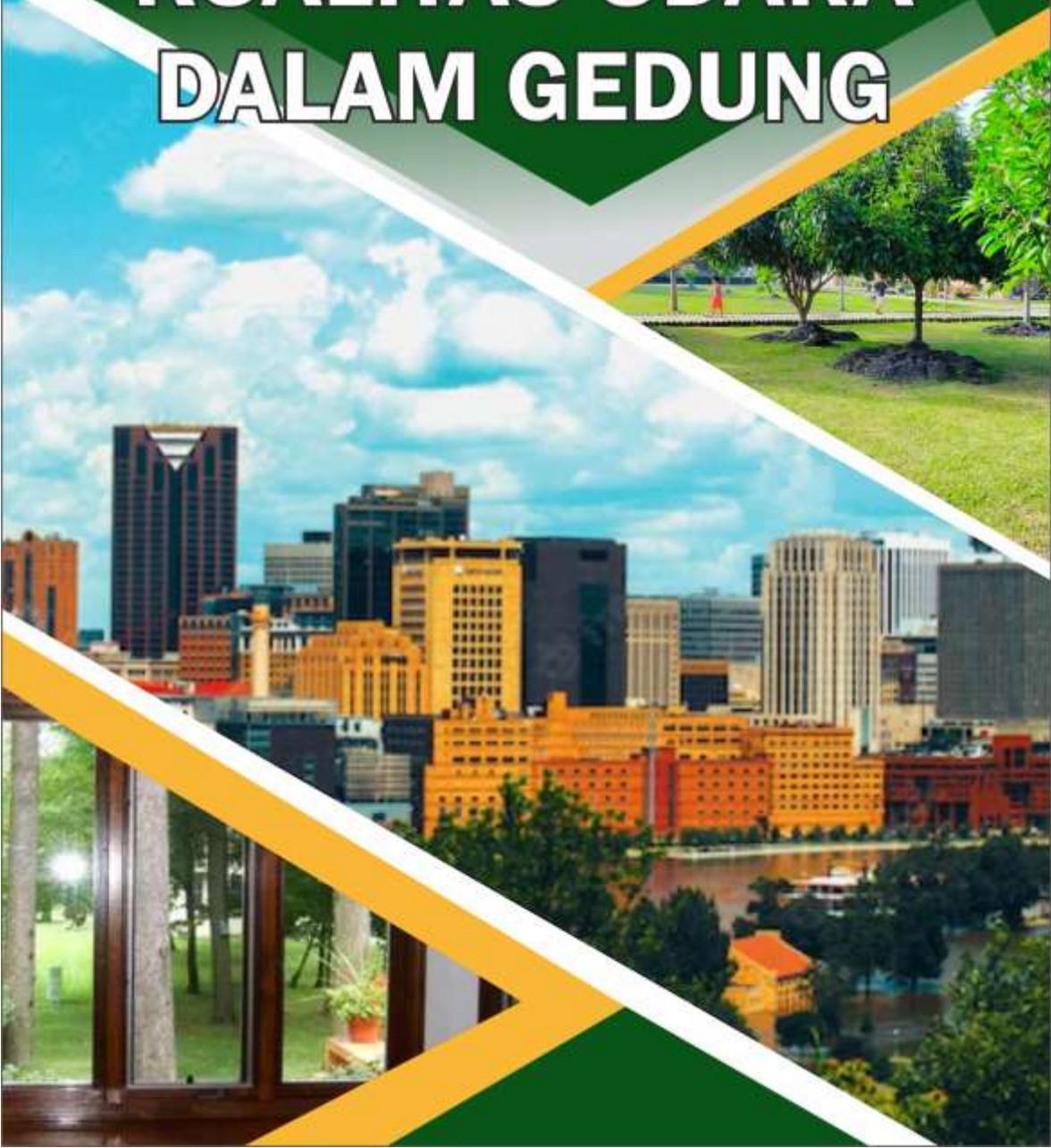


Imam Santoso, SKM, M.Kes
Dr. Juanda, SKM, M.Kes
Ahmad Dahlan, SKM, M.Kes



PENGAWASAN KUALITAS UDARA DALAM GEDUNG



PENGAWASAN KUALITAS UDARA DALAM GEDUNG

Imam Santoso, SKM, M.Kes

Dr. Juanda, SKM, M.Kes

Ahmad Dahlan, SKM, M.Kes



Tahta Media Group

UU No 28 tahun 2014 tentang Hak Cipta

Fungsi dan sifat hak cipta Pasal 4

Hak Cipta sebagaimana dimaksud dalam Pasal 3 huruf a merupakan hak eksklusif yang terdiri atas hak moral dan hak ekonomi.

Pembatasan Pelindungan Pasal 26

Ketentuan sebagaimana dimaksud dalam Pasal 23, Pasal 24, dan Pasal 25 tidak berlaku terhadap:

- i. penggunaan kutipan singkat Ciptaan dan/atau produk Hak Terkait untuk pelaporan peristiwa aktual yang ditujukan hanya untuk keperluan penyediaan informasi aktual;
- ii. Penggandaan Ciptaan dan/atau produk Hak Terkait hanya untuk kepentingan penelitian ilmu pengetahuan;
- iii. Penggandaan Ciptaan dan/atau produk Hak Terkait hanya untuk keperluan pengajaran, kecuali pertunjukan dan Fonogram yang telah dilakukan Pengumuman sebagai bahan ajar; dan
- iv. penggunaan untuk kepentingan pendidikan dan pengembangan ilmu pengetahuan yang memungkinkan suatu Ciptaan dan/atau produk Hak Terkait dapat digunakan tanpa izin Pelaku Pertunjukan, Produser Fonogram, atau Lembaga Penyiaran.

Sanksi Pelanggaran Pasal 113

1. Setiap Orang yang dengan tanpa hak melakukan pelanggaran hak ekonomi sebagaimana dimaksud dalam Pasal 9 ayat (1) huruf i untuk Penggunaan Secara Komersial dipidana dengan pidana penjara paling lama 1 (satu) tahun dan/atau pidana denda paling banyak Rp100.000.000 (seratus juta rupiah).
2. Setiap Orang yang dengan tanpa hak dan/atau tanpa izin Pencipta atau pemegang Hak Cipta melakukan pelanggaran hak ekonomi Pencipta sebagaimana dimaksud dalam Pasal 9 ayat (1) huruf c, huruf d, huruf f, dan/atau huruf h untuk Penggunaan Secara Komersial dipidana dengan pidana penjara paling lama 3 (tiga) tahun dan/atau pidana denda paling banyak Rp500.000.000,00 (lima ratus juta rupiah).

PENGAWASAN KUALITAS UDARA DALAM GEDUNG

Penulis:

Imam Santoso, SKM, M.Kes
Dr. Juanda, SKM, M.Kes
Ahmad Dahlan, SKM, M.Kes

Desain Cover:

Tahta Media

Editor:

Tahta Media

Proofreader:

Tahta Media

Ukuran:

vi, 123 , Uk: 15,5 x 23 cm

ISBN: 978-623-5488-95-0

Cetakan Pertama:

Desember 2022

Hak Cipta 2022, Pada Penulis

Isi diluar tanggung jawab percetakan

Copyright © 2022 by Tahta Media Group

All Right Reserved

Hak cipta dilindungi undang-undang

Dilarang keras menerjemahkan, memfotokopi, atau
memperbanyak sebagian atau seluruh isi buku ini
tanpa izin tertulis dari Penerbit.

PENERBIT TAHTA MEDIA GROUP
(Grup Penerbitan CV TAHTA MEDIA GROUP)
Anggota IKAPI (216/JTE/2021)

KATA PENGANTAR

Segala puji dan syukur kami panjatkan ke hadirat Allah SWT yang telah memberikan kekuatan dan kesabaran, sehingga dapat menyelesaikan buku ini. Disamping itu, kami berharap kepada Sang Pemberi Ilmu semoga pembaca yang budiman selalu sehat wal afiat dengan ilmu yang bermanfaat, diberi keikhlan hati, dan kelapangan waktu dalam menuntut ilmu.

Pembaca yang budiman, penyusunan buku “Pengawasan Kualitas Udara Dalam Gedung” merupakan tulisan dari beberapa kumpulan *hand out* yang disampaikan pada perkuliahan sebagai tambahan referensi pendukung, kemudian dihimpun dalam satu buku berdasarkan saran teman sejawat untuk nantinya menjadi buku referensi bagi mahasiswa, terutama Jurusan Kesehatan Lingkungan Politeknik Kesehatan.

Kualitas udara dalam suatu ruangan merupakan faktor yang signifikan yang dapat mempengaruhi derajat kesehatan tenaga kerja. Beberapa penelitian menunjukkan bahwa kualitas udara yang tidak memenuhi syarat menyebabkan biaya tinggi yang meliputi biaya pemeliharaan kesehatan langsung, kerusakan bahan dan peralatan serta biaya kehilangan produksi. Kualitas udara yang rendah dalam suatu bangunan berhubungan erat terhadap terjadinya problem *Sick Building Syndrome*, menurut WHO sebagai suatu komplain yang tidak spesifik ditandai dengan frekuensi tinggi dari gejala iritasi pada mata, hidung, tenggorokan dan saluran nafas bagian bawah, reaksi kulit, kepenatan, pusing atau sakit kepala diantara orang yang tinggal dalam satu bangunan tertentu. Faktor manusia memegang peranan penting pada masalah keselamatan dan kesehatan pekerja dengan memperhatikan lingkungan fisiknya termasuk kualitas udaranya dalam ruang kerjanya. Beberapa jenis kontaminan atau bahan pencemar yang sering dapat menurunkan kualitas udara dalam suatu ruang kerja, yaitu : Karbon Dioksida (CO₂), Formaldehid, Ozon (O₃), Partikel-partikel dalam udara ruang kerja, Produk hasil Pembakaran dan Pencemaran Mikrobiologi. Buku ini menyajikan beberapa hal berkaitan dengan pengawasan kualitas udara dalam Gedung, antara lain meliputi Debu atau Partikulat, Bahan Kimia, Radiasi, Tekanan Panas, Kebisingan Kesehatan Kerja, Ergonomi, Metode Pengukuran yang bisa dilakukan.

Keberadaan buku ini sudah barang tentu tidak terlepas dari segala kekurangan, oleh karenanya penulis akan menerima saran, kritik dan masukan pembaca dari berbagai pihak untuk kesempurnaannya. Semoga dapat menambah kepustakaan dan berguna bagi pemerhati kesehatan lingkungan. Atas partisipasi dan bantuan berbagai pihak dalam penyelesaian buku ini, kami sampaikan banyak terima kasih.

Banjarbaru, Desember 2022

DAFTAR ISI

Kata Pengantar	iv
Daftar Isi	vi
BAB I DEBU	1
BAB II BAHAN KIMIA	16
BAB III RADIASI	32
BAB IV TEKANAN PANAS	48
BAB V KEBISINGAN	68
BAB VI KESEHATAN KERJA	80
BAB VII ERGONOMI.....	99
BAB VIII METODE PENGUKURAN	112
Biodata Penulis	122

BAB I

PARTIKULAT

A. PENDAHULUAN

Proses pengolahan sesuatu produk dalam industri atau perusahaan dapat mengandung atau mengeluarkan bahan yang mempunyai akibat negatif ditinjau dari segi kesehatan kerja dalam bentuk bahaya jabatan (*occupational hazards*). Sebagian dari bahan tersebut dapat dihilangkan dengan mengetrapkan metode-metode tertentu. Bahan tersebut dapat berupa bahan pencemar ataupun racun (*poisonous materials*) yang mungkin diolah, diproduksi atau mungkin pula tercampur dalam jumlah terbatas pada bahan baku sebagai bahan yang tidak murni. Bahan tersebut terdapat pada lingkungan kerja yang selanjutnya disebut sebagai faktor lingkungan, dapat dalam bentuk debu, uap, dan gas yang masuk ke dalam tubuh bersama-sama dengan pernapasan, dan mungkin pula dalam bentuk cairan atau padat yang diserap dalam tubuh melalui kulit ataupun masuk tertelan bersama makanan dan minuman.

Penyelidikan yang seksama tentang faktor lingkungan tersebut sangatlah diperlukan sebelum evaluasi sampai dimana tingkat bahaya, bagaimana pengaruhnya terhadap kesehatan dan tehnik-tehnik apa yang diperlukan, selain itu juga pengetahuan tentang unit proses produksi serta derajat pencemaran dari bahan baku, produksi maupun hasil sampling perlu digunakan sebagai landasan dalam mengenali lebih mendalam tentang intensitas bahaya dari faktor lingkungan, dan tindakan teknis korektif apa yang mungkin perlu diambil dalam usaha untuk mengoreksinya atau tindakan preventif medis lainnya.

Tindakan tehnik korektif dan tindakan preventif medis merupakan tujuan dari pengetrapan syarat-syarat Higiene Perusahaan dan Kesehatan Kerja dalam usaha untuk menurunkan tingkat bahaya dari faktor lingkungan sampai batas yang dapat ditolelir oleh manusia dalam lingkungan kerja tersebut tanpa menimbulkan kelainan dan gangguan kesehatan.

WHO Regional Symposium Criteria for Air Quality and Method of Measurement telah menetapkan beberapa tingkat konsentrasi dari faktor lingkungan tersebut dalam hubungannya dengan akibat terhadap kesehatan sebagai berikut :

1. Tingkat I : Konsentrasi dan waktu pemaparan dimana tidak ditemukan akibat apa-apa baik secara langsung maupun tidak langsung.
2. Tingkat II : Konsentrasi dimana mungkin dapat ditemui iritasi pada panca indra, akibat berbahaya pada tumbuh-tumbuhan, pembatasan penglihatan, atau akibat lain yang merugikan lingkungan.
3. Tingkat III : Konsentrasi dimana mungkin timbul hambatan pada fungsi faali yang vital serta perubahan yang mungkin terjadi dapat menimbulkan penyakit menahun atau pemondokan umur (*serious level*).
4. Tingkat IV : Konsentrasi dimana mungkin terjadi penyakit akut atau kematian pada golongan polusi yang peka (*emergency level*).

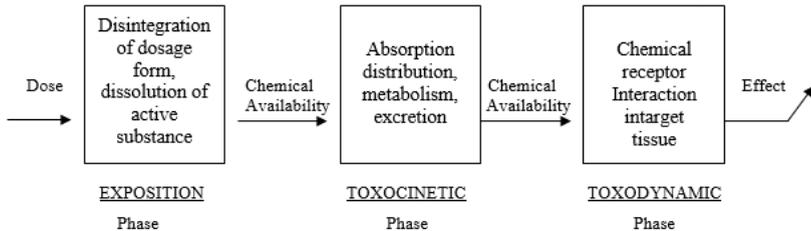
B. U D A R A

Setiap orang selalu membutuhkan udara. Rata-rata laki-laki dewasa membutuhkan 30 pound (13,64 kg) udara perhari dibandingkan dengan kebutuhan akan makanan yang hanya 3 pound (1,37 kg) perhari dan air sebanyak 4,4 pound (2,05 kg) perharinya. Selain itu udara dibutuhkan terus menerus oleh tubuh. Diperkirakan seseorang akan dapat bertahan hidup tanpa makan berkisar 5 minggu, sedangkan bila tanpa minum selama 5 hari, akan tetapi hanya 5 menit tanpa menghirup udara (Golsmith,1977).

Udara juga merupakan medium yang sangat esensial guna melihat, membau dan mendengar, sehingga adanya pencemaran udara akan mengganggu penglihatan, penciuman dan pendengaran. Penelitian efek pencemaran udara terhadap kesehatan pada awalnya dipusatkan pada terjadinya peningkatan peristiwa kesakitan dan kematian, tetapi tidak berarti dengan tidak adanya peningkatan kesakitan dan kematian tidak ada efek terhadap kesehatan karena efek akan tetap ada walaupun berupa efek sensorik

Kesakitan atau gangguan kesehatan oleh benda lingkungan (*environmental agent*) pada umumnya dapat digambarkan sebagai berikut :

Gambar 1. Proses Pengaruh Benda Lingkungan Terhadap Tubuh



Peranan dosis pada penyakit yang disebabkan faktor kimia lingkungan amat besar sekali bila dibandingkan dengan penyakit yang disebabkan faktor biologis yang mampu berkembang biak sendiri (*self multiplying*). Gangguan oleh bahan kimia bersifat “**dose dependent**” yang seringkali didapatkan dengan jalan paparan ulang. Bahan-bahan kimia juga sering kali menghasilkan penyakit yang kurang spesifik dengan proses yang berjalan lambat.

C. PENCEMARAN UDARA

Menurut Chambers (1976;13-14) dan Masters (1991;270), yang dimaksud dengan pencemaran udara adalah bertambahnya bahan atau substrat fisik atau kimia ke dalam lingkungan udara normal yang mencapai sejumlah tertentu, sehingga dapat dideteksi oleh manusia (atau yang dapat dihitung dan diukur) serta dapat memberikan efek pada manusia, binatang, vegetasi, dan mineral. Selain itu pencemaran udara dapat pula dikatakan sebagai perubahan atmosfer oleh karena masuknya bahan kontaminan alami atau buatan ke dalam atmosfer tersebut (Parker,1980;82-83)

Asal pencemaran udara dapat diterangkan dengan tiga proses yaitu atrisi (*attrition*), penguapan (*vaporization*), dan pembakaran (*combution*). Ketiga proses tersebut, pembakaran merupakan proses yang sangat dominan dalam kemampuannya menimbulkan bahan polutan (Corman,1971:7; Masters,1991:270-271).

Berdasarkan Buletin WHO yang dikutip Holzworth dan Cormick (1976:690), penentuan tercemar atau tidaknya udara suatu daerah berdasarkan kriteria sebagai berikut:

Tabel 1. Kriteria Udara Bersih dan Udara Tercemar oleh WHO

Parameter	Udara Bersih	Udara Tercemar
1. Bahan partikel	0,01 – 0,02 mg/m ³	0,07 – 0,7 mg/m ³
2. SO ₂	0,003 – 0,02 ppm	0,02 – 2 ppm
3. CO	< 1 ppm	5 – 200 ppm
4. NO ₂	0,003 – 0,02 ppm	0,02 – 0,1 ppm
5. CO ₂	310 – 330 ppm	350 – 700 ppm
6. Hidrocarbon	< 1 ppm	1 – 2 ppm

D. SIFAT DEBU DI UDARA

Proses pengolahan dalam industri akan menghasilkan debu dalam ruang kerja dan diluar ruang kerja (ambien), sehingga secara teoritis suatu debu industri itu dapat berada dalam atmosfer dengan dua sistem (Tommany,1975):

1. *Sistem dispersi* :

Partikel-partikel debu berada di atmosfer itu hanya sementara dan dipengaruhi oleh turbulensi udara sekelilingnya dan akan segera mengendap (*deposit particulate metter*)

2. *Sistem Kolloidal* :

Partikel debu akan dapat terus menerus berada di atmosfer dan tidak mudah mengendap dalam jangka waktu lama (*suspended particulate metter*)

Diantara sistem diatas, ukuran partikel dan jenis debu dari suatu industri memegang peranan penting dalam menimbulkan kerusakan sel saluran pernapasan para tenaga kerja yang bekerja di dalamnya, demikian pula terhadap binatang.

Dalla Velle, menyatakan bahwa pada industri yang menggunakan bahan batu-batuan tersebut 50% dari debu yang dihasilkan mempunyai ukuran lebih kecil dari 1 μ . Sedangkan Blow Field, menyatakan 20% partikel debu dari 50 industri yang menggunakan bahan batuan diteliti mempunyai ukuran < 1 μ dengan ukuran median 1,3 μ (Patty,1976).

Menurut WHO, partikel-partikel debu yang dapat dihirup oleh pernapasan manusia ialah yang mempunyai ukuran $0,1 \mu$ samapai $5-10 \mu$. Partikel debu ini akan berada diatmosfir sebagai *suspended particullate matter* dan mempunyai kesempatan besar untuk merusak paru-paru tenaga kerja pabrik melalui pernapasan, sedangkan partikel yang lebih besar ukurannya ($> 10\mu$) akan cepat mengendap sehingga waktu pemaparan sedikit dan dapat bertahan oleh saluran pernapasan bagian atas.

E. PENGARUH DEBU LINGKUNGAN KERJA TERHADAP ALAT PERNAPASAN.

Ada empat alternatif pengaruh fisik dari partikel debu terhadap saluran pernapasan, yaitu :

1. Debu yang memiliki ukuran 5μ atau lebih akan ikut jatuh sejalan dengan percepatan gravitasi dan bila terhirup melalui pernapasan biasanya akan jatuh pada alat pernapasan bagian atas. Bila memberikan gangguan banyak berupa iritasi, sehingga memberikan penderitaan *pharyngitis*.
2. Debu yang berukuran $3-5\mu$ seperti halnya dengan diatas jatuhnya lebih kearah dalam, yaitu pada saluran pernapasan (*bronchus/broncheolus*). Hanya bedanya, disini lebih banyak memiliki aspek fisiologis/pathologis yaitu menimbulkan bronchitis, alergis atau asthma lebih mudah terkena pada orang yang memang semula sudah memiliki kepekaan dalam keadaan seperti ini.
3. Debu yang berukuran $1-3 \mu$ akan jatuh lebih dalam lagi sampai pada alveoli yang geraknya sejalan dengan suatu kecepatan yang konstan untuk jenis-jenis debu tertentu. Debu-debu ini karena sudah mengadakan hambatan terhadap fungsi alveoli sebagai media pertukaran gas zat asam arang, maka dengan melekatnya debu-debu ukuran ini akan memberikan gangguan terhadap kemampuan prosen pertukaran gas lebih kecil ukurannya dan lebih perlahan jatuhnya.
4. Bagi debu-debu yang berukuran $0,1 - 1 \mu$, karena demikian kecilnya dan memiliki berat ternyata tidak menempel pada permukaan alveoli, tetapi mengikuti gerak Brown dan berada dalam bentuk suspensi. Keadaan debu sangat kecil ini dialami *fume* atau *smoke*.

Ada tiga proses penimbunan debu dalam saluran pernapasan, terutama pada paru-paru, seperti mekanisme sebagai berikut :

1. Pengaruh Inersia debu.

Sebab inersia akan timbul kelembaban dari debu itu sendiri, dimana pada saat bergerak dan melalui berbagai belokan-belokan, maka ia akan didorong oleh aliran udara. Pada sepanjang jalan pernapasan yang lurus ia akan langsung ikut dengan aliran masuk ke dalam, sedangkan partikel-partikel yang besar tidak sempat ikut dengan aliran udara, akan tetapi mencari tempat-tempat yang lebih ideal untuk menempel/mengendap seperti pada tempat-tempat yang lekuk-lekuk di selaput lendir saluran pernapasan.

2. Pengaruh Sedimentasi.

Pengaruh sedimentasi terjadi pada saluran-saluran pernapasan dimana kecepatan arus udara kurang dari 1 cm/detik, sehingga memungkinkan partikel-partikel debu tersebut melalui gaya berat akan mengendap.

3. Gerak Brown.

Gerakan Brown lebih berlaku pada debu-debu yang mempunyai ukuran $0,1\mu$ dimana selaput gerakan udara sampai pada permukaan alveoli.

F. PATHOLOGIS ALAT PERNAPASAN KHUSUS YANG BERHUBUNGAN DENGAN DEBU

Oleh karena hubungan langsung antara rongga mulut dan rongga hidung dengan alveoli didalam paru-paru, maka alat pernapasan merupakan alat tubuh yang paling mudah diserang penyakit. Didalam keadaan normal rambut getar dari epitel pernapasan mengeluarkan benda-benda asing kecil dari rongga hidung dan jalan pernapasan lebih dalam. Akan tetapi daya epitel dapat ditiadakan dalam beberapa hal misalnya bila resistensi jaringan setempat menurun disebabkan oleh susunan makanan salah, kelelahan dan sebagainya.

Kebanyakan keluhan-keluhan pada paru-paru dapat didiagnose secara *makroskopis*. Setelah paru-paru dikeluarkan dari *rongga pleura* maka dapatlah dilihat ada tidaknya cairan di dalam rongga dada (cairan bening, keruh, darah, nanah, dsb). *Fibrin* diatas pleura (*pulmonalis dan costalis*) yang mudah dilepaskan dengan pinset dinamakan *pseudo-membran*. Bila fibrin ini telah dijangkitkan menjadi jaringan ikat, maka ia akan dapat menyebabkan

pertautan (*brids* atau *adhesi*) diantara paru-paru dan dinding torake, nama yang tepat sekarang adalah *Pleuritis fibrosa*, *Pleuritis adhesive*.

Pleura dalam keadaan normal kelihatan licin, mengkilap dan lembab serta tembus cahaya, bila permukaannya disana-sini keruh kerana pembentukan fibrin, maka kita namakan sebagai *Pleuritis-sicca*.

G. PNEUMOCONIOSIS

Pneumoconiosis adalah segolongan penyakit yang disebabkan oleh penimbunan debu-debu dalam paru-paru. Tergantung dari jenis debu yang ditimbulk, maka nama penyakitnyapun berlainan. Beberapa pneumoconiosis yang terkenal adalah :

1. Silikosis disebabkan oleh debu mengandung Si O₂ bebas.
2. Asbestosis disebabkan oleh debu serat asbes.
3. Berryliosis disebabkan oleh debu Be.
4. Siderosis disebabkan oleh debu yang mengandung Fe₂O₃.
5. Stanosis disebabkan oleh debu biji timah putih (SnO₂)
6. Byssinosis disebabkan oleh debu kapas.

Diagnosa pneumoconiosis adalah sukar, sebab sesungguhnya tak seorangpun manusia tidak menimbun debu-debu dalam paru-parunya, apalagi pada kehidupan perkotaan atau di tempat kerja yang sangat berdebu. Makin tua umur seseorang berarti makin banyak pula debu tertimbun dalam paru-paru sebagai hasil penghirupan debu sehari-hari, namun pada pneumoconiosis tingkat permulaan sangat sukar dipastikan diagnosenya. Cara menegakkan diagnose untuk penyakit akibat kerja ini diperlukan adanya riwayat pekerjaan yang menyebabkan pneumoconiosis, misalnya apakah pernah bekerja di pertambangan, di pabrik keramik, dan lainnya.

Gejala klinis yang ditimbulkan tergantung dari derajat banyaknya debu yang ditimbun dalam paru-paru yang terkena, sudah tentu makin besar bagian paru-paru yang terkena semakin hebatlah gejalanya, walaupun hal tersebut tidaklah selalu benar demikian. Gejala-gejala tersebut antara lain : batuk kering, sesak napas, kelelahan umum, susut berat badan, banyak dahak, dan lain-lain. Pemeriksaan tempat kerja harus menunjukkan adanya debu yang diduga menjadi sebab penyakit pneumonociosis. Bila pemeriksaan akan diteruskan dengan biopsi paru-paru, maka paru-paru harus menunjukkan kadar zat penyebab yang lebih tinggi dari pada kadar biasa.

Secara umum dapatlah dikatakan bahwa terapi khusus yang kausal pada pneumoconiosis ini tidak ada. Tetapi berupa obat-obatan hanya untuk maksud simptomatis. Satu-satunya tindakan adalah memindahkan penderita pekerjaan yang kurang atau tidak berbahaya/ mengandung debu-debu berbahaya. Umumnya untuk maksud memindahkan pekerjaan ini, beberapa faktor harus mendapat perhatian yaitu umur penderita, jenis kelamin dan berat penyakit.

1. Silikosis

Silikosis adalah suatu pneumoconiosis yang disebabkan inhalasi partikel-partikel kristal silika bebas (SiO_2). Bentuk-bentuk kristal utama yang dianggap sebagai silika bebas adalah kuarsa, tridimit dan kristaboliit. Batu-batuan umumnya mengandung silika. Partikel-partikel silika bebas yang terbawa udara berasal dari peledakan, penggerindaan, penghancuran, pengeboran, dan penggilingan batuan. Debu dari usaha-usaha komersial yang menggunakan granit dan batuan pasir serta pasir giling (tepung silika) serta pembakaran diatomit khususnya berbahaya.

Penyakit ini terjadi pada mereka yang bekerja di industri yang menghasilkan batu-batu untuk bangunan, pabrik semen, perusahaan keramik, tambang timah putih, tambang besi, tambang batu bara, perusahaan granit, pabrik besi dan baja, dan lainnya.

Setidaknya ada empat teori yang mendasari silikosis, yaitu teori mekanis, elektromagnetis, teori silika, dan teori imunologis. Dalam teori mekanis dianggap keluhan yang ada terjadi karena ujung-ujung debu silika yang runcing itulah yang menyebabkan berbagai kelainan yang timbul, sementara teori lainnya menyebutkan adanya gelombang elektromagnetik yang kemudian menyebabkan fibrosis pada paru. Sedangkan teori silikat menjelaskan adanya ikatan kimia antara bahan debu yang masuk dengan cairan dan jaringan di saluran pernapasan, sementara teori imunologis diperkirakan adanya suatu reaksi antigen – antibodi di dalam paru.

Secara klinik silikosis dibagi dalam tiga tingkatan. Tingkat pertama adalah **simple silicosis** dimana penderita mulai mengeluh sesak ketika bekerja yang mula-mula ringan dan kemudian menjadi berat. Juga mungkin ditemui adanya batuk kering. Pemeriksaan fisik belum menunjukkan kelainan yang berarti. Pada tingkatan ini biasanya belum

terlihat dengan jelas adanya gangguan kemampuan bekerja bagi karyawan tersebut. Sementara itu pada tingkat dua disebut **silikosis sedang** dengan ditandai gejala sesak dan batuk yang makin menjadi dan faal paru jelas mulai terganggu pada pemeriksaan dapat terdengar suara napas bronkial yang kadang-kadang disertai ronki basah. Penderita jelas menunjukkan gangguan kemampuan kerjanya. Pada tingkat tiga yaitu **silikosis berat**, kelainan paru makin menghebat dan dapat terjadi kor-pulmonale.

Gangguan faal paru dapat dideteksi dengan spirimetri. Pemeriksaan radiologis juga memegang peranan penting pada silikosis ini. Mula-mula akan terlihat bayangan nodul-nodul berukuran kecil, yang lama kelamaan menyebar dan memadat di seluruh lapangan paru dan disebut sebagai *conglomerated densely matted nodule*.

2. Asbestosis

Asbestosis adalah suatu silikosis *progresif* dan *ireversibel* (suatu istilah umum untuk gangguan yang ditimbulkan inhalasi silikat tanpa kandungan silika bebas) yang disebabkan oleh inhalasi serat-serat asbes. Asbes banyak sekali digunakan sehari-hari, mulai dari bahan pembuatan kabel listrik, cat, ban kendaraan bermotor dan bantalan remnya, sampai pada atap rumah.

Para pekerja yang mempunyai resiko untuk menderita asbestosis adalah mereka yang bekerja pada pertambangan, penggilingan, dan pengolahan asbes; tranpor asbes yang sudah ditambang atau digiling; produk-produk asbes; pembuangan produk sisa pertambangan, penggilingan asbes, dan lain-lain; pemakaian atau pembongkaran produk asbes yang menyebabkan debu asbes terbawa udara.

Secara umum asbes dapat menimbulkan tiga penyakit paru, yaitu asbestosis, kanker paru dan mesotelioma. Asbestosis ditandai dengan fibrosis yang luas di paru dengan akibatnya. Seseorang yang secara rutin terpapar debu asbes mungkin dapat mengidap asbestosis setelah bekerja 15 sampai 20 tahun, tentu saja tergantung dari kadar debu yang ada. Gejala awal penyakit ini adalah sesak napas ketika melakukan aktivitas yang seringkali diikuti dengan batuk kering. Sesak napas kemudian terus bertambah, batuk berdahak, penurunan berat badan dan pasien biasanya

menjadi rentan sekali terhadap kemungkinan infeksi paru secara berulang. Penyebab kematian seringkali adalah infeksi paru yang hebat, kor-pulmonale atau kanker.

3. Bisinosis

Bisinosis disebabkan oleh paparan terhadap debu kapas, rami kasar dan halus yang terbawa udara. Debu kapas terdiri dari empat fraksi : serat selulosa; debris tumbuhan (serpih-serpih daun dan bulu kapas); tanah ; dan mikroorganisme saprofit (biasanya bakteri Gram negatif dan jamur yang tumbuh pada kapas selama penyimpanan). Debu rami kasar dan halus biasanya terdiri dari debris tanaman dan mikroorganisme yang tumbuh pada rami selama perendaman.

Pekerjaan yang beresiko besar terkena bisinosis adalah pekerja industri tekstil yang mengerjakan pekerjaan berdebu. Di beberapa negara berkembang, pemecahan dan pemintalan rami dilakukan di rumah, sehingga menyebabkan paparan debu bagi para pekerja dan keluarganya.

Sedikitnya ada empat teori yang mendasari terjadinya bisinosis yang ditinjau dari aspek *farmokologis, imunologis, endotoksin*, dan aspek lain. Dari sudut farmakologis dibahas tentang kemungkinan pelepasan histamin dan bahan lain seperti SRS-A (*Slow reacting substance of anaphylaxis*) serta mediator lainnya. Dari sudut imunologis diduga adanya reaksi *hipersensitivitas* tipe III dengan antigen yang berupa derivat polyphenyl. Sementara itu, ada ahli lain yang beranggapan adanya kontaminasi bakteri beserta endotoksinya pada debu kapas yang kemudian menyebabkan gangguan pernapasan. Berbagai teori lain adalah adanya bahan dalam debu kapas yang dapat mengakibatkan *bronkokonstriksi* dan lain-lain.

Gambaran klinik bisinosis ditandai dengan gejala yang unik, yaitu keluhan rasa berat/sempt di dada dan keluhan sesak napas pada hari pertama kembali masuk kerja setelah libur akhir pekan. Karena keluhan datang pada hari senin maka keluhan ini disebut *Monday fever*, dimana gejala ini biasanya timbul pada siang hari dan mereda di senja harinya, yang lama-kelamaan gejala akan menetap terus sampai hari Selasa, Rabu, atau bahkan sampai seluruh minggu. Bisinosis dibagi dalam empat derajat, yaitu derajat ½, derajat 1, 2, dan 3. Pada derajat ½ baru kadang-

kadang saja timbul keluhan, sementara pada derajat 1 sudah jelas selalu ada keluhan pada hari pertama kerja. Kalau sudah sampai derajat 2 maka keluhan tidak hanya timbul si hari pertama, tetapi tetap berlanjut pada hari-hari berikutnya. Derajat ke 3 adalah keadaan yang paling berat dimana gejala pada derajat ke 2 ditambah lagi dengan adanya gangguan faal paru yang menetap.

H. PENCEGAHAN DAN PENGENDALIAN DEBU LINGKUNGAN KERJA

Prinsip-prinsip dasar pengendalian penyakit paru akibat kerja, dapat dilakukan tindakan sebagai berikut :

1. Menggantikan (*substitution*) bahan-bahan yang berbahaya dengan bahan yang tidak atau kurang berbahaya.

Contoh yang paling baik dan efisien yang telah diketahui adalah pada industri pecah belah (tembikar) yang terbuat dari tanah liat. Ketika aluminium diganti dengan bubuk silika. Contoh lain adalah *substitusi test in vitro* pada binatang percobaan untuk mencegah penyakit asma. Prinsip pertama ini sering terabaikan – *eliminasi hazard*.

2. Pengamanan proses.

Jika bahan / zat yang berbahaya tidak dapat dieleminasi, pajanan hazard terhadap pekerja dapat dicegah dengan melalui *enclosure system*. Teknik ini digunakan sebgaiian besar khususnya dalam penanganan terhadap bahan radio aktif dan karsinogenik dan dalam aplikasinya telah berhasil mencegah penyakit asma pada industri yang menggunakan bahan *isocyte* dan *enzym proteolactin*.

3. Ventilasi Pembuangan.

Jika pengamanan proses tidak dapat dilakukan, dalam hal ini masih dapat memungkinkan untuk menghilangkan hazard / debu melalui ventilasi yang tepat. Contoh yang paling lajim banyak digunakan adalah lemari/rak asap/uap dalam laboratorium kimia. Sistem ventilasi merupakan prinsip pencegahan yang sederhana untuk mengalirkan/mengeluarkan udara di tempat kerja guna mengurangi bahan berbahaya ke level syarat-syarat resiko yang diperkenankan. Metode ventilasi pembuangan telah digunakan dengan sangat berhasil

dalam mengurangi level partikel debu yang dapat ditolelir, diantaranya pada industri asbes dan batu bara.

4. Penggunaan Alat Pelindung Diri (APD).

Perlindungan tenaga kerja melalui usaha-usaha teknis pengamanan tempat kerja, peralatan dan lingkungan kerja adalah sangat diperlukan. Namun kadang-kadang keadaan bahaya masih belum dapat dikendalikan sepenuhnya, sehingga digunakan alat pelindung diri.

5. Pendidikan dan Informasi.

Pemberian pendidikan dan informasi kepada pekerja dimaksudkan untuk mengurangi resiko yang sekaligus merupakan bagian dari kebijakan perusahaan yang dapat diterapkan dari peraturan-peraturan yang bersifat legal, untuk menghindari terjadinya tuntutan pekerja dikemudian hari sebagai kesakitan akibat kerja.

RANGKUMAN :

Faktor lingkungan dapat berupa debu, uap, dan gas masuk ke dalam tubuh melalui sistem pernapasan, bisa dalam bentuk cairan atau padat yang diserap dalam tubuh melalui kulit ataupun masuk tertelan bersama makanan dan minuman. Efek yang terjadi sesuai dengan tingkat konsentrasi yang dimiliki oleh polutan dalam lingkungan tersebut. Partikel debu yang dapat dihirup oleh pernapasan manusia mempunyai ukuran $0,1\mu$ sampai 10μ . Partikel debu ini akan berada di atmosfer sebagai *suspended particulate matter* dan mempunyai kesempatan besar untuk merusak paru-paru tenaga kerja pabrik melalui pernapasan. Penyakit yang disebabkan oleh penimbunan debu-debu dalam paru-paru disebut *Pneumoconiosis*. Gejala klinis antara lain: batuk kering, sesak napas, kelelahan umum, susut berat badan, banyak dahak. Prinsip dasar pengendalian penyakit paru akibat kerja, dapat dilakukan tindakan sebagai berikut; 1) Substitusi bahan yang berbahaya dengan bahan yang tidak atau kurang berbahaya, 2) Pengamanan proses, 3) Ventilasi Pembuangan, 4) Penggunaan Alat Pelindung Diri (APD), 5) Pendidikan dan Informasi.

CONTOH SOAL LATIHAN.

Pencemaran udara oleh partikulat terjadi bila kondisi normal di udara lingkungan sekitarnya melebihi nilai ambang batas yang akan mengakibatkan terjadinya penyakit. Bagaimana hal tersebut bisa dijelaskan adanya keterkaitan “**dose dependent**” dengan penyakit akibat pencemaran lingkungan oleh partikulat.

KESIMPULAN

1. *WHO Regional Symposium Criteria for Air Quality and Method of Measurement* telah menetapkan empat tingkat konsentrasi tingkat konsentrasi polutan udara lingkungan kerja berhubungan dengan kesehatan.
2. Asal pencemaran udara dapat diterangkan dengan tiga proses yaitu atrisi (*attrition*), penguapan (*vaporization*), dan pembakaran (*combustion*).
3. Ada empat alternatif pengaruh fisik dari partikel debu terhadap saluran pernapasan, antara lain: debu yang memiliki ukuran 5μ , berukuran $3-5\mu$, berukuran $1-3\mu$, dan berukuran $0,1 - 1\mu$.
4. Penyakit akibat pencemaran udara lingkungan kerja, antara lain: Silikosis, Asbestosis, Bisinosis.
5. Pencegahan dan pengendalian debu lingkungan kerja, antara lain: Substitusi, Pengamanan proses, Ventilasi Pembuangan, Penggunaan Alat Pelindung Diri, Pendidikan dan Informasi

DAFTAR PUSTAKA

- Aditama, Tjandra Yoga, 1992. *Polusi Udara dan Kesehatan*. Arcan. Jakarta.
- Goldsmith, JR and Friberg, LT, 1977. *Effects of Air Pollution on Human Health*. In A.C. Stern (Eds.), *Air Pollution*. 3rd ed, Volume II. New York Academic Press.
- Patty, Frank A, 1976. *Industrial Hygiene and Toxicologie*. Volume I. Inter Sciennes Publicher inc. New York.
- Parker, SP, 1980. *Encyclopedia of Environmental Scien*, 2nd ed. New York : McGraw Hill Book Co.
- Suma'mur PK, 1994. *Hygiene, Kesehatan dan Keselamatan Kerja*. PT. Gunung Agung. Jakarta.
- Tommany, James P, 1975. *Air Pollution The Emission The Regulation and The Control*. Elsevier Publising Co. Inc. New York.
- WHO, 1993. *Early Detection of Occupational Diseases*. Terjemahan EGC. Jakarta.

INDEKS :

occupational hazards

poisonous materials

serious level

emergency level

self multiplying

rongga pleura

deposit particulate metter

suspended particullate matter

self multiplying

dose dependent

exposition

toxocinetic

toxodynamic

attrition

vaporization

combustion

pharyngitis

broncheolus

fume

smoke

silikosis

asbestosis

berryliosis

siderosis

stanosis

byssinosis

BIODATA PENULIS



Imam Santoso, S.KM, M.Kes, memperoleh pendidikan Sarjana Muda pada Akademi Penilik Kesehatan Surabaya tahun 1984. Selesai pendidikan mengabdikan diri sebagai PNS pada Dinas Kesehatan Kabupaten Hulu Sungai Utara Kalsel, sampai dengan tahun 1991. Pada tahun yang sama mutasi ke Akademi Penilik Kesehatan Banjarmasin sebagai asisten dosen. Pada tahun 1994 telah menyelesaikan pendidikan S1 pada FKM UNAIR, dan pendidikan S2 selesai tahun 2001 di FKM Universitas Indonesia. Sejak tahun 2001 sampai sekarang menjadi dosen tetap pada Politeknik Kesehatan Kemenkes Banjarmasin. Penulis juga aktif dalam berbagai penelitian dan menulis buku referensi untuk mata kuliah yang diampunya. Buku yang sudah diterbitkan antara lain: Epidemiologi, Penyehatan Pemukiman, Manajemen Data, Kesehatan Lingkungan Permukiman Perkotaan, Inspeksi Sanitasi TTU, dan Analisis Risiko Kualitas Rumah Penderita Tb Paru.



Dr. JUANDA, SKM., M.Kes.; Penulis sebagai salah satu pengajar di Jurusan Kesehatan Lingkungan Politeknik Kesehatan Banjarmasin, karir dimulai sejak tahun 1990 sebagai asisten muda, pada Pendidikan Ahli Madya Sanitasi dan Kesehatan Lingkungan Banjarmasin terus berkembang menjadi Akademi Kesehatan Lingkungan, dan sekarang Lektor di Jurusan Kesehatan Lingkungan Politeknik Kesehatan Kemenkes Banjarmasin. Sampai saat ini mata kuliah yang pernah diampu : Kesehatan Lingkungan Permukiman Lahan Basah, Ekologi Kesehatan, Sanitasi Rumah Sakit, Pemberdayaan Masyarakat, Promosi Kesehatan, Instrumentasi Kesehatan Lingkungan, Etika Profesi Sanitarian, Klinik Sanitasi, Pengelolaan Sampah, Dasar Teknik dan Penyediaan Air Bersih.



Ahmad Dahlan, S.KM, M.Kes; lahir di Tungkal Ulu (Tanjung Barat) Jambi, 15 Nopember 1961 , menyelesaikan pendidikan Diploma 1 Sekolah Pembantu Penilik Hygiene (SPPH) Depkes Jambi tahun 1984, selesai pendidikan langsung menjadi Instruktur pada SPPH Depkes Jambi, Pelatihan VES (Vertical Electro Sounding) 4 bulan tahun 1985, Pengurus PPTI Wilayah Jambi tahun 1985 - 1988, Akademi Penilik Kesehatan (APK) Depkes Jakarta tahun 1988 – 1991, Fakultas Kesehatan Masyarakat (FKM) USU Medan tahun 1996 – 1998; pendidikan S2 pada FKM Universitas Indonesia Lulus tahun 2001. Dosen tidak tetap pada UHAMKA Jakarta tahun 1999 – 2001. Dosen STIKES HI tahun 2001 – 2006, Pengajar pada Akademi Farmasi tahun 2001 – 2004, Dosen tetap Politeknik Kesehatan Kemenkes Kemenkes Jambi 2001 – sekarang; Mengampu Mata Kuliah Dasar-Dasar Kesehatan Lingkungan, Penyehatan Permukiman, Ekologi, dan Metodologi Penelitian.

Perwujudan kualitas lingkungan yang sehat merupakan bagian pokok dari kesehatan. Udara sebagai komponen yang penting dalam kehidupan perlu dipelihara dan ditingkatkan kualitasnya sehingga dapat memberikan daya dukungan bagi mahluk hidup secara optimal. Berbagai kegiatan dapat dilakukan pada perumahan, perkantoran maupun dalam gedung, sehingga kualitas udara selalu dijaga agar tidak menjadi media dalam penyebaran penyakit, khususnya pada ruangan kerja. Sebagian besar waktu kita dihabiskan di dalam gedung, terkecuali memang pekerjaannya lapangan, sehingga dengan waktu pajanan yang lebih lama akan berpengaruh terhadap kualitas hidup kita. Pengelolaan kualitas udara terkait dengan konsentrasi debu, bahan kimia sebagai polutan, radiasi, tekanan panas, kebisingan, aspek Kesehatan kerja dan ergonomic di dalam gedung menjadi penting. Buku ini menyajikan beberapa hal berkaitan dengan pengawasan kualitas udara dalam gedung.

- Bab I Debu**
- Bab II Bahan Kimia**
- Bab III Radiasi**
- Bab IV Tekanan Panas**
- Bab V Kebisingan**
- Bab VI Kesehatan Kerja**
- Bab VII Ergonomi**
- Bab VIII Metode Pengukuran**



CV. Tahta Media Group
Surakarta, Jawa Tengah
Web : www.tahtamedia.com
Ig : tahtamedia group
Telp/WA : +62 813 5346 4169

ISBN 978-623-5488-95-0

