

**MODUL PRAKTIKUM
PENCEMARAN UDARA**

MODUL

**Diajukan Untuk Diseminarkan Dan Memenuhi Syarat-Syarat
Guna Mendapatkan Gelar Sarjana S1 Dalam Ilmu Tarbiyah**

Oleh :
Renita Apriana
1411060373



DOSEN PENGAMPU:

Suci Wulan Pawhestri M.Si

**PROGRAM STUDI BIOLOGI
FAKULTAS TARBIYAH DAN KEGURUAN
UNIVERSITAS ISLAM NEGRI
2020/2021**

ABSTRAK

Modul Praktikum Pencemaran Udara

Oleh

Renita apriana

Modul ini bertujuan untuk mengembangkan modul praktikum pencemaran udara yang dapat meningkatkan hasil belajar mahasiswa pendidikan biologi UIN Raden Intan. Materi pencemaran udara sangat menarik untuk dipelajari karena meningkatkan sikap peduli lingkungan terutama pada pencemaran udara.

Pencemaran udara adalah kondisi satu atau lebih substansi seperti fisik, kimia, atau biologi di atmosfer dalam jumlah yang dapat membahayakan kesehatan manusia, hewan, dan tumbuhan, di mana kualitas udara menjadi rusak dan terkontaminasi oleh zat-zat baik yang tidak berbahaya maupun yang membahayakan kesehatan tubuh manusia. Serta pencemaran udara bisa mengakibatkan rusaknya lapisan atmosfer dan tercemarnya oksigen yang dibutuhkan oleh manusia.

Modul praktikum ini diharapkan dapat membantu mahasiswa dalam menunjang kegiatan praktikum sehingga dapat meningkatkan sikap peduli akan masalah-masalah pencemaran yang terjadi.

Kata kunci : modul, pencemaran, praktikum



**KEMENTERIAN AGAMA
UIN RADEN INTAN LAMPUNG
FAKULTAS TARBIYAH DAN KEGURUAN**

Alamat : Jl. Let. Kol. H. Endro Suratmin Sukarame 1 Bandar Lampung 35131 Telp(0721)703260

PERSETUJUAN

Judul Skripsi/Modul : Modul Praktikum pencemaran Udara

Nama Mahasiswi : Renita Apriana

NPM : 1411060373

Jurusan : Pendidikan Biologi

Fakultas : Tarbiyah dan Keguruan

MENYETUJUI

**Untuk Dimunaqasyahkan dan Dipertahankan dalam sidang
Munaqasyah Fakultas Tarbiyah dan Keguruan
UIN Raden Intan Lampung**

**Mengetahui
Ketua Jurusan Pendidikan Biologi**

Pembimbing

Suci Wulan Pawhestri, M.Si.

NIP. -

Dr. Eko Kuswanto, M.Si.

NIP. 19750514200801 1 009



**KEMENTERIAN AGAMA
UIN RADEN INTAN LAMPUNG
FAKULTAS TARBIYAH DAN KEGURUAN**

Alamat : Jl. Let. Kol. H. Endro Suratmin Sukarame I Bandar Lampung 35131 Telp(0721)703260

PENGESAHAN

Proposal dengan judul: **Modul Praktikum Pencemaran Udara** di susun oleh: **Renita Apriana** , NPM **1411060373**, Jurusan **Pendidikan Biologi** telah diujikan dalam sidang Munaqosyah Fakultas Tarbiyah dan Keguruan pada hari/tanggal: Kamis, 10 Juni 2021

TIM MUNAQOSYAH

Ketua

: Dr. Eko Kuswanto, M.Si.


(.....)

Sekretaris

: Nukhbatul Bidayati Haka, M.Pd.


(.....)

Penguji Utama : Fredi Ganda Putra, M.Pd.


(.....)

Pembahas II : Suci Wulan Pawhestri, M.Si


(.....)



**Mengetahui
Dekan Fakultas Tarbiyah dan Keguruan**

Prof. Dr. H. Nirva Diana, M.Pd

NIP. 19640828 198803 2 002

MOTTO

اللَّهُ الَّذِي خَلَقَ سَبْعَ سَمَوَاتٍ وَمِنَ الْأَرْضِ مِثْلَهُنَّ يَتَنَزَّلُ الْأَمْرُ بَيْنَهُنَّ
لِتَعْلَمُوا أَنَّ اللَّهَ عَلَىٰ كُلِّ شَيْءٍ قَدِيرٌ وَأَنَّ اللَّهَ قَدْ أَحَاطَ بِكُلِّ شَيْءٍ عِلْمًا



Artinya: “ Allah-lah yang menciptakan tujuh langit dan seperti itu pula bumi. Perintah Allah berlaku padanya, agar kamu mengetahui bahwasanya Allah Maha Kuasa atas segala sesuatu, dan sesungguhnya Allah ilmu-Nya benar-benar meliputi segala sesuatu” (QS. At-Talaq:12)



PERSEMBAHAN

Sebuah persembahan dengan penuh rasa syukur kepada Allah SWT dan bahagia, penulisan skripsi ini penulis persembahkan kepada:

1. Kedua orang tuaku, Ayahanda Purwono Dan Ibunda Tatik Mujiasih tercinta yang senantiasa selalu memberikan do'anya disetiap langkahku serta yang memberiku semangat, motivasi, menjadi teladan dalam hidup dan meraih cita-cita.
2. Adik yang kusayangi Jesika Wahyu Ningtyas semoga selalu diberi kemudahan dalam meraih cita-citanya dan telah memberi dukungan dan do'a sehingga penulisan skripsi ini bisa terselesaikan.
3. Almamater tercinta UIN Raden Intan Lampung yang selalu kubanggakan tempatku menimba ilmu dan memperbanyak teman untuk menjalin silaturahmi.



RIWAYAT HIDUP

Renita Apriana, dilahirkan pada tanggal 12 April 1996, Di Gisting Kabupaten Tanggamus yang merupakan anak pertama dari dua bersaudara, dari pasangan Bapak Purwono dan Ibu Tatik Mujiasih.

Pendidikan dimulai dari Sekolah Dasar Negeri 3 Gisting Atas Kecamatan Gisting dan tamat pada tahun 2007, melanjutkan ke Sekolah Menengah Pertama Negeri 1 Gisting, Kecamatan Gisting dan tamat pada tahun 2010, selanjutnya melanjutkan ke Madrasah Aliyah Mathlaul Anwar Kecamatan Gisting dan tamat pada tahun 2013. Pada tahun 2014 , melanjutkan ke jenjang perguruan tinggi di IAIN yang sekarang sudah berubah siklus PT menjadi UIN Raden Intan Lampung Fakultas Tarbiyah Jurusan Pendidikan Biologi.



KATA PENGANTAR

بِسْمِ اللَّهِ الرَّحْمَنِ الرَّحِيمِ

Alhamdulillah, puji syukur kehadiran Allah SWT yang senantiasa melimpahkan rahmad, ridho dan hidayah-Nya sehingga skripsi dengan judul “**Modul Praktikum Pencemaran Lingkungan**” dapat terselesaikan. Shalawat serta salam selalu tercurahkan kepada nabi Muhammad SAW dan keluarganya, yang syafaatnya selalu kita nantikan sampai akhir zaman.

Penulisan dan penyusunan skripsi ini masih jauh dari kesempurnaan serta tidak akan berhasil tanpa adanya bantuan, bimbingan serta saran dari berbagai pihak. Tanpa bimbingan dan bantuan ketersediaannya fasilitas, skripsi ini tidak akan tersusun sebagaimana mestinya. Untuk ini penulis bersyukur kepada Allah SWT dan juga penyusun skripsi ini tidak terlepas dari bantuan dan bimbingan semua pihak, pada kesempatan ini penulis mengucapkan terimakasih sedalam dalamnya kepada:

1. Ibu Prof. Dr. Hj. Nirva Diana, M.Pd. selaku Dekan Fakultas Tarbiyah Uin Raden Intan Lampung.
2. Bapak Dr. Eko Kuswanto, M.Si. selaku Ketua Jurusan Prodi Biologi.
3. Ibu Suci Wulan Pawhestri, M.Si. yang telah meluangkan waktu serta pikiran dalam membimbing memotivasi dan mengarahkan penulis sehingga skripsi ini terselesaikan.
4. Seluruh dosen Fakultas Tarbiyah Dan Keguruan, yang telah memberikan ilmu pengetahuan dan wawasan yang luas kepada penulis.
5. Pimpinan dan Karyawan Perpustakaan Fakultas Tarbiyah Dan Institut yang telah memberikan informasi, data dan referensi, dan lain-lain.
6. Kedua orang tua dan seluruh keluarga yang selalu memberikan kasih sayang dan motivasi.
7. Kepada adikku tercinta Jesika Wahyu Ningtyas yang telah memberiku semangat dalam meraih cita-cita dan semoga kelak kita dapat membuat kedua orang tua bahagia dan sekaligus bangga.

8. Untuk Rahmad Firamadhani yang selalu mendukungku untuk mencapai tujuanku.
9. Kepada rekan-rekanku biologi angkatan 2014 terkhusus biologi F atas indahnya kebersamaan selama ini.
10. Almamater tercinta Universitas Islam Negeri Raden Intan Lampung yang ku banggakan.
11. Semua pihak yang tidak dapat disebut satu persatu, terimakasih atas bantuan hingga perjuangan ini berahir.

Penulis menyadari bahwa skripsi ini masih jauh dari kesempurnaan, untuk itu kiranya para pembaca dapat memberikan masukan serta saran guna melengkapi hasil penelitian ini. Penulis sangat berharap semoga skripsi ini dapat bermanfaat bagi kita semua amin.

Bandar Lampung, 2021
Penulis

Renita Apriana
1411060373

DAFTAR ISI

HALAMAN JUDUL	i
HALAMAN PERSETUJUAN	ii
HALAMAN PENGESAHAN	iii
MOTTO	iv
HALAMAN PERSEMBAHAN	v
RIWAYAT HIDUP	vi
KATA PENGANTAR	vii
DAFTAR ISI	ix
DAFTAR GAMBAR	x
DAFTAR TABEL	xi
BAB I PENDAHULUAN	1
A. Latar Belakang	1
B. Deskripsi Singkat	3
BAB II BAKU MUTU	24
A. Praktikum 1	34
B. Praktikum 2	37
C. Praktikum 3	39
DAFTAR PUSTAKA	

DAFTAR GAMBAR

gambar 1.....	4
gambar 2.....	5
gambar 3.....	6
gambar 4.....	7
gambar 5.....	9
gambar 6.....	10



DAFTAR TABEL

Tabel 1.....	25
Tabel 2.....	27
Tabel 3.....	29
Tabel 4.....	30
Tabel 5.....	30
Tabel 6.....	32



BAB I

PENDAHULUAN

A. Latar Belakang

Manusia merupakan komponen lingkungan alam yang bersama-sama dengan komponen alam lainnya, Hidup bersama dan mengelola lingkungan dunia. Karena manusia adalah makhluk yang memiliki akal dan pikiran, peranannya dalam mengelola lingkungan sangat besar. Manusia dapat dengan mudah mengatur alam dan lingkungannya sesuai dengan yang diinginkan melalui pemanfaatan ilmu dan teknologi yang dikembangkannya.

Manusia dan organisme hidup menghasilkan limbah dari proses pencernaan dan metabolisme tubuhnya. Mereka mengambil sesuatu (bahan baku atau sumber daya) dari lingkungan untuk keluarganya, seperti pemukiman, pakaian, makanan, dan membuang sisa-sisa yang tidak dibutuhkan ke alam. Kehidupan manusia tidak bisa dipisahkan dari lingkungannya baik lingkungan alam maupun lingkungan sosial. Kita bernafas memerlukan udara dari lingkungan sekitar, makan, minum, menjaga kesehatan semuanya memerlukan lingkungan.

Lingkungan merupakan segala yang ada di sekitar manusia yang memengaruhi perkembangan hidup baik langsung maupun tidak langsung. Pertumbuhan penduduk yang terlalu cepat, mengakibatkan adanya kebutuhan yang terus meningkat dengan cepat. Di sisi lain sumber daya alam yang tersedia seperti air, udara dan lahan yang ada di permukaan bumi jumlahnya tetap.

Saat ini manusia selalu ingin meningkatkan kualitas hidupnya, mereka memenuhi kebutuhan hidupnya dengan dengan mengembangkan teknologi. Akibat perkembangan ilmu dan teknologi yang sangat pesat dan berlebihan limbah yang dihasilkan tidak dapat diuraikan oleh alam dan terjadilah pencemaran. Pencemaran menurut SK Menteri Kependudukan Lingkungan Hidup No. 02/MENKLH/1998, adalah masuk atau dimasukkannya makhluk hidup, zat, energi dan komponen lain ke dalam air/udara atau berubahnya tatanan (komposisi) air/udara oleh kegiatan manusia dan proses alam, sehingga kualitas air/udara menjadi kurang atau tidak dapat berfungsi

lagi sesuai dengan peruntukannya¹. Pencemaran dapat terjadi sebagai akibat kegiatan manusia ataupun disebabkan oleh alam (misal gas beracun, kebakaran hutan, gunung meletus). Pada pencemaran yang dilakukan karena kegiatan manusia biasanya dapat dicegah dan dikendalikan. Karena banyaknya kegiatan yang dilakukan oleh manusia pencemaran lingkungan pasti terjadi, pencemaran tersebut tidak dapat dihindari yang dapat dilakukan adalah mengurangi pencemaran, mengendalikan pencemaran, dan meningkatkan kesadaran masyarakat agar tidak mencemari lingkungan.

Zat atau suatu bahan yang dapat mengakibatkan pencemaran disebut polutan, syarat-syarat suatu zat disebut polutan apabila keberadaan dapat menyebabkan kerugian pada makhluk hidup, contohnya, karbondioksida dengan kadar 0,033% diudara baik untuk tumbuhan tetapi apabila lebih tinggi dari 0,033% akan menyebabkan efek merusak. Pencemaran pada lingkungan dapat dikategorikan menjadi 3 macam yaitu pencemaran air, pencemaran udara dan pencemaran tanah.

B. Deskripsi Singkat

Udara dapat di kelompokkan menjadi dua jenis, yaitu udara ambient dan udara emisi. Udara ambient adalah udara bebas di permukaan bumi pada lapisan troposfir yang dibutuhkan dan memengaruhi kesehatan manusia, makhluk hidup dan unsur lingkungan hidup lainnya. Udara emisi adalah udara yang mengandung zat, energi, dan komponen lain yang dihasilkan dari suatu kegiatan yang masuk dan atau dimasukkan ke dalam udara ambien yang mempunyai dan atau tidak mempunyai potensi sebagai unsur pencemar.

Untuk mendapatkan udara ambien yang berkualitas baik, perlu dilakukan pengendalian pencemaran udara. Pengendalian pencemaran udara dapat dilakukan salah satunya dengan memantau atau mengukur

¹ Keputusan Menteri Negara Kependudukan Dan Lingkungan Hidup .Tentang Pedoman Penetapan Baku Mutu Lingkungan Menteri Negara Kependudukan Dan Lingkungan Hidup . Nomor: Kep-02/Menklh/I/1988. 2

kualitas udara, baik udara ambien ataupun udara emisi. Pengukuran kualitas udara ambien dilakukan di kawasan perumahan, kawasan industri, dan kawasan padat lalu lintas dimana di kawasan-kawasan tersebut banyak terjadi kegiatan manusia. Pengukuran kualitas udara ambien juga dilakukan terhadap zat-zat yang dapat menjadi polutan seperti SO₂, NO₂, CO, dan HC.

Udara dalam lapisan troposfer selalu berputar-putar dan terus bergerak, menjadi panas oleh sinar matahari, kemudian bergerak lagi diganti oleh udara dingin yang akan menjadi panas kembali, begitu seterusnya. Proses fisik tersebut menyebabkan terjadinya pergerakan udara dalam lapisan troposfer, dan merupakan faktor utama untuk mendeteksi iklim dan cuaca di permukaan bumi. Di samping itu pergerakan udara tersebut juga dapat mendistribusikan bahan kimia pencemar dalam lapisan troposfer.

Udara yang bersih adalah udara yang cukup akan kebutuhan oksigen (O₂) yang kita butuhkan untuk proses fisiologis normal. Apabila kita menghisap udara dalam-dalam, sekitar 99% dari udara yang kita hirup adalah gas nitrogen dan oksigen². Kita juga menghirup gas lain dalam jumlah yang sangat sedikit, dimana gas tersebut adalah termasuk gas pencemar.

Pencemaran udara adalah kondisi satu atau lebih substansi seperti fisik, kimia, atau biologi di atmosfer dalam jumlah yang dapat membahayakan kesehatan manusia, hewan, dan tumbuhan, di mana kualitas udara menjadi rusak dan terkontaminasi oleh zat-zat baik yang tidak berbahaya maupun yang membahayakan kesehatan tubuh manusia. Serta pencemaran udara bisa mengakibatkan rusaknya lapisan atmosfer dan tercemarnya oksigen yang dibutuhkan oleh manusia.

² M. Pusparini. Evaluasi Tingkat Pencemaran Udara Berdasarkan Konsentrasi Udara Ambient di DKI Jakarta. *Skripsi Jurusan Geofisika Dan Meteorologi*. Bogor : IPB. (2002).30



Gambar 1 pencemaran udara dari asap kendaraan
<http://www.google.com/polusi-udara-kendaraan>

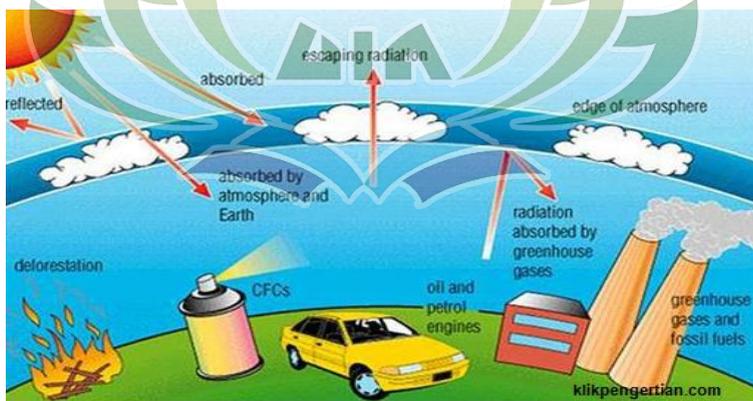
Didaerah perkotaan yang ramai, gas pencemar berasal dari asap kendaraan, gas buangan pabrik, pembangkit tenaga listrik, asap rokok dan sebagainya yang erat hubungannya dengan aktivitas kehidupan manusia. Atmosfer bumi adalah gas yang melapisi bumi yang terbagi dalam beberapa lapis. Lapisan yang paling dalam disebut troposfer (tebalnya 17 Km diatas permukaan bumi), mengandung udara yang kita hirup yaitu 78% nitrogen (N), 21% oksigen (O₂) dan sisanya gas argon <1% dan CO₂ 0,035%. Terdapat juga uap air (H₂O) sekitar 0,01% didaerah subtropis dan sekitar 5% didaerah tropis yang lembab³. Bahan kimia diudara yang berpengaruh negatif pada makhluk hidup dikategorikan sebagai pencemar udara.



Gambar 2 polusi udara <http://www.google.com/>

³ Ibid, h.35

Ada banyak jenis pencemar udara, tetapi yang penting ada 5 jenis yaitu: - Ozon (O_3) - Oksida karbon (CO , CO_2) - Oksida belerang (SO_2 , SO_3) - Oksida nitrogen (NO , NO_2 , N_2O) - Partikel (debu, asam, timbal, pestisida dsb.) Masing-masing pencemar udara tersebut diklasifikasikan sebagai pencemar udara primer (misalnya SO_2) dan sekunder (misalnya H_2SO_2). Bahan pencemar udara tersebut melayang diudara selama beberapa waktu bergantung dari diameternya. Partikel sangat kecil berbahaya pada kehidupan karena dapat meresap paru dan juga pembawa substansi toksik penyebab kanker. Pencemar primer adalah substansi pencemar yang ditimbulkan langsung dari sumber pencemaran udara. Karbon monoksida adalah sebuah contoh dari pencemar udara primer karena ia merupakan hasil dari pembakaran.⁴ Pencemar sekunder adalah substansi pencemar yang terbentuk dari reaksi pencemar-pencemar primer di atmosfer contoh nya adalah pembentukan lapisan ozon. Belakangan ini tumbuh keprihatinan akan efek dari emisi polusi udara dalam konteks global dan hubungannya dengan pemanasan global yang mempengaruhi aktivitas manusia.



Gambar 3 bahaya polusi udara <http://www.google.com/> -

Polusi Udara adalah partikel tidak terlihat yang terdapat di udara dimana tidak termasuk dalam bagian dari komposisi udara yang

⁴ Indrayani, Sri Asfiati. Pencemaran udara akibat kinerja lalu-lintas kendaraan bermotor di kota medan . jurnal permukiman. Universitas muhammadiyah sumatera utara. Vol. 13. No. 1. 2018. 15

normal. Polusi Udara yang disebabkan oleh gunung berapi, kebakaran hutan, dan lain-lain yang akan selalu eksis sebagai proses alamiah.

Polutan alami diproduksi dengan jumlah yang besar, terdispersi di area yang luas, dan kebanyakan tidak begitu berbahaya dibandingkan dengan polutan hasil dari aktivitas manusia. Polusi Udara buatan ini tidak mengenal batas negara, kebanyakan bersumber dari peningkatan penggunaan bahan bakar yang besar untuk menghasilkan listrik (power plant), mobil, truk, dan sarana angkut lainnya serta untuk aktivitas industri. Tidak hanya sebagian dari polutan ini yang sangat berbahaya, tetapi juga mereka cenderung terpusat di wilayah urban dimana orang-orang banyak bermukim.⁵

1. Sifat Fisik Pencemaran Udara

Polutan primer dikelompokkan menjadi dua yaitu gas (senyawa karbon, senyawa sulfur, senyawa nitrogen, senyawa halogen) dan partikel. Bahan partikel ini dapat berasal dari proses kondensasi, proses dispersi maupun proses erosi bahan tertentu. Asap (smoke), sering kali dipakai untuk menunjukkan campuran bahan partikulat (particulate matter), uap (fumes) berikut yang dimaksud dengan :

- a. Asap adalah partikel karbon yang sangat halus (sering disebut jelaga) dan merupakan hasil pembakaran yang tidak sempurna. Polutan udara yang lain yang berbahaya bagi kesehatan adalah asap rokok. Asap rokok mengandung berbagai bahan pencemar yang dapat menyebabkan batuk kronis, kanker paru-paru, memengaruhi janin dalam kandungan dan berbagai gangguan kesehatan lainnya. Perokok dapat di bedakan menjadi dua yaitu perokok aktif dan perokok pasif. Perokok aktif adalah mereka yang merokok. Perokok pasif adalah orang yang tidak merokok tetapi menghirup asap rokok di suatu ruangan. Menurut penelitian, perokok pasif memiliki risiko yang lebih besar di bandingkan perokok aktif. Jadi, merokok di dalam ruangan bersama

⁵ Daryanto. *Masalah Pencemaran*. (Bandung : Tarsito. 2004).

orang lain yang tidak merokok dapat mengganggu kesehatan orang lain.⁶



Gambar 4 asap pembakaran sampah

<http://www.google.com/amp/s/m.kumparan.com/amp/yufiendanovitasari/-1GpMRx>

- b. Gas rumah kaca yang paling banyak adalah uap air yang mencapai atmosfer akibat penguapan air dari laut, danau dan sungai. Uap air adalah gas rumah kaca yang timbul secara alami dan bertanggungjawab terhadap sebagian besar dari efek rumah kaca. Konsentrasi uap air berfluktuasi secara regional, dan aktifitas manusia tidak secara langsung memengaruhi konsentrasi uap air kecuali pada skala lokal. Dalam model iklim, meningkatnya temperatur atmosfer yang disebabkan efek rumah kaca akibat gas-gas antropogenik akan menyebabkan meningkatnya konsentrasi uap air mengakibatkan meningkatnya efek rumah kaca; yang mengakibatkan meningkatnya temperatur; dan kembali semakin meningkatkan jumlah uap air di atmosfer. Keadaan ini terus berkelanjutan sampai mencapai titik ekuilibrium (kesetimbangan). Oleh karena itu, uap air berperan sebagai umpan balik positif terhadap aksi yang dilakukan manusia yang melepaskan gas-gas rumah kaca seperti

⁶ Ibid, 35

CO₂. Perubahan dalam jumlah uap air di udara juga berakibat secara tidak langsung melalui terbentuknya awan.

- c. Debu adalah partikel padat yang dihasilkan oleh manusia dan merupakan hasil proses pemecahan suatu bahan.
- d. Kabut adalah partikel cair dari reaksi kimia dan kondensasi uap air.⁷

2. Sifat Biologi Pencemaran Udara

Penyebab pencemaran udara secara alamiah ialah kebakaran hutan, gunung meletus, serbuk jamur, serbuk sari dan spora dan dapat juga berasal dari dalam ruangan seperti serangga, jamur pada ruang yang lembab, kutu binatang peliharaan, bakteri. penyebaran benang sari dari beberapa jenis bunga, erosi tanah oleh angin, penguapan bahan organik dari beberapa jenis daun (seperti jenis pohon cemara yang mengeluarkan terpen hidrokarbon), dekomposisi dari beberapa jenis bakteri pengurai, deburan ombak air laut (sulfat dan garam), dan radioaktivitas secara alamiah (gas radon 222, gas dari deposit uranium, fosfat, dan granit).⁸



Gambar 5. Gunung berapi

Sumber: <http://strage/emulated/downloadgunungmerapi/kra.jpg>

Mikroorganisme dapat menyebabkan reaksi alergi pernafasan seperti infeksi pada pernafasan, problem kesehatan yang luas

⁷ Wardhana, Wisnu Arya. *Dampak Pencemaran Lingkungan*. Edisi Revisi. Yogyakarta: Penerbit Andi. 2001. (68)

⁸ Ir. Ketut Irianto, M.Si. buku bahan ajar pencemaran lingkungan. Universitas Warmadewa. Bali. 2015. 26

disebabkan oleh mikroorganismenya dalam lingkungan ruang sulit untuk diperiksa, namun pengaruh kesehatan diketahui cukup besar yang disebabkan oleh penyebaran beberapa organisme. Udara di suatu ruangan dalam rumah yang bersih, mungkin saja masih terdapat ratusan partikel – partikel biologi yang beraneka ragam dan teknologi tidak dapat menghitung keberadaan mereka semua. Mikroorganismenya yang sering dijumpai di dalam ruang adalah bakteri, jamur, serangga, atau partikel – partikel biologi lainnya.



Gambar-6 kebakaran hutan Sumber:<http://fajar.co.id/wp-content/uploads/2015/09/kebakaran09.jpg>.

3. Sifat Kimia Pencemaran Udara

Polutan yang bersifat kimia, adalah polutan yang biasanya berasal dari suatu bahan yang bila bercampur dengan target terjadi reaksi kimia antara polutan tersebut dengan target. Bahkan reaksi kimia tersebut bisa merupakan reaksi berantai yang membahayakan lingkungan sekitarnya. polutan yang bersifat kimia dapat dijelaskan sebagai berikut:

a. CO_2

Pencemaran udara yang paling menonjol adalah semakin meningkatnya kadar CO_2 di udara. Karbondioksida itu berasal dari pabrik, mesin-mesin yang menggunakan bahan bakar fosil (batubara, minyak bumi), juga dari mobil, kapal,

pesawat terbang, dan pembakaran kayu. Meningkatnya kadar CO₂ di udara tidak segera diubah menjadi oksigen oleh tumbuhan karena banyak hutan di seluruh dunia yang ditebang. Sebagaimana diuraikan diatas, hal demikian dapat mengakibatkan efek rumah kaca.⁹

b. CO

Di lingkungan rumah dapat pula terjadi pencemaran. Misalnya, menghidupkan mesin mobil di dalam garasi tertutup. Jika proses pembakaran di mesin tidak sempurna, maka proses pembakaran itu menghasilkan gas CO (karbonmonoksida) yang keluar memenuhi ruangan. Hal ini dapat membahayakan orang yang ada di garasi tersebut. Selain itu, menghidupkan AC ketika tidur di dalam mobil dalam keadaan tertutup juga berbahaya. Bocoran gas CO dari knalpot akan masuk ke dalam mobil, sehingga dapat menyebabkan kematian.

c. Ozon

Ozon merupakan molekul kimia yang terdiri dari 3 atom oksigen yang saling melekat dan merupakan bahan yang berenergi. Bila ozon berkontak dengan permukaan bahan maka ia dapat cepat mengeluarkan energi kimia yang kuat. Bila hal ini terjadi pada jaringan biologik terutama saluran nafas, energi ini akan menyebabkan kerusakan pada jaringan yang sensitif tersebut baik pada saluran nafas bagian atas (*trachea*) maupun bagian bawah (paru-paru).¹⁰ Karena bentuk molekul ozon adalah hasil dari energi solar (matahari) dengan reaksi fotokimia dari polutan, maka tidak mengherankan bila konsentrasi ozon di udara meningkat pada saat matahari bersinar terik, sehingga konsentrasi ozon mencapai puncaknya pada tengah hari. Standar konsentrasi di udara telah ditentukan di Amerika yaitu 0,08 ppm akan mengganggu kesehatan bila kondisi

⁹ Ibid, 27

¹⁰ Oj sumampouw, diktat pencemaran lingkungan. Sam ratulangi university. Mando. 2015.5

tersebut berlanjut sampai 8 jam, efeknya ialah sebagai berikut:

- Mengiritasi hidung dan tenggorokan
- Pada beberapa saat menimbulkan sakit pada dada dan sulit untuk mengambil nafas dalam-dalam.
- Mengiritasi mata dan sakit kepala
- Meningkatkan ekskresi mukus pada saluran nafas sehingga menimbulkan batuk berdahak. Seperti halnya oksigen, ozon mudah larut dalam cairan yang melapisi saluran nafas. Tetapi beberapa molekul ozon dapat berpenetrasi kedalam alveoli paru. Dinding alveoli akan teriritasi dan menimbulkan respon imun dimana sel makrofag masuk kedalam alveoli untuk melindungi alveoli dari bahan toksik tersebut. Hal tersebut menyebabkan dinding alveoli menebal. Bila ozon yang terhirup dalam waktu yang cukup lama, akan dapat menyebabkan kerusakan paru yang permanen.¹¹

d. Timbal

Timbal (Pb) merupakan gas buang yang dapat membahayakan kesehatan bersifat akut dan kronik, gangguan bersifat akut seperti akut seperti mual, muntah, sakit perut dan lainnya. Sedangkan gangguan bersifat kronik seperti depresi, sakit kepala, sulit tidur. Sumber pb dalam ruang biasanya berasal dari debu cat.

e. CFC

Pencemara udara yang berbahaya lainnya adalah gas khloro fluoro karbon (disingkat CFC). Gas CFC digunakan sebagai gas pengembang, karena tidak beraksi, tidak berbau, tidak berasa, dan tidak berbahaya. Gas ini dapat digunakan misalnya untuk mengembangkan busa (busa kursi), untuk

¹¹ Ibid, 6

AC (freon), pendingin pada almari es, dan penyemprot rambut (hair spray). Gas CFC yang membumbung tinggi dapat mencapai stratosfer terdapat lapisan gas ozon (O_3). Lapisan ozon ini merupakan pelindung bumi dari pengaruh cahaya ultraviolet. Kalau tidak ada lapisan ozon, radiasi cahaya ultraviolet mencapai permukaan bumi, menyebabkan kematian organisme, tumbuhan menjadi kerdil, menimbulkan mutasi genetik, menyebabkan kanker kulit atau kanker retina mata. Jika gas CFC mencapai ozon, akan terjadi reaksi antara CFC dan ozon, sehingga lapisan ozon tersebut “berlubang” yang disebut sebagai “lubang” ozon. Menurut pengamatan melalui pesawat luar angkasa, lubang ozon di kutub Selatan semakin lebar. Saat ini luasnya telah melebihi tiga kali luas benua Eropa. Karena itu penggunaan AC harus di batasi.¹²

f. SO, SO_4

Gas belerang oksida (SO, SO_4) di udara juga dihasilkan oleh pembakaran fosil (minyak, batubara). Gas tersebut dapat beraksi dengan gas nitrogen oksida dan air hujan, yang menyebabkan air hujan menjadi asam. Maka terjadilah hujan asam. Hujan asam mengakibatkan tumbuhan dan hewan-hewan tanah mati. Produksi pertanian merosot. Besi dan logam mudah berkarat. Bangunan-bangunan kuno, seperti candi, menjadi cepat aus dan rusak. Demikian pula bangunan gedung dan jembatan.

g. Nitrogen Oksida

Nitrogen oksida adalah gas insulator panas yang sangat kuat. Ia dihasilkan terutama dari pembakaran bahan bakar fosil dan oleh lahan pertanian. Nitrogen oksida dapat menangkap panas 300 kali lebih besar dari karbon dioksida. Gas Nitrogen Oksida memiliki 2 sifat yang berbeda dan keduanya sangat berbahaya bagi kesehatan. Gas NO yang mencemari udara secara visual sulit

¹² Ibid, 7

diamati, karena gas tersebut tidak berwarna dan tidak berbau. Sedangkan gas NO_2 bila mencemari udara mudah diamati dari baunya yang sangat menyengat dan warnanya coklat kemerahan. Gas ini berasal dari limbah-limbah industri, transportasi, pembangkit listrik, pembuangan sampah, dan lain-lain. Pencemaran udara oleh gas NO , juga dapat menyebabkan terjadinya Peroxy Acetil Nitrate yang menyebabkan iritasi pada mata, serta dapat menyebabkan terjadinya kabut foto kimia atau Photo Chemistry Smog yang sangat mengganggu lingkungan.¹³

h. Pencemaran Hidrokarbon (HC)

Pencemaran udara oleh Hidrokarbon (HC) dalam jumlah sedikit tidak begitu membahayakan kesehatan manusia, tapi apabila dalam jumlah diudara sangat banyak dan bercampur dengan bahan pencemar lainnya, maka apabila terhisap oleh manusia menyebabkan terjadinya pembentukan sel-sel kanker. Biasanya gas ini banyak ditemukan di kawasan industri dan kota-kota besar seperti Jakarta yang lalulintasnya padat.

i. Pencemaran Partikel

Pencemaran oleh partikel disebabkan oleh dua hal, yaitu: Bisa karena peristiwa alamiah dan Karena ulah manusia melalui kegiatan industri dan teknologi. Partikel yang mencemari udara dapat merusak lingkungan, tanaman, hewan dan manusia. Pada umumnya udara yang telah tercemar oleh partikel dapat menimbulkan berbagai macam penyakit saluran pernafasan.

j. Pemakaian Insektisida

Akhir-akhir ini ditemukan sisa obat pemberantas hama pada sayuran dan buah-buahan, padahal apabila dimakan akan menimbulkan penyakit kanker. Hal ini juga ditemukan pada obat-obat yang disemprotkan ke udara,

¹³ Ibid, 8

seperti obat nyamuk semprot dan lain-lain. Dimana dapat merugikan kesehatan manusia.

k. Hidrogen Sulfida (H_2S)

Hidrogen sulfida (H_2S) merupakan gas yang dapat menghasilkan bau tidak sedap. Gas tersebut bersifat toksik bagi manusia dan ternak, dapat meningkatkan kerentanan terhadap penyakit, dan dapat mengganggu efisiensi aktivitas para pekerja yang berada di sekitar kawasan tersebut. Hidrogen sulfida diproduksi oleh pembusukan mikrobiologi dari senyawa sulfat dan reduksi mikroba dari sulfat, uap panas bumi, serbuk kayu, aktivitas antropogenik seperti pembakaran batu bara dan residu minyak bumi.¹⁴

l. Sulfur Dioksida (SO_2)

Pencemaran udara oleh sulfur oksida terutama disebabkan oleh dua komponen gas yang tidak berwarna, yaitu sulfur dioksida (SO_2) dan sulfur trioksida (SO_3) dan keduanya disebut sebagai SO_x . Sulfur dioksida mempunyai karakteristik bau yang tajam dan tidak terbakar di udara, sedangkan sulfur trioksida merupakan komponen yang tidak reaktif. Pembakaran bahan-bahan yang mengandung sulfur akan menghasilkan kedua bentuk sulfur dioksida, tetapi jumlah relatif masing-masing tidak dipengaruhi oleh jumlah oksigen yang tersedia. Meskipun udara tersedia dalam jumlah cukup. Sulfur dioksida selalu terbentuk dalam jumlah terbesar. Jumlah SO_3 yang terbentuk dipengaruhi oleh kondisi reaksi, terutama suhu yang bervariasi dari 1 sampai 10 % dari total SO_2 .

m. Amoniak (NH_3)

Amoniak adalah salah satu indikator pencemar udara pada bentuk kebauan. Gas amoniak adalah gas yang tidak berwarna, memiliki bau yang menyengat. Biasanya,

¹⁴ Pohan, N. *Pencemaran Udara Dan Hujan Asam*. 2002. Available from <http://repository.usu.ac.id/bitstream/123456789/1371.kimianurhasmawaty2.pdf> , diakses pada 25 mei 2021. 8

amoniak berasal dari aktifitas mikroba, industri amoniak, pengolahan limbah dan pengolahan batu bara. Amoniak di atmosfer bereaksi dengan nitrat dan sulfat sehingga terbentuk garam amoniak yang sangat korosif. Amoniak yang menguap akan mencemari udara dan mengganggu pernapasan. Titik leburnya ialah -75°C dan titik didihnya ialah -33.7°C . Larutan amoniak sebanyak 10 % dalam air mempunyai pH 12. Sumber amoniak adalah reduksi gas nitrogen yang berasal dari proses difusi udara atmosfer, limbah industri dan domestik. Amoniak disintesis dengan reaksi reversibel antara hidrogen dengan nitrogen..¹⁵

4. Dampak Pencemaran Udara

Ada banyak dampak yang dihasilkan dari pencemaran udara diantaranya: Mengganggu kesehatan makhluk hidup, kerusakan lingkungan ekosistem, dan hujan asam. Kesehatan pada manusia akan terganggu akibat udara yang tercemar yang bisa mengakibatkan timbulnya penyakit seperti infeksi saluran pernapasan, paru-paru, jantung dan juga sebagai pemicu terjadinya kanker yang sangat berbahaya. Selanjutnya efek yang ditimbulkan pada lingkungan ekosistem adalah kerusakan dimana lingkungan ekosistem tempat tinggal berbagai macam makhluk hidup seperti akibat kebakaran hutan merusak tumbuh-tumbuhan dan hewan. Sedangkan hujan asam disebabkan oleh belerang (sulfur) yang merupakan polutan dalam bahan bakar fosil serta nitrogen di udara yang bereaksi dengan oksigen membentuk sulfur dioksida dan nitrogen dioksida.

Polutan tersebut berasal dari knalpot mobil dan industri yang menggunakan bahan bakar minyak dan batubara. Di atmosfer, polutan tersebut membentuk asam sulfat (H_2SO_4) dan asam nitrat (HNO_3). Akhirnya mereka jatuh ke tanah sebagai hujan asam. Selanjutnya yang terjadi adalah bencana bagi kehidupan makhluk hidup. Sebagai contoh peristiwa kebakaran yang terjadi di Kalimantan dan Pekanbaru tentunya mengakibatkan kondisi udara yang sangat membahayakan kesehatan. Masyarakat akan terjangkit penyakit infeksi saluran pernapasan (ISPA) akibat menghirup udara yang

¹⁵ Ibid, 9

bercampur asap hasil kebakaran hutan.¹⁶ Pencemaran udara dapat menimbulkan dampak terhadap lingkungan alam, manusia, hewan dan tumbuhan, antara lain:

a. Hujan Asam

Istilah hujan asam pertama kali diperkenalkan oleh Angus Smith ketika ia menulis tentang polusi industri di Inggris. Hujan asam adalah hujan yang memiliki kandungan pH (derajat keasaman) kurang dari 5,6.

SO₂ dan NO_x (NO₂ dan NO₃) yang dihasilkan dari proses pembakaran bahan bakar fosil (kendaraan bermotor) dan pembakaran batubara (pabrik dan pembangkit energi listrik) akan menguap ke udara. Sebagian lainnya bercampur dengan O₂ yang dihirup oleh makhluk hidup dan sisanya akan langsung mengendap di tanah sehingga mencemari air dan mineral tanah. SO₂ dan NO_x (NO₂ dan NO₃) yang menguap ke udara akan bercampur dengan embun. Dengan bantuan cahaya matahari, senyawa tersebut akan diubah menjadi tetesan-tetesan asam yang kemudian turun ke bumi sebagai hujan asam. Namun, bila H₂SO₂ dan HNO₂ dalam bentuk butiran-butiran padat dan halus turun ke permukaan bumi akibat adanya gaya gravitasi bumi, maka peristiwa ini disebut dengan deposisi asam.¹⁷

b. Penipisan Lapisan Ozon

Ozon (O₃) adalah senyawa kimia yang memiliki 3 ikatan yang tidak stabil. Di atmosfer, ozon terbentuk secara alami dan terletak di lapisan stratosfer pada ketinggian 15-60 km di atas permukaan bumi. Fungsi dari lapisan ini adalah untuk melindungi bumi dari radiasi sinar ultraviolet yang dipancarkan sinar matahari dan berbahaya bagi kehidupan.

¹⁶ Jainal Abidin, Ferawati Artauli Hasibuan *Pengaruh Dampak Pencemaran Udara Terhadap Kesehatan Untuk Menambah Pemahaman Masyarakat Awam Tentang Bahaya Dari Polusi Udara Dampak Pencemaran Udara*. Fakultas Keguruan Dan Ilmu Pendidikan, Universitas Graha Nusantara. 2019.

¹⁷ Mimatun nasihah, efek hujan asam terhadap pertumbuhan tanaman, *Jurnal EnviScience* Vol. 1 No. 1. 2017. 27

Namun, zat kimia buatan manusia yang disebut sebagai ODS (*Ozone Depleting Substances*) atau BPO (*Bahan Perusak Ozon*) ternyata mampu merusak lapisan ozon sehingga akhirnya lapisan ozon menipis. Hal ini dapat terjadi karena zat kimia buatan tersebut dapat membebaskan atom klorida (Cl) yang akan mempercepat lepasnya ikatan O₃ menjadi O₂. Lapisan ozon yang berkurang disebut sebagai lubang ozon (*ozone hole*).

c. Pemanasan Global

Kadar CO₂ yang tinggi di lapisan atmosfer dapat menghalangi pantulan panas dari bumi ke atmosfer sehingga permukaan bumi menjadi lebih panas. Peristiwa ini disebut dengan efek rumah kaca (*green house effect*). Efek rumah kaca ini mempengaruhi terjadinya kenaikan suhu udara di bumi (pemanasan global). Pemanasan global adalah kenaikan suhu rata-rata di seluruh dunia dan menimbulkan dampak berupa berubahnya pola iklim.¹⁸

5. Dampak Lalu Lintas Kendaraan Bermotor

Kendaraan bermotor dapat menimbulkan dampak yang serius bagi lingkungan khususnya terhadap lapisan atmosfer bumi. Kerusakan tersebut seperti terjadinya hujan asam, perubahan iklim global, dan kerusakan lapisan ozon stratosfer. Zat-zat yang diemisikan oleh kendaraan bermotor berupa CO, CO₂, NO_x, HC, SO_x, PM₁₀, dan Pb, ada beberapa faktor yang mempengaruhi emisi gas buang kendaraan bermotor diantaranya adalah sebagai berikut:

a. Jumlah Kendaraan

Secara umum, pertambahan jumlah kendaraan akan berbanding lurus dengan jumlah emisi gas yang dikeluarkan sehingga emisi yang berada di atmosfer juga bertambah dan menyebabkan kualitas udara menurun.

b. Perawatan Kendaraan

¹⁸ Ibid, 28

Kendaraan keluaran lama atau kendaraan tua sebagian besar menyebabkan pencemaran udara karena mesin kendaraan yang sudah lama sehingga efisiensi pembakaran di mesin sudah berkurang. Selain itu karbulator yang tidak dirawat menyebabkan bahan bakar tidak tercampur dengan udara dengan baik. Perawatan yang dilakukan secara rutin dapat mengurangi emisi gas buang yang dikeluarkan. Semakin sering dilakukan perawatan, semakin kecil emisi gas buang kendaraan.

c. Umur Kendaraan

Tahun produksi kendaraan juga merupakan faktor penyebab polusi udara. Karena semakin tua umur kendaraan, maka mesin kendaraan juga mengalami penurunan. Begitu juga dengan gas buang yang disalurkan oleh mesin kendaraan tua. Kendaraan produksi terbaru lebih minim polutan yang dikeluarkan dibandingkan dengan kendaraan lama.

d. Kecepatan Kendaraan

Peningkatan laju pertumbuhan kendaraan menyebabkan kemacetan di jalan sehingga menurunkan kecepatan berkendara, akibatnya kendaraan akan lebih lama sehingga emisi gas yang dikeluarkan juga lebih besar.

e. Kapasitas Mesin

Perbedaan kapasitas silinder mempengaruhi konsentrasi emisi gas buangnya. Mesin kendaraan dengan kapasitas silinder lebih besar akan mengeluarkan zat pencemar yang lebih besar. Kapasitas mesin kendaraan berkaitan erat dengan konsumsi bahan bakar, semakin besar kapasitas mesin, semakin banyak pula bahan bakar yang dibutuhkan oleh kendaraan tersebut sehingga emisi yang dihasilkan akan semakin besar.

f. Jumlah Bahan Bakar

Pemakaian bahan bakar secara langsung mempengaruhi tingkat emisi kendaraan. Semakin tinggi

pemakaian bahan bakar maka emisi yang dihasilkan semakin besar. Salah satu cara pengendalian emisi gas buang adalah dengan mengesndalikan konsumsi bahan bakar untuk transportasi jalan tersebut.¹⁹

6. Dampak Pencemaran Udara Terhadap Manusia

Substansi pencemar yang terdapat di udara dapat masuk ke dalam tubuh melalui sistem pernapasan. Jauhnya penetrasi zat pencemar ke dalam tubuh bergantung kepada jenis pencemar. Partikulat berukuran besar dapat tertahan di saluran pernapasan bagian atas, sedangkan partikulat berukuran kecil dan gas dapat mencapai paru-paru. Dari paru-paru, zat pencemar diserap oleh sistem peredaran darah dan menyebar ke seluruh tubuh. Dampak kesehatan yang paling umum dijumpai adalah ISPA (infeksi saluran pernapasan akut), termasuk di antaranya, asma, bronkitis, dan gangguan pernapasan lainnya.

Partikel yang mencemari udara dapat merusak lingkungan, manusia, tanaman, dan hewan. Udara yang telah tercemar oleh partikel dapat menimbulkan berbagai penyakit saluran pernapasan atau pneumokoniosis yang merupakan penyakit saluran pernapasan yang disebabkan oleh adanya partikel yang masuk atau mengendap di dalam paru-paru akan menentukan letak penempelan atau pengendapannya.

Penyakit pneumoconiosis banyak jenisnya, tergantung dari jenis partikel yang masuk atau terhisap ke dalam paru-paru. Adapun jenis-jenis penyakit pneumoniosis seperti :

a. Penyakit Antrakosi

Merupakan penyakit saluran pernapasan yang disebabkan oleh pencemaran debu batubara. Penyakit ini biasanya dijumpai pada pekerja tambang batubara atau pekerja yang banyak melibatkan penggunaan batubara seperti power plant (pembangkit listrik tenaga uap. Masa

¹⁹ Ibid 29

inkubasi penyakit ini antara 2-4 tahun yang ditandai dengan sesak napas.²⁰

b. Penyakit Silikosis

Penyakit yang disebabkan oleh pencemaran debu silika bebas, berupa SiO_2 , yang terhisap masuk ke dalam paru-paru dan kemudian mengendap. Debu silika ini banyak terdapat di industri besi baja, keramik, pengecoran beton, proses permesinan seperti mengikir, menggerinda. Di samping itu debu silika juga terdapat di penambangan bijih besi, timah putih, dan tambang batu bara. Penyakit silikosis akan lebih buruk lagi, kalau penderita sebelumnya sudah menderita penyakit TBC paru-paru, bronchitis kronis, asma bronchiale dan penyakit pernapasan lainnya. Pada awalnya, penyakit silikosis ditandai dengan sesak napas yang disertai dengan batuk-batuk tanpa dahak.

c. Penyakit Asbestosis

Merupakan penyakit akibat kerja yang disebabkan oleh debu atau serat asbes yang mencemari udara. Asbes merupakan campuran berbagai macam silikat terutama selain mempengaruhi keadaan lingkungan alam, pencemaran udara juga membawa dampak negatif bagi kehidupan makhluk hidup (organisme), baik hewan, tumbuhan dan manusia

7. Pencegahan Pencemaran Udara

Pencegahan yang ditempuh terhadap pencemaran udara tergantung dari sifat dan sumber polutannya. Pencegahan yang paling sederhana dan mudah dilakukan yaitu menggunakan masker sebagai pelindung untuk menghindari terjadinya gangguan kesehatan.

Tindakan yang dilakukan untuk mencegah pencemaran udara seperti mengurangi polutan, bahan yang mengakibatkan polusi dengan

²⁰ Wardhana, Wisnu Arya. Dampak Pencemaran Lingkungan. (Yogyakarta: Andi Offset. Yogyakarta. 2004). Hal: 56

peralatan, mengubah polutan, melarutkan polutan, dan mendispersikan/menguraikan polutan.²¹

a. Mencegah pencemaran udara berbentuk gas.

1.) Adsorpsi

Adsorpsi merupakan proses melekatnya molekul polutan atau ion pada permukaan zat padat, adsorben seperti karbon aktif dan silikat. Adsorben mempunyai sifat dapat menyerap zat lain sehingga menempel pada permukaannya tanpa reaksi kimia serta memiliki daya kejenuhan yang bersifat disposal (sekali pakai buang) atau dibersihkan dulu, kemudian digunakan lagi.

2.) Absorpsi

Absorpsi merupakan proses penyerapan yang memerlukan solven yang baik untuk memisahkan polutan gas dengan konsentrasinya. Metode absorpsi ini pada prinsipnya hampir sama dengan metode adsorpsi, hanya bedanya bahwa emisi hidrokarbon mengalami kontak dengan cairan di mana hidrokarbon akan larut atau tersuspensi.

3.) Kondensasi

Kondensasi merupakan proses perubahan uap air atau benda gas menjadi benda cair pada suhu udara di bawah titik embun. Polutan gas diarahkan mencapai titik kondensasi tinggi dan titik penguapan yang rendah, seperti hidrokarbon dan gas organik lainnya.

4.) Pembakaran

Pembakaran merupakan proses untuk menghancurkan gas hidrokarbon yang terdapat di dalam polutan dengan

²¹Ibid, 57

menggunakan proses oksidasi panas yang disebut inceneration. Inceneration merupakan salah satu metode dalam pengolahan limbah padat dengan menggunakan pembakaran yang menghasilkan gas dan residu pembakaran.²²

b. Mencegah pencemaran udara berbentuk partikel

1.) Filter

Filter udara dimaksudkan untuk menangkap debu atau polutan partikel yang ikut keluar pada cerobong atau stack pada permukaan filter, agar tidak ikut terlepas ke lingkungan sehingga hanya udara bersih saja yang keluar dari cerobong. Penggunaan filter udara seharusnya disesuaikan dengan sifat gas buangan yang keluar seperti berdebu banyak, bersifat asam, bersifat alkalis dan sebagainya. Beberapa contoh jenis filter yang banyak digunakan seperti catton, nylon, orlon, dacron, fiberglass, polypropylene, wool, nomex dan teloyln.

2.) Filter basah

Cara kerja filter basah atau scrubber/wat collectors adalah membersihkan udara kotor dengan cara menyemprotkan air dari bagian atas alat sedangkan udara kotor dibagian bawah alat.

3.) Elektrostatik

Alat pengendap elektrostatik dapat digunakan untuk membersihkan udara kotor dalam jumlah yang relatif besar. Alat ini menggunakan arus searah yang mempunyai tegangan antara 25-100 kv. Berupa tabung silinder di mana dindingnya diberi muatan positif sedangkan di tengah ada sebuah kawat yang merupakan pusat silinder, sejajar dinding silinder diberi muatan negatif.

²² Ibid, 58

4.) Kolektor mekanik

Mengendapkan polutan partikel yang ukurannya relatif besar dapat dengan menggunakan tenaga gravitasi. Pengendap siklon adalah pengendap debu yang ikut dalam gas buangan atau udara dalam ruang pabrik yang berdebu.

5.) Program penghijauan

Tumbuh-tumbuhan menyerap hasil pencemaran udara berupa karbon dioksida CO₂ dan melepaskan oksigen O₂. Tumbuh-tumbuhan akan menghisap dan mengurangi polutan dengan melepaskan gas oksigen maka akan mengurangi jumlah polutan di udara. Semakin banyak tumbuh-tumbuhan ditanam sebagai paru-paru kota maka kualitas udara akan semakin sehat sehingga akan mendukung program langit biru (prolabir). Program penghijauan ini seharusnya merupakan gerakan nasional agar semua pihak dapat berpartisipasi aktif.²³

6.) Ventilasi udara

Penggunaan dan penempatan ventilasi udara seharusnya disesuaikan dengan kebutuhan. Perhatian utama yaitu tercukupinya kebutuhan gas oksigen (O₂) dalam ruangan serta menjadikan udara dalam ruangan serta menjadikan udara dalam ruangan bebas dari berbagai polutan. Bila akan menggunakan exhaust fan, maka usahakan dekat dengan sumber pencemaran agar polutan segera dapat keluar dari ruangan.

²³ Ibid, 59

BAB II

BAKU MUTU UDARA

Udara diperlukan manusia setiap saat dalam kehidupannya. Untuk itu kualitas udara yang layak harus tersedia untuk mendukung terciptanya kesehatan masyarakat. Standard tentang batas-batas pencemar udara secara kuantitatif diatur dalam baku mutu udara ambien dan baku mutu udara emisi. Baku mutu udara ambien mengatur batas kadar yang diperbolehkan bagi zat atau bahan pencemar terdapat di udara namun tidak menimbulkan gangguan terhadap mahluk hidup, tumbuh-tumbuhan dan atau benda.

Peraturan pemerintah nomor 41 tahun 1999 tentang pengendalian pencemaran udara dapat dijelaskan dengan maksud yaitu udara mempunyai arti yang sangat penting di dalam kehidupan makhluk hidup dan keberadaan benda-benda lainnya. Sehingga udara adalah sumber daya alam yang harus kita lindungi untuk kehidupan manusia dan makhluk lainnya. Hal ini berarti pemanfaatannya harus dilakukan secara bijaksana dengan memperhitungkan kepentingan generasi sekarang dan yang akan datang. Untuk mendapatkan udara dengan tingkat kualitas yang diinginkan maka pengendalian pencemaran udara menjadi sangat penting untuk dilakukan.²⁴

Dalam pengaturan pengendalian pencemaran udara, udara bebas yang kita hirup disebut sebagai udara ambien. Baku mutu udara ambien secara sederhana dapat diartikan sebagai batas maksimum bahan pencemar (zat, senyawa) yang diperbolehkan ada di udara. Terdapat 13 (tiga belas) parameter yang diatur dalam baku mutu udara ambien Indonesia yang berlaku secara nasional, yaitu SO₂ (Sulfur Dioksida), CO (Karbon Monoksida), NO₂ (Nitrogen Dioksida), O₃ (Oksida), HC (Hidrokarbon), PM₁₀ dan PM_{2,5} (Partikel), TSP (Debu), Pb (Timah Hitam), Dustfall (Debu Jatuh), Total Fluorides, Fluor Indeks, Klorine dan Klorine Dioksida, serta Sulphat Index. Lebih lengkapnya sebagai berikut:

²⁴ Rizki Taher Dwi Kurniawati , Rita Rahmawati , Yuciana Wilandari."Pengelompokan Kualitas Udara Ambien Menurut Kabupaten/Kota Di Jawa Tengah Menggunakan Analisis Klaster". *Jurnal Gaussian*, Volume 4, Nomor 2, (2015). 394 <http://ejournal-s1.undip.ac.id/cgi-sys/suspendedpage.cgi>

Tabel 1 Baku mutu udara ambien berdasarkan Lampiran PP No. 41 Tahun 1999

Baku Mutu Udara Ambien Nasional berdasarkan Lampiran PP 41/1999

No.	Parameter	Waktu Pengukuran	Baku Mutu	Metode Analisis	Peralatan
1.	SO ₂ (Sulfur Dioksida)	1 jam	900 ug/Nm ³	Pararosanilin	Spektrofotometer
		24 jam	365 ug/Nm ³		
		1 tahun	60 ug/Nm ³		
2.	CO (karbon Monoksida)	1 jam	30.000 ug/Nm ³	NDIR	NDIR Analyzer
		24 jam	10.000 ug/Nm ³		
		1 tahun			
3.	NO ₂ (Nitrogen Dioksida)	1 jam	400 ug/Nm ³	Saltzman	Spektrofotometer
		24 jam	150 ug/Nm ³		
		1 tahun	100 ug/Nm ³		
4.	O ₃ (oksidan)	1 jam	235 ug/Nm ³	Chemiluminescent	Spektrofotometer
		1 tahun	50 ug/Nm ³		
5.	HC (Hidro Karbon)	3 jam	160 ug/Nm ³	Flamelonization	Gas Chromatogarfl
6.	PM ₁₀ (Partikel < 10 um)	24 jam	150 ug/Nm ³	Gravimetric	Hi-Vol
		24 jam	65 ug/Nm ³		
			15 ug/Nm ³		
7.	TSP (Debu)	24 jam	230 ug/Nm ³	Gravimetric	Hi-Vol
		1 tahun	80 ug/Nm ³		
8.	Pb (Timah Hitam)	24 jam	2 ug/Nm ³	Gravimetric Ekstraktif Pengabuan	AAS
		1 tahun	1 ug/Nm ³		
9.	Dustfall (Debu Jatuh)	30 hari	10 Ton/km ² /bln (Perumahan)	Gravimetric	Cannister
			20 Ton/km ² /bln (Industri)		
10.	Total Fluoridae (as F)	24 jam	3 ug/Nm ³	Specific Ion Electode	Impinger atau Countinous Analyzer
		90 hari	0.5 ug/Nm ³		
11.	Fluor Indeks	30 hari	40 ug/100 cm ³ dari kertas limed filter	Colourimetric	Limed Filter Paper
12.	Klorine & Klorine Dioksida	24 jam	150 ug/Nm ³	Specific Ton Electrode	Impinger atau Countinous Analyzer
13.	Sulphat Indeks	30 hari	1 mg SO ₂ /100 cm ³ dari Lead Peroxida	Colourimetric	Lead Peroxida Candle

Catatan:

(*) PM 2.5 mulai berlaku tahun 2002 Nomor 11 s.d. 13 hanya diberlakukan untuk daerah/kawasan industri kimia dasar. Misal: industri petrokimia/pembuatan asam sulfat.

Untuk satuan nilai baku mutu, di Indonesia hampir seluruhnya menggunakan satuan $\mu\text{g}/\text{Nm}^3$. Huruf N sebelum satuan volume mengindikasikan bahwa volume yang dimaksud adalah volume gas pada keadaan normal yakni pada temperatur 25°C dan Tekanan 1 atm. Penetapan nilai baku mutu disesuaikan dengan kondisi lingkungan di suatu negara dan penelitian-penelitian yang telah dilakukan di negara tersebut. Semakin kecilnya nilai baku mutu menunjukkan semakin

berbahayanya parameter tersebut bagi lingkungan kesehatan. Negara yang menetapkan baku mutu rendah menunjukkan negara yang siap dalam aspek teknologi, sosial, ekonomi untuk menghadapi permasalahan pencemaran udara.

1. Indeks standar kualitas udara

Saat ini Indeks standar kualitas udara yang dipergunakan secara resmi di Indonesia adalah Indeks Standar Pencemar Udara (ISPU), hal ini sesuai dengan Keputusan Menteri Negara Lingkungan Hidup Nomor : KEP 45 / MENLH / 1997 Tentang Indeks Standar Pencemar Udara. Dalam keputusan tersebut yang dipergunakan sebagai bahan pertimbangan diantaranya : bahwa untuk memberikan kemudahan dari keseragaman informasi kualitas udara ambien kepada masyarakat di lokasi dan waktu tertentu serta sebagai bahan pertimbangan dalam melakukan upaya-upaya pengendalian pencemaran udara perlu disusun Indeks Standar Pencemar Udara.²⁵

Indeks Standar Pencemar Udara adalah angka yang tidak mempunyai satuan yang menggambarkan kondisi kualitas udara ambien di lokasi dan waktu tertentu yang didasarkan kepada dampak terhadap kesehatan manusia, nilai estetika dan makhluk hidup lainnya. Indeks Standar Pencemar Udara ditetapkan dengan cara mengubah kadar pencemar udara yang terukur menjadi suatu angka yang tidak berdimensi. Rentang Indeks Standar Pencemar Udara dapat dilihat pada tabel 2.

Tabel 2. Rentang Indeks Standar Pencemar Udara

Kategori	Rentang	Penjelasan
Baik	0-50	Tingkat kualitas udara yang tidak memberikan efek bagi kesehatan manusia atau hewan dan tidak berpengaruh pada tumbuhan, bangunan

²⁵Eka Apriawati, Agung Abadi Kiswadono.” Kajian Indeks Standar Polusi Udara (Ispu) Nitrogen Dioksida (No2) Ditiga Lokasi Kota Bandar Lampung”. *Jurnal kimia FMIPA Universitas Lampung*. Bandar Lampung vol.2. no. 01. 2017. (44)

		atau nilai estetika
Sedang	51-100	
Tidak sehat	101-199	Tingkat kualitas udara yang bersifat merugikan pada manusia ataupun kelompok hewan yang sensitif atau bisa menimbulkan kerusakan pada tumbuhan atau nilai estetika
Sangat tidak sehat	200-299	Tingkat kualitas udara yang dapat merugikan kesehatan pada sejumlah segmen populasi yang terpapar
Berbahaya	300-lebih	Tingkat kualitas udara berbahaya yang secara umum dapat merugikan kesehatan yang serius

Parameter Indeks Standar Pencemar Udara meliputi :

1. Partikulat (PM10)
2. Karbondioksida (CO)
3. Sulfur dioksida (SO₂).
4. Nitrogen dioksida (NO₂).
5. Ozon (O₃)

Perhitungan dan pelaporan serta informasi Indeks Standar Pencemar Udara ditetapkan oleh Kepala Badan Pengendalian Dampak Lingkungan, yaitu Keputusan Kepala Badan Pengendalian Dampak Lingkungan No. 107 Tahun 1997 Tanggal 21 November 1997.

2. Polutan Standar Indeks (PSI)

Polutan Standar Indeks (PSI) merupakan index yang dipakai sebagai acuan dari Index Standar Pencemar Udara (ISPU). Polutan Standar Indeks (PSI) dipergunakan oleh beberapa Negara, diantaranya Amerika Serikat. Metode perhitungan yang dipergunakan dalam Polutan Standar Indeks berprinsip pada tingkat efek yang ditimbulkan terhadap manusia dan lingkungan oleh karena pemaparan suatu parameter polutan. Tingkat efek yang ditimbulkannya dianggap konstan untuk setiap konsentrasi pemaparan polutan tertentu. Parameter-parameter yang dipergunakan dalam Polutan Standar Indeks (PSI) adalah seperti dalam tabel 3.²⁶

Tabel 3. Parameter-parameter yang dipergunakan dalam Polutan Standar Indeks (PSI)

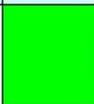
Parameter	Waktu pengukuran
Partikulat	24 jam (periode pengukuran rata-rata)
Sulfur Dioksida	24 jam (periode pengukuran rata-rata)
Carbon Monoksida	8 jam (periode pengukuran rata-rata)
Ozon	1 jam (periode pengukuran rata-rata)
Nitrogen Dioksida	1 jam (periode pengukuran rata-rata)

Sifat Polutan Standar Indeks (PSI) individual per parameter. Dimana untuk pengukuran secara kontinu diambil harga rata-rata dari waktu pengukuran yang nilainya tertinggi. Polutan Standar Indeks (PSI) dihitung untuk periode waktu 24 jam. Nilai indeks, deskripsi,

²⁶ Rohni Arissa, Agung Abadi Kiswandono." Kajian Indeks Standar Polusi Udara (Ispu) Pm10, So2, O3, Dan No2 Di Kota Bandar Lampung " Jurnal Kimia FMIPA Universitas Lampung. Vol 2. No. 1. 2017. 39

warna dan maksud/ dampaknya selengkapnya dapat dilihat pada tabel 3. Sedangkan batas nilai-nilai indeks dan konsentrasi masing-masing parameter dapat dilihat pada tabel.²⁷

Tabel 4. Nilai Indeks, Deskripsi, Warna dan Maksud/ Dampaknya

Kategori	Rentang	Warna	Penjelasan
Baik	0 – 50		Tingkat kualitas udara yang tidak memberikan efek bagi kesehatan manusia atau hewan dan tidak berpengaruh pada tumbuhan, bangunan ataupun nilai estetika.
Sedang	51 – 100		Tingkat kualitas udara yang tidak berpengaruh pada kesehatan manusia ataupun hewan tetapi berpengaruh pada tumbuhan yang sensitive dan nilai estetika.
Tidak Sehat	101 – 199		Tingkat kualitas udara yang bersifat merugikan pada manusia ataupun kelompok hewan yang sensitive atau bias menimbulkan kerusakan pada tumbuhan ataupun nilai estetika.
Sangat Tidak Sehat	200 – 299		Kuning Tingkat kualitas udara yang dapat merugikan kesehatan pada sejumlah segmen populasi yang terpapar.
Berbahaya	300 – 500		Tingkat kualitas udara berbahaya yang secara umum dapat merugikan kesehatan yang serius pada populasi.

Tabel 5. Batas Nilai-Nilai Indeks dan Kategori dari Konsentrasi Masing-Masing Parameter

These Breakpoints--							Equal these PSIs	Category
O3(op m) 8-Hour	O3(op m) 8-Hour	PM10 µg/m3	PM2,5 µg/m3	CO (ppm)	SO2 (ppm)	NO2 (ppm)		
0,000-0,069	-	0-54	0,0-15,4	0,0-4,4	0,00-0,034	(2)	0-50	Good
0,070-0,084	-	55-	15,5-	4,5-9,4		(2)	51-	Moderate

²⁷ Ibid, 40

		154	65,4		0,03		100	te
0,085-0,104	0,125-0,164	155-245	65,5	9,5-12,4	5-0,014	(2)	101	
			-				-	Unhealt
0,105-0,124	0,165-0,204	266-354	100,4	12,5	0,14	(2)	150	y for
							-	sensitiv
0,125-0,374	0,205-0,404	355-424	100,5-150,4	15,4	5-0,224		151	e groups
							200	Unhealt
(0,115					0,22	0,65	201	y
-				30,4	5-	-	-	
0,404)			150,		0,30	1,24	300	Very
4	0,405-0,504	425-504	250,4		0,30			unhealt
(3)	0,505-0,604	504-604	30,5	30,5	5-	1,25		y
							301	
(3)				40,4	0,60	-	-	
				40,5	4	1,64	400	
						1,65	401	
			250-5-350,4	50,4		-2,4	500	
					0,60			Hazard
			350,5-500		5-0,804			ous
					0,80			
					5-			
					1,00			

					4			
--	--	--	--	--	---	--	--	--

Persamaan yang dipergunakan dalam Polutan Standar Indeks (PSI)

$$LP = \frac{IHI - ILO}{BPHO - BPLO} (CP - BPLO) + ILO$$

Dimana :

Ip = Indeks / Polutan Standar Indeks (PSI) terhitung

IHi = PSI Batas atas (tabel 5)

ILO = PSI Batas bawah (tabel 5)

BPHi = Konsentrasi embient batas atas (tabel 5)

BPLo = Konsentrasi embient batas bawah (tabel 5)

Cp = Konsentrasi embient hasil pengukuran

3. National Air Quality Index (NAQI)

National Air Quality Index (NAQI) dihitung berdasarkan rata-rata kuadrat indeks tiap parameter pencemar udara, yaitu Partikulat Tersuspensi (TSP), karbon monoksida (CO), sulfur dioksida (SO₂), nitrogen dioksida (NO₂) dan oksidan fotokimia. Sifat indeks ini merupakan kombinasi nilai yang diperoleh yaitu merupakan gabungan beberapa nilai parameter yang dianggap utama sebagai pencemar udara. National Air Quality Index (NAQI) merupakan indeks kualitas udara yang dipergunakan di Canada. Nilai NAQI hanya bias dibandingkan jika telah dilakukan perhitungan indeks kualitas sebelumnya dengan metode NAQI juga. Jika nilai NAQI makin meningkat menunjukkan penurunan kualitas udara.

4. Oak Ridge Air Quality Index (ORAQI)

Oak Ridge Air Quality Index (ORAQI) merupakan rancangan kombinasi penetapan suatu index kualitas udara dengan metode perhitungan non-linear dari beberapa parameter pencemar udara.

Kelima Pencemar udara tersebut, yaitu : karbon monoksida (CO), sulfur oksida (SO), nitrogen dioksida (N₂), oksidan dan partikulat (TSP). Kelima parameter ini berhubungan dengan baku mutu masing-masing pencemar tersebut.

Persamaan umum yang digunakan adalah :

$$ORAQI = (5,7 \left(\frac{Ci}{Si} \right))$$

C_i = Konsentrasi Polutan i Satuan untuk TSP menggunakan µg/m³, sedangkan parameter pencemar lainnya menggunakan satuan ppm.

S_i = Baku mutu standar polutan I pada rerata waktu 24 jam (NAAQS)

Kategori deskripsi Oak Ridge Air Quality Index (ORAQI) dengan rentang skala 0 – 100 selengkapnya dapat dilihat pada table 6.

Tabel 6. Kategori Deskripsi Oak Ridge Air Quality Index (ORAQI)

Rentang	Deskripsi
< 20	Terbaik
20-39	Baik
40-59	Cukup Baik, Sedang
60-79	Tidak Baik, Rendah
80-99	Buruk
>100	Berbahaya

Perhitungan Oak Ridge Air Quality Index (ORAQI) menggunakan Metode Monogram. Langkah-langkah yang dilakukan sbb :

1. Membuat kolom-kolom table dengan urutan 1 s.d. 5 berisikan skala index, berdasarkan perhitungan rumus umum diatas, untuk lima parameter.

2. Kolom 6 merupakan jumlah aritmetik dari index kolom 1 s.d. 5.
3. Kolom 7 merupakan nilai ORAQI yang didapatkan dari menarik garis pada grafik Monogram dari nilai pada kolom 6 dan kolom 8.
4. Kolom 8 berisikan jumlah index parameter yang tidak terukur. Apabila kelima parameter pencemar dapat terukur semua, maka pada kolom 8 dituliskan none. Kolom 7 diisi nilai ORAQI berdasarkan nilai pembacaan pada garis kedua setelah ditarik garis lurus dari nilai pada kolom 6 pada garis pertama dengan none pada garis ketiga.
5. Semua nilai pada kolom table harus ditampilkan pada penyajian Oak Ridge Air Quality Index (ORAQI) sehingga reliabilitasnya tetap terjaga.



Praktikum 1

Debu dan jelaga

A. Tujuan

1. Dapat menemukan dan memahami pencemaran udara yang terjadi di lingkungan sekitar.

B. Alat dan Bahan

1. Hand body lotion
2. Mika ukuran kertas folio (9 lembar)
3. Alat perekat (double tip / isolasi)
4. Gunting
5. Kamera hp

C. Cara Kerja

1. Oleskan hand body lotion secara merata pada mika.
2. Tempelkan 3 mika pada tembok pada ruangan, 3 mika ditembok halaman, 3 mika di pagar luar ruangan dekat jalan raya.
3. Biarkan mika selama 15 menit.
4. Ambil semua mika, lalu amati apa yang terjadi pada mika tersebut. Banyak , sedang atau sedikitnya debu dan jelaga yang menempel dapat dilihat dari kejernihan mika.semakin gelap menandakan semakin banyaknya debu dan jelaga yang tertangkap.

Tabel hasil pengamatan

Berilah tanda (√) untuk melengkapi tabel berikut

Tempat	Keterangan		
	Banyak	Sedang	sedikit
Tembok dalam ruangan	++		
Tembok halaman			
Pagar dekat jalan raya			

Keterangan :

+++ = banyak debu

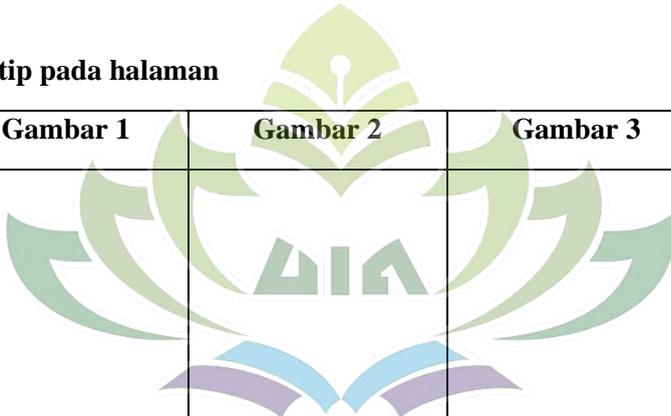
++ = sedang debu

+ = sedikit debu

Solatip pada tembok di dalam ruangan

Gambar 1	Gambar 2	Gambar 3

Solatip pada halaman

Gambar 1	Gambar 2	Gambar 3
		

Solatip di pagar dekat jalan raya

Gambar 1	Gambar 2	Gambar 3



Praktikum 2

Bahaya Asap Rokok

A. Tujuan

1. Mengetahui bahaya asap rokok

B. Alat dan Bahan

1. $\frac{1}{4}$ batang dan $\frac{1}{2}$ batang rokok
2. 3 toples bening
3. Tisu
4. Lilin
5. 9 ekor jangkrik
6. Stopwatch
7. Korek api

C. Cara kerja

1. Siapkan 3 toples bening
2. Sediakan toples berlabel tanpa asap, $\frac{1}{4}$ batang rokok dan $\frac{1}{2}$ batang rokok
3. Masukkan 3 ekor jangkrik pada masing-masing toples.
4. 2 tutup toples lubangi dengan lebar yang sama.
5. Masukkan rokok pada tutup toples yang sudah dilubangi.
6. Nyalakan rokok menggunakan korek api.
7. Tekan badan toples secara perlahan sampai rokok terbakar.
8. Amati kondisi jangkrik pada menit ke 6, 9 dan 12 dan amati perubahan dengan menggunakan tissue
9. Amati, dokumentasikan dan catat hasil pengamatan.

Tabel hasil pengamatan

Berilah tanda (√) untuk melengkapi tabel berikut

Toples	Keterangan		
	Menit ke 6	Menit ke 9	Menit ke 12
Tanpa asap			
Rokok $\frac{1}{4}$ batang			
Rokok $\frac{1}{2}$ batang			

- +++ = warna kuning kecoklatan, kotoran pekat pada tisu
 ++ = warna coklat tidak pekat pada tisu
 + = tidak bernoda

Toples 1	Toples 2	Toples 3

Praktikum 3

Dampak Penipisan lapisan ozon

A. Tujuan

1. Mengetahui pengaruh polutan terhadap kelangsungan hidup organisme

B. Alat dan bahan

1. 4 cup dengan ukuran yang sama
2. Es batu
3. Penggaris
4. Plastik
5. Stopwatch
6. Karet gelang
7. Kamera hp

g. Cara kerja

1. Masukkan es batu berukuran sama kedalam cup A dan B
2. Tutup cup A dengan plastik. Eratkan plastik disekelling cup dengan karet gelang, sedangkan cup B biarkan terbuka.
3. Letakkan kedua cup dibawah matahari, dan biarkan selama 10 menit.
4. Setelah 10 menit, tuangkan masing-masing es kedalam cup C dan D.
5. Ukur tinggi es yang mencair pada cup C dan D.
6. Adakah perbedaan tinggi air?
7. Amati, dokumentasikan, catat, dan diskusikan hasil pengamatanmu.

Tabel hasil pengamatan

Berilah tanda (√) untuk melengkapi tabel berikut

Jenis benda	Tinggi air pada menit ke-10
Cup tertutup plastik	
Cup terbuka	

1. Mengapa es batu dalam cup mencair?
2. Setelah dijemur, cup manakah yang airnya lebih banyak? Mengapa?
3. Bandingkan percobaan dengan efek rumah kaca yang terjadi di bumi?
4. Apa pengaruh perbedaan perlakuan?
5. Jika plastik di ibaratkan lapisan ozon apa manfaat lapisan ozon bagi kehidupan?

Dokumentasi Hasil Praktikum

Gambar Cup A	Gambar Cup B
Gambar Cup C	Gambar Cup D
	

Daftar Pustaka

- Darmono. *Lingkungan Hidup dan Pencemaran: Hubungannya dengan Toksikologi Senyawa Logam*. Jakarta: Penerbit Universitas Indonesia. 2001.
- Eka Apriawati, Agung Abadi Kiswadono.” Kajian Indeks Standar Polusi Udara (Ispu) Nitrogen Dioksida (NO₂) Ditiga Lokasi Kota Bandar Lampung”. *Jurnal kimia FMIPA Universitas Lampung*. Bandar Lampung vol.2. no. 01. 2017.
- Indrayani, Sri Asfiati. Pencemaran udara akibat kinerja lalu-lintas kendaraan bermotor di kota medan . jurnal permukiman. Universitas muhammadiyah sumatera utara. Vol. 13. No. 1. 2018.
- Ir. Ketut irianto, M.Si. buku bahan ajar pencemaran lingkungan. Universitas Warmadewa. Bali. 2015.
- Jainal Abidin, Ferawati Artauli Hasibuan *Pengaruh Dampak Pencemaran Udara Terhadap Kesehatan Untuk Menambah Pemahaman Masyarakat Awam Tentang Bahaya Dari Polusi Udara Dampak Pencemaran Udara*. Fakultas Keguruan Dan Ilmu Pendidikan, Universitas Graha Nusantara. 2019.
- Keputusan Menteri Negara Kependudukan Dan Lingkungan Hidup .Tentang Pedoman Penetapan Baku Mutu Lingkungan Menteri Negara Kependudukan Dan Lingkungan Hidup . Nomor: Kep-02/Menklh/I/1988.
- Mimatun nasihah, efek hujan asam terhadap pertumbuhan tanaman, *Jurnal EnviScience* Vol. 1 No. 1. 2017.
- Oj sumampouw, diktat pencemaran lingkungan. Sam ratulangi university. Mando. 2015.
- Pusparini, M. *Evaluasi Tingkat Pencemaran Udara Berdasarkan Konsentrasi Udara Ambient di DKI Jakarta*. Skripsi. Jurusan Geofisika Dan Meteorologi. Bogor : IPB. 2002.
- Pemerintah Republik Indonesia. *Peraturan Pemerintah Republik Indonesia Nomor 41 Tahun 1999 Baku Mutu Udara Ambient*

Nasional. Tentang pengendalian pencemaran udara. Jakarta. 1999

Pohan, N. *Pencemaran Udara Dan Hujan Asam*. 2002. Available from.<http://repository.usu.ac.id/bitstream/123456789/1371.kimianurhasmawaty2.pdf> , diakses pada 25 mei 2021

Wardhana, Wisnu Arya.*Dampak Pencemaran Lingkungan*. Edisi Revisi. Yogyakarta: Penerbit Andi. 2001.

Rohni Arissa, Agung Abadi Kiswandono.” Kajian Indeks Standar Polusi Udara (Ispu) Pm10, So2, O3, Dan No2 Di Kota Bandar Lampung ” *Jurnal Kimia FMIPA Universitas Lampung*. Vol 2. No. 1. 20



