

No. Dok: 5581

Copy: 1

D
363.7
1104
A.

LAPORAN TUGAS AKHIR PENELITIAN

ANALISIS TINGKAT PENCEMARAN UDARA DENGAN
PENGUKURAN DEPOSISI ASAM MENGGUNAKAN
METODE *FOUR STAGE FILTER PACK*
(Maret-Agustus 2016)

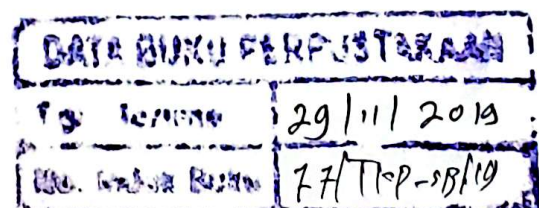
Diajukan sebagai salah satu syarat penyelesaian akademik
Program Studi Teknik Kimia Polimer pada Politeknik STMI Jakarta



OLEH:

ANDRA NOVRIZAL 1512019

PROGRAM STUDI TEKNIK KIMIA POLIMER
POLITEKNIK STMI JAKARTA
KEMENTERIAN PERINDUSTRIAN REPUBLIK INDONESIA
2017



**POLITEKNIK STMI JAKARTA
KEMENTERIAN PERINDUSTRIAN REPUBLIK INDONESIA**

LEMBAR PENGESAHAN TIM PENGUJI SEMINAR

JUDUL PENELITIAN

ANALISIS TINGKAT PENCEMARAN UDARA DENGAN PENGUKURAN
DEPOSISI ASAM MENGGUNAKAN METODE *FOUR STAGE FILTER PACK*
DISUSUN OLEH :

NAMA : ANDRA NOVRIZAL

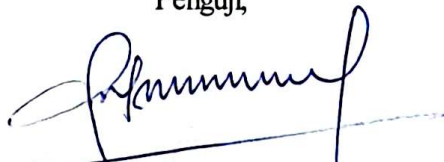
NIM : 1512019

PROGRAM STUDI : TEKNIK KIMIA POLIMER

Telah diuji oleh Tim Penguji Seminar Tugas Akhir Program Studi Teknik Kimia
Polimer pada Politeknik STMI Jakarta pada tanggal 14 November 2017.

Jakarta,..... 2017

Penguji,



Ir. Parulian Leonard M, MM.
NIP. 195702141985031002

Penguji,



Ir. Rochmi Widjajanti, M. Eng
NIP. 198210012014022001

Penguji,



Sakri Widhianto, S.Teks, MM.
NIP. 195303171978031001

**POLITEKNIK STMI JAKARTA
KEMENTERIAN PERINDUSTRIAN REPUBLIK INDONESIA**

LEMBAR PENGESAHAN TIM PENGUJI SEMINAR

JUDUL PENELITIAN

ANALISIS TINGKAT PENCEMARAN UDARA DENGAN PENGUKURAN
DEPOSISI ASAM MENGGUNAKAN METODE *FOUR STAGE FILTER PACK*
DISUSUN OLEH :

NAMA : ANDRA NOVRIZAL

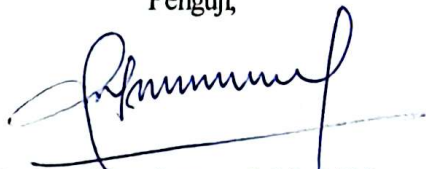
NIM : 1512019

PROGRAM STUDI : TEKNIK KIMIA POLIMER

Telah diuji oleh Tim Penguji Seminar Tugas Akhir Program Studi Teknik Kimia
Polimer pada Politeknik STMI Jakarta pada tanggal 14 November 2017.

Jakarta,..... 2017

Penguji,



Ir. Parulian Leonard M, MM.
NIP. 195702141985031002

Penguji,



Ir. Rochmi Widjajanti, M. Eng
NIP. 198210012014022001

Penguji,



Sakri Widhianto, S.Teks, MM.
NIP. 195303171978031001

POLITEKNIK STMI JAKARTA
KEMENTERIAN PERINDUSTRIAN R.I
LEMBAR PENGESAHAN DOSEN PEMBIMBING

JUDUL PENELITIAN:

ANALISIS TINGKAT PENCEMARAN UDARA DENGAN PENGUKURAN
DEPOSISI ASAM MENGGUNAKAN METODE *FOURE STAG FILTER PACK*

DISUSUN OLEH :

NAMA : ANDRA NOVRIZAL

NIM : 1512019

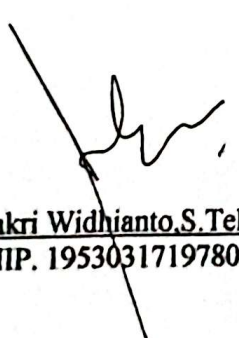
PROGRAM STUDI : TEKNIK KIMIA POLIMER

Telah diperiksa dan disetujui sebagai salah satu syarat penyelesaian akademik
Program Studi Teknik Kimia Polimer pada Politeknik STMI Jakarta.

Jakarta, 10 November 2017

Dosen Pembimbing

Ketua Program Studi Teknik
Kimia Polimer



Sakri Widhianto, S.Teks, MM
NIP. 195303171978031001



Ir. Roosmariharso, MBA
NIP. 195405231980031004



LEMBAR BIMBINGAN PENYUSUNAN TUGAS AKHIR PENELITIAN

Nama : ANDRA NOURIZAL
 NIM : 1512019
 Judul TA Penelitian : ANALISIS TINGKAT PENLEMBARAN UDARA DENGAN PENGEUPAN
 DELOSI ASAM MENGGUNAKAN METODE FOUR STAG FILTER PACK.
 Pembimbing : SAPRI WIDHIANTO, S.TES, MM

Tanggal	BAB	Keterangan	Paraf
10-09-2017	I	Bimbingan BAB I	
17-05-2017	II	REVISI BAB I DAN BIMBINGAN BAB II	
11-07-2017	III	REVISI BAB II DAN BIMBINGAN BAB III	
19-07-2017	IV	REVISI BAB III DAN BIMBINGAN BAB IV	
08-08-2017	V	REVISI BAB IV DAN BIMBINGAN BAB V	
22-08-2017	VI	REVISI BAB V DAN BIMBINGAN BAB VI	
11-09-2017	VI	REVISI BAB VI	
13-09-2017	VI	REVISI LAMPIRAN	
17-05-2017	VI	REVISI DAFTAR ISI	
3-10-2017	VI	REVISI KEMPUKAN DAN SARAN	
24-10-2017	VI	BIMBINGAN KEBUTUHAN	

Mengetahui,
Ka Prodi Teknik Kimia Polimer

Ir. Roosmariharso, MBA
NIP. 195405231980031004

Pembimbing,

SAPRI WIDHIANTO, S.TES, MM
NIP. 195303171970031001

LEMBAR PERNYATAAN KEASLIAN

Saya Mahasiswa Politeknik STMI Jakarta Kementerian Perindustrian Republik Indonesia:

Nama : Andra Novrizal

NIM : 1512019

Program Studi : Teknik Kimia Polimer

Dengan ini menyatakan bahwa hasil karya Tugas Akhir Penelitian yang saya buat dengan judul “Analisis Tingkat Pencemaran Udara dengan Pengukuran deposisi asam menggunakan metode *Four Stage Filter Pack*”, maka:

- dibuat dan diselesaikan sendiri dengan menggunakan literatur hasil kuliah, survei lapangan, bimbingan dengan dosen pembimbing dan pembimbing penelitian, melalui tanya jawab maupun asistensi serta buku-buku jurnal acuan yang tertera dalam referensi pada karya tulis Tugas Akhir Penelitian ini.
- bukan merupakan duplikasi yang sudah dipublikasikan atau yang pernah dipakai untuk mendapatkan gelar sarjana di Universitas/Perguruan Tinggi lain, kecuali pada bagian-bagian tertentu yang digunakan sebagai referensi pendukung untuk melengkapi informasi dan sumber informasi dengan dicantumkan melalui referensi yang semestinya.
- bukan merupakan karya tulis terjemahan dari kumpulan buku atau jurnal acuan yang tertera dalam referensi pada karya Tugas Akhir Penelitian ini.

Jika terbukti saya tidak memenuhi apa yang telah dinyatakan seperti yang tertulis di atas, maka karya tulis Tugas Akhir Penelitian saya ini dibatalkan.

Jakarta, 10 November 2017

Penyusun
METRAI
TEMPEL
780AEF689679110
6000
LIMA RIBU RUPIAH
Andra Novrizal



KATA PENGANTAR

Puji syukur kehadiran Allah SWT yang telah melimpahkan rahmat, taufik dan hidayah, sehingga penyusun dapat menyelesaikan Tugas Akhir Penelitian ini beserta laporannya dengan baik. Tidak lupa shalawat serta salam semoga tercurah kepada junjungan besar Nabi Muhammad SAW, beserta keluarga, para sahabat dan kita sebagai pengikutnya mudah-mudahan selalu setia hingga akhir hayat. Dalam kesempatan ini, penyusun mengucapkan terimakasih kepada:

1. kedua orang tua dan keluarga atas doa, cinta, nasehat, dan dorongan semangat secara material maupun spiritual.
2. bapak Dr. Mustofa, S.T, M.T., selaku Direktur Politeknik STMI Jakarta Kementerian Perindustrian RI.
3. bapak Ir. Roosmariharso, MBA., selaku Ketua Program Studi Teknik Kimia Polimer (TKP) Politeknik STMI Jakarta Kementerian Perindustrian RI.
4. bapak Sakri Widhianto, S.Teks, MM., selaku Dosen Pembimbing Tugas Akhir Penelitian Program Studi Teknik Kimia Polimer (TKP) Politeknik STMI Jakarta Kementerian Perindustrian RI.
5. ibu Dra. Arum Prajanti, MEM selaku pembimbing Tugas Akhir Penelitian di Pusat Penelitian dan Pengembangan Kualitas dan Laboratorium Lingkungan – Kementerian Lingkungan Hidup dan Kehutanan (P3KLL-KLHK) Kota Tangerang Selatan, Banten
6. semua pihak yang tidak bisa saya sebutkan satu-persatu yang telah memberi dukungan dan bantuan atas Tugas Akhir Penelitian ini.

Akhir kata, semoga laporan ini dapat bermanfaat bagi pembaca dalam mengkaji kaidah ilmu pengetahuan Teknik Kimia Polimer (TKP). Penyusun meminta maaf apabila ada kekurangan dalam penulisan laporan ini dan bersedia menerima kritik serta saran yang bersifat membangun.

Jakarta, November 2017
Penyusun

ABSTRAK

Deposisi asam atau hujan asam sebagian besar disebabkan oleh penggunaan bahan bakar fosil sebagai sumber energi, dilain pihak gaya hidup penduduk di kota-kota besar seperti Bogor dan Tangerang Selatan cenderung bersifat hedonis sehingga penggunaan bahan bakar fosil sebagai sumber energi terus meningkat, tujuan dari penelitian ini adalah untuk mengetahui unsur pencemaran udara gas dan partikel di Kota Bogor dan Tangerang Selatan serta mengetahui unsur pencemaran tertinggi dan mengetahui pengaruh hujan terhadap konsentrasi udara dan membandingkan tingkat pencemaran dengan baku mutu metode yang digunakan adalah metode *four stage filter pack*, dengan menggunakan alat LVS (*Low Volume Sampler*), hasil Unsur pencemaran udara gas dan partikel Kota Bogor dan Tangerang Selatan terdiri dari SO_2 , HNO_3 , HCl , NH_3 dan SO_4^{2-} , NO_3^- , Cl^- , NH_4^+ , Na^+ , K^+ , Mg^{2+} dan Ca^{2+} . Unsur pencemar tertinggi dari konsentrasi udara gas dan partikel di Kota Bogor adalah NH_3 sebesar $9,83\mu\text{g}/\text{m}^3$ dan SO_4^{2-} , $0,68\mu\text{g}/\text{m}^3$, sedangkan di Kota Tangerang Selatan adalah NH_3 $12,36\mu\text{g}/\text{m}^3$, NH_4^+ $0,82\mu\text{g}/\text{m}^3$. Curah Hujan mempengaruhi tingkat pencemaran yang disebabkan oleh unsur NH_3 , SO_4^{2-} , NH_3 dan NH_4^+ dan dari baku mutu yang berlaku maka pencemaran yang terjadi yang disebabkan oleh SO_2 mengingat Baku Mutu yang berlaku hanya memiliki parameter SO_2 saja maka pencemaran yang terjadi di Bogor dan Tangerang Selatan nilainya masih rendah dari baku mutu maka masih bisa dikatakan aman.

Kata kunci: Deposisi asam, SO_2 , metode *four stage filter pack*, (*Low Volume Sampler*, Bogor, Tangerang Selatan. Curah Hujan, Baku Mutu

DAFTAR ISI

HALAMAN JUDUL	i
LEMBAR PENGESAHAN TIM PENGUJI SEMINAR.....	ii
LEMBAR PENGESAHAN DOSEN PEMBIMBING	iii
LEMBAR BIMBINGAN PENYUSUNAN LAPORAN.....	vi
LEMBAR PERNYATAAN KEASLIAN	v
KATA PENGANTAR.....	iv
ABSTRAK	vii
DAFTAR ISI.....	viii
DAFTAR GAMBAR.....	xi
DAFTAR TABEL	xii
DAFTAR LAMPIRAN	xiii
BAB I PENDAHULUAN.....	1
1.1 Latar Belakang.....	1
1.2 Rumusan Masalah.....	3
1.3 Batasan Masalah	4
1.4 Tujuan Penelitian.....	4
1.5 Manfaat Penelitian.....	4
BAB II TINJAUAN PUSTAKA.....	5
2.1 Udara.....	5
2.1.1 Udara Bersih.....	6
2.1.2 Udara Kotor	7
2.2 Pencemaran Udara	7
2.2.1 Sumber Pencemaran Udara	9
2.2.2 Jenis-Jenis Pencemaran Udara.....	8
2.2.3 Wujud Fisik dan Kimia Pencemaran Udara	11
2.2.4 Mekanisme Pencemaran Udara	12
2.2.5 Penyebab Pencemaran Udara	13
2.2.6 Komponen Pencemaran Udara	14
2.3 Deposisi Asam	29

2.3.1	Proses deposisi Asam	30
2.3.2	Dampak Deposisi Asam	32
2.3.3	Pemantauan Deposisi Asam	34
2.4	Metode <i>Four Stage Filter Pack</i>	33
2.5	Kromotografi Ion	36
2.5.1	Kegunaan Kromotografi Pertukaran Ion	37
BAB III	METODOLOGI PENELITIAN	39
3.1	Waktu dan Tempat Penelitian.....	39
3.2	Alat dan Bahan	39
3.2.1	Alat	39
3.2.2	Bahan	39
3.3	Variabel.....	40
3.3.1	Variabel tetap.....	40
3.3.2	Variabel bebas	40
3.3.3	Variabel Terikat	40
3.4	Metodologi Penelitian.....	40
3.4.1	Studi Literatur.....	41
3.4.2	Pembuatan larutan Sampel dan Persiapan filter	42
3.4.3	Penyimpanan Filter Dalam Holder.....	44
3.5	Pengambilan Sampel Uji	44
3.5.1	Kondisi Geografis Wilayah Kajian.....	44
3.5.2	Prosedur Sampling.....	45
3.6	Perhitungan	46
BAB IV	HASIL DAN PEMBAHASAN	48
4.1	Unsur dan Tingkat Pencemaran Udara	48
4.1.1	Unsur dan Tingkat Pencemaran Udara di Kota Bogor.....	48
4.1.2	Unsur Pencemaran Udara di Kota Tangerang Selatan	49
4.2	Pengaruh Curah Hujan Terhadap Konsentrasi Udara.....	50
4.2.1	Pengaruh Curah Hujan di Kota Bogor.....	50
4.2.2	Pengaruh Curah Hujan di Kota Tangerang Selatan.....	52
4.3	Tingkat Pencemaran yang Terjadi Berdasarkan Baku Mutu.....	53

BAB V KESIMPULAN DAN SARAN	33
5.1 KESIMPULAN	33
5.2 SARAN	33
DAFTAR PUSTAKA	38
LAMPIRAN	

DAFTAR GAMBAR

Gambar 1.1 Persentase Deposisi Asam Kimia Air Hujan Di Jakarta	2
Gambar 2.1 Mekanisme Pencemaran Udara.....	13
Gambar 2.2 Proses Terjadinya Hujan Asam.....	33
Gambar 2.3 Diagram Skematik Metode <i>Four Stage Filter Pack</i>	35
Gambar 2.4 Rangkaian Alat atau Komponen Dasar Kromotografi Ion.....	36
Gambar 3.1 Skema Penelitian.....	41
Gambar 3.2 Peta Kota Bogor	44
Gambar 3.3 Peta Kota Tangerang Selatan	45
Gambar 3.4 Skema Alat Pengambilan Sampel	45
Gambar 4.1 Konsentrasi Udara Gas.....	48
Gambar 4.2 Konsentrasi Udara Padat	49
Gambar 4.3 Konsentrasi Udara Gas.....	49
Gambar 4.4 Konsentrasi Udara Padat	50
Gambar 4.5 Grafik Pengaruh Curah Hujan Terhadap Konsentrasi Udara NH ₃	51
Gambar 4.6 Grafik Pengaruh Curah Hujan Terhadap Konsentrasi Udara SO ₄ ²⁻ ..	52
Gambar 4.7 Grafik Pengaruh Curah Hujan Terhadap Konsentrasi Udara NH ₃	52
Gambar 4.8 Grafik Pengaruh Curah Hujan Terhadap Konsentrasi Udara NH ₄ ⁺ ..	53

DAFTAR TABEL

Tabel 2.1 Jumlah Korban Pencemaran Udara Di Dunia Tahun 1873-1966	8
Tabel 2.2 Sumber pencemaran Gas NO _x	15
Tabel 2.3 Sumber Pencemaran Gas SO _x	21
Tabel 2.4 Perpengaruh SO ₂ Terhadap Kesehatan	22
Tabel 2.5 Perpengaruh HC Terhadap Kesehatan	25
Tabel 2.6 Sumber Pencemaran Partikel	27
Tabel 2.7 Analisis Parameter Metode <i>Four Stage Filter Pack</i>	36
Tabel 3.1 Spesifikasi filter Metode <i>Four Stage filter Pack</i>	39
Tabel 3.2 Spesifikasi Perhitungan Setiap Parameter.....	46
Tabel 4.1 Curah Hujan dan Konsentrasi Udara NH ₃	51
Tabel 4.2 Curah Hujan dan Konsentrasi Udara SO ₄ ²⁻	51
Tabel 4.3 Curah Hujan dan Konsentrasi Udara NH ₃	52
Tabel 4.4 Curah Hujan dan Konsentrasi Udara NH ₄ ⁺	53
Tabel 4.5 Analisa Baku Mutu SO ₂ Kota Bogor	54
Tabel 4.6 Analisa Baku Mutu SO ₂ Kota Tangerang Selatan	54

PLANTAS - ARBOLAS

- 1. *Quercus*
- 2. *Castanea*
- 3. *Alnus*
- 4. *Fagus*
- 5. *Pinus*

BAB I

PENDAHULUAN

1.1 Latar Belakang

Deposisi asam atau hujan asam adalah istilah untuk menggambarkan apa yang akan terjadi apabila partikel-partikel yang bersifat asam di atmosfer jatuh atau turun ke permukaan bumi (Howells, 1995).

Partikel-partikel polutan tersebut antara lain berupa gas (SO_x) sulfur oksida dan (NO_x) nitrogen oksida yang bereaksi dengan air. Deposisi asam dapat diakibatkan oleh proses alami seperti gunung meletus dan petir, serta emisi gas SO_x dan NO_x oleh manusia (antropogenik). Emisi antropogenik terjadi akibat berbagai kegiatan manusia, seperti: pembakaran bahan bakar fosil, Cu (tembaga), dan pembakaran sisa panen (Barrow, 1991).

Pencemaran udara telah menjadi permasalahan yang serius diperkotaan termasuk di kota-kota metropolitan, besar, sedang dan lainnya yang menjadi motor penggerak utama pembangunan ekonomi di Indonesia. Pertumbuhan ekonomi kota tersebut mendorong urbanisasi, peningkatan kebutuhan perumahan dan jasa pelayanan lingkungan seperti air bersih, sanitasi, pengelolaan sampah, dan lain-lain dan kebutuhan energi serta transportasi yang dapat meningkatkan pencemaran udara. Pencemaran udara menimbulkan kerugian ekonomi, angka kerugian akan semakin besar jika upaya untuk menangani pencemaran udara di perkotaan tidak segera dilakukan, untuk mengatasi pencemaran deposisi asam telah banyak dibuat kesepakatan antar negara dalam upaya untuk mereduksi pencemaran ini.

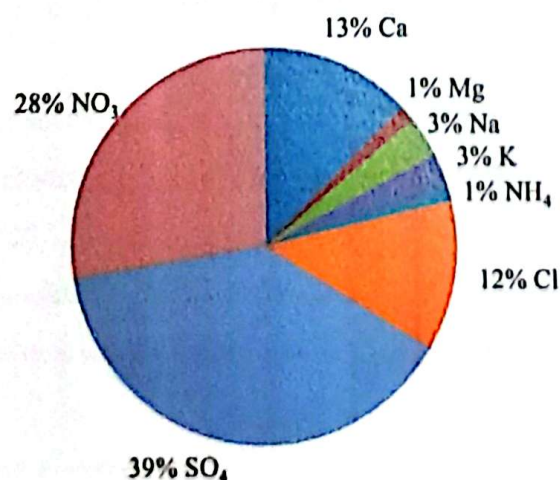
Dunia telah menyadari bahwa pencemaran deposisi asam tidak mungkin dihilangkan, Seperti sulfur dioksida (SO_2) yang menyebabkan pencemaran udara (hujan asam, asap dan pemanasan global) yang terjadi karena hanya sebagian kecil dari pencemaran ini yang secara alamiah dan sebagian besar terkait erat dengan kegiatan antropogenetik.

Untuk menghasilkan energi dan upaya untuk mengurangi polusi yang diakibatkan oleh deposisi asam perlu dilakukan baik untuk menghasilkan energi

dan upaya untuk mengurangi polusi yang diakibatkan oleh deposisi asam perlu dilakukan dengan cara baik melalui teknologi maupun metodologi yang secara umum dikategorikan sebagai kegiatan abatement, tentunya kegiatan ini memerlukan biaya, yang disebut sebagai biaya abatement (*abatement cost*), yang didefinisikan sebagai biaya yang dikeluarkan untuk mengurangi atau mereduksi jumlah pencemar, bukan untuk meniadakan pencemar. Di tingkat internasional telah banyak biaya yang dikeluarkan untuk melaksanakan abatement terhadap polusi deposisi asam (Burtraw et al.,1997; Lvovsky et al.,2000; Menz dan Seip, 2004; Nakada dan Pearce, 1998).

Deposisi asam atau hujan asam sebagian besar disebabkan oleh penggunaan bahan bakar fosil sebagai sumber energi, dilain pihak gaya hidup penduduk di kota-kota besar seperti Jakarta cenderung bersifat hedonis sehingga penggunaan bahan bakar fosil sebagai sumber energi terus meningkat. Padahal belum tentu konsumsi bahan bakar fosil tersebut tepat sebagai sumber energi, karena selain bahan bakar fosil juga terdapat sejumlah alternatif sumber energi. Selain itu penggunaan energi di Jakarta lebih banyak untuk keperluan konsumsi bukan produksi.

Berikut contoh data kualitas udara di kota Jakarta berdasarkan data kimia air hujan di kota Jakarta di tahun 2015 berdasarkan pemantauan Badan Meteorologi Klimatologi dan Geofisika (BMKG) stasiun Kemayoran Jakarta:



Gambar I.1 Persentase Deposisi Asam Kimia Air Hujan Di Jakarta

Sumber : BMKG,2016

SO₄ dan NO₃ memiliki persentasi yang cukup tinggi di Jakarta. Dimana SO₄ berasal dari SO₂. Jakarta merupakan kota terbesar di Indonesia, kota yang cukup padat, mobilitas penduduk dan barang belum diimbangi oleh ketersediaan kendaraan umum yang aman dan nyaman sehingga banyak pengguna kendaraan pribadi bertumbuh tiap tahunnya. Konsumsi energi dimana SO₄ dan NO₃ memiliki persentase yang cukup tinggi yang mana SO₄ dan NO₃ tersebut merupakan hasil dari proses pembakaran. Jika Jakarta memiliki persentase deposisi asam yang seperti pada gambar 1.1 bagaimana dengan daerah yang ada disekitar Jakarta misalnya seperti Kota Bogor dan Tangerang Selatan, dimana kedua wilayah tersebut merupakan wilayah yang berdekatan dengan Kota Jakarta. Deposisi asam menjadi salah satu isu lingkungan global yang memerlukan solusi dan usaha internasional untuk mengatasi masalah yang ada.

Berkenaan dengan pencemaran deposisi asam yang terus meningkat maka dilakukan pemantauan deposisi asam di Kota Bogor dan Tangerang Selatan dengan cara pengukuran konsentrasi partikel dan gas pembentukan deposisi asam menggunakan metode *four stage filter pack*. Metode sampler paket filter telah diadopsi untuk program pemantauan pengendapan kering di banyak negara. Empat tahap aktivitas pemantauan paket filter di MMD adalah bagian dari jaringan deposisi asam di Asia Timur yaitu EANET.

1.2 Rumusan Masalah

Berdasarkan uraian di atas, permasalahan yang akan dibahas dalam penelitian ini adalah

1. Bagaimana mengetahui unsur pencemaran udara dengan mengukur menggunakan metode *four stage filter pack* yang ada di Kota Bogor dan Kota Tangerang Selatan?
2. Bagaimana perbandingan konsentrasi udara gas dan padat pembentukan deposisi asam yang terdapat dalam udara yang ada di Kota Bogor dan Kota Tangerang Selatan?
3. Bagaimana pengaruh curah hujan terhadap konsentrasi udara partikel gas dan padat di Kota Bogor dan Kota Tangerang Selatan ?

4. Bagaimana tingkat pencemaran udara yang terjadi dilihat dari baku mutu yang berlaku?

1.3 Batasan Masalah

Berdasarkan rumusan masalah tersebut, batasan masalah yang diangkat pada penelitian ini, yaitu sebagai berikut:

1. Mengidentifikasi unsur pencemaran udara gas dan partikel di Kota Bogor dan Kota Tangerang Selatan
2. Metode yang digunakan dalam penelitian ini adalah metode *four stage filter pack*.

1.4 Tujuan Penelitian

Tujuan dari penelitian ini antar lain:

1. Untuk mengetahui unsur pencemaran udara gas dan partikel di Kota Bogor dan Tangerang Selatan.
2. Untuk mengetahui tingkat pencemaran tertinggi dari konsentrasi udara gas dan partikel di Kota Bogor dan Tangerang Selatan.
3. Untuk mengetahui pengaruh curah hujan terhadap konsentrasi pencemaran udara.
4. Membandingkan tingkat pencemaran yang terjadi di Kota Bogor dan Kota Tangerang Selatan dengan baku mutu yang berlaku.

1.5 Manfaat Penelitian

Manfaat dari penelitian ini antar lain:

1. Dapat mengetahui kualitas udara di Kota Bogor dan Tangerang Selatan.
2. Mengetahui cara menentukan konsentrasi udara pembentukan deposisi asam yang terdapat dalam udara yang ada di Kota Bogor dan Tangerang Selatan menggunakan metode *four stage filter pack*.

BAB II

TINJAUAN PUSTAKA

2.1 Udara

Udara adalah campuran berbau gas tidak berwarna, tidak berbau dan selalu terdapat dimana-mana, sebagai salah satu komponen abiotik yang lebih dikenal dengan istilah atmosfer. Atmosfer adalah lingkungan udara yang meliputi planet bumi ini, secara imajiner dapat dibedakan menjadi tiga lapisan yaitu : troposfer, stratosfer, dan mesosfer, lapisan ini dibentuk karena adanya interaksi antara sinar matahari, gaya tarik bumi, rotasi bumi dan permukaan bumi. Batasan atmosfer ini bervariasi tergantung dari iklim dan keadaan cuaca, setiap lapisan mempunyai karakteristik yang berbeda, daerah troposfer ditandai oleh temperatur yang semakin rendah apabila ketinggian bertambah. Hal ini disebabkan oleh semakin jauhnya jarak dari permukaan bumi, sehingga panas yang diradiasikan bumi semakin berkurang. Selain itu kepadatan udara pun semakin rendah. Udara di dalam lapisan troposfer ini relatif tercampur dengan baik dan cepat (*rapid vertical mixing*) sehingga unsur kimia yang ada di dalamnya relatif homogen dengan syarat bahwa udara tidak tercemar.

Sekitar 99,99 % udara berada pada ketinggian sampai 80 kilometer (km) dari permukaan bumi, dan sekitar separuhnya berada pada ketinggian antara 3 sampai 5 km. Udara pada ketinggian sampai 5 km inilah yang dapat dimanfaatkan oleh makhluk hidup. Massa, kerapatan, dan tekanan menurun secara tajam dengan semakin jauhnya jarak udara dari permukaan bumi. Suhu udara turun menjadi -70°C pada ketinggian sekitar 10-12 km, kemudian naik lagi secara mencolok hingga mencapai 0°C pada ketinggian 50 km, setelah itu turun drastis menjadi -100°C pada ketinggian 80 km, dan naik terus sejalan dengan semakin jauhnya dari permukaan bumi.

Udara yang kita hirup terdiri dari 78% nitrogen, 21% oksigen, dan selebihnya adalah gas, bahan cair dan bahan padat yang halus. Udara bumi ini terletak dalam troposfer setebal 16 km dari permukaan bumi dan memberi udara kehidupan pada manusia. Dalam keadaan normal troposfer ini juga mampu menyerap bahan

pencemar alami atau bahan pencemar buatan manusia (antripogenetik). Lapisan atmosfer diatas lapisan terendah (troposfer) dimulai dari ketinggian (10-50) km disebut stratosfer dimana lapisan ozon terletak di dalamnya. Sedangkan mesosfer adalah lapisan atmosfer yang letaknya di atas stratosfer dengan ketinggian (60-85) km dari troposfer.

Berdasarkan tempatnya, udara terdiri dari udara bebas dan udara tak bebas. Udara bebas adalah udara yang secara alamiah berada disekitar kita. Sedangkan udara yang tak bebas adalah udara yang berada dalam ruang bangunan, misalnya perumahan, sekolah, rumah sakit, sumur, pertambangan, dan sebagainya.

Udara memiliki fungsi yang sangat penting dalam kehidupan. Bagi makhluk hidup udara diperukan untuk suplai oksigen ke paru-paru dan diteruskan ke seluruh jaringan tubuh untuk kehidupan sel-sel jaringan tubuh manusia, untuk mendukung jalannya proses metabolisme, serta untuk mempertahankan suhu tubuh agar tetap dalam keadaan normal (37°C) agar metabolisme dapat berjalan sempurna.

Udara merupakan campuran beberapa macam gas dengan perbandingan yang tidak tetap, tergantung pada keadaan suhu udara, tekanan udara dan lingkungan sekitarnya. Udara adalah atmosfer yang berada di sekeliling bumi yang fungsinya sangat penting bagi kehidupan di dunia.

2.1.1 Udara Bersih

Udara bersih adalah udara yang mengandung beberapa macam gas dengan komposisi yang normal, Contohnya gas oksigen merupakan esensial bagi kehidupan makhluk hidup, termasuk manusia.

Namun, akibat aktivitas manusia yang tidak ramah lingkungan, udara sering kali menurun kualitasnya. Perubahan ini dapat berupa sifat-sifat fisis maupun kimiawi. Perubahan kimiawi dapat berupa pengurangan maupun penambahan salah satu komponen kimia yang terkandung dalam udara. Kondisi seperti itu lazim disebut dengan pencemaran (polusi) udara. Oksigen untuk bernafas, karbon dioksida untuk proses fotosintesis oleh klorofil daun dan ozon untuk menahan sinar ultraviolet. Gas-gas lain yang terdapat dalam udara antara lain gas mulia, nitrogen dioksida, hidrogen, metana, belerang dioksida, amoniak dan lain-lain.

Apabila susunan udara mengalami perubahan dari susunan keadaan normal dan kemungkinan mengganggu kehidupan makhluk hidup, berarti udara telah tercemar (wardhana,2004).

2.1.2 Udara Kotor

Secara umum definisi udara tercemar adalah perbedaan komposisi udara aktual dengan kondisi udara normal dimana komposisi udara aktual tidak mendukung kehidupan manusia, aktifitas manusia dapat mengganggu proses-proses alam. Pada proses pembakaran bahan bakar berlangsung cepat dan menghasilkan suhu tinggi. Proses pembusukan dan respirasi merupakan proses alami yang berlangsung lambat dan pada suhu rendah. Gas dan partikulat yang dihasilkan pada proses yang dilakukan manusia dapat mengganggu alam. Bahan-bahan ini akan menjadi polutan jika konsentrasinya relatif tinggi sehingga proses penghilangannya tidak secepat proses pembentukannya.

Senyawa-senyawa yang termasuk sebagai polutan udara diantaranya: partikulat, oksida belerang, karbon monoksida, oksida nitrogen, hidrokarbon, oksidan fotokimia, hidrogen sulfida, logam berat, dan asbestos. Beberapa polutan dihasilkan oleh industri-industri tertentu, seperti klorin (Cl_2), hidrogen klorida (HCl), hidrogen fluorida (HF), dan asam sulfat (H_2SO_4). Gas-gas tersebut beracun dan korosif. Bau, kebisingan, mikroorganisme, dan radiasi adalah polutan bentuk lainnya.

2.2 Pencemaran Udara

Pengertian pencemaran udara berdasarkan Undang-Undang Nomor 23 tahun 1997 pasal 1 ayat 12 mengenai Pencemaran Lingkungan yaitu pencemaran yang disebabkan oleh aktivitas manusia seperti pencemaran yang berasal dari pabrik, kendaraan bermotor, pembakaran sampah, sisa pertanian, dan peristiwa alam seperti kebakaran hutan, letusan gunung api yang mengeluarkan debu, gas, dan awan panas.

Menurut Peraturan Pemerintah RI nomor 41 tahun 1999 tentang Pengendalian Pencemaran Udara, pencemaran udara adalah masuknya atau dimasukkannya zat, energi, dari komponen lain ke dalam udara ambien oleh kegiatan manusia,

sehingga mutu udara turun sampai ke tingkat tertentu yang menyebabkan udara ambien tidak dapat memenuhi fungsinya.

Sedangkan berdasarkan Keputusan Menteri Kesehatan RI nomor 1407 tahun 2002 tentang Pedoman Pengendalian Dampak Pencemaran Udara, pencemaran udara adalah masuknya atau dimasukkannya zat, energi, dan /atau komponen lain ke dalam udara oleh kegiatan manusia, sehingga mutu udara turun sampai ke tingkat tertentu yang menyebabkan atau mempengaruhi kesehatan manusia. Kehadiran bahan atau zat asing tersebut di dalam udara dalam jumlah dan jangka waktu tertentu akan dapat menimbulkan gangguan pada kehidupan manusia, hewan, maupun tumbuhan.

Pencemaran udara diartikan sebagai adanya bahan-bahan atau zat-zat di udara yang menyebabkan perubahan susunan (komposisi) udara di keadaan normalnya. Kehadiran bahan atau zat asing diudara dalam jumlah tertentu serta keberadaan serta dalam jangka waktu yang cukup lama, akan dapat mengganggu kehidupan makhluk hidup jika keberadaan tersebut terjadi maka udara dikatakan telah tercemar (Soedomo,1999).

Tabel II.1 Jumlah Korban Pencemaran Udara Di Dunia Tahun 1873-1966

Lokasi	Tanggal	Polutan	Meninggal
London, Inggris	09-11 Des 1873	SO ₂	650
London, Inggris	20-29 Jan 1880	SO ₂	1176
Meuse Valley, Belgia	01-05 Des 1930	SO ₂	63
Donora, USA	26-31 Okt 1948	SO ₂	20
London, Inggris	26-30 Nov 1948	SO ₂	700
Poza Rica, Meksiko	24-Nov-1950	H ₂ S	22
London, Inggris	05-09 Des 1952	SO ₂	4000
London, Inggris	03-06 Juni 1955	SO ₂	1000
New York, USA	24-30 Nov 1966	SO ₂	168

Sumber : Cochran dalam Shah *et al.* (1997) dan Menz dan Seip (2004)

2.2.1 Sumber Pencemaran Udara

Menurut Harssema dalam Mulia (2005), pencemaran udara diawali oleh adanya emisi. Emisi merupakan jumlah polutan atau pencemar yang dikeluarkan ke udara dalam satuan waktu. Emisi dapat disebabkan oleh proses alam maupun

kegiatan manusia. Emisi akibat proses alam disebut *biogenic emissions*, contohnya yaitu dekomposisi bahan organik oleh bakteri pengurai yang menghasilkan gas metan.

Emisi yang disebabkan kegiatan manusia disebut *anthropogenic emissions*. Contoh *anthropogenic emissions* yaitu hasil pembakaran bahan bakar fosil, pemakaian zat kimia yang disemprotkan ke udara, dan sebagainya. Sumber pencemaran udara dengan istilah faktor internal dan faktor eksternal. Faktor internal terjadi secara alamiah (Nugroho, 2005).

Sedangkan faktor eksternal merupakan pencemaran udara yang diakibatkan oleh manusia .

Menurut Soemirat (2009) Sumber pencemaran udara dapat pula dibagi atas:

1. Sumber bergerak, seperti: kendaraan bermotor
2. Sumber tidak bergerak, seperti:
 - a. Sumber titik, contoh: cerobong asap
 - b. Sumber area, contoh: pembakaran terbuka di wilayah pemukiman

2.2.2 Jenis-Jenis Pencemaran Udara

Ada beberapa jenis pencemaran udara, yaitu:

1. Berdasarkan bentuk
 - a. Gas

Gas adalah uap yang dihasilkan dari zat padat atau zat cair karena dipanaskan atau menguap sendiri. Contohnya: CO₂, CO, SO_x, NO_x.
 - b. Partikel

Partikel adalah suatu bentuk pencemaran udara yang berasal dari zarah-zarah kecil yang terdispersi ke udara, baik berupa padatan, cairan, maupun padatan dan cairan secara bersama-sama. Contohnya: debu, asap, kabut, dan lain-lain.
2. Berdasarkan Tempat
 - a. Pencemaran udara dalam ruang

Pencemaran udara dalam ruang (*indoor air pollution*) yang disebut juga udara tidak bebas seperti di rumah, pabrik, bioskop, sekolah, rumah sakit, dan bangunan lainnya. Biasanya zat pencemarnya adalah asap rokok, asap yang terjadi di dapur tradisional ketika memasak, dan lain-lain.

b. Pencemaran udara luar ruang

Pencemaran udara luar ruang (*outdoor air pollution*) yang disebut juga udara bebas seperti asap dari industri maupun kendaraan bermotor.

3. Berdasarkan Efek Terhadap Kesehatan

a. Irritansia

Irritansia adalah zat pencemar yang dapat menimbulkan iritasi jaringan tubuh. Seperti SO₂, Ozon, dan Nitrogen Oksida.

b. Aspeksia,

Aspeksia adalah keadaan dimana darah kekurangan oksigen dan tidak mampu melepas Karbon Dioksida.

c. Anestesia

Anestesia adalah zat yang mempunyai efek membius dan biasanya merupakan pencemaran udara dalam ruang. Contohnya; *Formaldehyde* dan Alkohol.

d. Toksis

Toksis adalah zat pencemar yang menyebabkan keracunan, zat penyebabnya seperti Timbal, Cadmium, Fluor, dan Insektisida.

4. Berdasarkan Susunan Kimia

a. Anorganik, adalah zat pencemar yang tidak mengandung karbon, seperti asbestos, ammonia, asam sulfat, dan lain-lain.

b. Organik, adalah zat pencemar yang mengandung karbon, seperti pestisida, herbisida, beberapa jenis alkohol, dan lain-lain.

5. Berdasarkan Asalnya

a. Primer

Primer adalah suatu bahan kimia yang ditambahkan langsung ke udara yang menyebabkan konsentrasinya meningkat dan membahayakan. Contohnya: CO₂, yang meningkat diatas konsentrasi normal.

b. Skunder

Skunder adalah senyawa kimia berbahaya yang timbul dari hasil reaksi antara zat polutan primer dengan komponen alamiah contohnya: *Peroxy Acetil Nitrat* (PAN) (Sunu, 2001).

2.2.3 Wujud Fisik dan Kimia Pencemaran Udara

1. Berdasarkan Wujud Fisik

Berdasarkan wujud fisiknya, Pencemaran udara dibedakan menjadi gas dan partikel. Partikel merupakan benda-benda padat atau cair yang dimensinya sedemikian kecil sehingga memungkinkannya melayang di udara. Bentuk khusus dari partikel dalam hubungannya dengan pencemaran udara dibedakan menjadi :

a. *Mist* (Kabut)

Mist (Kabut) merupakan partikel cair yang berada diudara karena kondensasi uap air atomisasi cairan ke tingkat dispersi. Atomisasi ini terjadi pada penyemprotan, pembuihan, dan lain-lain.

b. *Fog* (kabut yang padat atau tebal)

Fog sama seperti *Mist* namun masih dapat dilihat dengan mata telanjang tanpa bantuan *visual aid* (alat bantu pengelihatan).

c. *Smoke* (asap)

Smoke (asap) merupakan partikel karbon (padat) yang terjadi dari pembakaran tidak sempurna, dari sumber-sumber pembakaran yang menggunakan bahan bakar hidrokarbon dengan ukuran < 5 mikron.

d. *Dust* (debu)

Dust (debu) merupakan partikel padat yang terjadi karena kondensasi dan pengupuan logam-logam cair yang kemudian disertai secara langsung oleh suatu oksidasi di udara. Biasanya terjadi pada industri pengecoran dan peleburan logam.

2. Berdasarkan Wujud Kimia

Berdasarkan wujud kimianya, pencemaran udara dibedakan dalam dua sub-kelompok, yaitu:

1. Sub-kelompok partikel atau debu

Sub-kelompok partikel atau debu, berdasarkan susunan kimiawinya. Terbagi lagi menjadi dua, yaitu partikel debu mineral dan partikel/debu organik. menurut kelarutannya partikel debu mineral tidak larut, di mana sama sekali tidak dapat dilarutkan didalam zat pelarut, baik asam, basa silika dan asbes. Sebaliknya, partikel /debu mineral yang larut, mempunyai sifat masih dapat larut di antara

bahan-bahan pelarut, baik asam, basa, maupun bahan organik, yang dimaksud dengan partikel/debu organik adalah partikel/debu yang tersusun dari komponen-komponen utama hidrokarbon dimana golongan ini mempunyai dua kemungkinan terhadap sifat kelarutannya, yaitu larut dalam air (misalnya zat gula) dan hanya larut dalam bahan pelarut organik (misalnya debu-debu plastik).

2. Sub –kelompok gas/uap

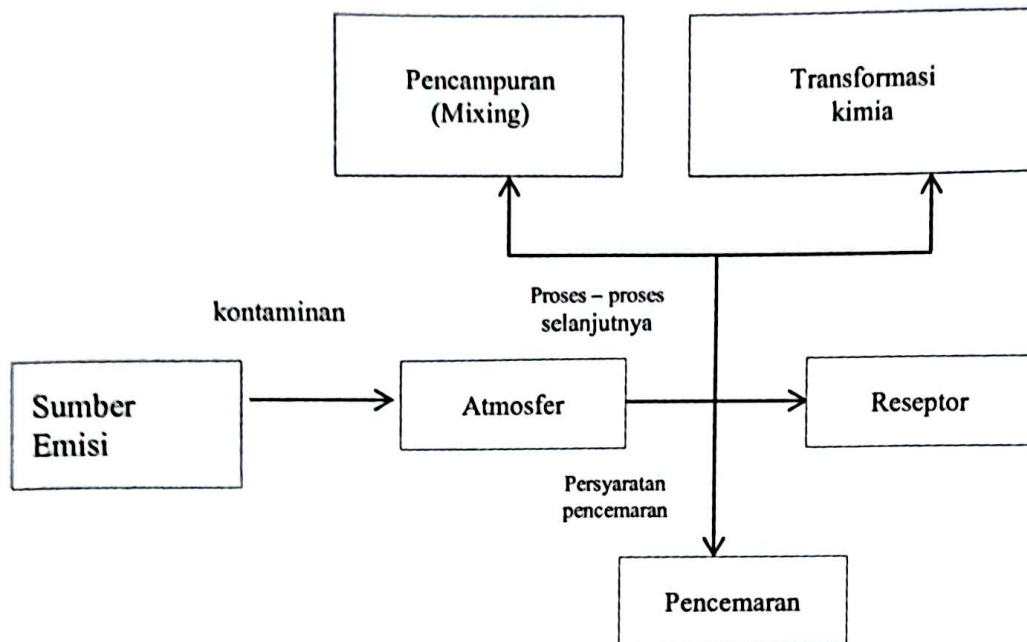
Gas dan uap dibedakan menjadi :

- a. larutan dalam air, misalnya oksigen larut dalam air.
- b. tidak dapat larut dalam air, yang dibedakan lagi menjadi :
 - Tidak larut tetapi bereaksi dengan salah satu komponen dalam air itu
 - Reaksinya dengan salah satu komponen dalam air lambat sekali serta masih mampu larut sedikit sekali (misalnya benzene).

2.2.4 Mekanisme Pencemaran Udara

Pencemaran udara berawal dari jenis emisi alami dan antropogenetik dan emisi ini didefinisikan sebagai pencemar primer, karena pencemar-pencemar golongan ini diemisikan langsung ke udara dari sumbernya misalnya : SO_x , NO_x zat-zat organik dan partikel yang pada dasarnya ditentukan oleh faktor-faktor meteorologi dan lainnya.

Bersama dengan itu terjadi pula proses-proses transformasi fisik dan kimia yang mengubah pencemar primer menjadi unsur gas/partikulat bentuk lain yang dikenal dengan pencemar sekunder

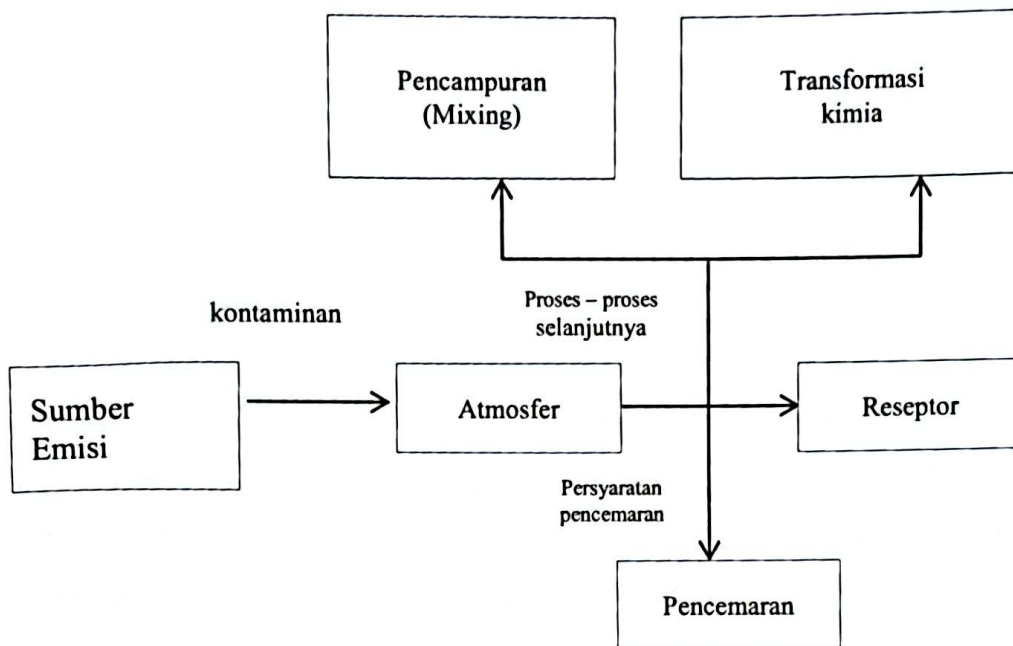


Gambar II.1 Mekanisme Pencemaran Udara

Pada dasarnya kehadiran polutan di udara umumnya berasal aktivitas manusia. Dalam pemaparan polutan ke udara terdapat 3 komponen utama yang saling berinteraksi dan menentukan kelanjutan untuk memenuhi kriteria sebagai pencemar atau tidak, yaitu sumber emisi, atmosfer dan reseptor (penerima). Proses selanjutnya suatu jenis kontaminan yang lepas dari sumber emisi masuk ke atmosfer sebagai bahan pencemar. Bila kontaminan tersebut mempunyai waktu tinggal cukup lama dan tidak mengalami perubahan, kualitas mempengaruhi NAB (nilai ambang batas) yang telah ditentukan oleh suatu daerah serta potensial mengganggu lingkungan, maka kontaminan tersebut baru dapat disebut sebagai polutan atau pencemar udara.

2.2.5 Penyebab Pencemaran Udara

Pencemaran udara di antaranya berasal dari penggunaan bahan bakar fosil yang meningkat dengan pesat. Minyak bumi sebagai bahan bakar fosil yang menjadi kontributor emisi terbesar dan emisi dari pemakaian batu bara mengalami peningkatan paling cepat dalam dekade terakhir akibat pemakaian yang terus meningkat untuk kebutuhan pembangkit tenaga listrik. Beberapa faktor yang berpengaruh terhadap pencemaran udara dan perubahan atmosfer antara lain adalah meningkatnya penggunaan bahan bakar karena penambahan kendaraan



Gambar II.1 Mekanisme Pencemaran Udara

Pada dasarnya kehadiran polutan di udara umumnya berasal aktivitas manusia. Dalam pemaparan polutan ke udara terdapat 3 komponen utama yang saling berinteraksi dan menentukan kelanjutan untuk memenuhi kriteria sebagai pencemar atau tidak, yaitu sumber emisi, atmosfer dan reseptor (penerima). Proses selanjutnya suatu jenis kontaminan yang lepas dari sumber emisi masuk ke atmosfer sebagai bahan pencemar. Bila kontaminan tersebut mempunyai waktu tinggal cukup lama dan tidak mengalami perubahan, kualitas mempengaruhi NAB (nilai ambang batas) yang telah ditentukan oleh suatu daerah serta potensial mengganggu lingkungan, maka kontaminan tersebut baru dapat disebut sebagai polutan atau pencemar udara.

2.2.5 Penyebab Pencemaran Udara

Pencemaran udara di antaranya berasal dari penggunaan bahan bakar fosil yang meningkat dengan pesat. Minyak bumi sebagai bahan bakar fosil yang menjadi kontributor emisi terbesar dan emisi dari pemakaian batu bara mengalami peningkatan paling cepat dalam dekade terakhir akibat pemakaian yang terus meningkat untuk kebutuhan pembangkit tenaga listrik. Beberapa faktor yang berpengaruh terhadap pencemaran udara dan perubahan atmosfer antara lain adalah meningkatnya penggunaan bahan bakar karena penambahan kendaraan

bermotor, sektor industri, sektor pembangkit listrik dan kebijakan mengenai bahan bakar yang masih tergantung pada bahan bakar minyak.

Skala paling kecil pencemaran udara menyebabkan terjadinya deposisi asam dalam rentang waktu yang panjang, pencemaran di udara dapat mengakibatkan kerusakan lingkungan yang lebih parah yakni pemanasan global dan penipisan lapisan ozon dan lainnya.

2.2.6 Komponen Pencemaran Udara

Udara di daerah perkotaan yang mempunyai banyak kegiatan industri dan teknologi serta lalu lintas yang padat relatif sudah tidak bersih lagi. Beberapa macam komponen pencemaran udara, maka yang paling banyak berpengaruh dalam pencemaran udara adalah komponen-komponen berikut ini

A. Karbon Monoksida (CO)

Karbon monoksida atau CO adalah suatu gas yang tidak berwarna, tidak berbau dan juga tidak berasa. Gas CO dapat berbentuk cairan pada suhu dibawah -129°C . Gas CO sebagian besar berasal dari pembakaran bahan fosil dengan udara, berupa gas buangan.

1. Sifat Fisika dan Kimia

Karbon dan Oksigen dapat bergabung membentuk senyawa karbon monoksida (CO) sebagai hasil pembakaran yang tidak sempurna dan karbon dioksida (CO_2) sebagai hasil pembakaran sempurna. Karbon monoksida merupakan senyawa yang tidak berbau, tidak berasa dan pada suhu udara normal berbentuk gas yang tidak berwarna. Tidak seperti senyawa CO mempunyai potensi bersifat racun yang berbahaya karena mampu membentuk ikatan yang kuat dengan pigmen darah yaitu haemoglobin.

2. Sumber dan Distribusi

Karbon monoksida di lingkungan dapat terbentuk secara alamiah, tetapi sumber utamanya adalah dari kegiatan manusia, Karbon monoksida yang berasal dari alam termasuk dari lautan, oksidasi metal di atmosfer, pegunungan, kebakaran hutan dan badai listrik alam. Sumber CO buatan antara lain kendaraan bermotor, terutama yang menggunakan bahan bakar bensin. Berdasarkan estimasi, Jumlah CO dari sumber buatan diperkirakan mendekati

60 juta Ton per tahun. Separuh dari jumlah ini berasal dari kendaraan bermotor yang menggunakan bahan bakar bensin dan sepertiganya berasal dari sumber tidak bergerak seperti pembakaran batubara dan minyak dari industri dan pembakaran sampah domestik. CO diudara perkotaan berasal dari emisi kendaraan bermotor. Selain itu asap rokok juga mengandung CO, sehingga para perokok dapat memajan dirinya sendiri dari asap rokok yang sedang dihisapnya. Sumber CO dari dalam ruang (*indoor*) termasuk dari tungku dapur rumah tangga dan tungku pemanas ruang. Dalam beberapa penelitian ditemukan kadar CO yang cukup tinggi didalam kendaraan sedan maupun bus. Kadar CO diperkotaan cukup bervariasi tergantung dari kepadatan kendaraan bermotor yang menggunakan bahan bakar bensin dan umumnya ditemukan kadar maksimum CO yang bersamaan dengan jam-jam sibuk pada pagi dan malam hari.

Tabel II.2 Sumber pencemaran Gas NO_x

Sumber Pencemaran Udara	% Total
Transportasi	39,3
Pembakaran Stasioner	48,5
Proses Industri	1,0
Pembuangan Limbah	2,9
Sumber lain-lain	8,3

Sumber : Wardhana, 2004

3. Pengendalian

a. Pencegahan

➤ Sumber Bergerak

- Merawat mesin kendaraan bermotor agar tetap baik.
- Melakukan pengujian emisi dan KIR kendaraan secara berkala.
- Memasang filter pada knalpot.

➤ Sumber Tidak Bergerak

- Memasang scrubber pada cerobong asap.
- Merawat mesin industri agar tetap baik dan lakukan pengujian secara berkala.
- Menggunakan bahan bakar minyak atau batu bara dengan kadar CO rendah.

➤ Manusia

Apabila kadar CO dalam udara ambien telah melebihi baku mutu $10.000\mu\text{g}/\text{Nm}^3$ udara dengan rata-rata waktu pengukuran 24 jam maka untuk mencegah dampak kesehatan dilakukan upaya-upaya:

- Menggunakan alat pelindung diri (APD) seperti masker gas.
- Menutup atau menghindari tempat-tempat yang diduga mengandung CO seperti sumur tua , Goa , dll.

b. Penanggulangan

- Mengatur pertukaran udara didalam ruang seperti menggunakan exhaust-fan.
- Bila terjadi korban keracunan maka lakukan :
 - Berikan pengobatan atau pernafasan buatan
 - Kirim segera ke rumah sakit atau puskesmas terdekat

B. Nitrogen Oksida (NO_x)

Nitrogen oksida sering disebut dengan NO_x , karena oksida nitrogen memiliki 2 macam bentuk yang sifatnya berbeda. Gas nitrogen monoksida (NO) yang memiliki sifat tidak berwarna dan tidak berbau. Gas nitrogen dioksida (NO_2) memiliki sifat berwarna merah kecoklatan dan berbau tajam yang dapat menyengat hidung.

1. Sifat Kimia dan Fisika

Oksida Nitrogen adalah kelompok gas nitrogen yang terdapat di atmosfer yang terdiri dari nitrogen monoksida dan nitrogen dioksida, walaupun ada bentuk oksida nitrogen lainnya, tetapi kedua gas tersebut yang paling banyak diketahui sebagai bahan pencemar udara. Nitrogen monoksida merupakan gas yang tidak berwarna dan tidak berbau sebaliknya nitrogen dioksida berwarna coklat kemerahan dan berbau tajam. Nitrogen monoksida terdapat diudara dalam jumlah lebih besar daripada NO_2 , pembentukan NO dan NO_2 merupakan reaksi antara nitrogen dan oksigen diudara sehingga membentuk NO, yang bereaksi lebih lanjut dengan lebih banyak oksigen membentuk NO_2 . Udara terdiri dari 80% Volume nitrogen dan 20% Volume oksigen. Pada suhu kamar, hanya sedikit kecenderungan nitrogen dan oksigen untuk bereaksi satu sama lainnya. Pada suhu yang lebih tinggi (diatas 1210°C) keduanya dapat bereaksi membentuk NO dalam jumlah banyak sehingga mengakibatkan pencemaran

udara. Dalam proses pembakaran, suhu yang digunakan biasanya mencapai 1210–1.765°C, oleh karena itu reaksi ini merupakan sumber NO yang penting.

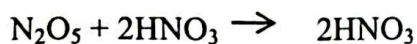
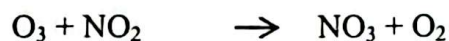
2. Sumber dan Kontrol

Dari seluruh jumlah oksigen nitrogen (NO_x) yang dibebaskan ke udara, jumlah yang terbanyak adalah dalam bentuk NO yang diproduksi oleh aktivitas bakteri. Akan tetapi pencemaran NO dari sumber alami ini tidak merupakan masalah karena tersebar secara merata sehingga jumlahnya menjadi kecil. Yang menjadi masalah adalah pencemaran NO yang diproduksi oleh kegiatan manusia karena jumlahnya akan meningkat pada tempat-tempat tertentu. Kadar NO_x di udara perkotaan biasanya 10-100 kali lebih tinggi dari pada di udara pedesaan. Kadar NO_x di udara daerah perkotaan dapat mencapai 0,5 ppm (500 ppb). Seperti halnya CO, emisi NO_x dipengaruhi oleh kepadatan penduduk karena sumber utama NO_x yang diproduksi manusia adalah dari pembakaran dan kebanyakan pembakaran disebabkan oleh kendaraan bermotor, produksi energi dan pembuangan sampah. Sebagian besar emisi NO_x buatan manusia berasal dari pembakaran arang, minyak, gas, dan bensin. Kadar NO_x di udara dalam suatu kota bervariasi sepanjang hari tergantung dari intensitas sinar matahari dan aktivitas kendaraan bermotor.

Perubahan kadar NO_x berlangsung sebagai berikut :

- Sebelum matahari terbit, kadar NO dan NO_2 tetap stabil dengan kadar sedikit lebih tinggi dari kadar minimum sehari-hari.
- Setelah aktifitas manusia meningkat (jam 6-8 pagi) kadar NO meningkat terutama karena meningkatnya aktivitas lalu lintas yaitu kendaraan bermotor. Kadar NO tertinggi pada saat ini dapat mencapai 1-2 ppm.
- Dengan terbitnya sinar matahari yang memancarkan sinar ultra violet kadar NO_2 (sekunder) kadar NO_2 pada saat ini dapat mencapai 0,5ppm.
- Kadar ozon meningkat dengan menurunnya kadar NO sampai 0,1ppm.
- Jika intensitas sinar matahari menurun pada sore hari (jam 5-8 malam) kadar NO meningkat kembali.

- Energi matahari tidak mengubah NO menjadi NO₂ tetapi O₃ yang terkumpul sepanjang hari akan bereaksi dengan NO. Akibatnya terjadi kenaikan kadar NO₂ dan penurunan kadar O₃.
- Produk akhir dari pencemaran NO_x di udara dapat berupa asam nitrat, yang kemudian diendapkan sebagai garam-garam nitrat didalam air hujan atau debu. Mekanisme utama pembentukan asam nitrat dari NO₂ di udara masih terus dipelajari. Salah satu reaksi dibawah ini diduga juga terjadi diudara tetapi diudara tetapi peranannya mungkin sangat kecil dalam menentukan jumlah asam nitrat di udara.
- Kemungkinan lain pada pembentukan HNO₃ didalam udara tercemar adalah adanya reaksi dengan ozon dengan kadar NO₂ maksimum O₃ memegang peranan penting dan kemungkinan terjadi tahapan reaksi sebagai berikut :



Reaksi tersebut diatas masih terus dibuktikan kebenarannya, tetapi yang penting adalah bahwa proses-proses diudara mengakibatkan perubahan NO_x menjadi HNO₃ yang kemudian bereaksi membentuk partikel-partikel.

3. Dampak Terhadap Kesehatan

Oksida nitrogen seperti NO dan NO₂ berbahaya bagi manusia, penelitian menunjukkan bahwa NO₂ empat kali lebih beracun daripada NO. Selama ini belum pernah dilaporkan terjadinya keracunan NO yang mengakibatkan kematian. Di udara ambien yang normal, NO dapat mengalami oksidasi menjadi NO₂ yang bersifat racun. Pada penelitian terhadap hewan percobaan yang dipajankan NO dengan dosis yang sangat tinggi, memperlihatkan gejala kelumpuhan sistim syaraf dan kekejangan. Penelitian lain menunjukkan bahwa tikus yang dipajan NO sampai 2500 ppm akan hilang kesadarannya setelah 6-7 menit, tetapi jika kemudian diberi udara segar akan sembuh kembali setelah waktu 4-6 menit. Tetapi jika pemajanan NO pada kadar tersebut berlangsung selama 12 menit, pengaruhnya tidak dapat dihilangkan kembali, dan semua tikus yang diuji akan mati. NO₂ bersifat racun terutama terhadap paru. Kadar

NO₂ yang lebih tinggi dari 100 ppm dapat mematikan sebagian besar binatang percobaan dan 90% dari kematian tersebut disebabkan oleh gejala pembengkakan paru (edema pulmonari). Kadar NO₂ sebesar 800 ppm akan mengakibatkan 100% kematian pada binatang-binatang yang diuji dalam waktu 29 menit atau kurang. Pemajanan NO₂ dengan kadar 5 ppm selama 10 menit terhadap manusia mengakibatkan kesulitan dalam bernafas.

4. Pengendalian

a. Pencegahan

➤ Sumber Bergerak

- Merawat mesin kendaraan bermotor agar tetap baik.
- Melakukan pengujian emisi dan KIR kendaraan secara berkala.
- Memasang filter pada knalpot.

➤ Sumber Tidak Bergerak

- Mengganti peralatan yang rusak.
- Memasang scrubber pada cerobong asap.
- Memodifikasi pada proses pembakaran.

➤ Manusia

Apabila kadar NO₂ dalam udara ambien telah melebihi baku mutu (150 mg/Nm³ dengan waktu pengukur 24 jam) maka untuk mencegah dampak kesehatan dilakukan upaya-upaya :

- Menggunakan alat pelindung diri, seperti masker gas.
- Mengurangi aktifitas di luar rumah.

b. Penanggulangan

➤ Mengatur pertukaran udara di dalam ruang, seperti menggunakan exhaust-fan.

➤ Bila terjadi korban keracunan, maka lakukan :

- Berikan pengobatan atau pernafasaan buatan.
- Kirim segera ke Rumah Sakit atau Puskesmas terdekat.

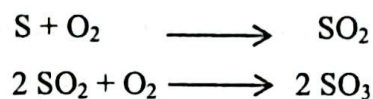
C. Belerang Oksida (SO_x)

Gas belerang oksida atau SO_x terdiri atas gas SO₂ dan SO₃. Gas SO₂ yang memiliki sifat berbau tajam dan tidak mudah terbakar. Gas SO₃ memiliki sifat mudah bereaksi dengan uap air yang ada di udara untuk membentuk asam sulfat

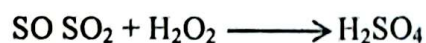
(H₂SO₄). Asam sulfat sangat reaktif, mudah bereaksi dengan benda-benda lain yang mengakibatkan kerusakan seperti proses pengkaratan.

1. Sifat Fisika dan Kimia

Pencemaran oleh sulfur oksida terutama disebabkan oleh dua komponen sulfur bentuk gas yang tidak berwarna, yaitu sulfur dioksida (SO₂) dan Sulfur trioksida (SO₃), dan keduanya disebut sulfur oksida (SO_x). Sulfur dioksida mempunyai karakteristik bau yang tajam dan tidak mudah terbakar diudara, sedangkan sulfur trioksida merupakan komponen yang tidak reaktif. Pembakaran bahan-bahan yang mengandung Sulfur akan menghasilkan kedua bentuk sulfur oksida, tetapi jumlah relatif masing-masing tidak dipengaruhi oleh jumlah oksigen yang tersedia. Di udara SO₂ selalu terbentuk dalam jumlah besar. Jumlah SO₃ yang terbentuk bervariasi dari 1 sampai 10% dari total SO_x. Mekanisme pembentukan SO_x dapat dituliskan dalam dua tahap reaksi sebagai berikut :



SO₃ di udara dalam bentuk gas hanya mungkin ada jika konsentrasi uap air sangat rendah. Jika konsentrasi uap air sangat rendah. Jika uap air terdapat dalam jumlah cukup, SO₃ dan uap air akan segera bergabung membentuk droplet asam sulfat (H₂SO₄) dengan reaksi sebagai berikut :



Komponen yang normal terdapat di udara bukan SO₃ melainkan H₂SO₄ Tetapi jumlah H₂SO₄ di atmosfer lebih banyak dari pada yang dihasilkan dari emisi SO₃ hal ini menunjukkan bahwa produksi H₂SO₄ juga berasal dari mekanisme lainnya. Setelah berada di atmosfer sebagai SO₂ akan diubah menjadi SO₃ (Kemudian menjadi H₂SO₄) oleh proses-proses fotolitik dan katalitik Jumlah SO₂ yang teroksidasi menjadi SO₃ dipengaruhi oleh beberapa faktor termasuk jumlah air yang tersedia, intensitas, waktu dan distribusi spektrum sinar matahari, Jumlah bahan katalik, bahan sorptif dan alkalin yang tersedia. Pada malam hari atau kondisi lembab atau selama hujan SO₂ di udara diabsorpsi oleh

droplet air alkalin dan bereaksi pada kecepatan tertentu untuk membentuk sulfat di dalam droplet.

2. Sumber dan Distribusi

Dua pertiga hasil kegiatan manusia dan kebanyakan dalam bentuk SO_2 . Dua pertiga bagian lagi berasal dari sumber-sumber alam seperti vulkano dan terdapat dalam bentuk H_2S dan oksida. Masalah yang ditimbulkan oleh bahan pencemar yang dibuat oleh manusia adalah ditimbulkan oleh bahan pencemar yang dibuat oleh manusia adalah dalam hal distribusinya yang tidak merata sehingga terkonsentrasi pada daerah tertentu. Sedangkan pencemaran yang berasal dari sumber alam biasanya lebih tersebar merata. Tetapi pembakaran bahan bakar pada sumbernya merupakan sumber pencemaran SO_x . Pabrik peleburan baja merupakan industri terbesar yang menghasilkan SO_x . Hal ini disebabkan adanya elemen penting alami dalam bentuk garam sulfida misalnya tembaga (CuFeS_2 dan Cu_2S), seng (ZnS), Merkuri (HgS) dan Timbal (PbS). Kebanyakan senyawa logam sulfida dipekatkan dan dipanggang di udara untuk mengubah sulfida menjadi oksida yang mudah tereduksi. Selain itu sulfur merupakan kontaminan yang tidak dikehendaki didalam logam dan biasanya lebih mudah untuk menghasilkan sulfur dari logam kasar dari pada menghasilkannya dari produk logam akhirnya. Oleh karena itu SO_2 secara rutin diproduksi sebagai produk samping dalam industri logam dan sebagian akan terdapat di udara.

Tabel II.3 Sumber Pencemaran Gas SO_x

Sumber Pencemaran Udara	% Total
Transfortasi	2,4
Pembakaran Stasioner	73,5
Proses Industri	22,0
Pembungan Limbah	0,3
Sumber lain-lain	1,8

Sumber : Wardhana, 2004

3. Dampak Terhadap Kesehatan

Pencemaran SO_x menimbulkan dampak terhadap manusia dan hewan, kerusakan pada tanaman terjadi pada kadar sebesar 0,5 ppm. Pengaruh utama

polutan SO_x terhadap manusia adalah iritasi sistim pernafasan. Beberapa penelitian menunjukkan bahwa iritasi tenggorokan terjadi pada kadar SO_2 sebesar 5 ppm atau lebih bahkan pada beberapa individu yang sensitif iritasi terjadi pada kadar 1-2 ppm. SO_2 dianggap pencemar yang berbahaya bagi kesehatan terutama terhadap orang tua dan penderita yang mengalami penyakit khronis pada sistem pernafasan kadiovaskular. Individu dengan gejala penyakit tersebut sangat sensitif terhadap kontak dengan SO_2 , meskipun dengan kadar yang relatif rendah. Kadar SO_2 yang berpengaruh terhadap gangguan kesehatan adalah sebagai berikut :

Tabel II.4 Perpengaruh SO_2 Terhadap Kesehatan

Konsentrasi (ppm)	Pengaruh
3-5	Jumlah terkecil yang dapat dideteksi dari baunya
8-12	Jumlah terkecil yang segera mengakibatkan iritasi tenggorokan
20	Jumlah terkecil yang akan mengakibatkan iritasi mata
20	Jumlah terkecil yang akan mengakibatkan batuk
20	Maksimum yang diperbolehkan untuk konsentrasi dalam waktu lama
50-100	Maksimum yang diperbolehkan untuk kontrak singkat (30 menit)
400-500	Meskipun Berbahaya kontak secara singkat

4. Pengendalian

Ada dua hal yang harus dilakukan dalam proses pencegahan SO_2 di antaranya:

a. Pencegahan

➤ Sumber Bergerak

- Merawat mesin kendaraan bermotor agar tetap berfungsi baik
- Melakukan pengujian emisi dan KIR kendaraan secara berkala
- Memasang filter pada knalpot

➤ Sumber Tidak Bergerak

- Memasang scrubber pada cerobong asap.
- Merawat mesin industri agar tetap baik dan lakukan pengujian secara berkala.

- Menggunakan bahan bakar minyak atau batu bara dengan kadar Sulfur rendah.
- Bahan Baku
 - Pengelolaan bahan baku SO₂ sesuai dengan prosedur pengamanan.
- Manusia
 - Apabila kadar SO₂ dalam udara ambien telah melebihi Baku Mutu (365mg/Nm³ udara dengan rata-rata waktu pengukuran 24 jam) maka untuk mencegah dampak kesehatan, dilakukan upaya-upaya:
 - Menggunakan alat pelindung diri (APD), seperti masker gas.
 - Mengurangi aktifitas diluar rumah.
- b. Penanggulangan
 - Memperbaiki alat yang rusak
 - Penggantian saringan/filter
 - Bila terjadi/jatuh korban, maka lakukan :
 - Pindahkan korban ke tempat aman/udara bersih.
 - Berikan pengobatan atau pernafasan buatan.
 - Kirim segera ke rumah sakit atau Puskesmas terdekat.

D. Hidrokarbon (HC)

Hidrokarbon terdiri dari elemen hidrogen dan karbon. HC dapat berbentuk gas, cairan maupun padatan. Semakin tinggi jumlah atom karbon pembentuk HC, maka molekul HC cenderung berbentuk padatan. HC yang berupa gas akan tercampur dengan gas-gas hasil buangan lainnya. Sedangkan bila berupa cair maka HC akan membentuk semacam kabut minyak, bila berbentuk padatan akan membentuk asap yang pekat dan akhirnya menggumpal menjadi debu.

1. Sifat fisika dan kimia

Struktur Hidrokarbon (HC) terdiri dari elemen hidrogen dan karbon dan sifat fisik HC dipengaruhi oleh jumlah atom karbon yang menyusun molekul HC. HC adalah bahan pencemar udara yang dapat berbentuk gas, cairan maupun padatan. Semakin tinggi jumlah atom karbon, unsur ini akan cenderung berbentuk padatan. Hidrokarbon dengan kandungan unsur C antara 1-4 atom karbon akan berbentuk gas pada suhu kamar, sedangkan kandungan karbon

diatas 5 akan berbentuk cairan dan padatan. HC yang berupa gas akan tercampur dengan gas-gas hasil buangan lainnya. Sedangkan bila berupa cair maka HC akan membentuk semacam kabut minyak, bila berbentuk padatan akan membentuk asap yang pekat dan akhirnya menggumpal menjadi debu. Berdasarkan struktur molekulnya, hidrokarbon dapat dibedakan dalam 3 kelompok yaitu hidrokarbon alifalik, hidrokarbon aromatik dan hidrokarbon alisiklis. Molekul hidrokarbon alifalik tidak mengandung cincin atom karbon dan semua atom karbon tersusun dalam bentuk rantai lurus atau bercabang.

2. Sumber dan Distribusi

Sebagai bahan pencemar udara, Hidrokarbon dapat berasal dari proses industri yang diemisikan ke udara dan kemudian merupakan sumber fotokimia dari ozon. HC merupakan polutan primer karena dilepas ke udara ambien secara langsung, sedangkan oksidan fotokima merupakan polutan sekunder yang dihasilkan di atmosfer dari hasil reaksi-reaksi yang melibatkan polutan primer. Kegiatan industri yang berpotensi menimbulkan cemaran dalam bentuk HC adalah industri plastik, resin, pigmen, zat warna, pestisida dan pemrosesan karet. Diperkirakan emisi industri sebesar 10% berupa HC. Sumber HC dapat pula berasal dari sarana transportasi. Kondisi mesin yang kurang baik akan menghasilkan HC. Pada umumnya pada pagi hari kadar HC di udara tinggi, namun pada siang hari menurun. Sore hari kadar HC akan meningkat dan kemudian menurun lagi pada malam hari. Adanya hidrokarbon di udara terutama metana, dapat berasal dari sumber-sumber alami terutama proses biologi aktivitas geothermal seperti eksplorasi dan pemanfaatan gas alam dan minyak bumi dan sebagainya. Jumlah yang cukup besar juga berasal dari proses dekomposisi bahan organik pada permukaan tanah, Demikian juga pembuangan sampah, kebakaran hutan dan kegiatan manusia lainnya mempunyai peranan yang cukup besar dalam memproduksi gas hidrokarbon di atmosfer.

3. Dampak Kesehatan

Tabel II.5 Perpengaruh HC Terhadap Kesehatan

Jenis Hidrokarbon	Konsentrasi (ppm)	Dampak Kesehatan
Benzene (C ₆ H ₆)	100	Iritasi membran mukosa
	3.000	Lemas setelah ½ - 1 Jam
	7.500	Pengaruh sangat berbahaya setelah pemaparan
	20.000	Kematian setelah pemaparan 5 -10 menit
Toluena (C ₇ H ₈)	200	Pusing lemah dan berkunang-kunang setelah pemaparan 8 jam
	600	Kehilangan koordinasi bola mata terbalik setelah pemaparan 8 jam

Hidrokarbon yang ada di udara akan bereaksi dengan bahan-bahan lain dan akan membentuk ikatan baru yang disebut *plycyclic aromatic hidrocarbon* (PAH) yang banyak dijumpai di daerah industri dan padat lalulintas. Bila PAH ini masuk dalam paru-paru akan menimbulkan luka dan merangsang terbentuknya sel-sel kanker. Pengaruh hidrokarbon aromatic pada kesehatan manusia dapat terlihat pada tabel dibawah ini.

4. Pengendalian

a. Pencegahan

➤ Sumber Bergerak

- Merawat mesin kendaraan bermotor agar tetap baik.
- Melakukan pengujian emisi secara berkala dan KIR kendaraan.
- Memasang filter pada knalpot.

➤ Sumber Tidak Bergerak

- Memasang scrubber pada cerobong asap.
- Memodifikasi pada proses pembakaran.

➤ Manusia

Apabila kadar pada oksidan dalam udara ambien telah melebihi baku mutu (235 mg/Nm³ dengan waktu pengukuran 1jam) maka untuk mencegah dampak kesehatan dilakukan upaya-upaya:

- Menggunakan alat pelindung diri, seperti masker gas.
- Mengurangi aktifitas di luar rumah.

b. Penanggulangan

- Mengganti peralatan yang rusak.
 - Mengatur pertukaran udara didalam ruang, seperti menggunakan *exhaust-fan*.
- Bila jatuh korban keracunan maka lakukan :
- Berikan pengobatan atau pernafasan buatan.
 - Kirim segera ke Rumah Sakit atau Puskesmas terdekat.

E. Partikel

Partikel adalah pencemaran udara berbentuk padatan dalam berbagai ukuran yang terdapat bersama-sama dengan bahan atau bentuk pencemaran lainnya. Dalam pengertian yang lebih luas berkaitan dengan masalah pencemaran lingkungan, pencemaran partikel dapat meliputi berbagai macam bentuk, mulai dari bentuk yang sederhana sampai dengan bentuk yang rumit atau kompleks yang kesemuanya merupakan bentuk pencemaran udara.

1. Sifat Kimia dan Fisika

Partikulat debu melayang (*Suspended Particulate Matter/SPM*) merupakan campuran yang sangat rumit dari berbagai senyawa organik dan anorganik yang terbesar di udara dengan diameter yang sangat kecil, mulai dari <1 mikron sampai dengan maksimal 500 mikron. Partikulat debu tersebut akan berada di udara dalam waktu yang relatif lama dalam keadaan melayanglayang di udara dan masuk kedalam tubuh manusia melalui saluran pernafasan. Selain dapat berpengaruh negatif terhadap kesehatan, partikel debu juga dapat mengganggu daya tembus pandang mata dan juga mengadakan berbagai reaksi kimia di udara. Partikel debu SPM pada umumnya mengandung berbagai senyawa kimia yang berbeda, dengan berbagai ukuran dan bentuk yang berbeda pula, tergantung dari mana sumber emisinya. Karena Komposisi partikulat debu udara yang rumit, dan pentingnya ukuran partikulat dalam menentukan pajanan, banyak istilah yang digunakan untuk menyatakan partikulat debu di udara. Beberapa istilah digunakan dengan mengacu pada metode pengambilan sampel udara seperti: *Suspended Particulate Matter (SPM)*, *Total Suspended Particulate (TSP)*, *black smoke*. Istilah lainnya lagi lebih mengacu pada tempat di saluran pernafasan dimana partikulat debu dapat

mengedap, seperti inhalable/thoracic particulate yang terutama mengedap disaluran pernafasan bagian bawah, yaitu dibawah pangkal tenggorokan (larynx). Istilah lainnya yang juga digunakan adalah PM-10 (partikulat debu dengan ukuran diameter aerodinamik <10 mikron), yang mengacu pada unsur fisiologi maupun metode pengambilan sampel.

2. Sumber dan Kontribusi

Tabel II.6 Sumber Pencemaran Partikel

Sumber Pencemaran Udara	% Total
Transportasi	4,3
Pembakaran Stasioner	31,4
Proses Industri	26,5
Pembuangan Limbah	3,9
Sumber lain-lain	39,9

Sumber : Wardhana, 2004

Secara alamiah partikulat debu dapat dihasilkan dari debu tanah kering yang terbawa oleh angin atau berasal dari muntahan letusan gunung berapi. Pembakaran yang tidak sempurna dari bahan bakar yang mengandung senyawa karbon akan murni atau bercampur dengan gas-gas organik seperti halnya penggunaan mesin disel yang tidak terpelihara dengan baik. Partikulat debu melayang (SPM) juga dihasilkan dari pembakaran batu bara yang tidak sempurna sehingga terbentuk aerosol kompleks dari butir-butiran tar. Dibandingkan dengan pembakaraan batu bara, pembakaran minyak dan gas pada umumnya menghasilkan SPM lebih sedikit. Kepadatan kendaraan bermotor dapat menambah asap hitam pada total emisi partikulat debu. Demikian juga pembakaran sampah domestik dan sampah komersial bisa merupakan sumber SPM yang cukup penting. Berbagai proses industri seperti proses penggilingan dan penyemprotan, dapat menyebabkan abu berterbangan di udara, seperti yang juga dihasilkan oleh emisi kendaraan bermotor. Pencemaran partikel akibat kegiatan manusia sebagian besar berasal dari pembakaran batu bara, proses industri, kebakaran huatan dan gas buang transportasi seperti tampak pada tabel II.6

3. Dampak Terhadap Kesehatan

Inhalasi merupakan satu-satunya rute pajanan yang menjadi perhatian dalam hubungannya dengan dampak terhadap kesehatan. Walau demikian ada juga beberapa senjawa lain yang melekat bergabung pada partikulat, seperti timah hitam (Pb) dan senyawa beracun lainnya, yang dapat memajan tubuh melalui rute lain. Pengaruh partikulat debu bentuk padat maupun cair yang berada di udara sangat tergantung kepada ukurannya. Ukuran partikulat debu bentuk padat maupun cair yang berada di udara sangat tergantung kepada ukurannya. Ukuran partikulat debu yang membahayakan kesehatan umumnya berkisar antara 0,1 mikron sampai dengan 10 mikron. Pada umumnya ukuran partikulat debu sekitar 5 mikron merupakan partikulat udara yang dapat langsung masuk kedalam paru-paru dan mengendap di alveoli. Keadaan ini bukan berarti bahwa ukuran partikulat yang lebih besar dari 5 mikron tidak berbahaya, karena partikulat yang lebih besar dapat mengganggu saluran pernafasan bagian atas dan menyebabkan iritasi. Keadaan ini akan lebih bertambah parah apabila terjadi reaksi sinergistik dengan gas SO₂ yang terdapat di udara juga. Selain itu partikulat debu yang melayang dan berterbangan dibawa angin akan menyebabkan iritasi pada mata dan dapat menghalangi daya tembus pandang mata, adanya ceceran logam beracun yang terdapat dalam partikulat debu di udara merupakan bahaya yang terbesar bagi kesehatan. Pada umumnya udara yang tercemar hanya mengandung logam berbahaya sekitar 0,01% sampai 3% dari seluruh partikulat debu di udara Akan tetapi logam tersebut dapat bersifat akumulatif dan kemungkinan dapat terjadi reaksi sinergistik pada jaringan tubuh, Selain itu diketahui pula bahwa logam yang terkandung di udara yang dihirup mempunyai pengaruh yang lebih besar dibandingkan dengan dosis sama yang berasal dari makanan atau air minum. Oleh karena itu kadar logam di udara yang terikat pada partikulat patut mendapat perhatian .

4. Pengendalian

➤ Pencegahan

- Dengan melengkapi alat penangkap debu (*Electro Precipitator*).
- Dengan melengkapi water sprayer pada cerobong.
- Pembersihan ruangan dengan sistim basah.

- Pemeliharaan dan perbaikan alat penangkap debu.
- Menggunakan masker.

➤ Penanggulangan

- Memperbaiki alat yang rusak

2.3 Deposisi Asam

Deposisi asam merupakan fenomena pencemaran udara yang banyak dikaitkan dengan aktifitas energi yang menghasilkan bahan pencemar gas utama seperti SO_2 dan NO_x . Emisi gas-gas SO_2 dan NO_x disuatu negara belum tentu menyebabkan hujan asam pada negara tersebut, tetapi dapat terjadi pada negara-negara tetangganya.

Menurut (Pranoto,2002) Deposisi asam adalah istilah yang digunakan untuk menggambarkan apa yang akan terjadi apabila pencemar-pencemar yang bersifat asam di atmosfer jatuh atau turun ke permukaan bumi. Atmosfer meliputi 0.03% karbon dioksida yang dalam keseimbangan dengan air sebagai presipitasi, menghasilkan pH sekitar 5,7 (Gorham,1976).

Di dalam air hujan yang dipengaruhi oleh pencemar atmosfer, penambahan keasaman biasanya disebabkan oleh tiga asam mineral : asam sulfat, nitrat, dan hidroklorat. Umumnya, ion sulfat menonjol dengan perbandingan jumlah yang lebih sedikit dari ion nitrat dan hampir sama rendah jumlahnya dengan ion klorida.

Terdapat dalam batu bara dalam jumlah 1-3% dan di dalam hasil-hasil minyak bumi jumlahnya dapat lebih tinggi. Sumber-sumber sulfur yang penting lainnya adalah peleburan bijih sulfida dan gunung berapi (Gorham,1976). Pembakaran bahan bakar fosil menghasilkan sulfur dioksida yang kemudian dapat dioksidasi dan diubah menjadi asam sulfat. Oksidasi sulfur dioksida dalam buangan gas sangat dipengaruhi oleh kelembaban relatif (Gorham,1976).

Oksidasi lambat terjadi pada kelembaban relatif di bawah 70%, tetapi pada kelembaban yang lebih tinggi oksidasi relatif lebih cepat dan terjadi perubahan menjadi asam sulfat. Garam mangan dan besi dari debu yang terbang mengkatalisasi reaksi ini.

Oksida nitrogen asam nitrat secara alamiah dihasilkan di dalam atmosfer oleh pembuangan energi dalam kilatan petir (Butler, F.C, 1979).

Namun, sumber pencemar utama dari zat ini adalah proses pembakaran internal. Presipitasi asam sebagian dapat dinetralisasi oleh adanya basa-basa di atmosfer seperti amonia dan percikan air laut (Gorham, 1976).

Deposisi asam terjadi akibat pengaruh pencemaran oksida-oksida sulfur (SO_x) dan oksida-oksida Nitrogen (NO_x) yang berasal dari proses pembakaran bahan bakar fosil dari ketel boiler di industri, pembangkit tenaga listrik, dan dari gas buang kendaraan bermotor yang dipancarkan ke udara atau yang dibawa angin ke atmosfer. Gas-gas tersebut bereaksi dengan uap air, oksigen, atau partikel debu, dan dengan bantuan sinar matahari akan mempercepat reaksi terbentuknya asam sulfat dan asam nitrat. Jika asam – asam yang terbentuk di udara tersebut terkena air hujan, salju es ataupun kabut yang jatuh ke bumi maka akan menjadi hujan asam.

2.3.1 Proses deposisi Asam

Zat utama penyusun terjadinya deposisi asam adalah sulfur dioksida (SO_2) dan nitrogen oksida (NO_x). Di alam, keduanya dihasilkan dari aktifitas alam dan manusia. Sekitar 50% SO_2 yang di atmosfer adalah alamiah, antara lain dari letusan gunung berapi dan kebakaran hutan. Sumber SO_2 lainnya berasal dari kegiatan antropogenik yaitu berasal dari aktifitas manusia, terutama dari kegiatan antropogenik yaitu dari aktifitas manusia, terutama dari pembakaran bahan-bahan fosil dan peleburan logam, sekitar 50% NO_x yang teremisikan di atmosfer merupakan hasil pembakaran pada kendaraan bermotor sebagai sumber penggerak. Pembangkit tenaga listrik menyumbang sekitar 40% dari sumber tidak bergerak. NO_x juga di emisikan dari kegiatan antropogenik seperti boiler industri, gas turbin dan lain-lain. Sumber alamiah NO_x meliputi petir tanah dan kebakaran hutan

Bahan-bahan pencemaran udara yang memberikan kontribusi terhadap air permukaan pada umumnya diemisikan oleh gas-gas sulfur dioksida (SO_2), nitrogen oksida (NO_x) dan amoniak (NH_3). Gas-gs yang menyebabkan keasaman ini bereaksi dengan oksigen di atmosfer membentuk H_2SO_4 dan HNO_3 . Selama proses oksidasi, gas SO_2 menjadi sulfat (SO_4^{2-}), partikel dan asam nitrit yang

berada dalam bentuk gas atau partikel atau tetesan awan dilepas dari atmosfer secara langsung atau dalam bentuk air hujan atau salju. Deposisi asam dapat diartikan sebagai turunya asam dari atmosfer ke bumi (Sutamihardja, 2009).

Berdasarkan hal tersebut deposisi asam terjadi dalam dua proses.

a. Proses deposisi basah (*wet deposition*).

Proses deposisi basah (*wet deposition*) yang merupakan proses hujan asam yang terjadi karena bercampurnya asam sulfat, asam sulfat, asam nitrit, asam nitrat dengan uap air di udara menyatu ke dalam awan dan jatuh ke tanah dalam bentuk hujan, salju dan kabut. Deposisi basah juga dapat terjadi karena hujan turun melalui udara yang mengandung asam, sehingga asam itu terlarut ke dalam air hujan dan turun ke bumi. Deposisi basah dapat terjadi di daerah yang sangat jauh dari sumber emisi. Hujan asam terjadi bila pH air hujan lebih rendah dari 5,6 yang akan mempengaruhi makhluk hidup maupun benda-benda lain. Sedangkan hujan normal adalah yang tidak tercemar, dengan pH air hujan 5,6 dan sedikit bersifat asam. Hal ini terjadi karena terlarutnya asam karbonat (H_2CO_3) yang terbentuk dari gas CO_2 di dalam air hujan. Asam karbonat tersebut bersifat asam lemah, sehingga tidak merendahkan pH air hujan. Jika air hujan terkontaminasi oleh asam kuat, maka pH air hujan akan turun di bawah 5,6. Deposisi asam yang dihasilkan menyebabkan kerusakan lingkungan yang serius terhadap ekosistem air dan tanah, bangunan-bangunan bersejarah serta gedung.

b. Proses yang kedua adalah deposisi kering (*dry deposition*).

Proses yang kedua adalah deposisi kering (*dry deposition*) terjadi pada waktu cuaca berawan dan tidak hujan. Nitrogen oksida dan sulfur oksida masuk ke atmosfer melalui angin dan terdeposisi pada pohon-pohon, gedung-gedung dan bahkan dalam sistem pernafasan manusia. Deposisi kering ini mengacu pada proses jatuhnya asam ke bumi melalui gas dan debu atau partikel, hampir setengah dari deposisi asam terjadi secara kering (EPA, 2002). Deposisi kering ini banyak terjadi di daerah perkotaan karena pencemaran udara yang bersumber dari cerobong asap pabrik dan lalu lintas kendaraan bermotor.

Deposisi kering pada umumnya terjadi di tempat yang dekat dengan sumber emisi.

2.3.2 Dampak Deposisi Asam

Deposisi asam akan berdampak pada peningkatan derajat keasaman di permukaan bumi. Peningkatan derajat disebut asidifikasi, Asidifikasi berpengaruh terhadap ekosistem di permukaan bumi, baik ekosistem air maupun ekosistem darat (Sutamihardja,2009).

SO₂ dalam atmosfer dapat berhubungan timbal balik dengan makhluk hidup dalam berbagai cara. SO₂ dapat diserap pada permukaan tanaman lembab, tanah dan sistem perairan . SO₂ dapat di ubah menjadi asam sulfat dan tertinggal dalam atmosfer sebagai butir aerosol yang dihasilkan oleh presipitasi. Presipitasi mengandung 40-80% sulfur yang tersimpan didalam tanah dan sisanya secara langsung terserap pada permukaan.

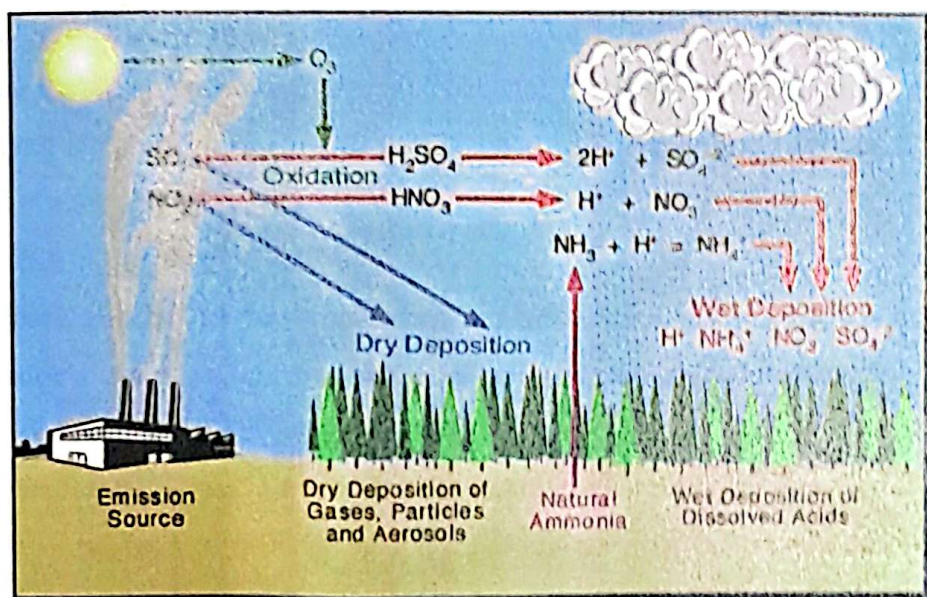
Dampak aerosol dan partikel debu yang membentuk asam pada permukaan mungkin merupakan mekanisme penting lainnya dari perpindahan bahan yang mengandung sulfur dari atmosfer ke permukaan bumi. Cerobong asap yang tinggi bersamaan dengan keadaan meterologi dan atmosfer yang sesuai dapat menyebabkan perpindahan dan penimbunan sulfat ribuan kilometer dari sumber emisi. Deposisi basah dapat terlihat terasa seperti hujan biasa yang bersih. Deposisi basah dapat mengganggu kesehatan makhluk hidup secara tidak langsung. Polutan yang menyebabkan hujan asam seperti sulfur dioksida (SO₂) dan nitorgen oksida (NO_x) dapat mengganggu kesehatan manusia.

Deposisi asam yang dihasilkan menyebabkan kerusakan lingkungan yang serius terhadap ekosistem air dan tanah, bangunan-bangunan bersejarah serta gedung (Sutamihardja,2009).

Deposisi asam dapat merusak tanaman dengan cara yang sama. Tanaman pangan biasanya tidak terkena dampak serius dikarenakan penambahan pupuk kedalam tanah untuk menggantikan nutrisi yang telah hilang dari dalam tanaman. Penambahan kapur halus (bahan alkali) ke dalam tanah dapat dilakukan untuk meningkatkan kemampuan tanah dalam bertindak sebagai penyangga terhadap keasaman.

Presipitasi berpengaruh pada ekosistem air secara kimiawi dan biologis, perubahan secara kimiawi ditandai dengan hilangnya kapasitas penyangga, terjadinya penurunan pH dalam jangka pendek disebabkan oleh hujan. Ketersediaan zat-zat makanan berkurang karena menurunnya remineralisasi dan juga memungkinkan peningkatan kepekatkan logam berat. Perubahan secara biologis ditandai dengan berkurangnya aktifitas akumulasi bahan-bahan organik.

Prepitalisasi asam berpengaruh pada ekosistem darat terutama tumbuhan. Kerusakan pada struktur permukaan daun dapat terjadi akibat erosi yang dipercepat pada lapisan kutikula yang melindungi organ daun. Kerusakan langsung pada sel-sel permukaan tanaman juga terjadi akibat kepekatkan asam sulfat yang karena penguapan dan partikel debu. Deposisi asam dapat mempengaruhi mikroorganisme yang memecah sisa-sisa tanaman.



Sumber : Pidwirny. 2006.

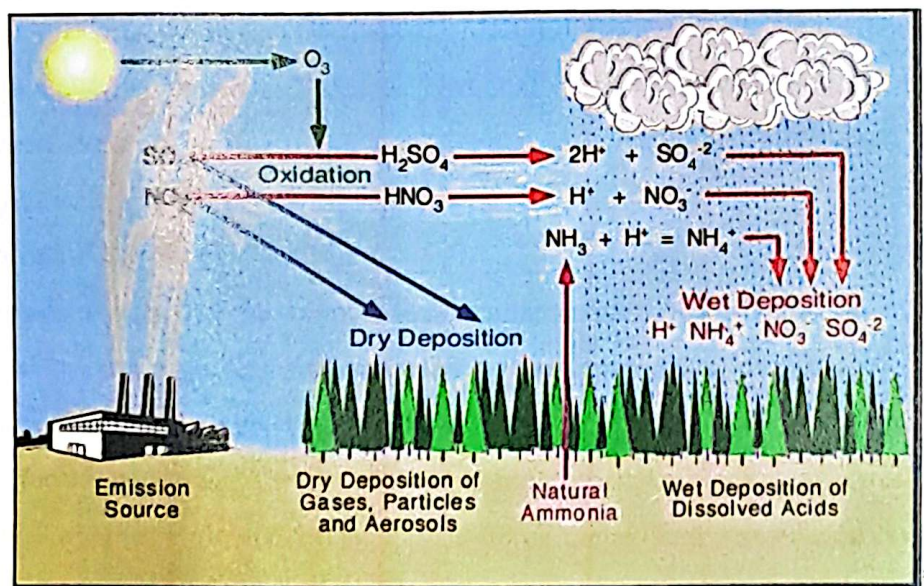
Gambar II.2 Proses Terjadinya Hujan Asam

2.3.3 Pemantauan Deposisi Asam

Indonesia adalah salah satu jaringan pemantau deposisi asam di Asia timur (EANET) yang diikuti oleh beberapa negara. Jaringan pemantauan deposisi asam di Asia Tenggara (EANET) bertujuan mengolah informasi tentang deposisi asam, membentuk pemahaman dan pengetahuan ilmiah yang umum dan memperjelas

Presipitasi berpengaruh pada ekosistem air secara kimiawi dan biologis, perubahan secara kimiawi ditandai dengan hilangnya kapasitas penyangga, terjadinya penurunan pH dalam jangka pendek disebabkan oleh hujan. Ketersediaan zat-zat makanan berkurang karena menurunnya remineralisasi dan juga memungkinkan peningkatan kepekaan logam berat. Perubahan secara biologis ditandai dengan berkurangnya aktifitas akumulasi bahan-bahan organik.

Prepitalisasi asam berpengaruh pada ekosistem darat terutama tumbuhan. Kerusakan pada struktur permukaan daun dapat terjadi akibat erosi yang dipercepat pada lapisan kutikula yang melindungi organ daun. Kerusakan langsung pada sel-sel permukaan tanaman juga terjadi akibat kepekaan asam sulfat yang karena penguapan dan partikel debu. Deposisi asam dapat mempengaruhi mikroorganisme yang memecah sisa-sisa tanaman.



Sumber : Pidwimy, 2006.

Gambar II.2 Proses Terjadinya Hujan Asam

2.3.3 Pemantauan Deposisi Asam

Indonesia adalah salah satu jaringan pemantau deposisi asam di Asia Timur (EANET) yang diikuti oleh beberapa negara. Jaringan pemantauan deposisi asam di Asia Tenggara (EANET) bertujuan mengolah informasi tentang deposisi asam, membentuk pemahaman dan pengetahuan ilmiah yang umum dan memperjelas

sumber-sumber emisi dan pentingnya menurunkan jumlah emisi yang ada di negara-negara anggota (ADORC,2000).

Sebagai anggota EANET Kegiatan pemantauan desposisi asam yang dilakukan di Indonesia meliputi:

- a. Desposisi basah (*wet deposition*)
- b. Desposisi Kering (*Dry deposition*)

Untuk melaksanakan pemantau desposisi asam, telah dibuat jaringan pemantauan desposisi asam dimana Deputi bidang Peningkatan Konversi Sumber daya Alam dan Pengendalian Kerusakan Lingkungan menjadi *National Focal point* Untuk kegiatan pemantauan dampak deposisis asam di Indonesia. Pusat sarana Pengendalian Dampak Lingkungan (Pusarpedal) ditunjuk sebagai *National Center*, sedangkan pada satuan tugas (*Tags Force*) pemantau terdiri dari Badan Meteorologi Klimatologi dan Geofisika (BMKG), Puslibang Air, Departemen PU, Lembaga Penerbangan dan Antariksa Nasional (LAPAN), Balai Besar Sumber Daya lahan Pertanian, Pusat Penelitian Kehutanan, Departemen Kehutanan daan Pusat Limnologi-LIPI.

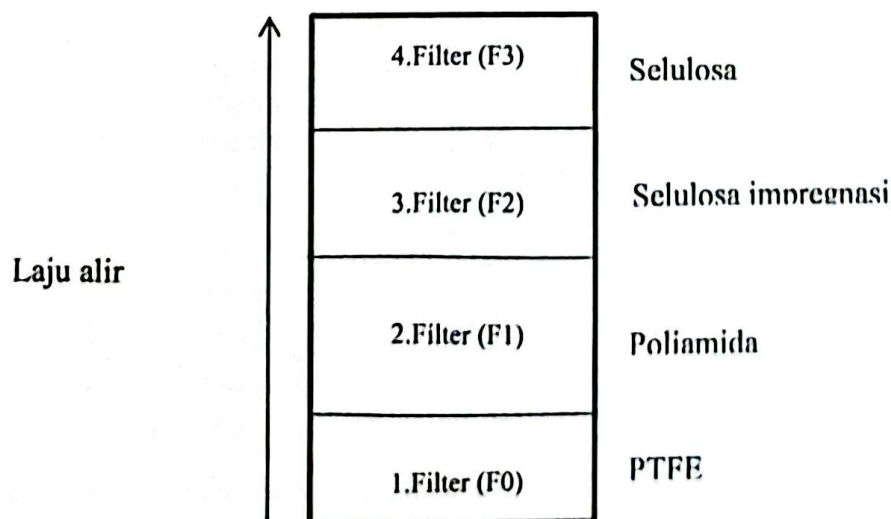
2.4 Metode *Four Stage Filter Pack*

Menurut EANET di antara metode pemantauan konsentrasi udara, paket filter telah diadopsi untuk program pemantauan pengendapan kering di Amerika Utara dan Eropa, yaitu CASTNet (AS), CAPMoN (Kanada) dan EMEP3(Eropa). Jepang, terutama Jepang Environmental Laboratories Association (JELA), dan Republik Korea juga memiliki pengalaman untuk melakukan pemantauan dengan menggunakan metode filter pack untuk waktu lama. Malaysia, Mongolia, Filipina Rusia dan Vietnam telah melakukan pemantauan konsentrasi udara dengan menggunakan metode filter empat tahap JELA sejak tahap persiapan EANET.

Sejalan dengan saran Program QA/QC dan sebagai tanggapan atas permintaan negara peserta EANET menggunakan paket filter, dokumen ini telah dikembangkan sebagai referensi untuk metode ini. Draft awal dokumen teknis dikembangkan oleh Sekretariat *Task Force* (Pusat Jaringan untuk EANET) dan kemudian didistribusikan di antara anggota Satuan Tugas pada bulan September 2002. Draf pendahuluan juga diperkenalkan pada *Third Senior Technical*

Managers ' Pertemuan EANET (STM3) diadakan pada tanggal 2-4 Oktober 2002 di Niigata, Jepang. Berdasarkan komentar dari *Task Force* dan di STM3, versi revisi (versi November 2002) disiapkan dan diperkenalkan di SAC2 yang diadakan pada tanggal 25-27 November 2002 di Bangkok, Thailand. Setelah itu, draf yang telah direvisi (versi April 2003) disiapkan berdasarkan komentar di SAC2 dan penyelidikan lebih lanjut mengenai metode paket filter dan kemudian didistribusikan di antara anggota Satuan Tugas. Dengan mempertimbangkan komentar pada draft yang direvisi oleh anggota *Task Force* dan pertukaran informasi di STM4 yang diadakan pada tanggal 1-3 Oktober 2003, draf terakhir disiapkan dan diserahkan ke SAC3 yang diadakan pada tanggal 24-26 November 2003 di Pattaya, Thailand. Dokumen ini akhirnya disahkan oleh SAC3. Dokumen ini menjelaskan hal-hal mendasar untuk metode paket filter EANET. Selain itu, penjelasan lebih rinci untuk metode empat tahap JELA dilampirkan pada dokumen ini untuk mendapatkan informasi sebagai Lampiran , karena sebagian besar negara peserta EANET (delapan di tahun 2002) menggunakan metode ini.

Penentuan konsentrasi masing-masing parameter partikel dan gas maka partikel SO_4^{2-} NO_3^- Cl^- NH_4^+ Na^+ K^+ Ca^{2+} Mg^{2+} dan gas-gas SO_2 , HNO_3 , HCl , NH_3 yang terdapat di udara akan diserap dengan menggunakan Metode *Four Stage Filter Pack*. Analisis parameter deposisi kering dilakukan dengan menggunakan alat kromatografi ion.



Gambar II.3 Diagram Skematik metode *Four Stage Filter Pack*.

Filter polytertrfluoroethylene (PTFE) digunakan sebagai (F0) dalam metode Metode *Four Stage Filter Pack* karena terbukti dapat mengumpulakn sulfat (SO_2 dan SO_4^{2-}), nitrat (HNO_3 dan NO_3^-) dan amonium (NH_3 dan NH_4^+) dengan sangat baik dan tidak ada kebocoran terlepas dari filter yang digunakan (Aikawa, 2010). Analisis parameter metode *Four Stage Filter Pack* dapat dilihat pada tabel 2.7:

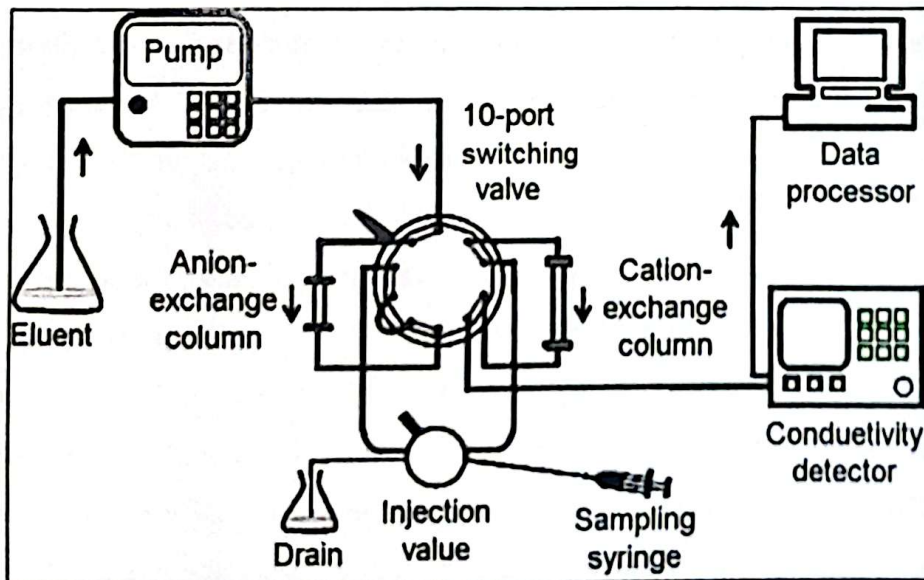
Tabel 2.7 Analisis Parameter Metode *Four Stage Filter Pack*

Urutan	Ion	Senyawa yang terkumpul
F0	SO_3^{2-} , NO_3^- , Cl^- , Na^+ , K^+ , Mg^{2+} , NH_4^+ , Ca^+	Aerosol
F1	SO_4^{2-} , NO_3^- , Cl^- , NH_4^+	SO_2 , HNO_3 , HCl , NH_3
F2	SO_4^{2-} , Cl^- ,	SO_2 , HCl
F3	NH_4^+	NH_3

Sumber : EANET,2003

2.5 Kromotografi Ion

Kromotografi ion merupakan salah satu bagian dari bidang ilmu kromotografi. Kromotografi ion adalah sebuah teknik analisis untuk memisahkan dan menentukan anion dan kation. Penggunaan dari teknik ini banyak di aplikasikan dalam menganalisis sejumlah jenis sampel air di alam sebagai bentuk monitoring terhadap kondisi lingkungan sekitar (Amin,2009).



Gambar II.4 Rangkaian Alat atau Komponen Dasar Kromotografi Ion

- Eluent, yang berfungsi sebagai fase gerak yang akan membawa sampel tersebut masuk ke dalam kolom pemisah.

- b. Pompa, yang berfungsi untuk mendorong eluent dan sampel tersebut masuk ke dalam kolom. Kecepatan alir ini dapat dikontrol dan perbedaan kecepatan bisa mengakibatkan perbedaan hasil
 - c. Injektor, tempat memasukkan sampel dan kemudian sampel dapat didistribusikan masuk ke dalam kolom.
 - d. Kolom pemisah ion, berfungsi untuk memisahkan ion-ion yang ada dalam sampel. Keterpaduan antara kolom dan eluent bisa memberikan hasil/puncak yang maksimal, begitu pun sebaliknya, jika tidak ada kesesuaian, maka tidak akan memunculkan puncak.
 - e. Detektor, yang berfungsi membaca ion yang lewat ke dalam detektor.
 - f. Rekorder data, berfungsi untuk merekam dan mengolah data yang masuk
- Kolom pemisah kation dan kolom pemisah anion menjadi inti dalam teknik pemisah kromatografi ion. Ketika sampel dialirkan dilewatkan dalam kolom, sehingga puncaknya yang keluar/muncul secara bergantian dan berurutan . kolom resin pemisah ion digunakan untuk memisahkan sejumlah anion dan kation atau sama lainnya. Kation anorganik dipisahkan pada kolom resin pemisah kation, sementara anion anorganik dipisahkan pada kolom resin pemisah anion. Kation mempunyai afinitas elektron yang berbeda atau sama lain, sehingga selektivitas dan waktu muncul (sebagai puncak) pun akan berbeda. Istilah yang tepat untuk kasus ini adalah mempunyai waktu retensi (t_R = retention time) yang berbeda (Amin,2009).

2.5.1 Kegunaan Kromatografi Pertukaran Ion

Beberapa kegunaan Kromatografi Pertukaran Ion lainnya :

- a. Untuk menghilangkan ion

Untuk menghilangkan ion-ion keseluruhannya, air tersebut dapat dialirkan melalui penukar kation, kemudian dialirkan melalui penukar anion, yang akan menghilangkan semua anion dan diganti dengan ion hidroksida. Bila kedua resin tersebut (kation dan anion) dijadikan satu, penghilangan kedua jenis ion tersebut sekaligus dapat dikerjakan.

- b. Mengkonsentrasikan komponen berkadar kecil

...the

... ..

... ..

BAB III

METODOLOGI PENELITIAN

3.1 Waktu dan Tempat Penelitian

Penelitian ini dilakukan pada tanggal 15 Maret-30 Agustus tahun 2016, dan tempat pelaksanaan kegiatan penelitian ini dilakukan di tempat PPPKLL-KLHK (Pusat Penelitian dan Pengembangan Kualitas dan Laboratorium Lingkungan-Kementerian Lingkungan Hidup dan Kehutanan) kawasan Puspitek Serpong, Kota Tangerang Selatan, Propinsi Banten, kemudian penyusunan laporan penelitian ini dilaksanakan di Politeknik STMI Jakarta Kementerian Perindustrian RI.

3.2 Alat dan Bahan

3.2.1 Alat

Alat-alat yang digunakan pada penelitian ini, yaitu :

1. LVS (*Low Volume Sampler*)
2. *Four Stage Filter Pack*
3. *Ion Chromatography*

3.2.2 Bahan

Bahan-bahan yang digunakan dalam penelitian ini terdiri dari :

K_2CO_3 , H_3PO_4 , Na_2CO_3 , gliserin, aquades (DHL < 1 $\mu S/cm$).

Filter sesuai spesifikasi pada tabel 6 :

Tabel III.1 Spesifikasi filter Metode *Four Stage Filter Pack*

Urutan	Spesifikasi Filter	Senyawa yang terkumpul
F0	Filter PTFE, T080A047A/ADVANTEC (ukuran pori: 0,8 μm , \varnothing :47 mm)	Aerosol
F1	Filter poliamida ULTIPOR N66 / PAL (ukuran pori : 0,45, \varnothing :47 mm)	HNO_3 , SO_2 , HCL, NH_3
F2	Filter Impregnasi, 51 A/ADVANTEC \varnothing :47 mm Larutan: K_2CO_3 6% + Gliserin 2 %	SO_2 , HCL
F3	Filter Impregnasi, 51 A/ADVANTEC \varnothing :47 mm Larutan: H_3PO_4 5% + Gliserin 2 %	NH_3

Sumber : EANET, 2003

3.3 Variabel

Dalam penelitian ini ada dua variabel yaitu variabel dalam penelitian ini terdiri dari :

3.3.1 Variabel tetap

1. laju alir pompa 1L/menit.
2. Aquades (DHL <math><1 \mu\text{S/cm}</math>).
3. Volume sampel dengan koreksi pada $20^{\circ}\text{C}(\text{m}^3)$

3.3.2 Variabel bebas

Variabel bebas (*independent variable*) yaitu variabel yang apabila berubah akan mengakibatkan perubahan variabel lain. Variabel bebas dalam penelitian ini.

1. Jumlah presentasi larutan K_2CO_3 6% , Gliserin 2 % , H_3PO_4 5%.
2. Ukuran jenis dan ukuran pori filter:
 - Filter PTFE, T080A047A/ADVANTEC (ukuran pori: $0,8 \mu\text{m}$, $\text{Ø}:47 \text{ mm}$),
 - Filter poliamida ULTIPOR N66 / PAL (ukuran pori : $0,45$, $\text{Ø}:47 \text{ mm}$),
 - Filter Impregnasi, 51 A/ADVANTEC $\text{Ø}:47 \text{ mm}$,
 - Filter Impregnasi, 51 A/ADVANTEC $\text{Ø}:47 \text{ mm}$

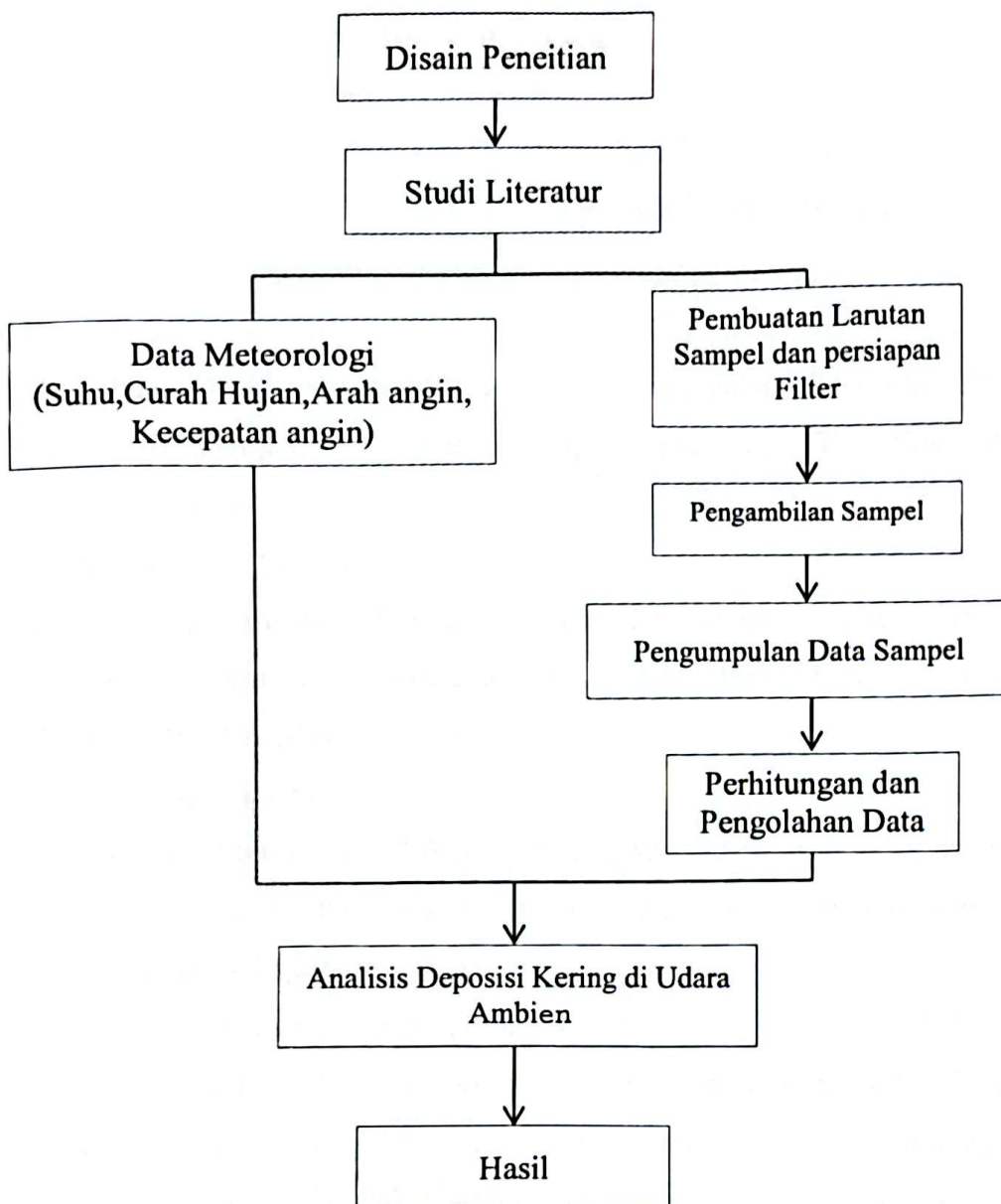
3.3.3 Variabel Terikat

Variabel terikat (*dependent variable*) yaitu variabel yang berubah akibat perubahan variabel bebas.

- Senyawa Aerosol,
- HNO_3 ,
- SO_2 ,
- HCL,
- NH_3 (nmol/m^3)

3.4 Metodologi Penelitian

Metodologi penelitian ini secara ringkas dapat dijabarkan dalam diagram sebagai berikut :



Gambar III.1 Skema Penelitian

3.4.1 Studi Literatur

Studi literatur yaitu metode dengan mengumpulkan, mengidentifikasi serta mengetahui sistem kerja yang dapat digunakan mengenai teori-teori yang berkaitan dengan pokok permasalahan. Metode ini dilakukan dengan mempelajari literatur yang berkaitan dengan objek studi yang diperoleh dari literatur-literatur seperti buku, bahan kuliah, media internet, jurnal dan media lainnya sehingga hasil yang didapatkan bersifat ilmiah.

3.4.2 Pembuatan larutan Sampel dan Persiapan filter

a. Pembuatan Larutan Sampel

- Larutan Impregnasi asam K_2CO_3 dimasukkan ke dalam labu ukur 500 ml kemudian ditambahkan aquades sampai tanda tera. Digunakan aquades dengan DHL $< 1 \mu S/cm$.
- Larutan impregnasi basa
Ditimbang 4.14 gram $NaHCO_3$ dimasukkan ke dalam labu ukur 500 ml kemudian ditambahkan aquades sampai tanda tera. Digunakan dengan DHL, $< 1 \mu S/cm$.
- Larutan H_2SO_4 25 mM
Di pipet 2,8 larutan H_2SO_4 pekat dimasukkan ke dalam labu ukur 200ml kemudian ditambahkan aquades sampai tanda tera. Digunakan aquades dengan DHL $< 1 \mu S/cm$.
- Larutan H_2O_2 0,05%
Dipipet 0,143 ml H_2O_2 35% lalu dimasukkan ke dalam labu ukur 100ml kemudian ditambahkan aquades sampai tanda tera. Digunakan aquades dengan DHL $< 1 \mu S/cm$.
- Eluen 0,3 mM $NaHCO_3$ dan 2,7 mM Na_2CO_3
Dipipet 1,2 ml $NaHCO_3$ 0,0003 M dan 10,8 ml Na_2CO_3 0,0027 M lalu dimasukkan ke dalam labu ukur 200ml kemudian ditambahkan aquades sampai tanda tera. Digunakan aquades dengan DHL DHL $< 1 \mu S/cm$.

b. Preparasi Filter

Filter PTFE (ukuran pori: $0.8\mu m$, diameter: 47mm) direkomendasikan sebagai filter pertama (F0). Filter poliamida (ukuran pori: $0.45\mu m$, diameter: 47mm) direkomendasikan sebagai Filter kedua (F1). Saringan ketiga (F2) direkomendasikan untuk dijadikan filter selulosa (Diameter: 47mm) diresapi dengan larutan yang dibuat dengan mencampur 6% K_2CO_3 + 2% Gliserin dalam air murni. Filter keempat (F3) dibuat dari filter selulosa (diameter: 47mm) diimpregnasi dengan larutan asam fosfat 5% campuran gliserol 2% di air murni.

Prosedur persiapan yang direkomendasikan dari filter yang mengandung alkohol alkali (F2) digambarkan sebagai Langkah berikut:

1. Siapkan larutan campuran (K_2CO_3 6 % + Gliserin 2 %) Disiapkan 3 buah gelas piala 500 ml, diberi tanda nomor 1,2,3 pada tiap gelas piala. Ditimbang 3 gram K_2CO_3 dan 1 gram gliserin dalam setiap gelas piala. Dituangkan aquades ($EC < 0,15$ mS/m) kedalam tiap gelas piala dan tera sampai 500 ml.
2. Dimasukan filter selulosa kedalam gelas piala no 1 lalu diaduk dengan pengaduk gelas.
3. Diambil filter dari gelas piala nomor 1 dengan menggunakan pinset plastik lalu dimasukan kedalam gelas piala nomor 2 (pembilasan).
4. Diambil filter dari gelas piala nomor 2 dengan menggunakan pinser plastik lalu dimasukan kedalam gelas piala no 3 (pembilasan).
5. Diambil filter dari gelas piala no 3 dengan menggunakan pinset plastik lalu disimpan diantara dua lapisan filter selulosa besar (ADVANTEC NO 590) untuk menyerap sisa air.
6. Disimpan filter yang telah terimpegrasi dalam tempat filter plastik yang ebrsih lalu ditutup dalam kantong polietilen yang ditandai dengan K_2CO_3
7. Kembali ke langkah no 2 untuk filter berikutnya

Prosedur yang direkomendasikan untuk preparasi saringan impregnasi asam (F3) dijelaskan Sebagai langkah berikut:

1. Siapkan larutan campuran H_3PO_4 5 % + Gliserin 2 % disiapkan 3 buah gelas piala 500 ml,
2. diberikan tanda no 1, 2 dan 3 pada setiap gelas piala. Dituangkan aquades ($EC < 0,15$ mS/m) ke dalam setiap gelas piala dan ditera sampai 500 ml,
3. dimasukan filter selulosa ke dalam gelas piala nomor 1 dengan menggunakan pinset plastik lalu dimasukan kedalam gelas piala nomer 2 untuk pembilasan.
4. Diambil filter dari gelas piala nomor 2 dengan menggunakan pinset plastik lalu dimasukan kedalam gelas piala nomor 3 (pembilasan).
5. Diambil filter gelas piala nomor 3 dengan menggunakan pinset plastik lalu disimpan di antara dua lapisan filter selulosa besar (ADVANTEC No 590) untuk menyerap sisa air.

6. Disimpan filter yang telah terimpegrasi dalam tempat filter plastik yang bersih lalu tutup dalam kantong polietilen yang ditandai dengan H_3PO_4
7. Kembali ke langkah 2) untuk filter berikutnya.

3.4.3 Penyimpanan Filter Dalam Holder

PTFE, poliamida, filter impregnasi alkali dan filter impregnasi asam disimpan dalam urutan F0, F1, F2, F3 pada penyangga filter dengan menggunakan pinset plastik lalu ditutup dengan kuat dan disimpan dalam kantong polietilen. Holder yang telah berisi filter tersebut akan dibawa kelokasi sampling maka harus dimasukkan kedalam kotak.

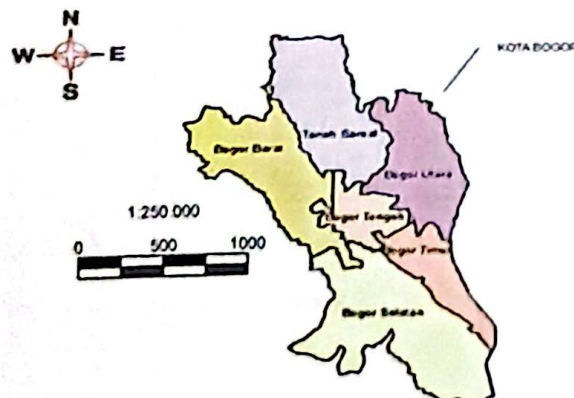
3.5 Pengambilan Sampel Uji

Pembambilan sampel di lakukan di dua tempat yakni di stasiun BMKG Dermaga Situ Kota Bogor dan di Lingkungan Hidup dan Kehutanan (P3KLL-KLHK) Sepong, Kota Tangerang Pusat Penelitian dan Pengembangan Kualitas dan Laboratorium Lingkungan – Kementerian Selatan.

3.5.1 Kondisi Geografis Wilayah Kajian

a. Kota Bogor

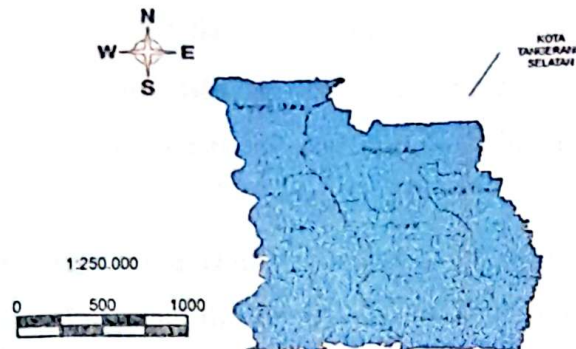
Secara geografis Kota Bogor terletak diantara $106^{\circ} 48'$ BT dan $6^{\circ} 26'$ LS, kedudukan geografis Kota Bogor di tengah-tengah wilayah kabupaten Bogor serta lokasinya dekat dengan ibu kota negara. Kota bogor memiliki ketinggian minimum 190 m dan maksimum 330m dari permukaan laut dengan luas wilayah 11.850 Ha.



Gambar III.2 Peta Kota Bogor

b. Kota Tangerang Selatan

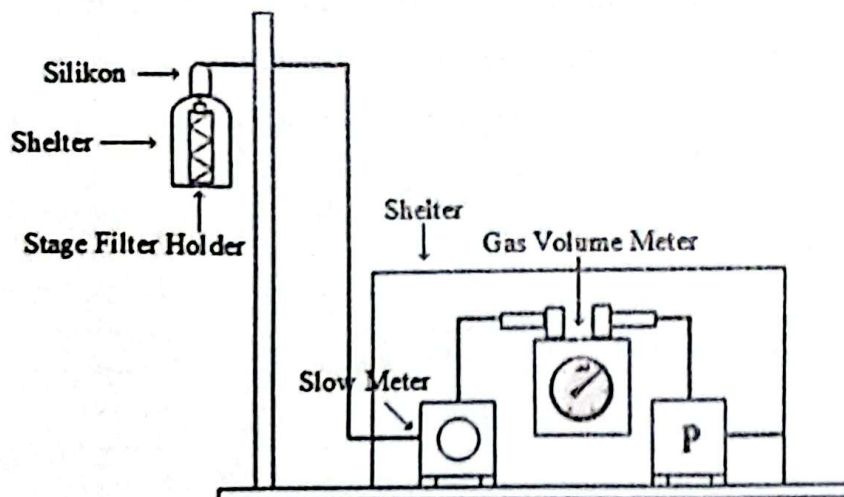
Kota Tangerang Selatan terletak diantara $6^{\circ} 39' - 6^{\circ} 47' \text{LS}$ dan $106^{\circ} - 106^{\circ} - 22' \text{BT}$. Kota Tangerang Selatan memiliki ketinggian antara 0 – 25 m dari permukaan laut dengan luas $147,19 \text{ km}^2$.



Gambar III.3 Peta Kota Tangerang Selatan

3.5.2 Prosedur Sampling

Lokasi sampling terletak di Stasiun BMKG Dermaga Situ Bogor dan PPPKLL Spong Tangerang Selatan.



Gambar III.4 Skema alat pengambilan Sampel

Prosedur sampling yang direkomendasikan di lokasi pemantauan digambarkan sebagai berikut :

- Tahap pertama

1. Dibaca volume meter dan dicatat angka yang ditunjuk oleh alat dalam buku.

2. Dilepaskan tutup dari filter pack yang belum dipakai dan disimpan pada rangkaian alat Dinyatakan pompa dan dicatat waktu serta laju alir dalam buku.
3. Pengambilan sampel dilakukan selama dua minggu secara kontinyu dengan laju alir pompa 1L/menit. Laju alir mungkin akan ditetapkan lebih dari 1 liter/menit tapi lebih kecilpun lebih baik untuk menurunkan *artifacts*. *Artifacts* merupakan perubahan/perbedaan yang terjadi dari suatu data analisis atau hasil observasi. Perubahan ini dapat terjadi dalam proses analisis akibat adanya kesalahan dalam teknik analisis dan peralatan yang digunakan (EANET,2003).

- Tahap kedua

1. Dicatat laju alir dalam buku. Dimatikan pompa dan dicatat waktu dalam buku.
2. Dilepaskan penyangga dari filter pack pada rangkaian pack pada rangkaian alat lalu ditutup dan disimpan dalam kantong polietilen yang ditutup rapat.
3. Disimpan kantong dalam kotak. Dibaca volume meter dan dicatat angka yang ditunjukkan oleh alat dalam buku. Filter sampel dilepaskan dari holder dan disimpan dalam wadah plastik.

3.6 Perhitungan

Perhitungan dilakukan berdasarkan prinsip metode *four stage filter pack*. Spesifikasi perhitungan setiap parameter diringkas dalam tabel 8 sebagai berikut:

Tabel III.2 Spesifikasi perhitungan setiap parameter

Parameter	BM	Persamaan	
SO ₄ ²⁻	96,00		
NO ₃ ⁻	62,01		
Ca ²⁺	40,08		
Cl ⁻	35,35		
Na ⁺	22,99		
K ⁺	39,10	C udara = $\alpha \cdot \text{net C sol F0} \cdot V \text{ sol}/V \text{ udara}$	
NH ₄ ⁺	18,04		
Mg ²⁺	24,31		
SO ₂	96,06 (SO ₂ ⁻)		C udara = $\alpha \cdot (\text{net C sol F1} + \text{net C sol F2}) \cdot V \text{ sol}/V \text{ udara}$
HNO ₃	62,01 (NO ₃ ⁻)		C udara = $\alpha \cdot \text{net C sol F1} \cdot V \text{ sol}/V \text{ udara}$
HCl	35,45 (Cl ⁻)		C udara = $\alpha \cdot (\text{net C sol F1} + \text{net C sol F2}) \cdot V \text{ sol}/V \text{ udara}$
NH ₃	18,04 (NH ₄ ⁺)	C udara = $\alpha \cdot (\text{net C sol F1} + \text{net C sol F3}) \cdot V \text{ sol}/V \text{ udara}$	

Sumber : EANET,2003

BAB IV

HASIL DAN PEMBAHASAN

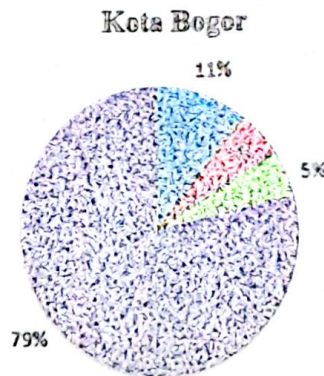
4.1 Unsur dan Tingkat Pencemaran Udara

Pencemaran udara Pengukuran proses deposisi kering menggunakan metode *four stage filter pack* dilakukan untuk mendapatkan konsentrasi deposisi asam pada fase gas dan partikel.

4.1.1 Unsur dan Tingkat Pencemaran Udara di Kota Bogor

A. Unsur dan Tingkat Pencemaran Udara Gas Di Kota Bogor

Unsur pencemaran Udara bentuk di Kota Bogor Terdiri dari SO_2 , HNO_3 , HCl dan NH_3 . Pada konsentrasi udara gas di Kota Bogor, NH_3 di Bogor memiliki persentase tertinggi dibandingkan dengan gas-gas pembentuk deposisi asam lainnya dengan presentasi 79%, dan di ikuti gas SO_2 11%, HNO_3 5% dan HCl 5%.

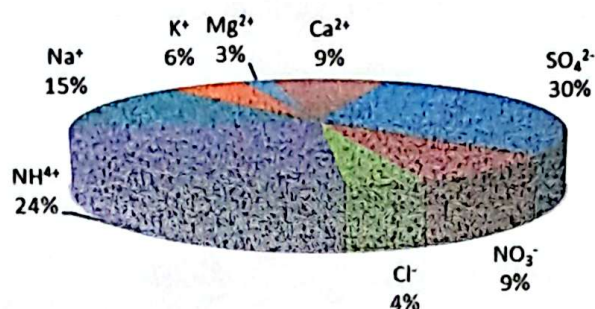


Gambar IV.1 Konsentrasi udara gas

Tingkat pencemaran udara tertinggi di Kota Bogor dari konsentrasi udara gas adalah gas NH_3 memiliki yang tinggi dengan nilai rata-rata $9,83\mu\text{g}/\text{m}^3$ dan diikuti masing-masing konsentrasi udara gas lainnya seperti SO_2 sebesar 11% dengan nilai $1,36\mu\text{g}/\text{m}^3$, HCl sebesar 5 % dengan nilai $0,59\mu\text{g}/\text{m}^3$ dan HNO_3 sebesar 5% dengan nilai $0,59\mu\text{g}/\text{m}^3$

B. Unsur dan tingkat pencemaran udara padat di Kota Bogor

Unsur pencemaran Udara bentuk di Kota bogor Terdiri SO_4^{2-} , NO_3^- , Cl^- , NH_4^+ , Na^+ , K^+ , Mg^{2+} dan Ca^{2+} . Hasil penentuan konsentrasi udara deposisi kering untuk fase partikel pada di Kota Bogor dapat yang dilihat Pada gambar :



Gambar IV.2 Konsentrasi Udara Padat

Tingkat pencemaran udara tertinggi di Kota Bogor dari konsentrasi udara padat adalah SO_4^{2-} dengan nilai rata-ratanya adalah $0,68 \mu\text{g}/\text{m}^3$ sedangkan nilai konsentrasi udara lainnya NO_3^- $\mu\text{g}/\text{m}^3$ sebesar $0,16 \mu\text{g}/\text{m}^3$ Cl^- sebesar NH_4^+ sebesar $0,31 \mu\text{g}/\text{m}^3$ Na^+ sebesar $0,31 \mu\text{g}/\text{m}^3$ K^+ $0,14 \mu\text{g}/\text{m}^3$ sebesar Mg^{2+} sebesar $0,06 \mu\text{g}/\text{m}^3$ dan Ca^{2+} sebesar $0,21 \mu\text{g}/\text{m}^3$.

4.1.2 Unsur Pencemaran Udara di Kota Tangerang Selatan

A. Unsur pencemaran udara gas di Tangerang Selatan

Unsur pencemaran Udara Gas di Tangerang Selatan terdiri dari SO_2 , HNO_3 , HCl dan NH_3 .

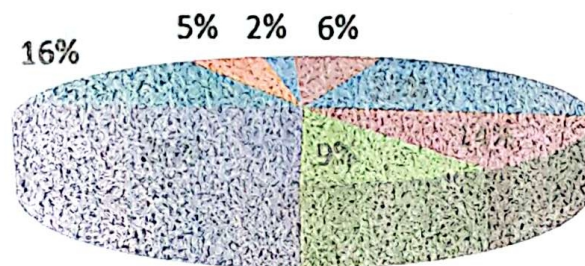


Gambar IV.3 Konsentrasi Udara Gas

Tingkat pencemaran udara tertinggi di Kota Tangerang Selatan dari konsentrasi udara gas adalah NH_3 dengan nilai rata-rata adalah $12,36 \mu\text{g}/\text{m}^3$ dan di ikuti oleh HNO_3 sebesar 7% sebesar $1,06 \mu\text{g}/\text{m}^3$, HCl sebesar 5% sebesar $0,74 \mu\text{g}/\text{m}^3$ dan SO_2 sebesar 4% dengan nilai $0,59 \mu\text{g}/\text{m}^3$.

B. Unsur dan tingkat pencemaran udara padat di Kota Tangerang Selatan.

Unsur pencemaran udara padat di Kota bogor Terdiri SO_4^{2-} , NO_3^- , Cl^- , NH_4^+ , Na^+ , K^+ , Mg^{2+} dan Ca^{2+} .



Gambar IV.4 Konsentrasi Udara Padat

Tingkat pencemaran udara tertinggi di Kota Tangerang Selatan dari konsentrasi udara padat adalah NH_4^+ dengan nilai rata-ratanya adalah $0,82 \mu\text{g}/\text{m}^3$ sedangkan nilai konsentrasi udara lainnya NO_3^- $0,43 \mu\text{g}/\text{m}^3$, Cl^- sebesar $0,3 \mu\text{g}/\text{m}^3$, SO_4^{2-} sebesar $0,7 \mu\text{g}/\text{m}^3$, Na^+ sebesar $0,5 \mu\text{g}/\text{m}^3$, K^+ $0,16 \mu\text{g}/\text{m}^3$, Mg^{2+} sebesar $0,06 \mu\text{g}/\text{m}^3$ dan Ca^{2+} sebesar $0,2 \mu\text{g}/\text{m}^3$.

4.2 Pengaruh Curah Hujan Terhadap Konsentrasi Udara

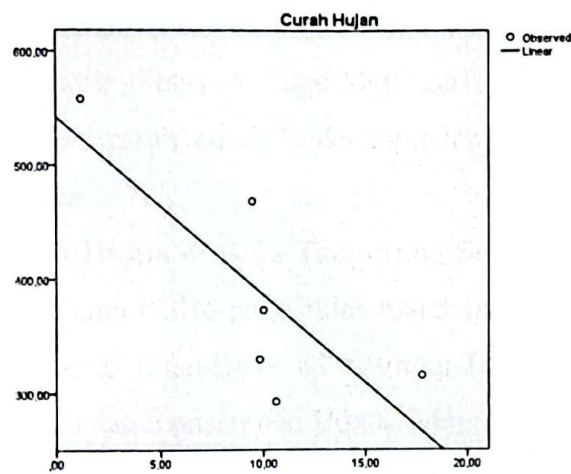
Pengaruh curah hujan terhadap konsentrasi udara difokuskan pada konsentrasi udara NH_3 , SO_4^{2-} untuk kota bogor dan NH_3 dan SO_4^{2-} dan untuk Kota Tangerang Selatan dimana ke empat unsur tersebut merupakan unsur dengan nilai konsentrasi udara tertinggi.

4.2.1 Pengaruh Curah Hujan di Kota Bogor

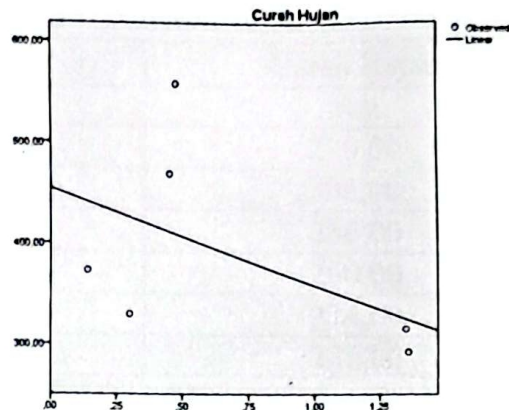
Data curah Hujan tahun 2016 pada bulan maret sampai dengan bulan agustus berdasarkan Stasiun Klimatologi Kota bogor.

Tabel IV.1 Curah hujan dan konsentrasi udara NH₃

Bulan	Curah Hujan Mm	NH ₃ μg/m ³
Maret	468,75	9,48
April	558,20	1,19
Mei	329,70	9,83
Juni	373,10	10,02
Juli	292,50	10,63
Agustus	315,60	17,77

Gambar IV.5 Grafik Pengaruh Curah Hujan Terhadap Konsentrasi Udara NH₃Tabel IV.2 Curah Hujan dan Konsentrasi Udara SO₄²⁻

Bulan	Curah Hujan mm	SO ₄ ²⁻ μg/m ³
Maret	468,75	0,45
April	558,20	0,47
Mei	329,70	0,30
Juni	373,10	0,14
Juli	292,50	1,36
Agustus	315,60	1,35



Gambar IV.6 Grafik Pengaruh Curah Hujan Terhadap Konsentrasi Udara SO_4^{2-}

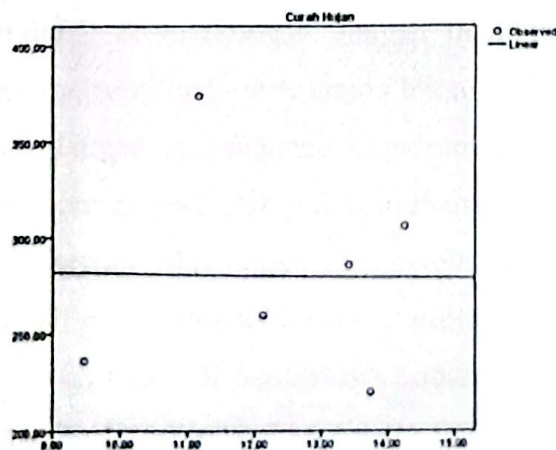
Pada gambar grafik diatas di lihat dari garis liner dan titik observed menunjukkan adanya pengaruh curah hujan terhadap tingkat pencemaran yang disebabkan oleh NH_3 dan SO_4^{2-} .

4.2.2 Pengaruh Curah Hujan di Kota Tangerang Selatan

Data curah Hujan tahun 2016 pada bulan maret sampai dengan bulan agustus berdasarkan Stasiun Balai Besar Klimatologi Tangerang Selatan.

Tabel IV.3 Curah Hujan dan Konsentrasi Udara NH_3

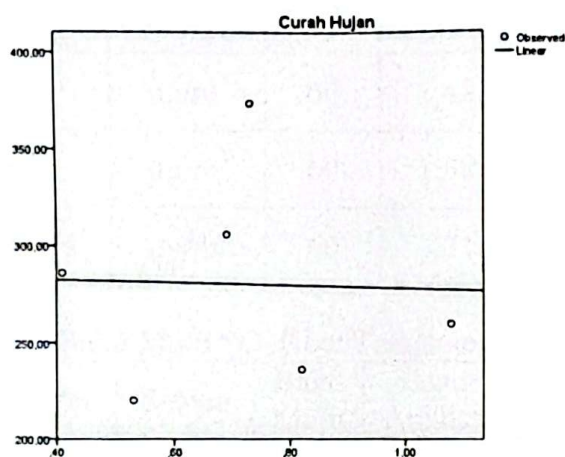
Bulan	Curah Hujan mm	NH_3 $\mu\text{g}/\text{m}^3$
Maret	220,00	13,74
April	306,00	14,25
Mei	286,00	13,41
Juni	260,00	12,12
Juli	374,00	11,16
Agustus	236,00	9,47



Gambar 4.7 Grafik Pengaruh Curah Hujan Terhadap Konsentrasi Udara NH_3

Tabel 4.4 Curah Hujan dan Konsentrasi Udara NH_4^+

	Curah Hujan	NH_4^+
Bulan	mm	$\mu\text{g}/\text{m}^3$
Maret	220,00	0,53
April	306,00	0,69
Mei	286,00	0,41
Juni	260,00	1,08
Juli	374,00	0,73
Agustus	236,00	0,82

**Gambar IV.8** Grafik Pengaruh Curah Hujan Terhadap Konsentrasi Udara NH_4^+

Pada gambar grafik diatas di lihat dari garis liner dan titik observed menunjukkan adanya pengaruh curah hujan terhadap tingkat pencemaran yang disebabkan oleh NH_3 dan NH_4^+ dilihat dari garis liner dan titik observed

4.3 Tingkat Pencemaran yang Terjadi Berdasarkan Baku Mutu

Baku mutu lingkungan adalah batas kadar yang diperkenankan bagi zat atau bahan pencemar terdapat di lingkungan dengan tidak menimbulkan gangguan terhadap makhluk hidup, tumbuhan atau benda lainnya. Baku mutu udara ambien dan emisi ditetapkan dengan maksud untuk melindungi kualitas udara di suatu daerah. Baku mutu udara ambien dan emisi limbah gas yang dibuang ke udara harus mencantumkan secara jelas dalam izin pembuangan gas. Semua kegiatan yang membuang limbah gas ke udara ditetapkan mutu emisinya dalam pengertian: Baku mutu udara ambien nasional berdasarkan undang undang no 41 tahun 1999 terdiri : SO_2 , CO, NO_2 , O_3 , HC, PM10, PM 2,5 (*), TSP, Pb Dustfall Total Flourides Flour Indeks, Khlorine & Khlorine Dioksida, Sulphat Indeks.

Dari data yang ada SO₂ merupakan data yang dapat diukur dari hasil penelitian ini, baku mutu SO₂ sebesar 60µg/m³

Tabel IV.5 Analisa Baku Mutu SO₂ Kota Bogor

Bulan	Parameter	Satuan	Baku Mutu	Hasil Analisa	Metode	Keterangan
Maret	SO ₂	µg/m ³	60	1,09	<i>four stage filter pack</i>	Baik
April	SO ₂	µg/m ³	60	0,52	<i>four stage filter pack</i>	Baik
Mei	SO ₂	µg/m ³	60	2,19	<i>four stage filter pack</i>	Baik
Juni	SO ₂	µg/m ³	60	1,48	<i>four stage filter pack</i>	Baik
Juli	SO ₂	µg/m ³	60	1,58	<i>four stage filter pack</i>	Baik
Agustus	SO ₂	µg/m ³	60	1,31	<i>four stage filter pack</i>	Baik

Tabel IV.6 Analisa Baku Mutu SO₂ Kota Tangerang Selatan

Bulan	Parameter	Satuan	Baku Mutu	Hasil Analisa	Metode	Keterangan
Maret	SO ₂	µg/m ³	60	0,54	<i>four stage filter pack</i>	Baik
April	SO ₂	µg/m ³	60	0,66	<i>four stage filter pack</i>	Baik
Mei	SO ₂	µg/m ³	60	0,75	<i>four stage filter pack</i>	Baik
Juni	SO ₂	µg/m ³	60	0,59	<i>four stage filter pack</i>	Baik
Juli	SO ₂	µg/m ³	60	0,54	<i>four stage filter pack</i>	Baik
Agustus	SO ₂	µg/m ³	60	0,45	<i>four stage filter pack</i>	Baik

Mengingat Baku Mutu yang berlaku hanya memiliki parameter SO₂ dengan baku mutu 60µg/m³ (1 tahun) maka. Dari tabel diatas dapat disimpulkan bahwa dan nilai rata-rata SO₂ di Kota Bogor adalah sebesar 1,36µg/m³ dan di Kota Tangerang Selatan sebesar 0,58µg/m³ masih dibawah baku mutu maka pencemaran yang terjadi di bogor dan Tangerang Selatan nilainya masih aman.

BAB V

KESIMPULAN DAN SARAN

5.1 KESIMPULAN

Berdasarkan hasil analisa data dapat di simpulkan sebagai berikut:

1. Unsur pencemaran udara gas dan pada Kota Bogor dan Tangerang Selatan terdiri dari SO_2 , HNO_3 , HCl , NH_3 dan SO_4^{2-} , NO_3^- , Cl^- , NH_4^+ , Na^+ , K^+ , Mg^{2+} dan Ca^{2+} .
2. Tingkat pencemar tertinggi dari konsentrasi udara gas di Kota Bogor adalah NH_3 sebesar $9,83 \mu\text{g}/\text{m}^3$ dan konsentrasi udara padat SO_4^{2-} , $0,68 \mu\text{g}/\text{m}^3$, sedangkan konsentrasi udara gas di Kota Tangerang Selatan adalah NH_3 $12,36 \mu\text{g}/\text{m}^3$, konsentrasi udara padat NH_4^+ $0,82 \mu\text{g}/\text{m}^3$.
3. Di Kota Bogor tingkat curah hujan mempengaruhi penurunan nilai konsentrasi udara unsur gas dan padat yaitu konsentrasi udara gas NH_3 dan konsentrasi udara padat SO_4^{2-} , sedangkan di Kota Tangerang Selatan yaitu konsentrasi udara gas NH_3 dan konsentrasi udara padat NH_4^+ .
4. Baku Mutu yang berlaku yang terkait dengan penelitian hanya SO_2 dengan nilai Baku Mutu $60 \text{ g}/\text{m}^3$ (1tahun) maka pencemaran yang terjadi akibat gas SO_2 di Kota Bogor ($1,36 \text{ g}/\text{m}^3$) dan Kota Tangerang Selatan ($0,58 \text{ g}/\text{m}^3$) nilainya masih rendah dari Baku Mutu yang berlaku berarti tingkat pencemaran udara dari SO_2 di kedua kota tersebut aman.

5.2 SARAN

1. Mengingat Deposisi asam pada proses deposisi kering terutama gas SO_2 merupakan dampak polutan udara yang sifatnya lintas batas, maka diperlukan pemantauan secara terus menerus dan berkesinambungan untuk meminimalisir terjadinya dampak dari pencemaran udara.
2. Pengukuran kualitas udara sebaiknya dilakukan secara konsisten di titik yang sama dengan pengukuran parameter yang sama pada setiap rentang waktu tertentu dengan pengukuran deposisi asam dan basah.

DAFTAR PUSTAKA

1. Howells, G. 1995. *Acid Rain and Acid Waters* 2nd ed. Ellis Horwood Limited. New York.
2. Barrow, C.J. 1991. *Land Degradation: Development and Breakdown of Terrestrial Environments*. Cambridge University Press. Cambridge
3. Burtraw, D., A. Krupnick, E. Mansur, D. Austin, dan D. Farrell. 1997. *The Cost and Benefits of Reducing Acid Rain*. Resources for the Future. Washington.
4. Lvovsky, K., G. Huges, D. Maddison, B. Ostro, and D. Pearce. 2000. *Environmental Cost of Fossil Fuels. Pollution Management Series*. The World Bank Environment Department.
5. Menz, F.C., dan H.M. Seip. 2004. *Acid rain in Europe and the United States: an update*. *Environmental Science & Policy*. vol. 7: 253-265.
6. Nakada, M., dan D. Pearce. 1998. *Acid rain in East Asia: Side-Payments and Cost Reduction in Abatement Technology*. CSERGE (Centre for Social and Economic Research on the Global Environment). London.
7. BMKG, 2016, Informasi Kimia Air Hujan, Diakses tanggal 07 Juli 2016, http://www.bmkg.go.id/BMKG_Pusat/Klimatologi/Informasi_Kimia_Air_Hujan.bmkg
8. Tim pengajar Departemen Kesehatan Lingkungan FKM UI. 2006. *Pencemaran Udara dan Kesehatan*. Bahan Ajaran Mata Kuliah Pencemaran Udara dan Kesehatanm FKM UI.
9. Wardhana, wisnu Arya. 2004. *Dampak Pencemaran Lingkungan*. Edisi Revisi. Andi Yogyakarta.
10. Keputusan Menteri Kesehatan Republik Indonesia No. 1407 Tahun 2002 Tentang *Pedoman Pengendalian Dampak Pencemaran Udara*.
11. Soedomo, Mustikahadi. 1999. *Pencemaran Udara*. ITB. Bandung
12. Mulia, R. M. 2005. *Pengantar Kesehatan Lingkungan*. Cetakan Pertama. Yogyakarta: Graha Ilmu.

13. Nugroho, Astri. 2005. *Bioindikator Kualitas Udara*. Penerbit Universitas Trisakti. Jakarta.
14. Slamet, Soemirat, 2002. *Kesehatan Lingkungan* . UGM Press, Yogyakarta.
15. Sunu, P. 2001. *Melindungi Lingkungan dengan Menerapkan ISO 14001*. PT. Grasindo. Jakarta
16. Pranoto, Ina Binari, dkk., 2002, "*Deposisi Asam*", Kementrian Lingkungan Hidup, Indonesia, dan Acid Deposition and Oxidant Research Center, Japan
17. Eville Gorham, 1976. *Water, Air, and Soil Pollution*, Volume 6, Issue 2–4, pp 457–481 Department of Ecology and Behavioral Biology, University of Minnesota, Minneapolis, MN55455, U.S.A.
18. Butler, F.C. 1979. *Instructional Systems Development for Vocational and Technical Training*. Englewood Cliffs, N.J.: Educational Technology Publication.
19. Sutarnihardja, 2009. *Perubahan Lingkungan Global: Sebuah Antologi Tentang Bumi Kita* (Bogor: Yayasan Pasir Luhur)
20. US.EPA, 2002. *Aquatic Resources Monitoring*. A
21. Acid Deposition and Oxidant Research Cente (ADORC) : *Inter-laboratory Project 1999 (Round robin analysis survey) second Attempt* (2000).
22. Acid Deposition Monitoring Network in East Asia (EANET).2003 *Technical Document For Filter Pack Method in East Asia*. EANET
23. Aikawa, M., Sugiyama, S., Hill, C.C., Voglic, S.J., Rabkin, E., Fukumoto, Y., Schoen, F.J., Witztum J.L., Libby, P., 2002. *Lipid Lowerig Reduced Oxidative Stress and Endothelial Cell Activation in Rabbit Atheroma*. *Circulation*, 106:1390-1396.
24. Amin, M. 2009. *Bagaimana Kromatografi Ion Bekerja*. Chemistry. com.
25. BMKG, 2017, Informasi Data Iklim , Diakses tanggal 05 Oktober 2017, http://dataonline.bmkg.go.id/data_iklim