

Jurnal Ilmiah

ENERGI & KELISTRIKAN



SEKOLAH TINGGI TEKNIK - PLN

MODIFIKASI TURBO DECODING UNTUK MENGATASI NOISE IMPULSIF PADA PLC
Syarif Hidayat

DAMPAK KESEHATAN EMISI SERAT ASBES DARI CEROBONG ASAP
Mukhlis Akhadi

STUDI HARMONIK PADA SUMBER LISTRIK AKIBAT PENGGUNAAN LAMPU LED, LHE, DAN TL
Novi Gusti Pahiyanti; Soetjipto Soewono

PENGOPERASIAN WATER TREATMENT PLANT DI PT PJB UNIT PEMBANGKITAN PAITON
Nurmiati Pasra; Faisol Hakim

PERANCANGAN DAN ANALISIS PEMBANGKIT LISTRIK TENAGA SURYA KAPASITAS 10 MW ON GRID
DI YOGYAKARTA
Sigit Sukmajati; Mohammad Hafidz

SISTEM PENGONTROLAN MOTOR DC DAN KATUP OTOMATIS
Erlina; Carolus Borromeus S

RANCANG BANGUN ALAT UKUR KECEPATAN PUTARAN MOTOR DAN PENDETEKSI KESTABILAN
PUTARAN PADA POROSNYA
Tasdik Darmana; Wisnu Sya'ban

SISTEM PAKAR UNTUK MENGANALISA GANGGUAN DI JARINGAN TEGANGAN RENDAH BERBASIS
KASUS
Titi Ratnasari

MODEL SIMULASI UNTUK MENGAMATI PENGARUH TEGANGAN TARIK-SISA SILINDER
AUTOFRETTAGE LARAS SENAPAN
Sahlan

ANALISIS PEMBACAAN METER OTOMATIS LISTRIK DENGAN MENGGUNAKAN JARINGAN
KOMUNIKASI
Rinna Hariyati

Jurnal Ilmiah
ENERGI & KELISTRIKAN

VOLUME 7 - NOMOR 1 JANUARI – MEI 2019 – ISSN : 1979-0783
SEKOLAH TINGGI TEKNIK – PLN (STT-PLN) JAKARTA

PENGARAH

Prof. Ir. Abdul Kadir
Ir. Djiteng Marsudi

PENASEHAT

Dr.Ir. Supriadi Legino, MM, MBA.

PENANGGUNG JAWAB

Dr. Ir. Uno Bintang Sudibyo

PIMPINAN REDAKSI

Dr. Ir. Mohammad Hafidz , M.Eng.Sc.

DEWAN REDAKSI

Ir. Sampurno SP, MT.
Erlina, ST, MT
Ir. Sajiharjo, M.Sc.
Ir. Harianto
Ir. Jasmid Edy, MT
Ir. Kusmiati S. Adibroto
Ir. J.B. Rumahlewang , MMSI

REDAKSI TAMU

DR. Ir. Hardiv Haris Situmeang , M.Sc.
Prof. DR. Ir. Bambang Suryawan, MT.

SIRKULASI DAN PERCETAKAN

Yudha Formanto , SIP

ALAMAT REDAKSI :

PUSAT PENELITIAN DAN PENGABDIAN KEPADA MASYARAKAT STT-PLN
Menara PLN, Jl. Lingkar Luar Barat Duri Kosambi, Cengkareng, Jakarta Barat 11750
Telp. 021-5440342, 5440344 Ext. 1409, Fax. 021-5440343
Website : www.sttpln.ac.id
E-Mail Address : rektorat@sttpln.com

CARA BERLANGGANAN :

Permintaan berlangganan dapat dikirimkan ke alamat redaksi.

DITERBITKAN OLEH :

PERPUSTAKAAN, PENERBITAN DAN PERCETAKAN STT-PLN
Frekuensi Terbit : 2 kali dalam 1 tahun (Januari, Juni)

KATA PENGANTAR REDAKSI

Dengan mengucapkan puji syukur kehadirat Tuhan yang maha esa dan maha kuasa atas nikmat kesehatan dan keselamatan kita semua sehingga kita masih bisa beraktifitas dan berkarya baik dalam urusan dunia maupun urusan akhirat. Semoga Allah tetap memberikan kekuatan dan hidayahnya sehingga kita semua masih diberikan kesempatan dalam melaksanakan kegiatan pendidikan dan penelitian serta pengabdian kepada masyarakat dalam bidang dan kompetensi masing-masing.

Selamat berjumpa kembali dengan jurnal ilmiah kita "**Energi dan Kelistrikan**" yang kali ini akan menampilkan tulisan-tulisan ilmiah dan laporan hasil penelitian yang sangat bermanfaat dan perlu kita simak sebagai bahan untuk kajian dan penelitian para dosen dan mahasiswa pada kesempatan yang akan datang.

Pada edisi ini terdapat tulisan hasil kajian dan laporan hasil penelitian dalam bidang pengembangan energi terbarukan, yaitu pemanfaatan sampah sebagai pembangkit tenaga listrik, disain dan pengembangan turbin angin sumbu vertikal untuk pembangkit listrik, rancang bangun pembangkit listrik hibrida dan hasil penelitian bidang instrumentasi, yaitu pemanfaatan mikrokontroler untuk pengamanan kendaraan, pengaturan kecepatan motor DC. Selain itu terdapat tulisan yang bersifat kajian yaitu tentang dampak radiologis pembangkit thermal berbahan bakar batubara.

Semoga tulisan dan laporan penelitian tersebut dapat bermanfaat bagi para pembaca dalam upaya untuk selalu meningkatkan minat dan motivasi dalam melakukan penelitian dan kajian ilmiah. Selain itu karya ilmiah tersebut diharapkan dapat memberikan nilai tambah bagi para penulisnya dan juga bagi institusi.

Selamat membaca dan mengkaji.

Redaksi

DAMPAK KESEHATAN EMISI SERAT ASBES DARI CEROBONG ASAP

Mukhlis Akhadi

Peneliti Utama di Badan Tenaga Nuklir Nasional, Jakarta

Dosen di Sekolah Tinggi Teknik-PLN, Jakarta

Abstrak

Asbes adalah suatu zat yang terdiri dari magnesium-calcium-silikat terbangun serat dengan sifat fisiknya yang sangat kuat. Bahan asbes mempunyai banyak peranan dan manfaat dalam kegiatan industri. Asbes diketahui ada dalam kira-kira 3.000 produk buatan pabrik. Dalam bidang industri, asbes dalam bentuk lembaran (kertas asbes) dan benang asbes dipakai sebagai penyekat panas (bahan insulasi) untuk pembalut pipa api, pipa uap, cerobong asap, tungku perapian, sarung tangan tahan api dan sebagainya karena kemampuannya bertahanan hingga temperatur 2.750 °C. Terlepas dari pemanfaatannya yang begitu luas, asbes ternyata merupakan bahan yang sangat berbahaya. Substansi serat asbes yang sangat kecil dan halus dengan ukuran tertentu dalam keadaan terlepas atau bebas melayang di udara akan sangat berbahaya karena dapat memicu timbulnya gangguan kesehatan apabila terhirup masuk ke dalam paru-paru. Gangguan terhadap kesehatan yang disebabkan oleh serat asbes berjalan lambat tapi pasti. Dalam makalah ini akan dibahas dampak emisi serat asbes terhadap kesehatan tubuh manusia. Salah satu sumber emisi itu adalah pemanfaatan bahan asbes sebagai insulasi panas pada cerobong asap. Inhalasi serat asbes dapat mengakibatkan peningkatan kasus kanker paru-paru dan membran di sekitarnya. Asbes dapat mengakibatkan kanker jenis mesothelioma, yaitu jenis kanker yang memengaruhi membran yang menyelimuti paru-paru.

Kata Kunci: bahan asbes, serat asbes, insulasi panas, inhalasi, kanker paru, mesothelioma.

Abstract

Asbestos is a mineral that occurs in rock and soil, containing of magnesium-calcium-silikat fiber. Because of its fiber strength and heat resistance, asbestos has been used in a variety of building construction materials for insulation and as a fire retardant, such as heat-resistant fabrics, packaging, gaskets, and coatings, due to its ability withstand in temperature up to 2.750 °C. Asbestos fibers may be released into the air by the disturbance of asbestos-containing material during product use. In general, exposure may occur only when the asbestos-containing material is disturbed or damaged in some way to release particles and fibers into the air. The severity of asbestos-related diseases, the material's extremely widespread use in many areas of life, its continuing long-term use after harmful health effects were known or suspected, and fact that asbestos-related diseases can emerge decades after exposure ceases. When materials that contain asbestos are disturbed or damaged, fibres are released into the air. When these fibres are inhaled they can cause serious diseases. This paper will describe the harmful of asbestos emission to the environment. Mesothelioma is a cancer which affects the lining of the lungs (pleura) and the lining surrounding the lower digestive tract (peritoneum). It is almost exclusively related to asbestos exposure and by the time it is diagnosed, it is almost always fatal.

Key Words: asbestos, asbestos fiber, heat insulation, inhalation, lung cancer, mesothelioma.

Pendahuluan

Asbes (berasal dari kata Yunani Kuno *asbestos*) adalah nama perdagangan dari mineral tertentu yang dapat dipisahkan

menjadi serabut-serabut sangat halus, sangat ringan dan tidak dapat dibakar. Mineral ini secara alamiah berbentuk serat yang demikian panjang dan halus sehingga dapat dipintal. Asbes terbentuk karena proses

metamorfose batuan yang bersifat basa atau ultra basa. Secara umum, asbes adalah campuran dari berbagai macam silikat, yang paling utama adalah magnesium silikat. Meskipun demikian, di kalangan para ahli kimia masih terdapat perbedaan dalam menuliskan rumus kimia untuk asbes. Sesuai dengan definisi yang diberikan oleh *Occupational Safety and Health Administration* (OSHA), ada enam jenis mineral yang dikategorikan sebagai bahan asbes, yaitu : *chrysotile*, *riebeckite*, *grunerite*, *actinolite*, *anthrophyllite*, dan *thremolite*. Manusia telah mengenal bahan asbes sejak abad ke-2 Sebelum Masehi. Beberapa abad kemudian, Marco Polo memanfaatkannya sebagai bahan untuk membuat pakaian¹.

Dilihat dari sudut pandang ilmu kimia, asbes adalah suatu zat terdiri dari magnesium-calsium-silikat berbangun serat dengan sifat fisiknya yang sangat kuat. Berdasarkan komposisi dan sifatnya, asbes dibagi menjadi dua kelompok¹, yaitu :

- Asbes *serpentine* yang dapat dipintal. Mineral *Chrysotile* ($3\text{Mg } 2\text{SiO}_2 \cdot 2\text{H}_2\text{O}$) termasuk kelompok *serpentine* yang menempati sekitar 95% persediaan asbes dunia, tiga perempatnya ditambang di Provinsi Quebec, Kanada. Serabutnya lemas dan halus seperti sutera, berwarna putih dengan panjang seratnya 4-5 inci (10-13 cm) dan sangat kuat.
- Asbes *amphibole* yang sukar dipintal. Mineral *anthrophyllite* atau $(\text{Fe}, \text{Mg}) \text{SiO}_2$ masuk dalam kelompok ini, terdapat sebagai gumpalan serabut pendek dan gelas, panjang serabutnya antara 4-5 inci. Bila dipanaskan dapat bertahan hingga temperatur 2.760 °C.

Serat *chrysotile* biasanya berwarna putih, menyerupai sutera, lentur dan cukup kuat. Serat-serat yang panjang cukup mudah dipintal untuk dijadikan benang-benang tekstil. Penggunaan serat *chrysotile* bergantung pada ukuran panjang rata-rata dan kekuatannya. Pemanfaatan utamanya adalah untuk pembuatan tekstil dan kain-kain jenis lainnya. Di samping itu, serat *chrysotile* juga dipakai untuk produk-produk lantai, pipa semen-asbes, kertas dan produk pelapis lainnya, produk untuk atap, papan semen-asbes, serta bahan-bahan untuk pelapisan dan plester. Jumlah yang cukup signifikan juga digunakan dalam produksi plastik, tekstil dan bahan pembalut. Sedang dalam jumlah yang terbatas digunakan dalam produk-produk lainnya. Di seluruh dunia, industri

konstruksi menggunakan sekitar 2/3 dari total konsumsi bahan asbes².

Asbes dapat diperoleh dengan berbagai metode penambangan bawah tanah, namun yang paling umum adalah melalui penambangan terbuka (*open-pit mining*). Asbes digali dengan peralatan sederhana. Apabila asbes ditemukan pada bagian perut bumi yang agak dalam, penambangan dilakukan dengan membuat sumuran dan diikuti dengan sistem *gophering*. Asbes ditambang secara komersial di Amerika Serikat sejak akhir abad ke-18, dan pemakaiannya meningkat drastis sejak Perang Dunia II. Sejak saat itu, asbes mulai dipakai sebagai bahan baku industri³.

Asbes yang diperoleh dari hasil penambangan selanjutnya dilakukan pemilahan berdasarkan panjang serabutnya. Asbes dengan panjang serabut lebih besar dari 0,74 inci dikategorikan sebagai serabut dengan mutu nomor satu, sedang yang panjangnya antara 0,375 hingga 0,74 inci dikategorikan sebagai serabut dengan mutu nomor dua. Pemanfaatan serat asbes terutama dikaitkan dengan sifatnya yang khas dan sangat menguntungkan untuk berbagai jenis keperluan, yaitu sangat kuat, tahan terhadap bahan kimia serta kemampuannya bertahan pada temperatur tinggi sehingga tidak mudah terbakar. Sifat lainnya adalah asbes merupakan jenis bahan yang cukup ringan, tidak dapat menghantarkan listrik serta kedap air¹.

Pemanfaatan Asbes

Bahan asbes mempunyai banyak peranan dan manfaat dalam kegiatan industri. Asbes diketahui ada dalam kira-kira 3.000 produk buatan pabrik. Pemanfaatan serat asbes disesuaikan dengan sifatnya^{1,4}, yaitu :

- Serat asbes yang dapat dipintal, terutama jenis *chrysotile*, dimanfaatkan sebagian besar untuk lapisan pada rem mobil.
- Serat asbes yang sukar dipintal, dimanfaatkan untuk pembuatan papan asbes atau lazim dikenal dengan sebutan eternit, yang dibuat dari semen dicampur serabut asbes dengan mutu nomor dua. Komposisi asbes untuk pembuatan eternit biasanya 10-15 persen.

Karena sifatnya yang tidak dapat terbakar dan tidak menghantarkan panas, asbes juga telah digunakan secara luas untuk

pembuatan produk-produk tahan api seperti baju untuk petugas pemadam kebakaran. Dalam beberapa bidang, pemanfaatan bahan asbes untuk membuat barang-barang tertentu tidak dapat digantikan dengan bahan lainnya, seperti dalam pelapisan permukaan rem, permukaan plat kopling kendaraan bermotor dan produk yang mengandalkan gesekan lainnya, pelapisan tekstil tahan api untuk gedung pertunjukan, hotel serta bangunan-bangunan publik lainnya. Bahkan dalam pembuatan badan kapal serta komponen-komponen lainnya dalam kapal, juga diperlukan bahan asbes⁵.

Dalam bidang industri, asbes dalam bentuk lembaran (kertas asbes) dan benang asbes dipakai sebagai penyekat panas (bahan insulasi) untuk pembalut pipa api, pipa uap, cerobong asap, tungku perapian, sarung tangan tahan api dan sebagainya. Penggunaannya untuk insulasi panas pada alat-alat listrik juga masih sangat dominan karena sifat dari bahan asbes yang tidak menghantarkan arus listrik. Dalam bidang kelistrikan ini ada plastik isolasi yang dibuat dari bahan asbes. Asbes jenis amosite paling baik digunakan untuk insulasi panas karena ketahanannya hingga temperatur 2.750 °C, jauh lebih tinggi dibandingkan jenis bahan asbes lainnya⁵.

Di Amerika Serikat (AS), sesuai dengan hasil survei yang dilakukan oleh Badan Perlindungan Lingkungan Hidup AS (EPA) pada tahun 1984, diperkirakan ada 31.000 bangunan sekolah dan 733.000 bangunan pemerintah dan swasta yang memakai bahan mengandung asbes (*asbestos-containing material, ACM*). Menurut survey tadi, ACM pada bangunan-bangunan tersebut dipakai melalui tiga cara⁴, yaitu :

- Disemprot atau dipleset pada langit-langit, dinding serta permukaan lainnya.
- Dipakai sebagai insulasi panas pada pipa api, pipa uap, tangki dan sebagainya.
- Dipakai sebagai bahan-bahan bangunan lainnya.

Pemanfaatan bahan asbes sebagai insulasi panas pada cerobong asap memiliki potensi pelepasan serat asbes ke lingkungan hidup. Dalam kondisi normal, serat asbes akan terikat kuat oleh matrik bahan insulasi panas yang menempel kuat pada dinding cerobong. Emisi serat asbes dari cerobong asap dapat terjadi karena terpaan panas secara terus-menerus yang akhirnya menyebabkan rapuhnya bahan insulasi yang

mengandung asbes tersebut. Pada kondisi ini, serat-serat asbes akan sangat mudah diemisikan ke lingkungan oleh berbagai faktor mekanik di lingkungan⁵.

Terlepas dari pemanfaatannya yang begitu luas, bagaimanapun asbes merupakan bahan yang sangat berbahaya. Berbeda dengan bahan polutan kimia yang mudah menguap, asbes merupakan mineral yang tidak bisa menguap tetapi serat-serat halus atau bahkan partikel-parikelnya yang lebih halus (biasanya disebut fibril) mudah sekali tersebar ke lingkungan sehingga mencemari udara. Memang tidak semua bahan yang mengandung asbes berbahaya bagi manusia apabila bahan itu dalam keadaan baik sehingga serat asbes terikat kuat dalam matrik bahan.

Pada tahun 1972, Badan Perlindungan Lingkungan Amerika Serikat (EPA) menyatakan bahwa bahan asbes merupakan polutan udara yang berbahaya dan melaporkan bahwa paparan bahan ini pada kadar berapapun akan berisiko pada kesehatan. Pada saat itu belum diketahui berapa ambang paparan serat asbes yang dinyatakan aman bagi kesehatan. Karena itu, sejak beberapa dasawarsa lalu, pemerintah Amerika Serikat (AS) telah mengeluarkan peraturan yang intinya melarang penggunaan bahan asbes dalam hampir semua bahan bangunan dan menghapus penggunaan bahan asbes dalam kebanyakan produk konsumen. Penggunaannya dalam industri diatur dan diawasi dengan ketat guna melindungi kemungkinan pemaparan serat asbes terhadap pekerja dan anggota masyarakat².



Pemanfaatan bahan asbes sebagai insulasi panas dalam bidang keteknikan (sumber: asbestoslabs.com.au, diunduh: 06 April 2015)

Organisasi Penerbangan Sipil Internasional (ICAO), suatu badan yang bernaung di bawah Perserikatan Bangsa-Bangsa dan

Asosiasi Angkutan Udara Internasional (IATA) mengkatagorikan asbes sebagai barang berbahaya yang tidak boleh diangkut dengan pesawat udara baik pesawat penumpang (*passenger aircrafts*) maupun pesawat barang (*cargo aircrafts*) kecuali jenis tertentu dengan berat terbatas. Karena termasuk bahan berbahaya, maka bagi beberapa negara maju peredaran asbes selalu mendapatkan perhatian dari pemerintah. Di Amerika Serikat, ada lima lembaga yang berwenang mengatur masalah asbes ini⁶, yaitu :

1. *The Occupational Safety and Health Administration (OSHA)*, yang berwenang menentukan batas ambang pencemaran asbes di tempat kerja.
2. *Food and Drug Administration (FDA)*, yang bertanggungjawab atas usaha pencegahan kontaminasi asbes ke dalam makanan, obat dan kosmetik.
3. *Consumer product Safety Commission (CPSC)*, yang mengatur pemakaian asbes dalam bahan-bahan konsumsi.
4. *The Mine Safety and Health Administration (MSHA)*, yang mengatur penambangan dan pengolahan asbes.
5. *The Environmental Protection Agency (EPA)*, yang mengatur penggunaan dan pembuangan bahan beracun di tanah, air dan udara.

Badan Perlindungan Lingkungan AS mengatur asbes dalam lingkungan dan dalam barang-barang hasil pabrik. Pada tahun 1973, EPA melarang pemakaian asbes dalam bahan bangunan tertentu. Hingga kini EPA telah melarang pemakaian asbes dalam pipa semen-asbes dan perlengkapannya, dalam komponen atap dan lantai, dalam ubin lantai vinil asbes, dan dalam busana kedap api. Dalam kurun waktu sebelumnya, EPA telah melarang penggunaan campuran asbes untuk bahan penambal dan pembara api. Produk-produk yang dapat melepaskan serat asbes itu kini sudah tidak dapat ditemui lagi di pasaran. Sementara itu, pemakaian asbes dalam produk-produk lainnya akan dihapus secara bertahap².

Setelah masalah dampak kesehatan akibat polusi dalam ruangan dan paparan serat asbes diketahui, banyak bangunan mulai diperbaiki. Pada tahun 1970, Lembaga Konsumen (Komisi Keamanan Produk untuk Konsumen) di AS memutuskan untuk menghentikan pemakaian asbes sebagai papan dinding karena produk tersebut mengeluarkan benang asbes dengan jumlah besar. Pada tahun yang sama, alat pengering

rambut (*hair dryer*) yang di dalamnya menggunakan insulasi asbes ditarik dari peredaran oleh pabrik pembuatnya secara sukarela. Pada tahun 1989, EPA melarang pemakaian asbes untuk produk-produk baru. Pada tahun 1999, pemakaian asbes di AS turun dari 719.000 (tahun 1973) menjadi 15.000 metrik ton yang berarti mengalami penurunan lebih dari 90 persen⁴.

Emisi Serat Asbes

Dalam Undang-Undang Udara Bersih yang dikeluarkan pada tahun 1990, asbes terdaftar sebagai pencemar udara berbahaya, sehingga EPA diminta untuk menetapkan standar emisi yang aman untuk serat asbes. Badan itu juga membuat standar keselamatan untuk menyingkirkan bahan asbes yang sebelumnya digunakan sebagai bahan bangunan di sekolah-sekolah negeri. Bahan ini oleh EPA juga dimasukkan dalam daftar hak-untuk-diketahui masyarakat. Tingkat cemaran serat asbes dalam administrasi persediaan air untuk umum diatur oleh EPA pada 7 juta serat/liter yang melebihi panjang serat 10 mikron. Kebanyakan Dinas Lingkungan Hidup setiap negara bagian di AS mempunyai bagian yang khusus menangani deteksi dan pengujian asbes⁷.

Asbes dalam bentuk tidak mudah membubuk belum akan memberikan ancaman serius bagi manusia. Sebaliknya, asbes yang mudah menyerpih atau membubuk merupakan ancaman bagi kesehatan manusia. Penyingkiran bahan ini lebih disukai masyarakat AS yang pelaksanaannya dilakukan oleh perusahaan yang memiliki izin berusaha di negara bagian terkait. Bahan itu selanjutnya ditimbun di tempat yang telah ditentukan. Badan Keselamatan dan Kesehatan Kerja AS (OSHA) pada 7 Juli 1972 menetapkan batas kadar serat asbes yang diperbolehkan untuk udara di tempat kerja tidak melebihi 5 serat dengan panjang 5 mikrometer per cm³ udara selama 8 jam kerja. Standar itu diperketat mulai 1 Juli 1976 menjadi 2 serat per cm³. Batas itu diusulkan untuk diturunkan menjadi 0,5 atau 0,2 serat per cm³ untuk masa-masa mendatang⁸.

Berdasarkan ketentuan OSHA yang mematok 2 serat per cm³ udara, berarti dalam satu meter kubik (m³) ruangan hanya boleh ada sebanyak-banyaknya 2.000.000 serat yang beterbangan di udara. Dilihat dari sudut jumlah memang cukup besar, namun jika dilihat dari sudut berat maka akan sangat

ringan. Jika perkiraan rata-rata berat satu serat asbes adalah 0,033 nanogram (ng), maka dari 2 juta serat itu total beratnya hanya 67.000 ng atau 0,000 067 g. Jadi suatu ruang publik berukuran 1.000 m³, hanya diperbolehkan mengandung serat asbes sebanyak 67.000.000 ng atau 0,067 gram. Jika ruang publik berukuran 1.000 m³ itu berupa gedung dengan ukuran panjang 20 m, lebar 10 m dan tinggi 5 m, standar OSHA hanya membolehkan adanya 0,067 gram serat asbes yang tersebar merata dalam gedung tersebut⁸.

Satu hal yang perlu mendapatkan perhatian dalam penggunaan asbes di berbagai bidang kegiatan adalah bahwa asbes termasuk bahan berbahaya, namun kurang disadari oleh pemakainya karena dampak negatif yang ditimbulkannya tidak segera tampak. Hanya sedikit yang diketahui para ilmuwan tentang dampak asbes apabila tertelan melalui jalur makanan. Namun substansi serat asbes yang sangat kecil dan halus dengan ukuran tertentu dalam keadaan terlepas/bebas melayang di udara akan sangat berbahaya karena dapat memicu timbulnya gangguan kesehatan apabila terhirup masuk ke dalam paru-paru. Demikian halusnya ukuran serat ini sehingga sangat mudah tersuspensi ke atmosfer, dan keberadaannya dalam udara tidak akan tampak dan terdeteksi oleh penglihatan manusia⁷.

Ketika peraturan perundang-undangan mengenai perlindungan terhadap pemaparan serat asbes belum ada, banyak anggota masyarakat mengalami gangguan kesehatan akibat menyerap bahan asbes ini. Antara tahun 1930 sampai 1960 misalnya, para ilmuwan di Amerika Serikat memperkirakan bahwa ada 1.000 sampai 10.000 orang Amerika meninggal setiap tahunnya karena pemaparan serat asbes selama mereka bekerja. Pada umumnya selama bertahun-tahun sebelumnya mereka menghirup serat asbes di tempat kerja atau berada dalam gedung-gedung yang udaranya tercemar debu asbes².

Partikulat adalah zat padat atau cair yang halus dan tersuspensi di udara. Partikulat debu dan serat asbes banyak dijumpai pada pabrik dan industri yang memanfaatkan bahan asbes, pabrik pemintalan serat asbes, penenunan kain asbes, reparasi tekstil yang terbuat dari asbes, pabrik papan asbes dan sebagainya. Debu adalah zat padat berukuran antara 0,1 – 25 mikron. Debu asbes yang terhirup bersama

udara pernafasan sehingga masuk ke dalam paru akan mengakibatkan efek langsung berupa gejala sesak nafas dan batuk-batuk yang disertai dengan dahak. Apabila dilakukan pemeriksaan terhadap dahak, akan ditemukan debu asbes dalam dahak tersebut⁹.

Kini para praktisi kesehatan sudah menyadari bahwa pemaparan serat asbes karena jenis pekerjaan dan pemaparan pada masyarakat karena pelepasan serat asbes ke udara memiliki risiko besar terhadap kesehatan. Paparan debu asbes di tempat kerja dapat menyebabkan mesotelioma, karsinoma sel skuamosa dan adenokarsinoma paru, setelah masa laten yang dapat berlangsung selama puluhan tahun. Debu asbes juga menyebabkan kanker lambung dan dinding usus pada para pekerja tertentu, sehingga asbes digolongkan sebagai karsinogen bagi tubuh manusia.



Ketika bahan yang mengandung asbes sudah rapuh, serat-serat asbes akan menjadi sangat mudah terlepas ke lingkungan (Sumber: abc.net.au, diunduh: 06 April 2015)

Serat asbes cenderung mudah patah, menjadi debu, tersebar di udara serta lengket pada pakaian maupun tubuh manusia. Debu asbes dapat menempel pada kulit dan menimbulkan gatal-gatal (iritasi). Ketika digaruk atau digosok, debu tadi dapat dengan mudah masuk ke dalam tubuh melalui lubang pori-pori untuk kemudian berkembang menjadi kanker kulit. Bahaya dari serat asbes berkaitan dengan sifat fisiknya yang kuat. Debu halus yang terdiri atas serat-serat mikroskopis asbes bisa bertahan lama mengapung di udara. Ketika dihirup oleh manusia, serat-serat yang sangat kuat itu akan masuk dengan mudah melalui saluran pernafasan. Sifatnya yang tahan lama itu pula yang menyebabkan serat-serat asbes akan tinggal di dalam tubuh manusia selama bertahun-tahun¹⁰.

Dampak Kesehatan

Sistem pernafasan manusia terdiri atas hidung, tenggorokan (*trachea*), bronchi, bronchioli, serta alveoli. Pertukaran gas terjadi dalam alveoli yang jumlahnya mencapai ratusan juta buah. Kedalaman jarak tempuh partikulat-partikulat dalam udara memasuki sistem pernafasan sangat bergantung pada ukuran aerodinamika partikulat tersebut. Partikulat dengan ukuran lebih besar dari 10 mikron akan tersaring oleh bulu hidung, cilia trachea dan bronchi. Partikulat dengan ukuran lebih kecil dari 0,1 mikron akan mudah masuk ke dalam alveoli, tetapi juga akan dengan mudah dikeluarkan kembali. Partikulat yang dapat tinggal di dalam paru mempunyai diameter antara 2 - 5 mikron. Bentuk partikulatnya juga menentukan mudah-tidak atau jauh-tidaknya suatu partikulat dapat memasuki paru. Partikulat dengan bentuk jarum seperti halnya serat asbes akan mudah masuk ke dalam hingga sampai ke selaput paru (*mesothelium*), sekalipun ukuran partikel itu lebih besar dari 10 mikron¹¹.

Fibrosis adalah pertumbuhan jaringan ikat dalam suatu organ dalam jumlah berlebihan. Penyebab utama fibrosis adalah silica bebas yang baru terbentuk. Penyakit yang mempunyai gejala utama fibrosis ini disebut sebagai penyakit pneumoconiosis (dari bahasa Yunani, *pneumon* berarti paru dan *konis* berarti debu). Zat-zat pencemar udara yang bersifat iritan, menyebabkan fibrosis dan pneumoconiosis sudah sejak lama diketahui oleh para praktisi kesehatan. Kasus pneumoconiosis telah banyak didokumentasikan sebagai penyakit akibat kerja di berbagai jenis tempat kerja. Gangguan kesehatan ini semula ditemukan pada para pekerja tambang batubara¹¹.

Secara harfiah, pneumoconiosis berarti paru yang berdebu. Apabila penyebabnya debu atau serat dari asbes, maka secara spesifik penyakit *pneumoconiosis* tadi disebut asbestosis, yaitu gangguan pada paru karena penyerapan jangka panjang serat asbes. Gangguan kesehatan ini sudah cukup dikenal di kalangan praktisi kesehatan kerja maupun kesehatan lingkungan. Kasus-kasus *pneumoconiosis* karena serat asbes pertama kali dilaporkan ditemukan pada para pekerja industri perkapalan terbesar di dunia (pada saat itu) di Holland. Umumnya para pekerja terpapar asbes pada saat memperbaiki kapal, karena dinding badan kapal tersebut dilapisi bahan asbes. Sifat dari serat asbes ini adalah

dapat menyebabkan terjadinya goresan-goresan pada permukaan paru. Gangguan ini ditandai dengan kerasnya permukaan paru-paru karena banyaknya serat atau goresan pada jaringan. Kasus kanker *mesothelioma* yang berhubungan dengan asbespun diketahui untuk pertama kali di industri yang sama, kebetulan ditemukan dengan cara otopsi⁷.

Pengerasan pada permukaan paru-paru dapat mengakibatkan penurunan kapasitas paru-paru, sehingga diperlukan usaha yang lebih besar untuk mengembangkan paru-paru selama pernafasan. Karena itu, penderita asbestosis mengalami pernafasan pendek (cekak nafas) dan berkembang menjadi batuk kering. Ujung-ujung jemarinya mengumpul dan tangan serta kakinya menjadi kebiru-biruan karena kekurangan oksigen dalam darah. Suara-suara tidak normal dari dalam dadanya mudah dikenali. Dalam beberapa kasus, tanda-tanda pengapuran berkembang di dalam pleura, yaitu lapisan yang menyelimuti paru-paru. Asbestosis adalah penyakit kronis yang bisa mengakibatkan kematian dalam bentuk mati lemas^{2,7}.

Gangguan terhadap kesehatan yang disebabkan oleh serat asbes berjalan lambat tapi pasti. Gangguan itu tidak mudah dideteksi pada stadium dini. Tanda-tanda gangguan karena asbestosis jarang sekali muncul dalam waktu kurang dari 10 tahun setelah penyerapan serat asbes. Gangguan kesehatan karena inhalasi serat asbes mempunyai masa laten antara 20 sampai 30 tahun atau bahkan lebih lama lagi. Ini berarti bahwa gangguan kesehatan yang dialami penderita saat ini adalah akibat inhalasi serat asbes pada puluhan tahun sebelumnya².

Pada saat gangguan kesehatan tersebut muncul, akan sangat sulit mengidentifikasi apa yang menjadi penyebabnya, kecuali ada catatan lengkap mengenai pengalaman bekerja dari penderita bersangkutan. Namun setelah gangguan itu muncul akan menyebabkan kondisi yang terus memburuk, meskipun penyerapan serat asbes sudah tidak terjadi lagi. Sebelum peraturan yang melindungi paparan serat asbes terhadap pekerja ditegakkan, para pekerja di bidang instalasi pipa, konstruksi, pembuat badan kapal, dan industri pembuat rem serta plat kolping merupakan kelompok yang rentan terhadap gangguan kesehatan berupa asbestosis ini. Gangguan kesehatan ini juga signifikan terhadap kelompok pekerja lainnya yang berhubungan dengan serat asbes¹².

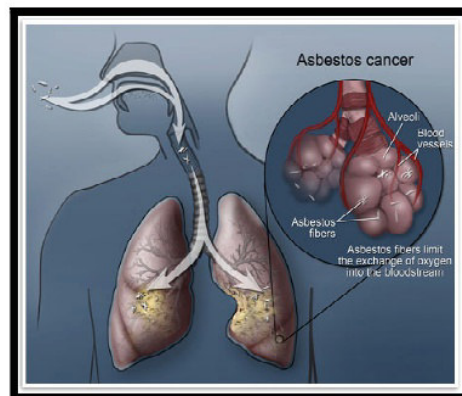
Asbes dapat mengakibatkan kanker jenis mesothelioma, yaitu jenis kanker yang mempengaruhi membran yang menyelimuti paru-paru. Mesothelioma adalah nama yang diambil dari selaput mucus yang melapisi rongga dada (pelapis mesotelial) dimana sel tumor cenderung berkembang. Kanker ini berkembang pada diafragma, pembatas rongga dada dan perut. Jenis kanker ini juga dapat menyerang pelapis jantung. Beberapa penderita mesothelioma mungkin hanya bekerja atau berada pada lingkungan yang sangat rendah tingkat pencemaran serat asbesnya, atau mungkin juga mereka hanya terpapar serat asbes dalam waktu singkat. Namun mengingat serat asbes itu dapat bertahan lama di dalam tubuh, maka sekecil apapun inhalasi serat asbes akan menaikkan kemungkinan munculnya penyakit terkait asbes⁸.

Suatu kasus mesothelioma pernah dialami oleh seorang pengacara di New York tahun 1978 yang telah menjadi korban keganasan debu asbes tanpa ia ketahui sebelumnya. Dari sederetan test medis di *Columbia Presbyterian Hospital* diketahui bahwa pengacara tersebut telah menjadi korban keganasan tumor mesothelioma akibat kontak langsung dengan serat dan debu asbes 20 tahun sebelumnya. Pada tahun 1958, semasa menjadi mahasiswa, ia pernah memanfaatkan masa liburnya selama dua minggu bekerja pada pabrik asbes dengan tugas menghitung lembaran-lembaran asbes dan mengangkutnya ke atas truk. Kontak langsung dengan debu dan serat asbes selama dua minggu tersebut ternyata sudah cukup menginduksi penyakit malignasi yang diteritanya 20 tahun kemudian¹².

Dr. Irving Selikoff, Direktur *Environmental Science Laboratories* pada *Mount Sinai School of Medicine* di New York yang menangani suatu penelitian penyakit kanker para pekerja di pabrik asbes, menyimpulkan bahwa kanker paru-paru lebih banyak disebabkan oleh asbes dibanding rokok. Survei yang pernah dilakukan pada tahun 1984 menunjukkan, dari 869 orang yang 17 tahun sebelumnya pernah bekerja di pabrik asbes di Texas, AS, 300 di antaranya diperkirakan menderita asbestosis, kanker paru-paru, kanker usus dan kanker perut lainnya. Pada kelompok pekerja asbes yang juga perokok, risiko relatif terserang kanker paru-paru adalah empat kali lebih besar dibandingkan kelompok pekerja lainnya yang tidak terpapar serat asbes. Sekitar 70% penderita pleural mesothelioma memiliki

catatan sejarah dimana sebelumnya pernah dan sering terpapar serat asbes¹³.

Belum ada penanganan khusus yang diketahui hingga saat ini untuk para penderita asbestosis dan mesothelioma. Tindakan dokter membantu penderita asbestosis yang menyebabkan kanker paru-paru, memberikan hasil yang kurang optimal. Pendekatan untuk mencegah munculnya gangguan penyakit ini harus ditempuh melalui pengontrolan kadar debu di ruang kerja dimana serat asbes diproses atau digunakan. Cukup banyak bukti yang menunjukkan bahwa kasus asbestosis dan kanker paru-paru dapat dikurangi dengan cara mengontrol dan mengeliminasi penyebaran serat asbes di ruang kerja, sehingga inhalasi serat asbes dapat ditekan¹⁴.



Pengendapan serat asbes di dalam paru dapat memicu timbulnya kanker paru
(Sumber: mesothelioma.com,
diunduh : 06 April 2015)

Dalam kasus serat asbes, risiko yang timbul memiliki hubungan yang linier terhadap dosis. Jadi peluang munculnya penyakit yang berkaitan dengan serat asbes sebanding dengan dosis dan lamanya pemaparan. Tidak ada ambang batas yang pasti untuk tingkat pemaparan asbes yang aman. Ada enam jenis serat asbes yang tingkat bahayanya berbeda-beda. Para ilmuwan sepakat bahwa risiko yang terkait dengan asbes jenis chrysotile (asbes putih) lebih kecil dibandingkan risiko dari serat asbes jenis amphibole, karena serat asbes putih ini cenderung tidak dapat terurai di dalam tubuh dan bertahan pada tempat pengendapannya di daerah paru-paru. Dosis yang kecil sekalipun lama kelamaan bisa memunculkan dampak negatif terhadap kesehatan. Dilaporkan juga bahwa anggota

keluarga dari pekerja yang terpapar serat asbes secara teratur juga memiliki risiko terkena kanker mesothelioma. Menurut para ahli, hal itu bisa terjadi karena adanya serat asbes yang dibawa pulang ke rumah oleh para pekerja. Serat asbes tadi dapat menempel dan lengket pada sepatu, baju, kulit dan rambut¹⁵.

Kesimpulan

Pemanfaatan bahan asbes sebagai insulasi panas di bidang keteknikan memiliki potensi bahaya bagi kesehatan tubuh manusia. Terpaan panas temperatur tinggi secara terus menerus dalam jangka waktu lama dapat menyebabkan kerapuhan bahan insulasi panas sehingga serat-serat asbes yang semula terikat kuat dalam matrik bahan insulasi menjadi mudah terlepas dan diemisikan ke lingkungan. Terhirupnya serat asbes melalui sistem pernafasan dan pengendapannya yang terjadi di dalam paru dapat memicu kanker paru jenis mesothelioma yang mematikan. Karena itu, perlu adanya pemeriksaan rutin terhadap ketahanan bahan insulasi panas yang mengandung serat asbes untuk memastikan bahwa bahan insulasi tersebut tidak rapuh dan tidak mengemisikan serat asbes ke lingkungan. Selain itu, personil yang terlibat langsung dalam perawatan pipa-pipa panas berinsulasi bahan asbes perlu diberi pemahaman terhadap bahaya inhalasi serat asbes serta mendapatkan proteksi yang menyeluruh untuk menghindari dampak buruk inhalasi serat asbes melalui sistem pernafasan.

DAFTAR PUSTAKA

1. Sukandarrumidi, *Bahan Galian Industri*, Gadjah Mada University Press, Yogyakarta 226521 (Maret 1999).
2. West, B., Sandman, P.M. dan Greenberg, M.R., *Panduan Pemberitaan Lingkungan Hidup* (terjemahan oleh Soediro), Yayasan Obor Indonesia, Jakarta (1998).
3. Dhom, N.D., *Dampak Penggunaan Asbes dan Gipsa*, Prioritas, 30 April 1987.
4. Austin, G.T., *Industri Proses Kimia*, Jilid I, edisi kelima (alih bahasa : Ir. E. Jasjfi, M.Sc), Penerbit Erlangga, Jakarta (2006).
5. Widharto, S., *Inspeksi Teknik* (Buku 3), Prdanya Paramita, Jakarta 13140 (2002)
6. Burnie, D., *Bengkel Ilmu Ekologi* (alih bahasa : Damaring Tyas Wulandari, S.Si), Penerbit Erlangga, Jakarta (2005).
7. Hunter, B.T., *Udara dan Kesehatan Anda, Udara Bersih Sangat Penting Bagi Kesehatan Anda*, PT Buana Ilmu Populer, Jakarta (2006).
8. Tamarol, F.P., *Awas Asbes!*, Kompas, 19 Pebruari 1988.
9. *Konsultasi Bersama Dokter Zubairi Djoerban, Asbes Sebabkan Kanker ?*, Republika, 27 Oktober 2002.
10. Connell, D.W. dan Miller, G.J., *Kimia dan Ekotoksikologi Pencemaran* (Penerjemah : Yanti Koestoer dan Sahati), Penerbit Universitas Indonesia, Jakarta 10430 (1995).
11. Bodonsky, D., Robkin, M.A. and Stadler, D.R. (Editors), *Indoor Radon and its Hazards*, University of Washington Press, Seattle, USA (1987).
12. Chamber, H., *Introduction To Health Physics*, Pergamon Press, New York (1987).
13. Krsiuk, E.M. and Karpov, V.I., *Cost-benefit Analysis Applied to Building Materials with Comparatively High Natural Radionuclide Concentration*, *Health Physics* 39, (1980), pp. 578-580.
14. *United Nations Scientific Committee on the Effect of Atomic Radiations, Sources and Effects of Ionizing Radiation, UNSCEAR 2000 Reports to General Assembly (Volume 1 : Sources)*, United Nations, New York (2000).
15. *United Nations Scientific Committee on the Effect of Atomic Radiations, Sources and Effects of Ionizing Radiation, UNSCEAR 2010 Reports to General Assembly*, United Nations, New York (2010).



Alat pelindung diri bagi pekerja yang menangani bahan mengandung asbestos
(Sumber: ct.gov, diunduh: 09 April 2015)