas SO_2 , dari menara Glover, dari proses oksidasi SO_2 menjadi SO_3 , dari pembakaran fyrit (FeS_2) dan sulfur dari ruang bakar yang membuat gas SO_2 .

Di sektor Industri minyak bumi yang mengolah minyak bumi menjadi produknya, mengemisikan gas SO_2 dari ketel uap, regenerator katalis, operasi pengarangan (*coking*), suar bakar (*flare*), pemanasan (*heaters*), tungku pembakar (*incenerator*), proses pembersihan (*treathers*), buangan asam dan lain-lain.

B. Jumlah Emisi Gas Sulfur Dioksida

Penelitian (5,14) yang mentaksir jumlah emisi gas SO_2 dari berbagai jenis sumber di Amerika Serikat dapat dilihat pada Tabel 3.

Jumlah emisi gas SO_2 tahun 1968 dari berbagai sumber adalah sekitar $33,2 \times 10^6$ ton/tahun. Dengan demikian emisi gas SO_2 tahun 1968 terdiri dari $0,80 \times 10^6$ ton/tahun dari sektor transportasi, $24,40 \times 10^6$ ton/tahun dari sektor sumber stasioner, $7,2 \times 10^6$ ton/tahun dari proses produksi dan $0,70 \times 10^6$ ton/tahun disebabkan oleh pembuangan padat dan lain-lain. Secara keseluruhan hanya 21,68% emisi gas SO_2 disebabkan oleh

pemakaian dan pengolahan minyak di sektor transportasi, sumber stationer dan proses produksi. Bila dibandingkan emisi gas SO_2 tahun 1968, ternyata emisi gas SO_2 tahun 1983 dari berbagai sektor mempunyai kecenderungan naik, kecuali di sektor proses produksi. (Tabel 3).

Tabel 3 Emisi Gas SO_2 Dari Berbagai Sumber

| Jenis Sumber | Emisi Gas Sulfur Dioksida (%) | | |
|-------------------------|-------------------------------|--------|--------|
| | | | |
| Transportasi | | 2,41 | 3,30 |
| Pembakaran (Stasioner): | | | |
| . Batu Bara | 60,54 | | |
| . Minyak | 12,95 | | |
| Sub Total | | 73,49 | 74,70 |
| Proses Produksi : | | | |
| . Smelter | 11,75 | | |
| . Pengolahan Minyak | 6,32 | | |
| . Pemakaian Batu Bara | 1,81 | | |
| . Pabrik Asam Sulfat | 1,81 | | |
| Sub Total | | 21,69 | 16,70 |
| Lain-Lain | | 2,41 | 5,30 |
| Total : | | 100,00 | 100,00 |

Dari statistik di sektor kendaraan bermotor, ternyata bahwa jumlah kendaraan bermotor yang beredar di Indonesia sejak tahun 1978 sampai tahun 1983 naik rata-rata 13,54 % per tahun untuk setiap jenis kendaraan bermotor. Demikian juga di sektor sumber stasioner seperti pembangkit energi listrik dan industri-industri bertambah jumlahnya dari repelita ke repelita.

Pembangkit listrik di Indonesia kini sekitar 68% menggunakan bahan bakar minyak dari jenis minyak diesel (IDO), dan minyak bakar (MFO) dan sisanya memakai batu bara, panas bumi dan lain-lain. Penggunaan bahan bakar di sektor ini akan mengemisikan gas SO_2 , karena kadar sulfur yang dikandung tinggi.

C. Hasil Pemantauan Gas SO_2

Pemantauan untuk mengetahui sudah berapa besar kadar gas SO_2 pada suatu lokasi dengan jarak tertentu terhadap sumber, ditambah dengan data jumlah industri pada lokasi yang dipantau adalah merupakan titik awal dalam upaya untuk mencegah

Tabel 4 Kadar Gas SO₂ Di Beberapa Kota *)

| Nama Kota | Kadar Gas SO ₂ (Maksimum, ppm) |
|---------------|---|
| DKI Jakarta | 0,561 |
| Medan | 0,058 |
| Bandung | 0,671 |
| Semarang | 0,409 |
| Surabaya | 0,035 |
| Palembang | 0,042 |
| Ujung Pandang | 0,078 |

*) Sumber : Mutu Baku Udara
Pembinaan Mutu Lingkungan
ASEM I Kantor MNKLH,
Seminar KLH/Unit DEP,
Mei 1984 di Jakarta.

Tabel 5
Mutu Baku Pencemaran udara Dibeberapa Negara

| Negara | Kadar Gas SO ₂ (ppm) | |
|----------------|---------------------------------|-------------|
| | Primer | Sekunder |
| U.S.A. | 0,03/tahun | 0,02/tahun |
| | 0,14/24 jam | 0,10/24 jam |
| USSR | 0,058/24 jam | |
| Jepang | 0,04/24 jam | |
| Singapore | 0,13/24 jam | |
| DKI, Indonesia | 0,10/24 jam | |

menanggulangi terhadap terjadinya pencemaran lingkungan udara yang disebabkan oleh gas SO₂.

Dari Tabel 4 ternyata kadar gas SO₂ dari tidak terdeteksi sampai kadar maksimum yang didapat, masih jauh di bawah nilai ambang batas yang berlaku di beberapa negara (Tabel 5).

IV. PENGARUH GAS SO₂ TERHADAP LINGKUNGAN

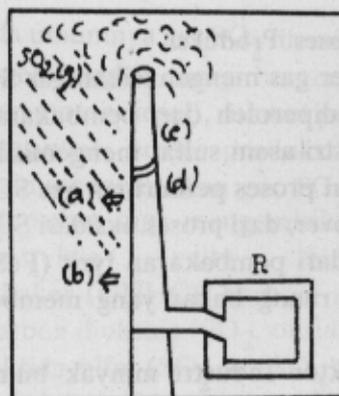
A. SO₂ Menyebabkan Terjadinya Hujan Asam

1. Titik Pengembunan

Gambar 1 menunjukkan bagaimana jenis bahan pencemar udara khususnya SO₂

yang keluar dari cerobong (*Stack Gas*) dari sumber pembangkit energi yang stasioner misalnya ketel-ketel uap, dapur-dapur yang memakai minyak sebagai bahan bakarnya

Pada titik (a) permukaan dinding cerobong didinginkan oleh angin dan air hujan secara alamiah, pada (b) panasnya mulai hilang melalui dinding cerobong itu, pada (c) asam belerang yang mengembun menjadi jenuh dan menangkap partikel-partikel karbon yang berkumpul sampai dilepaskan sebagai jelaga, dan pada (d) adalah titik pengembunan asam.



R : rumah ketel

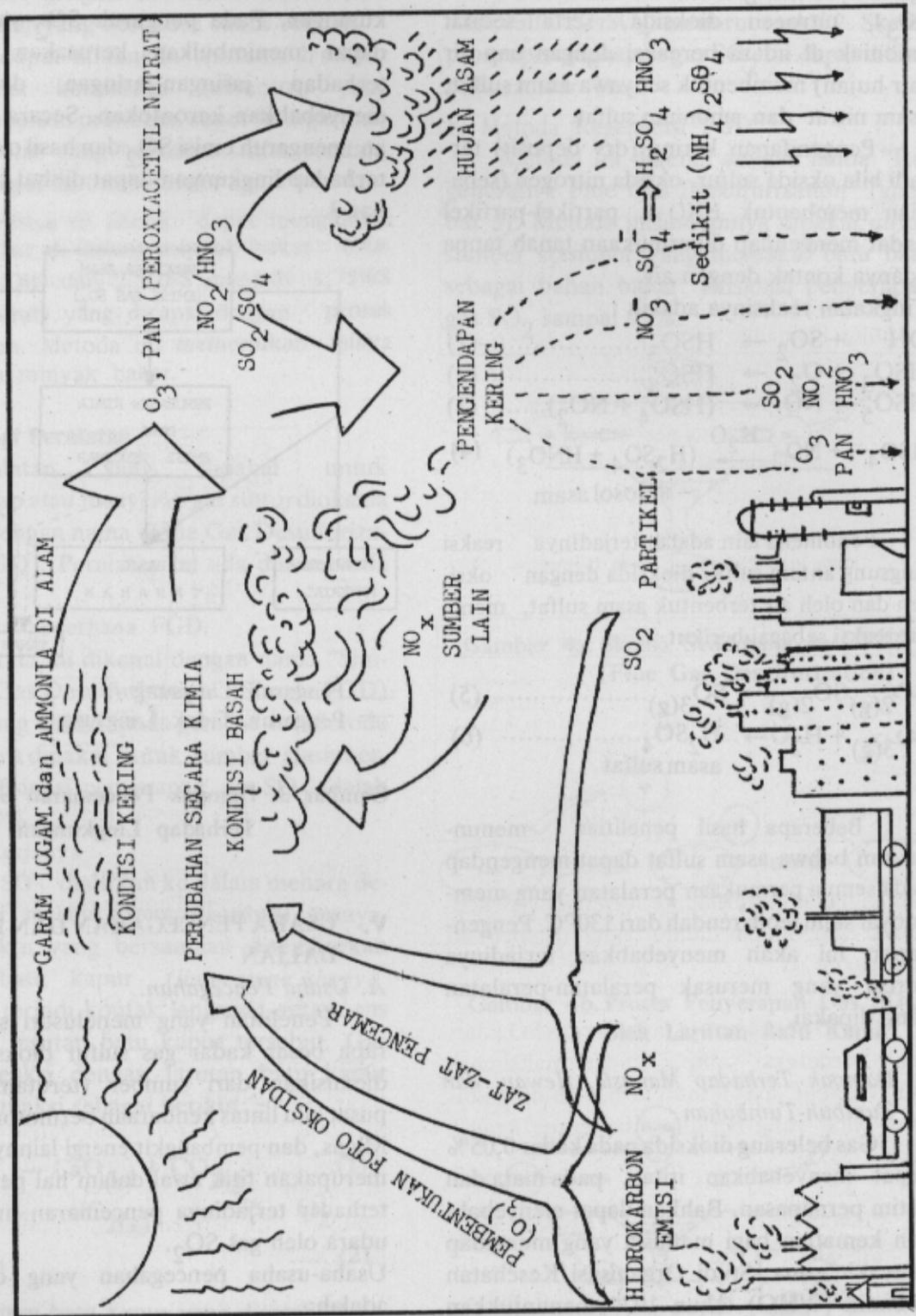
Gambar 1. Cerobong Gas Buang Unit Pembangkit Tenaga

2. Proses Terjadinya Asam

Telah diketahui bahwa selama terjadi pembakaran, senyawa sulfur di dalam bahan bakar dioksidasi menjadi SO₂ dan sebagian menjadi SO₃. Asam sulfat dapat terbentuk apabila temperatur gas buang (*flue gas*) turun di bawah titik embun dari asam. Tinggi rendahnya titik pengembunan asam tergantung pada kadar SO₃.

Reaksi oksida SO₂ (bersama-sama NO_x) diudarkan terjadi pada kondisi kering (*dry*) dan basah (*wet*) oleh radikal bebas hidrosil (OH) dan oleh photolisa ozon serta air hujan. (Gambar 2)

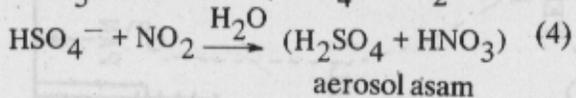
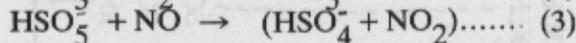
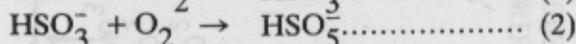
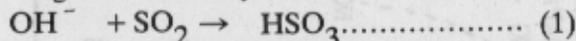
Gambar 2 Proses dan Perubahan Kimia Pencemar Udara dan Presipitasi Asam



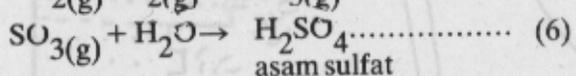
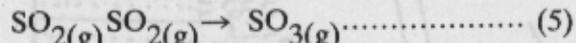
Pengendapan basah (hujan asam) terjadi apabila kabut gas oksida sulfur SO_2 dan SO_3 , nitrogen dioksida, serta sedikit amoniak di udara bereaksi dengan uap air (air hujan) membentuk senyawa asam sulfat, asam nitrat dan amonium sulfat.

Pengendapan kering (dry deposit) terjadi bila oksida sulfur, oksida nitrogen (sebagian membentuk HNO_3), partikel-partikel padat mengendap dipermukaan tanah tanpa adanya kontak dengan air.

Tingkatan reaksinya adalah :



Fenomena lain adalah terjadinya reaksi langsung antara sulfur dioksida dengan oksigen dan oleh air terbentuk asam sulfat, menurut reaksi sebagai berikut :

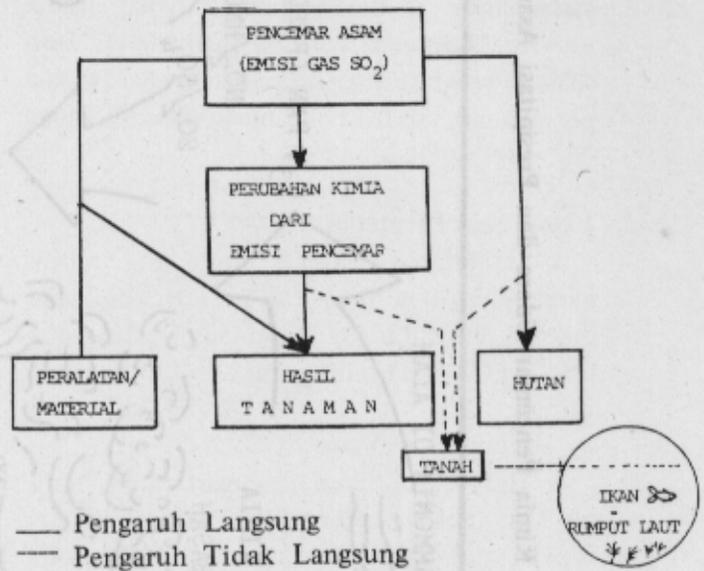


Beberapa hasil penelitian menunjukkan bahwa asam sulfat dapat mengendap pada semua permukaan peralatan yang mempunyai suhu lebih rendah dari $130^\circ C$. Pengendapan ini akan menyebabkan terjadinya korosi yang merusak peralatan-peralatan yang dipakai.

B. Dampak Terhadap Manusia, Hewan dan Tumbuh-Tumbuhan

Gas belerang dioksida pada kadar 0,05% dapat menyebabkan iritasi pada mata dan sistim pernapasan. Bahkan dapat menyebabkan kematian bagi manusia yang mengidap penyakit asma. Studi Organisasi Kesehatan Sedunia (WHO) tahun 1979 menunjukkan bahwa pengaruh hebat bila kadar SO_2 dan partikel $250-500 \mu g/m^3$ selama 24 jam. Demikian juga terhadap tumbuh-tumbuhan dimana SO_2 dapat menimbulkan proses yang

merusak klorofil, yang menyebabkan daun berubah warna dari hijau menjadi kekuning-kuningan. Pada pengaruh SO_2 yang hebat dapat menimbulkan kerusakan langsung terhadap jaringan-jaringan daun dan menyebabkan kerontokan. Secara keseluruhan pengaruh emisi SO_2 dan hasil oksidasinya terhadap lingkungan dapat dilihat pada gambar 3.



Gambar 3. Dampak Pencemaran SO_2 Terhadap Lingkungan

V. USAHA PENCEGAHAN DAN PENGENDALIAN

A. Usaha Pencegahan.

Penelitian yang menelusuri sudah berapa besar kadar gas sulfur dioksida yang diemisikan dari sumber (terutama pusat-pusat lalu lintas kendaraan bermotor, industri Migas, dan pembangkit energi lainnya) adalah merupakan titik awal dalam hal pencegahan terhadap terjadinya pencemaran lingkungan udara oleh gas SO_2 . Usaha-usaha pencegahan yang dilakukan adalah:

1. Dari Segi Bahan Bakar

Metoda yang ditempuh mencegah kemungkinan terjadinya pencemaran lingkung-

an udara yang disebabkan oleh emisi gas SO₂ adalah dengan memilih atau memakai bahan bakar yang berkadar sulfur rendah. Cara ini dapat dilakukan terutama di sektor transportasi kendaraan bermotor, yang memakai bensin premium, super 98 avgas atau minyak solar yang berkadar sulfur rendah, kecuali kapal laut dan kereta api.

Penelitian di Eropa dapat mengurangi kadar sulfur di dalam minyak bakar (Marine Fuel Oil) dari 2,50%S menjadi 1,75%S (dalam berat) yang dicapai dengan proses pengolahan. Metoda ini memerlukan biaya \$4-7/ton minyak bakar.

2 Dari Segi Peralatan

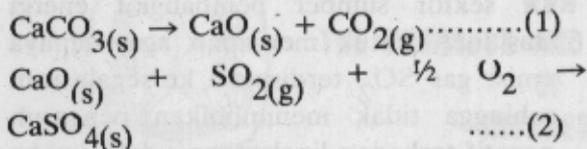
Peralatan yang dipakai untuk menangkap atau menyerap gas sulfur dioksida dikenal dengan nama "Flue Gas Desulfurization" (FGD). Peralatan ini ada dua metoda yaitu:

a. Metoda Sederhana FGD.

Metoda ini dikenal dengan nama "Simple Flue Gas Desulfurization" (Simple FGD) seperti yang terlihat pada gambar 4a. Metoda ini biasanya dipakai untuk sumber stasioner, dengan efisiensi penyerapan gas SO₂ adalah di atas 90%.

Prinsip Kerjanya :

Gas SO₂ dialirkan ke dalam menara desulfurisasi melalui sistem distribusi gasnya. Pada waktu yang bersamaan disemburkan larutan batu kapur (*lime stone slurry*) sehingga terjadi kontak langsung antara gas SO₂ dan larutan batu kapur tersebut. Gas SO₂ bereaksi dengan larutan batu kapur menurut reaksi sebagai berikut:

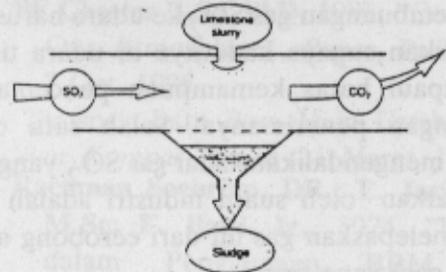


Larutan batu kapur yang disemburkan, karena panas mengurai menjadi kalsium oksida dan gas karbon dioksida (reaksi 1). Kalsium oksida yang terbentuk tersebut akan bereaksi dengan gas sulfur dioksida memben-

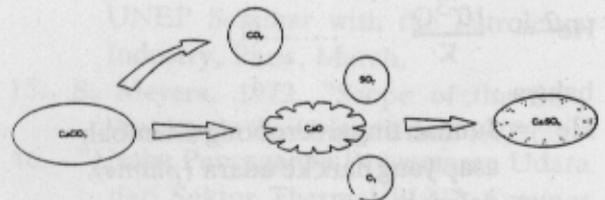
tuk endapan kalsium sulfat (CaSO₃); jika tersedia oksigen akan terbentuk endapan kalsium sulfat (CaSO₄) menurut reaksi 2. Skema proses penangkapan gas SO₂ ini dapat dilihat pada gambar 4b.

b. Metoda Regenerasi FGD.

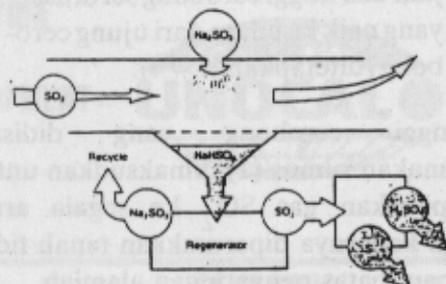
Metoda ini dikenal dengan nama "Regenerative Flue Gas Desulfurization" (gambar 5). Metoda ini umumnya dipakai untuk sumber stasioner yang memakai batu bara sebagai bahan bakar. Efisiensi penyerapan gas SO₂ sampai 95%.



Gambar 4a. Skema Sederhana dari FGD (Flue Gas Desulfurization)



Gambar 4b. Proses Penyerapan Gas SO₂ oleh Larutan Batu Kapur



Gambar 5. Skema Regenerasi Dari FGD

Prinsip Kerjanya :

Metoda Regenerasi FGD pada prinsipnya sama dengan metoda simple FGD, hanya pada metoda Regenerasi FGD memakai larutan sodium sulfit (Na_2SO_3) sebagai penyerap, dan setelah penangkapan gas SO_2 , larutan penyerap diregenerasi kembali. Pada metoda ini akan dihasilkan sulfur dan asam sulfat sebagai hasil regenerasi dan larutan sodium sulfit dapat dipakai kembali sebagai penyerap untuk langkah selanjutnya.

B. Usaha Pengendalian

Pembuangan gas SO_2 ke udara harus dikendalikan supaya kadarnya di udara tidak melampaui batas kemampuan pencemaran lingkungan penerimanya. Salah satu cara untuk mengendalikan kadar gas SO_2 yang dikeluarkan oleh suatu industri adalah dengan melepaskan gas ini dari cerobong asap (stack gas) yang tinggi.

Perhitungan tinggi cerobong suatu industri/unit pembangkit energi stasioner di Indonesia menggunakan rumus yang ditetapkan oleh MNPPLH sebagai berikut :

$$H_e^2 = \frac{10^{-3}Q}{K} \dots\dots(1)$$

bahwa :

H_e = Jumlah tinggi cerobong ditambah asap yang naik ke udara (*plume*), dalam meter.

Q = Kadar SO_x dalam mgr/m^3 gas buang tiap jam

K = Konstanta tinggi cerobong sebagai faktor kadar SO_x dalam mgr/Nm^3 per jam dan tinggi cerobong serta asap yang naik ke udara dari ujung cerobong (ditetapkan $K = 4$).

Tinggi cerobong yang didisain menggunakan rumus (1) dimaksudkan untuk mendispersikan gas SO_2 ke segala arah, sehingga kadarnya dipermukaan tanah tidak melampaui batas penyaringan alamiah.

Disain cerobong kilang minyak Cilacap, menggunakan rumus CONCAWE (Conserva -

tion of Clean Air and Water at Western Europe) dengan tinggi cerobong 60 meter. Penelitian gas SO_2 di sekitar kilang minyak yang dilakukan oleh Lemigas dan Pertamina menunjukkan bahwa kadar SO_2 maksimum $0,03 \text{ mgr/m}^3$ berarti tidak melebihi nilai ambang batas maksimum yang ditetapkan oleh mutu baku pencemaran SO_2 dari beberapa negara (Tabel 4 lampiran 1). Bila data ini disubstitusikan ke rumus 1 akan di dapat harga $K = 14$.

VI. KESIMPULAN

1. Faktor tinggi rendahnya kadar emisi gas buang suatu mesin tergantung dari jenis bahan bakar yang dipakai, keadaan operasi mesin dan disain mesin. Kadar emisi gas sulfur dioksida lebih banyak disebabkan oleh jenis bahan bakar yang dipakai.
2. Kadar sulfur di dalam minyak bumi Indonesia adalah relatif rendah bila dibandingkan dengan kadar S dari minyak bumi Afrika, Venezuela dan Timur Tengah
3. Kadar emisi gas sulfur dioksida yang tersebar dipengaruhi oleh faktor-faktor tinggi cerobong asap, kadar sulfur di dalam bahan bakar, presipitasi dan stabilitasi udara seperti keadaan cuaca, kecepatan angin, dan kelembaban udara.
4. Emisi gas sulfur dioksida yang berasal dari pembakaran bensin premium, super 98, dan minyak solar (HSD) di sektor angkutan kendaraan bermotor, secara keseluruhan belum menimbulkan masalah bagi lingkungan penerimanya.

Di sektor sumber pembangkit energi stasioner, untuk menjamin agar supaya emisi gas SO_2 terdispersi ke segala arah sehingga tidak menimbulkan pengaruh negatif terhadap lingkungan udara, maka penentuan tinggi cerobong asap harus menggunakan rumus yang berdasarkan anjuran MNPPLH, dengan memakai faktor K antara 4 - 14.

DAFTAR PUSTAKA



1. **Atung Kontawa, Ir.**, 1978, "Evaluasi Minyak Bumi untuk Menentukan Minyak Bumi Indonesia yang Potensial Sebagai Bahan Baku Minyak Pelumas", *Proceeding*, Lemigas, Maret.
2. **Byron Lee M.Sc.**, 1984, "Problems and Policies Associated with Acid Rain", Consultant, *Energy World*, August/September.
3. **Djainuddin Semar**, 1986, Ir., "Ether Menaikkan Angka Oktan dari Mogas", *LPL no. 1*.
4. **Edward F. Obert**, 1981, "Internal Combustion Engines and Air Pollution", London.
5. Environmental Resources Limited, *Acid Rain*, A Review of the phenomenon in the EEC and Europe", 1983.
6. **J.FG Ellis and W.C. Hopper**, 1981, "The Effek of Changing Patterns of Petroleum Product Demand in the Emission of Sulfur in Western Europe", *Concawe paper*, ENECE Salzburg.
7. "Kebijaksanaan Ditjen. Migas dalam Pengendalian Pencemaran udara pada Pertambangan Minyak dan Gas Bumi", *Seminar KLH/Unit DEP*, Jakarta, Mei 1984.
8. *Lampiran*, SK MNPLH No. 907/MNPLH/9/1979, 5 September 1979.
9. **Lewis F. Hatch and Sami Matar**, 1977, "Form Hydrocarbon to Petrochemical", Hydrocarbon Processing, Juni.
10. Mainstate Holding Limited (MHL), "F. Generation Bahan Tambahan Bahan Bakar Bermutu Tinggi", *Brosur* 1983.
11. **PF Chester B.Sc. PhD**, 1986, "Coal and Our Atmosphere", *Paper*, Presented 7 Oct. 1985.
12. "Prospek Batu Bara Main Cerah", *Harian Kompas*, Senin 24 Maret 1986.
13. **Rachman Soebroto, DR.; E. Jasjfi, Ir. M.Sc; F. Batti, Ir.**, 1974, "Korosi dalam Penggunaan BBM dan Pelumas", *Loka Karya*, Bandung 25 s/d 28 Maret.
14. **R.C. Mallatt**, 1971, "Refinery Emissions and Effluents Control in the U.S. Petroleum Industry", *paper* by API dor UNEP Seminar with the Petroleum Industry, Paris, March.
15. **S. Meyers**, 1972, "Scope of the SO₂ Problem in the United State", *NDC*.
16. "Usaha Pencegahan Pencemaran Udara dari Sektor Thermal PLN", *Seminar KLH/Unit DEP*, Jakarta, Mei 1984.

**A SYMBOL OF COOPERATION
FOR
THE PROGRESS AND DEVELOPMENT
OF
INDONESIA**



RATU PLAZA Office Tower - 7TH Floor
Jl. Jendral Sudirman, Senayan
JAKARTA
Tel. 737344 (Hunting System)
Telex No. 47335 UNION IA

PASIR RIDGE
P.O.Box 78
BALIKPAPAN
EAST KALIMANTAN