

DEPOSISI ASAM DAN DAMPAKNYA TERHADAP LINGKUNGAN

Dessy Gusnita

Peneliti Bidang Pengkajian Ozon dan Polusi Udara

1 PENDAHULUAN

Atmosfer mempunyai media oksidasi yang sangat potensial. Polutan-polutan asam yang teremis ke atmosfer dapat mengalami reaksi oksidasi, misalnya: SO_2 dan NO , akan teroksidasi menjadi sulfat dan nitrat dalam fasa gas dan fasa cair. Beberapa senyawa asam organik dapat dihasilkan selama terjadinya oksidasi senyawa organik yang diemisikan ke atmosfer. Senyawa asam dalam fasa gas, antara lain HNO_3 , HCl , HCOOH , dan CH_3COOH , sedangkan yang berupa aerosol, adalah sulfat, nitrat, klorida, asam-asam organik dan ada pula yang berupa fasa cair.

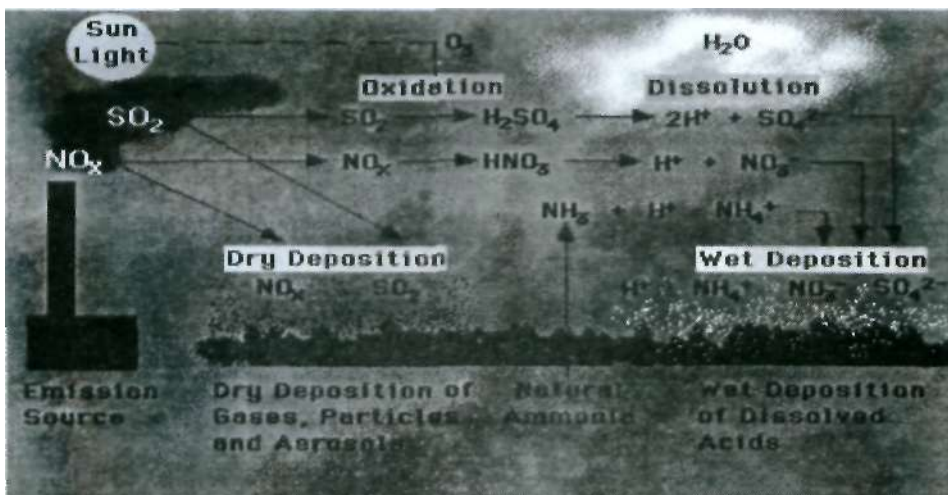
Polutan asam dihilangkan dari atmosfer melalui deposisi basah (wet deposition) dan deposisi kering (dry deposition), keseluruhan proses ini dikenal dengan nama Deposisi asam. Penghilangan polutan asam melalui hujan dikenal dengan istilah Hujan Asam. Dengan kata lain deposisi asam terdiri dari hujan asam, deposisi kering uap asam dan partikel-partikel asam, serta

pembersihan basah (kabut asam, awan intersepsi) (Seinfeld J.H, 1997).

Sumber utama deposisi asam adalah sulfur dioksida (SO_2) dan nitrogen oksida (NO_x) dibebaskan ke atmosfer melalui pembakaran bahan bakar fosil. Oksida-oksida ini ditransformasi menjadi asam sulfat dan asam nitrat melalui serangkaian reaksi kompleks dan dihilangkan dari atmosfer ke permukaan bumi melalui proses deposisi basah (hujan, salju, dan kabut) dan deposisi kering (gas dan aerosol). Hasilnya deposisi asam tersebut mengakibatkan kerusakan lingkungan yang serius terhadap lingkungan perairan dan ekosistem daratan, peninggalan bersejarah dan kerusakan struktur bangunan.

2 PROSES PEMBENTUKAN HUJAN ASAM

Ilustrasi proses pembentukan hujan asam diperlihatkan pada Gambar 2-1.



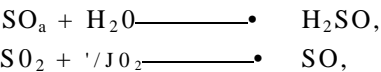
Gambar 2-1 : Proses pembentukan deposisi asam

Deposisi asam umumnya disebabkan oleh polutan sekunder yang dibciunk dari oksidasi gas nitrogen oksida (NO_x) atau sulfur dioksida (SO₂) yang dibebaskan ke atmosfer. Proses perubahan gas menjadi asam terjadi selama beberapa hari, dan selama waktu tersebut polutan dapat berpindah ratusan kilometer dari sumber aslinya.

Sumber terbesar sulfur, terutama berasal dari:

- a. Pembakaran batubara mengandung 2-3 % sulfur dan kemudian sulfur tersebut pada saat dibakar akan teroksidasi menjadi SO₂.
- b. Pelcburaii bijih logam yang mengandung sulfur untuk menghasilkan logam murni. Logam-logam seperti seng, nikel dan tembaga umumnya mengandung sulfur.
- c. Letusan gunung berapi, dapat menambah jumlah sulfur dalam suatu area.
- d. Pcmbusukan balian organik.

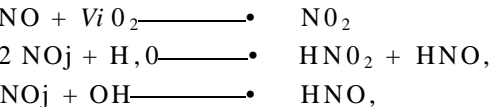
Setelah dibebaskan ke atmosfer, SO₂ dapat terdpositkan di permukaan bumi dalam bentuk dry deposisi atau menjalani reaksi kimia untuk menghasilkan asam dalam bentuk wet deposisi. Reaksi kimia SO₂ adalah sebagai berikut:



Sedangkan 95% sumber Nitrogen oksida di atmosfer berasal dari aktivitas manusia, 5 % sisanya berasal dari proses-proses alami. Sumber utama nitrogen oksida, adalah

- a. Pembakaran bahan bakar minyak, batubara dan gas,
- b. Aktivitas bakteri di dalam tanah,
- c. Kebakaran hutan,
- d. Kegiatan gunung berapi,
- e. Petir.

Pembentukan asam nitrogen sebagai hasil reaksi kimia atmosfer berikut ini:



Kombinasi dari kedua polutan-polutan primer ini cukup menarik perhatian karena keduanya terjadi bersamaan pada beberapa keadaan. Keduanya seringkali dihasilkan secara simultan dari sumber

yang sama, contohnya: selama pembakaran balian bakar minyak yang mengandung sulfur (Harrison R.M, 1997).

Reaksi kimia yang mengarah pada pembentukan hujan asam dimulai dengan adanya energi sinar matahari dalam bentuk foton yang menimbulkan dengan molekul ozon (O₃) untuk membebaskan oksigen bebas dan atom oksigen tunggal yang reaktif. Atom oksigen ini bereaksi dengan molekul air untuk menghasilkan muatan listrik negatif berupa radikal hidroksil (OH⁻). Selanjutnya radikal hidroksil tersebut berperan dalam mengoksidasi sulfur dioksida dan nitrogen dioksida untuk menghasilkan asam sulfat dan asam nitrat. Selanjutnya asam nitrat dapat memicu reaksi selanjutnya dengan membebaskan radikal hidroksil yang untuk meningkatkan jumlah asam sulfat.

Asam-asam tersebut biasanya mencapai tanah dalam bentuk titik-titik air di awan sebagai hujan. Walaupun demikian asam sulfat dapat terkondensasi untuk membentuk titik-titik air mikroskopik yang memberikan simbaingan terhadap kabut asam. Beberapa partikel akan tertinggal di tanah atau vegetasi yang dapat menyerap gas SO₂ secara langsung dari atmosfer. Proses yang terakhir ini telah dirangkai sebagai dry deposisi.

Dampak polusi yang disebabkan oleh aktivitas manusia, khususnya pembakaran batubara, telah diakui selama berabad-abad, meskipun keterkaitannya dengan hujan asam belum diketahui hingga abad ke-19. Di Inggris masa pemerintahan raja Edward I, penggunaan batubara di tepi pantai sangat dilarang dan bahkan diancam hukuman mati. Sebagian besar polutan di atmosfer berkaitan dengan proses industri, contohnya asap dari pabrik, SO₃ dan NO_x dari pembangkit tenaga, serbuk sari dari aktivitas tanaman, debu dari konstruksi bangunan dan ashes dari material insulator. Dari campuran tersebut yang berasal dari pabrik dan stasiun pembangkit memiliki jaringan dengan hujan asam. Diperkirakan di dunia sebanyak 120 metrik ton SO₂ diemisikan setiap tahun sebagai hasil pembakaran minyak dan batubara.

Deposisi asam dapat mempengaruhi stabilitas lingkungan baik lingkungan manusia

tnaupun terhadap lingkungan alam. Banyak dampak yang ditimbiilkaii oleh peristiwa deposisi asam yang tentunya merugikan bagi kesetimbangan lingkungan alam dan kchidupan manusia.

3 DAMPAK DEPOSISI ASAM TERHADAP LINGKUNGAN KEHIDUPAN MANUSIA

Deposisi asam mcmliki bermacam-macam dampak terhadap manusia, antara lain scbagai bcrikut:

1. Pengasaman permukaan air (laut, sungai, dll) dan serangkaian kemsakan ckosistem perairan.
2. Kerusakan hutan dan tanaman.
3. Kerusakan kerangka bangunan.
4. Gangguan kesehatan manusia

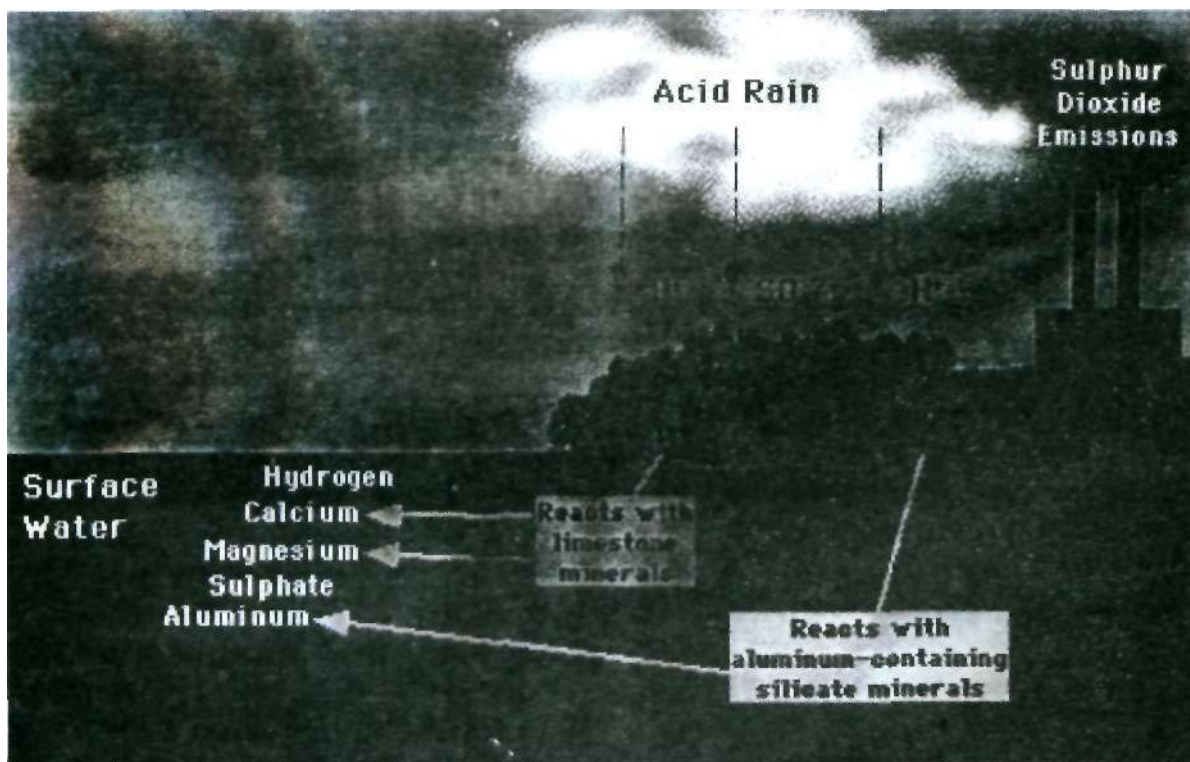
(<http://royal.okanagan.bc.ca/mpidwirn/atmosphcandclimate/formaciddep.html>.)

3.1 Pengasaman lautan

Lautan menjadi asam pada saat kchilangan kebiasaannya (Roth, et al., 1985). Total kebiasaan atau kapasitas pncutralan asam adalah sumber basa dalam larutan. Kapasitas pncutralan asam dari suatu larutan buffer bcrlawan dalam perubahan pH. Dalam air bersih yang alami, sebagian besar dari kapasitas pncutralan asam terdiri dari ion bikarbonat, HCO_3^- . Tingkat kebiasaaji karbonat didefinisikan sebagai bcrikut:

$$\text{Kebasaan} = [\text{HCO}_3^-] + 2[\text{CO}_3^{2-}] + [\text{OH}^-] - [\text{H}^*]$$

Jika asam kuat sepcrti asam sulfat memasuki air yang mengandung bikarbonat, penambahan keasaman dapat dinetralkan dengan cara bereaksi dengan bikarbonat. Dengan istilah lain, penambahan keasaman dapat discimbangkan dengan suatu persamaan kesctimbangan, yang mcngarali ke pembentukan $\text{CO}_2 \cdot \text{H}_2\text{O}$.



Gambar 3-1 : Proses pengasaman air laut

Jika pemasukan ion hidrogen dilanjutkan, penambalian ion-ion buffer biasanya habis dan pH lim. in menjadi menurun. Lapisan permukaan air bervariasi kemampuannya untuk menetralkan keasaman, beberapa di antaranya lebih mudah terpengaruh dihandingkan yaiig lainnya. Tanah di sekitar permukaan air juga iiiembanui mempertahankan pH air. Tanali mengambil ion-ion hidrogen dari deposisi asam oleh penukar kation dengan Ca, Mg, Na, atau K. Pengasaman permukaan air dapat dicegah jika pemasukan kation hasa cukup dan jika kontak presipitasi tanah cukup lama sebelum dialirkan ke permukaan air. Dampak pengasaman lingkungan perairanii tcrsctbur dapat menunuikan pH air laut schingga mengakibatkan ribuan ikan mad. Hal ini pernah terjadi di Kanada tahun 1971. Berdasarkan penelitian diketahui bahwa kematian ik. ui tcrsctbur disebabkau tingginya kadar logam-logam bcrat bcracun Aluminium, air raksa dan Cadmium.

Di lintang menengah fenomena pengasaman sistem perairan dikenal dengan sebutan "acid shock". Selama musim dingin deposisi asam dapat tertimbun di salju. Seiriiiig datangnya musim semi .saljupun mclclch dengan cepat dan dilepaskan dengan periode waktu yang pendek di mana konsentrasi asamnya 5 - 10 kali lebih tinggi dari pada air hujan. Sebagian besar ikan dewasa dapat bertalian terhadap "acid shock* ini. Namun telur ikan dan anak ikan yang sangat kecil yang berknibang pada musim semi tcrsctbur secara ckstrim sangat terpengaruli terhadap pembahan keasaman tcrsctbur. Tentu saja ha) ini mengakibatkan hancurnya ekologi dan sumber ikan icnitama di lintang menengah.

3.2 Kerusakan Hutan dan Tanaman

Deposisi asam yang disebabkan presipitasi asam dan keasaman gas-gas dapat mengakibatkan keasaman tanah, ketidakseimbangan nutrisi, yang langsung merusak batang tanaman, dan dapat mengakibatkan terjadinya kerusakan hutan. Namun proses kerusakan hutan ini relatif lambat dan cukup lama sehiiiigga dibimihkati pemantauan prases kerusakan tcrsctbur.

lianyak pengaruh hujan asam terhadap lingkungan yang difokuskan pada respon tanaman, khususnya hutan cemara yang ada di Skandinavia dan Eropah sclatan, yaim presipitasi hujan asam pada daun dan jK-rmukaan biomass. Diperkirakan 65% hutan di Inggris dan lebih dari 50% hutan di Jerman bar/at, lielanda dan Swiss Vang mati akibat hujan asam tcrsctbur. Walau demikian, karena adanya penelitian Chadwick dan Kuylcsticrna (1990), fokus pcneUtian telah berubah dari analisis langsung hubungan antara hujan asam dan kematian hutan yang mengarah pada ipcngaruh perubahan kimia tanah dan air tanali yang diliasilkan dari tingkat keasaman air tanah. Diperkirakan 20.000 lautan di Swedia telah terasamkan mclalui perubahan kimia air tanali, termasuk 20 % mahluk biologi yang ada di dalamnya (Royal Okanagan/acid. depend. climate).

3.3 Kerusakan Material dan Struktur Bangunan

Terjadinya korosi pada dinding bangunan di perkotaan merupakan salah satu dampak yang ditimbulkan oleh hujan asam. Katedral St. Paul di London yang dibangun dari semen kapur diperkirakan mengalami pengikisan scctbal 15 mm dari konstruksinya. (Sharpc ct al, 1982*. Reaksi antara asam sulfat dan batu kapur diliasilkan pada rangka beton yang tccakumulasi di bawah cucuran atap. Di Amerika umumnya industri automobil menggunakan cat yang tahan terhadap asam dengan biaya sebesar 61 juta US untuk produksi kendaraan baru.

3.4 Dampak Terhadap Kesehatan

Dampak lainnya yang diakibatkan oleh deposisi asam terhadap kesehatan, antara lain: dapat mengakibatkan peristiwa kanker paru-paru, bronkhitis, emphysema, dan asma sebagai tanda tcrhisapnya partikel-partikel ukuran kecil yang bcrasal dari sulliir atau polutan lainnya, khususnya partikel ukuran 10 s yang bcrasal dari emisi kendaraan. Sclaiu itu penyakit jantung, paru-paru saat ini merupakan penyebab utama sakit dan kcllumpuhan di Inggris. Fatalnya lagi kanker paru-

paru ili Amerika meningkat dari 18.000 menjadi 153.000 penderita selama tahun 1950 - 1994 (Lee and Maiming, 1995). Pengaruh deposisi asam terhadap manusia dapat dibagi menjadi tiga kategori utama. Deposisi asam dapat memengaruhi kesehatan manusia melalui metode sebagai berikut.

- a. Logam-logam beracun, seperti air raksa dan aluminium dapat dibebaskan ke lingkungan melalui pengasaman tanah. Logam beracun tersebut kemudian terakumulasi di dalam air mium, tumbuhan, dan ikan yang kemudian dikonsumsi oleh manusia. Jika dikonsumsi dalam jumlah besar, logam-logam beracun ini akan mempengaruhi kesehatan manusia. Salah satu akibat yang ditimbulkan oleh logam aluminium adalah "penyakit Alzheimer" (penyakit pikun).
- h. Peningkatan konsentrasi sulfur dioksida dan nitrogen oksida meningkatkan jumlah penderita pernafasan.
- c. Penelitian terhadap sekelompok anak kecil yang menerima polutan asam dalam jumlah besar meningkatkan frekuensi penyakit batuk, alergi dan asma.

4. PENANGGULANGAN DAMPAK DEPOSISI ASAM

Langkah-langkah yang dapat dilakukan untuk mengatasi masalah deposisi asam khususnya yang berkaitan dengan perairan/tutupan yang telah terasamkan, yaitu peningkatan pH dapat dilakukan dengan teknik *Liming* (pengapuran). Proses ini terdiri dari penambahan sejumlah besar kapur atau soda ash (soda abu) ke dalam air laut dengan tujuan untuk meningkatkan kebasahan dan pH perairan. Ada beberapa wilayah yang telah berhasil menorekan proses ini. Di Inggris Barat dengan teknik tersebut dapat dilakukan peningkatan pH air laut dari 5,5 menjadi 7,0 sehingga ikan air tawar dapat bertahan hidup di sana. Namun demikian proses *liming* (pengapuran) ini tidak selalu bisa dilakukan karena luasnya lautan/perairan yang harus diberi kapur dan tentu saja secara ekonomi tidak memungkinkan, atau perairan tersebut memiliki kecepatan reaksi yang tinggi sehingga dapat dengan cepat menjadi asam

Deposisi Asam dan dampaknya ,, (Dessy Gusnia) kembali setelah proses, pengapuran. Nulasi yang terbaik bagi seluruh permasalahan deposisi asam adalah dengan mengurangi emisi polutan yang berasal dari sumbernya atau dengan cara lain mengurangi polutan langsung dari sumbernya.

Sedangkan dukungan masyarakat dapat dilakukan antara lain:

- a. Dengan melakukan penghijauan di lingkungan rumah, minimal satu kepala keluarga menanam satu jenis tanaman yang berfungsi mengurangi kadar polutan di atmosfer. Dengan demikian hal tersebut dapat mengurangi terjadinya deposisi asam yang berdampak terhadap hidup manusia.
- b. Mengurangi penggunaan bahan bakar bensin yang merupakan sumber utama NO, dan SO₂ serta menggunakan bahan bakar yang ramah lingkungan atau bahan bakar gas.
- e. Mengurangi penggunaan kendaraan pribadi dan menyebarkan angkutan umum sebagai alat transportasi di setiap wilayah, misalnya kereta api listrik.
- d. Menyebarkan gerakan hemat energi kepada seluruh masyarakat untuk mengurangi polutan yang berasal dari rumah tangga.
- e. Sedangkan peranan pemerintah sebagai pemegang kebijakan, adalah dengan mengeluarkan aturan yang ketat terhadap pencemar lingkungan serta memberikan motivasi kepada masyarakat untuk senantiasa menjaga kelestarian lingkungan.
- f. Langkah aktif yang dapat dilakukan pemerintah, adalah dengan mendukung program penghijauan dan mengeluarkan penjualan bahan bakar tanpa timbal (Pb) yang dapat mengurangi kadar nitrogen oksida dan sulfur di udara.

Namun permasalahan lingkungan ini tentunya harus didukung kesadaran dari semua pihak karena pemeliharaan lingkungan merupakan suatu investasi masa depan yang sangat berharga bagi kelanjutan generasi mendatang.

5 PENUTUP

Deposisi asam yang terdiri dari *dry deposition* (deposisi kering) dan *wet deposition*

(deposisi basah) merupakan polutan asam di atmosfer. Kontribusi utama penyebab deposisi asam berasal dari transportasi dan industri. Masalah deposisi asam merupakan permasalahan lingkungan yang membutuhkan perhatian serius dari pemerintah mengingat dampak yang diakibatkan oleh deposisi tersebut cukup luas sehingga mempengaruhi kehidupan manusia dan alam lingkungan sekitarnya. Dampak deposisi asam terhadap lingkungan dan manusia antara lain pengasaman lautan, kerusakan bangunan karena korosi yang diakibatkan oleh asam, menimbulkan berbagai penyakit khususnya penyakit kanker paru-paru, asma, batuk, alergi dan sebagainya. Langkah-langkah pencegahan dapat dilakukan secara aktif maupun pasif, antara lain untuk pencegahan keasaman air laut dapat dilakukan liming (pengapuran), namun langkah yang paling efektif untuk menanggulangi dampak yang ditimbulkan oleh deposisi asam adalah dengan mengurangi polutan asam langsung dari sumbernya. Namun permasalahan lingkungan ini tentunya harus didukung keseriusan dari semua pihak karena pemeliharaan lingkungan merupakan suatu investasi masa depan yang sangat berharga bagi kelanjutan generasi mendatang.

Tanpa adanya kerja sama pemerintah dan masyarakat program mitigasi deposisi asam untuk mengurangi dampaknya terhadap lingkungan tidak akan pernah terwujud.

DAFTAR RUJUKAN

Acid Deposition Monitoring Network in East Asia (EANET), Implementation of Preparatory-Phase Activities

http://royal.okeanogantara.be.ea/mpid/wirn/atmosphericandclimate/for_mac/index.html

John H., Seinfeld and Pandis S N, 1998, *Atmospheric Chemistry*, John Wiley & sons, Inc. New York.

Roy M. Harrison, 1997, *Pollution: Causes, Effects and Control*, 3rd, The Royal Society of Chemistry, 1997.