

LINGKUNGAN KERJA FAKTOR DEBU



Dosen : Latar Muhamad Arief, Ir.MSc
Mata kuliah : Higiene Industri (IKK.354)

Fakultas Ilmu-Ilmu Kesehatan Program Studi Kesehatan Masyarakat, Peminatan Keselamatan dan Kesehatan Kerja Univ. Esa Unggul

I. PENGENALAN

Masuknya zat pencemar ke dalam udara/atmosfer, akibat proses alam seperti asap kebakaran hutan, debu gunung berapi, pancaran garam dari laut, debu meteroid dan butiran debu yang banyak ditemukan pada industri, sejalan dengan peningkatan taraf ekonomi suatu Negara, karena dengan majunya sector industri maka terbukalah lapangan kerja buat masyarakat, daerah di sekitar kawasan industri, termasuk juga berkembang dalam bidang sarana transportasi, komunikasi, perdagangan dan bidang lainnya .

Meskipun perkembangan industri yang pesat dapat meningkatkan taraf hidup, tetapi berbagai dampak negatif juga bisa terjadi pada masyarakat. Salah satu dampak negatif adalah terhadap paru para pekerja dan masyarakat di sekitar daerah kawasan industri, tergantung dari jenis paparan yang terhisap.

Hal ini disebabkan pencemaran udara akibat proses pengolahan atau hasil industri tersebut, ditambah dengan penurunan kualitas lingkungan udara pada umumnya disebabkan oleh masuknya zat pencemar ke dalam lingkungan udara tersebut, baik alami (seperti: kebakaran hutan oleh teriknya matahari, debu vulkanik, debu meteorit, pancaran garam dari laut dan sebagainya), dan atau berbagai zat dapat mencemari udara seperti debu batubara, semen, kapas, asbes, zat-zat kimia, gas beracun.

II. KARAKTERISTIK DEBU

Salah satu tipe pencemar udara adalah partikel debu. Debu adalah salah satu partikel yang melayang di udara, berukuran 1 mikron sampai 500 mikron. Debu umumnya timbul karena aktivitas mekanis seperti aktivitas mesin-mesin industri, transportasi, bahkan aktivitas manusia lainnya.

Debu memiliki sifat-sifat berikut, antara lain :

- Debu dapat mengendap karena dipengaruhi oleh gaya gravitasi bumi.
- Debu memiliki permukaan yang selalu basah karena dilapisi oleh air.
- Debu mampu membentuk gumpalan atau koloni karena permukannya yang selalu basah.
- Debu bersifat listrik statis, artinya debu mampu menangkap partikel lain yang berlawanan.
- Debu bersifat opsis, artinya debu mampu memancarkan cahaya pada saat gelap

Sedangkan menurut macamnya, debu diklasifikasikan atas 3 jenis yaitu

- debu organik, Debu organik adalah debu yang berasal dari makhluk hidup
- debu metal, debu metal adalah debu yang di dalamnya terkandung unsur-unsur logam (Pb, Hg, Cd, dan Arsen)
- debu mineral. debu mineral ialah debu yang di dalamnya terkandung senyawa kompleks

Debu memiliki karakter atau sifat yang berbeda-beda, antara lain

- debu fisik (debu tanah, batu, dan mineral),
- debu kimia (debu organik dan anorganik), dan
- debu biologis (virus, bakteri, kista),

- debu eksplosif atau debu yang mudah terbakar (batu bara, Pb),
 - debu radioaktif (Uranium, Tuttonium),
 - Debu Inert (debu yang tidak bereaksi kimia dengan zat lain)
- Debu industri yang terdapat dalam udara terbagi dua, yaitu
- deposit particulate matter yaitu partikel debu yang hanya berada sementara di udara, partikel ini segera mengendap karena daya tarik bumi.
 - Suspended particulate matter adalah debu yang tetap berada di udara dan tidak mudah mengendap.

Debu yang berukuran antara 5-10 mikron bila terhisap akan tertahan dan tertimbun pada saluran napas bagian atas; yang berukuran antara 3-5 mikron tertahan dan tertimbun pada saluran napas tengah. Partikel debu dengan ukuran 1-3 mikron disebut debu respirabel merupakan yang paling berbahaya karena tertahan dan tertimbun mulai dari bronkiolus terminalis sampai alveoli. Debu yang ukurannya kurang dari 1 mikron tidak mudah mengendap di alveoli, debu yang ukurannya antara 0,1-0,5 mikron berdifusi dengan gerak Brown keluar masuk alveoli; bila membentur alveoli ia dapat tertimbun di situ.

Meskipun batas debu respirabel adalah 5 mikron, tetapi debu dengan ukuran 5-10 mikron dengan kadar berbeda dapat masuk ke dalam alveoli. Debu yang berukuran lebih dari 5 mikron akan dikeluarkan semuanya bila jumlahnya kurang dari 10 partikel per milimeter kubik udara. Bila jumlahnya 1.000 partikel per milimeter kubik udara, maka 10% dari jumlah itu akan ditimbun dalam paru.

Debu yang nonfibrogenik adalah debu yang tidak menimbulkan reaksi jaringan paru, contohnya adalah debu besi, kapur, timah. Debu ini dulu dianggap sudah merusak paru disebut debu inert. Belakangan diketahui bahwa tidak ada debu yang benar-benar inert. Dalam dosis besar, semua debu bersifat merangsang dan dapat menimbulkan reaksi walaupun ringan. Reaksi itu berupa produksi lendir berlebihan; bila terus berlangsung dapat terjadi hiperplasi kelenjar mukus. Jaringan paru juga dapat berubah dengan terbentuknya jaringan ikat retikulin. Penyakit paru ini disebut pneumokoniosis nonkolagen.

Debu fibrogenik dapat menimbulkan reaksi jaringan paru sehingga terbentuk jaringan parut (fibrosis). Penyakit ini disebut pneumokoniosis kolagen. Termasuk jenis ini adalah debu silika bebas, batubara dan asbes.

III. BAHAYA DEBU DI LINGKUNGAN INDUSTRI

Debu dalam industri ukurannya sangat bervariasi, dengan ukuran halus mendominasi yang lain, dan dapat memasuki tubuh lewat inhalasi, ingesti, dan kulit. Luasnya permukaan paru yang dapat menyerap debu (luas paru-paru orang dewasa = 55-75 m², dan kulit 2 m²) sedangkan luas permukaan debu semakin besar dengan semakin halusnya ukuran debu. Misal 1 cm³ quartz murni bila ditumbuk halus, menjadi ukuran 1 mikron, maka terbentuk debu sebanyak 10¹², dengan luas permukaan 6 m² dibanding dengan asalnya 6 cm².

Volume benda padat yang dihaluskan (akibat proses industri) akan bertambah, karena, adanya celah di antara partikel di dalam massa. Misalnya, konsentrasi debu di udara sebesar 50 mppcf berasal dari 1 cm³, zat yang dihaluskan menjadi ukuran 1 mikron, di udara akan, memenuhi volume 20.000 ft³.

3.1. Efek Debu Terhadap Kesehatan Pekerja

Efek debu terhadap kesehatan pekerja di industri bervariasi tergantung jenis, sifat kimia-fisika debu di lingkungan tempat kerja, seperti misalnya;

- Silicosis, asbestosis pada beberapa kasus jantung ikut terpengaruh (corpulmonale), terutama jika fibrosis parah. Keracunan sistemik: Hg, Pb, Mn, Cd, Be
- Alergi : tepung, kayu,
- Bakteri, jamur : *Anthrax* dari wool dan tulang, jamur dari kayu, bagasse.
- Iritasi pada hidung, tenggorokan: asam, alkali, Cr .
- Kerusakan jaringan organ dalam: zat radioaktif, Ra.
- Keracunan Beryllium: Biasanya parah, disebabkan oleh Be fumes dan Be terikat pada debu. Be-fluorida juga berbahaya.
- Demam logam : merupakan penyakit akut, jangka pendek, terutama disebabkan Zn dan Mg dengan oksida logamnya. Gejala timbul 12 jam setelah eksposur dengan demam dan menggigil. Sembuh dalam satu hari, bila pekerja kembali kerja, maka kemungkinan besar ia takkan memperlihatkan keracunan lagi, tetapi apabila sudah lama tidak kena kontak dengan uap logam, maka penyakit akan berulang.
- Alergi : terjadi pada orang yang peka terhadap zat kimia, makanan, obat. Reaksi dapat berupa *asthma*, *hay fever*, *hives*. Eksposur dalam konsentrasi kecil mungkin tidak menimbulkan reaksi alergi, tetapi segera ia tidak kontak untuk jangka waktu cukup lama, maka ia akan bereaksi alergi bila terekspos.
- Debu radioaktif: menimbulkan kerusakan organ internal
- Debu pengganggu: yang tidak langsung menimbulkan masalah

3.2. Penyakit yang Ditimbulkan dari Debu

1. ***Pneumokoniosis Pekerja Tambang Batubara***

Penyakit terjadi akibat penumpukan debu batubara di paru dan menimbulkan reaksi jaringan terhadap debu tersebut. Penyakit ini terjadi bila paparan cukup lama, biasanya setelah pekerja terpapar lebih dari 10 tahun. Berdasarkan gambaran foto toraks dibedakan atas bentuk *simple* dan *complicated*. *Simple Coal Workers Pneumoconiosis (Simple CWP)* terjadi karena inhalasi debu batubara saja. Gejalanya hampir tidak ada; bila paparan tidak berlanjut maka penyakit ini tidak akan memburuk. Penyakit ini dapat berkembang menjadi bentuk *complicated*. Kelainan foto toraks pada *simple CWP* berupa perselubungan halus bentuk lingkaran, perselubungan clapat terjadi di bagian mana saja pada lapangan paru, yang paling sering di lobus atas. Senggu ditemukan perselubungan bentuk p dan q. Pemeriksaan faal paru biasanya tidak menunjukkan kelainan. Nilai VEP1 dapat sedikit menurun sedangkan kapasitas difusi biasanya normal.

Complicated Coal Workers Pneumoconiosis atau Fibrosis Masif Progresif (PMF) ditandai oleh terjadinya daerah fibrosis yang luas hampir selalu terdapat di lobus atas. Fibrosis biasanya terjadi karena saw atau lebih faktor berikut:

- Terdapat silika bebas dalam debu batubara.

- Konsentrasi debu yang sangat tinggi.
- Infeksi *Mycobacterium tuberculosis* atau atipik.
- Imunologi penderita buruk.

Pada daerah fibrosis tepat timbul kavitas dan ini bisa menyebabkan pneumotoraks; foto toraks pada PMF sering mirip tuberkulosis, tetapi sering ditemukan bentuk campuran karena terjadi emfisema. Tidak ada korelasi antara kelainan faal paru dan luasnya lesi pada foto toraks. Gejala awal biasanya tidak khas. Batuk dan sputum menjadi lebih sering, dahak berwarna hitam (*melanoptisis*). Kenisakan yang luas menimbulkan sesak napas yang makin bertambah, pada stadium lanjut terjadi kor hipertensi pulmonal, gagal ventrikel kanan dan gagal napas.

Penelitian pada pekerja tambang batubara di Tanjung Enim tahun 1988 menemukan bahwa dari 1735 pekerja ditemukan 20 orang atau 1,15% yang foto toraksnya menunjukkan gambaran pneumokoniosis.

2. **Silikosis**

Penyakit ini terjadi karena inhalasi dan retensi debu yang mengandung kristalin silikon dioksida atau silika bebas (S1S2). Pada berbagai jenis pekerjaan yang berhubungan dengan silika penyakit ini dapat terjadi, seperti pada pekerja

- Pekerja tambang logam dan batubara
- Penggali terowongan untuk membuat jalan
- Pemotongan batu seperti untuk patung, nisan
- Pembuat keramik dan batubara
- Penuangan besi dan baja
- Industri yang memakai silika sebagai bahan misalnya pabrik amplas dan gelas.
- Pembuat gigi enamel
- Pabrik semen

Usaha untuk menegakkan diagnosis silikosis secara dini sangat penting, oleh karena penyakit dapat terus berlanjut meskipun paparan telah dihindari. Pada penderita silikosis insidens tuberkulosis lebih tinggi dari populasi umum. Secara klinis terdapat 3 bentuk silikosis, yaitu silikosis akut, silikosis kronik dan silikosis terakselerasi.

a **Silikosis Akut**

Penyakit dapat timbul dalam beberapa minggu, bila seseorang terpapar silika dengan konsentrasi sangat tinggi. Perjalanan penyakit sangat khas, yaitu gejala sesak napas yang progresif, demam, batuk dan penurunan berat badan setelah paparan silika konsentrasi tinggi dalam waktu relatif singkat. Lama paparan berkisar antara beberapa minggu sampai 4 atau 5 tahun. Kelainan faal paru yang timbul adalah restriksi berat dan hipoksemi disertai penurunan kapasitas di fusi. Pada foto toraks tampak fibrosis interstisial difus, fibrosis kemuclian berlanjut dan terdapat pada lobus tengah dan bawah membentuk *diffuse ground glass appearance* mirip edema paru.

b. **Silikosis Kronik**

Kelainan pada penyakit ini mirip dengan pneumokoniosis pekerja tambang batubara, yaitu terdapat nodul yang biasanya dominan di lobus atas. Bentuk silikosis kronik paling sering ditemukan, terjadi setelah paparan 20

sampai 45 tahun oleh kadar debu yang relatif rendah. Pada stadium simple, nodul di paru biasanya kecil dan tanpa gejala atau minimal. Walaupun paparan tidak ada lagi, kelainan paru dapat menjadi progresif sehingga terjadi fibrosis yang masif.

Pada silikosis kronik yang sederhana, foto toraks menunjukkan nodul terutama di lobus atas dan mungkin disertai klasifikasi. Pada bentuk lanjut tertepat masa yang besar yang tampak seperti sayap malaikat (*angel's wing*). Sering terjadi reaksi pleura pada lesi besar yang padat. Kelenjar hilus biasanya membesar dan membentuk bayangan egg shell *calcification*.

Jika fibrosis masif progresif terjadi, volume paru berkurang dan bronkus mengalami distorsi. Faal paw menunjukkan gangguan restriksi, obstruksi atau campuran. Kapasitas difusi dan komplians menurun. Timbul gejala sesak napas, biasa disertai batuk dan produksi sputum. Sesak pada awalnya terjadi pada saat aktivitas, kemudian pada waktu istirahat dan akhirnya timbul gagal kardiorespirasi.

Di pabrik semen di daerah Cibinong (1987) dan 176 pekerja yang diteliti ditemukan silikosis sebanyak 1,13% dan diduga silikosis 1,7%. Pada tahun 1991 penelitian pada 200 pekerja pabrik semen ditemukan dugaan silikosis sebanyak 7%. Perbedaan angka yang didapat diduga karena perbedaan kualitas foto toraks, dan kadar silika bebas dalam debu yang memapari pekerja.

c. Silikosis Terakselerasi

Bentuk kelainan ini serupa dengan silikosis kronik, hanya perjalanan penyakit lebih cepat dari biasanya, menjadi fibrosis masif, sering terjadi infeksi mikobakterium tipikal atau atipik. Setelah paparan 10 tahun sering terjadi hipoksemi yang berakhir dengan gagal napas.

3. Asbestosis

Penyakit ini terjadi akibat inhalasi debu asbes, menimbulkan penumokoniosis yang ditandai oleh fibrosis paru. Paparan dapat terjadi di therah industri dan tambang, juga bisa timbul pada daerah sekitar pabrik atau tambang yang udaranya terpolusi oleh debu asbes. Pekerja yang dapat terkena asbestosis adalah yang bekerja di t ambang, penggilingan, transportasi, pedagang, pekerja kapal dan pekerja penghancur asbes. Pada stadium awal mungkin tidak ada gejala meskipun foto toraks menunjukkan gambaran asbestosis atau penebalan pleura. Gelaja utama adalah sesak napas yang pada awalnya terjadi pada waktu aktivitas. Pada stadium akhir gejala yang umum adalah sesak pada saat istirahat, batuk dan penurunan berat badan. Sesak napas terus memburuk meskipun penderita dijauhkan dari paparan asbes; 15 tahun sesudah awal penyakit biasanya terjadi korpulmonal dan kematian. Penderita sering mengalami infeksi saluran napas; keganasan pada brunkus, gastrointestinal dan pleura sering menjadi penyebab kematian. Pada stadium awal pemeriksaan fisis tidak banyak menunjukkan kelainan, akibat fibrosis difus dapat terdengar ronki basah di lobus bawah bagian posterior. Bunyi ini makin jelas bila terjadi bronkiektasis akibat distorsi paw yang luas karena fibrosis. Jan tabuh (*clubbing*) senng ditemukan pada asbestosis.

Perubahan pada foto toraks lebih jelas pada bagian tengah dan bawah paw, dapat berupa bercak difus atau bintik-bintik yang patht, bayan-

gan jantung sering menjadi kabur. Diafragma dapat meninggi pada stadium lanjut karena paw mengecil. Penebalan pleura biasanya terjadi biral, terlihat di daerah tengah dan bawah terutama bila timbul kalsifikasi. Bila proses terlihat gambaran sarang tawon di lobus bawah. Mungkin ditemukan keganasan bronkus atau mesotelioma. Berbeda dengan penumokoniosis batubara dan silikosis yang penderitanya dapat mempunyai gejala sesak napas tanpa kelainan foto toraks. Pemeriksaan faal paru menunjukkan kelainan restriksi meskipun tidak ada gejala pada sebagian penderita terdapat kelainan obsiruksi. Kapasitas difusi dan komplians paru menurun, pada tahap lanjut terjadi hipoksemia. Biopsi paru mungkin perlu pada kasus tertentu untuk menegakkan diagnosis. Biopsi paru transbronkial hendaklah dilakukan untuk mendapatkan jaringan paru. Pemeriksaan bronkoskopi juga berguna menyingkirkan atau mengkonfirmasi adanya karsinoma bronkus yang terdapat bersamaan.

4. **Bronkitis Industri**

Berbagai debu industri seperti debu yang berasal dari pembakaran arang batu, semen, keramik, besi, penghancuran logam dan batu, asbes dan silika dengan ukuran 3-10 mikron akan ditimbun di paru. Efek yang lama dari paparan ini menyebabkan paralisis silia, hipersekresi dan hipertrofi kelenjar mukus. Keadaan ini menyebabkan saluran napas rentan terhadap infeksi dan timbul gejala-gejala batuk menahun yang produktif. Pada pekerja tambang batubara bila paparan menghilang, gejala klinis dapat hilang. Pada pekerja yang berhubungan dengan tepung keadaannya lebih kompleks. Berbagai komponen debu padi-padian (antigen padi-padian, jamur kumbang padi, tungau, endotoksin bakteri, antigen binatang, dan debu inert) berperan menimbulkan bronkitis. Berbagai zat telah dipastikan sebagai penyebab terjadinya bronkitis industri sedangkan zat-zat lain kemungkinan besar atau diduga sebagai penyebab. Pada bronkitis industri atau bronkitis kronik foto toraks dapat normal, atau menunjukkan peningkatan corakan bronkopulmoner terutama di lobus bawah. Pada awal penyakit pemeriksaan faal paru tidak menunjukkan kelainan. Karena meningkatnya resistensi pemapasan, pada stadium lanjut terjadi obsiruksi saluran napas yang tetap menjadi ireversibel.

Apabila telah timbul obstruksi yang ireversibel, penyakit akan berjalan secara lambat dan progresif. Pemeriksaan faal paru berguna untuk menentukan tahap perjalanan penyakit, manfaat bronkodilator, perburtikan fungsi paru dan menentukan prognosis. Pada penduduk yang tinggal di sekitar pabrik semen kekerapan bronkitis kronik jauh lebih tinggi dari penduduk yang tinggalnya jauh. Pada penduduk yang tinggalnya 25 km dari pabrik semen, terdapat kekerapan bronkitis kronik 14,66% pada laki-laki dan 23,46% pada perempuan. Pada daerah yang terletak 5 km dari pabrik didapatkan angka kekerapan penyakit ini 33,33% pada laki-laki dan 22,35% pada perempuan. Penelitian pada pekerja pabrik semen di daerah Cibinong pada tahun 1987 tidak menemukan penyakit bronkitis kronik. Penelitian yang dilakukan pada tahun 1991 menemukan kekerapan bronkitis kronik yang sangat rendah yaitu 0,5%; prevalensi bronkitis kronik pada para pekerja tersebut rendah bila dibandingkan dengan prevalensi di kalangan penduduk yang tinggal di sekitar pabrik semen.

5. **Asma Kerja**

Asma kerja adalah penyakit yang ditandai oleh kepekaan saluran napas terhadap paparan zat di tempat kerja dengan manifestasi obstruksi saluran napas yang bersifat reversibel. Penyakit ini hanya mengenai sebagian pekerja yang terpapar, dan muncul setelah masa bebas gejala yang berlangsung antara beberapa bulan sampai beberapa tahun. Pada tiap individu masa bebas gejala dan berat ringannya penyakit sangat bervariasi. Berbagai debu dan zat di tempat kerja dapat menimbulkan asma kerja. Zat itu dapat berasal dari tumbuh-tumbuhan seperti tepung gandum, debu kayu, kopi, buah jarak, *colophony*, binatang seperti binatang pengerat, anjing, kucing, kutu ganchim, ulat sutra, kerang; zat kimia seperti isosionat, garam platina, khrom, enzim seperti iripisin dan papain. Dapat juga berasal dari obat-obatan seperti pada produksi piperazin, tetrasiklin, spinamisin dan penisilin sintetik. Pada individu atopik keluhan asma timbul setelah bekerja 4 atau 5 tahun, sedangkan pada individu yang nonatopik keluhan ini muncul beberapa tahun lebih lama. Pada tempat yang mengandung zat paparan kuat seperti isosionat dan *colophony* gejala dapat timbul lebih awal bahkan kadang-kadang beberapa minggu setelah mulai bekerja. Keluhan asma yang khas adalah mengi yang berhubungan dengan pekerjaan. Gejala pada tiap individu bervariasi, kebanyakan membaik pada akhir pekan dan waktu libur. Anamnesis riwayat penyakit yang rinci penting untuk menegakkan diagnosis. Ada individu yang terserang setelah paparan beberapa menit, pada individu lain sering timbul beberapa jam sesudah paparan dengan gejala yang mengganggu pada malam berikutnya.

Pemeriksaan faal paru di luar serangan dapat normal. Pada waktu serangan terlihat tanda obstruksi. Pemeriksaan arus puncak ekspirasi menunjukkan penurunan lebih dari 15% pada waktu serangan. Bila faal paru normal dan pasien dicurigai menderita asma, pemeriksaan uji provokasi bronkus merupakan pemeriksaan yang menunjang. Indikasi utama uji provokasi bronkus adalah.

- Bila pekerja diduga menderita asma kerja tapi tidak diketahui zat yang menyebabkannya.
- Bila pekerja terpapar oleh lebih dari satu zat yang dapat menyebabkan asma kerja.
- Bila konfirmasi mutiaki untuk diagnosis penyakit diperlukan, misalnya sebelum menyuruh penderita berhenti bekerja.

Pemeriksaan lain yang tidak spesifik tapi dapat memberikan informasi adalah uji kulit, yaitu dengan tes goresan. Sebagian penderita yang tidak mempunyai gejala akan menunjukkan reaksi positif seget sesudah uji kulit. Tidak ada hubungan yang pasti antara pekerjaan kulit dan bronkus.

6. **Kanker Paru**

Mekanisme terjadinya kanker akibat paparan zat belum diketahui secara tuntas. Para ahli sepakat paling kurang ada 2 stadium terjadinya kanker karena bahan karsinogen. Pertama adalah induksi DNA sel target oleh bahan karsinogen sehingga menimbulkan mutasi sel, kemudian terjadi peningkatan multiplikasi sel yang merupakan manifestasi penyakit.

Zat yang bersifat karsinogen dan dapat menimbulkan kanker paru antara lain adalah asbes, uranium, gas mustard, arsen, nikel, khrom, klor metil eter, pembakaran arang, kalsium klorida dan zat radioaktif serta tar batubara.

ra. Pekerja yang berhubungan dengan zat-zat tersebut dapat menderita kanker paru setelah paparan yang lama, yaitu antara 15 sampai 25 tahun. Pekerja yang terkena adalah mereka yang bekerja di tambang, pabrik, tempat penyalangan dan industri kimia.

3.3. Reaksi Paru Terhadap Debu

Berbagai faktor berpengaruh dalam timbulnya penyakit atau gangguan pada saluran napas akibat debu. Faktor itu antara lain adalah faktor debu yang meliputi ukuran partikel, bentuk, konsentrasi, daya larut dan sifat kimiawi, lama paparan. Faktor individual meliputi mekanisme pertahanan paru, anatomi dan fisiologi saluran napas dan faktor imunologis.

Debu yang masuk ke dalam saluran napas, menyebabkan timbulnya reaksi mekanisme pertahanan nonspesifik berupa batuk, bersin, gangguan transport mukosilier dan fagositosis oleh makrofag. Otot polos di sekitar jalan napas dapat terangsang sehingga menimbulkan penyempitan. Keadaan ini terjadi biasanya bila kadar debu melebihi nilai ambang batas.

Sistem mukosilier juga mengalami gangguan dan menyebabkan produksi lendir bertambah. Bila lendir makin banyak atau mekanisme pengeluarannya tidak sempurna terjadi obstruksi saluran napas sehingga resistensi jalan napas meningkat.

Partikel debu yang masuk ke dalam alveoli akan membentuk fokus dan berkumpul di bagian awal saluran limfe paru. Debu ini akan difagositosis oleh makrofag. Debu yang bersifat toksik terhadap makrofag seperti silika bebas menyebabkan terjadinya autolisis. Makrofag yang lisis bersama silika bebas merangsang terbentuknya makrofag baru. Makrofag baru memfagositosis silika bebas tadi sehingga terjadi lagi autolisis, keadaan ini terjadi berulang-ulang. Pembentukan dan destruksi makrofag yang terus menerus berperan penting pada pembentukan jaringan ikat kolagen dan pengendapan hialin pada jaringan ikat tersebut. Fibrosis ini terjadi pada parenkim paru, yaitu pada dinding alveoli dan jaringan interstitial. Akibat fibrosis paru menjadi kaku, menimbulkan gangguan pengembangan paru yaitu kelainan fungsi paru yang restriktif.

Penyakit paru yang dapat timbul karena debu selain tergantung pada sifat-sifat debu, juga tergantung pada jenis debu, lama paparan dan kepekaan individual. Pneumokoniosis biasanya timbul setelah paparan bertahun-tahun. Apabila kadar debu tinggi atau kadar silika bebas tinggi dapat terjadi silikosis akut yang bermanifestasi setelah paparan 6 bulan. Dalam masa paparan yang sama seseorang tepat mengalami kelainan yang berat sedangkan yang lain kelainannya ringan akibat adanya kepekaan individual. Penyakit akibat debu antara lain adalah asma kerja, bronkitis industri, pneumokoniosis batubara, silikosis, asbestosis dan kanker paru.

Diagnosis

Penyakit paru akibat debu industri mempunyai gejala dan tanda yang mirip dengan penyakit paru lain yang tidak disebabkan oleh debu di tempat kerja. Untuk menegakkan diagnosis perlu dilakukan anamnesis yang teliti meliputi riwayat pekerjaan, dan hal-hal yang berhubungan dengan pekerjaan, karena penyakit biasanya baru timbul setelah paparan yang cukup lama.

Anamnesis mengenai riwayat pekerjaan yang akurat dan rinci sangat diperlukan, apalagi bila penderita sering berganti tempat kerja. Riwayat pekerjaan yang berhubungan dengan paparan debu dan lama paparan hendaklah diketahui secara

lengkap. Berbagai faktor yang berhubungan dengan pekerjaan dan lingkungan perlu diketahui secara rinci antara lain :

1. Penyakit sekarang:
 - Gejala-gejala yang berhubungan dengan pekerjaan.
 - Pekerjaan lain yang terkena gejala serupa.
 - Paparan saat ini terhadap debu, gas bahan kimia dan biologi yang berbahaya.
2. Laporan terdahulu tentang kecelakaan kerja.
3. Riwayat pekerjaan meliputi catatan tentang semua pekerjaan terdahulu, hari kerja yang khusus, proses pertukaran pekerjaan.
4. Tempat kerja : ventilasi, higiene industri dan kesehatan, pemeriksaan pekerja, pengukuran proteksi.
5. Serikat kesehatan dan keamanan cahaya, hari-hari kerjayang hilang tahun sebelumnya, penyebabnya, santunan kompensasi pekerja sebelumnya.
6. Riwayat penyakit dahulu : paparan terhadap kebisingan, getaran, radiasi, zat-zat kimia. ubes.
7. Riwayat lingkungan :
 - Rumah dan lokasi tempat kerja sekarang dan sebelumnya.
 - Pekerjaan lain yang bermakna
 - Sampah/limbah yang berbahaya
 - Polusi udara
 - Hobi : mencat, memahat, mematri, pekerjaan yang berhubungan dengan kayu.
 - Alat pemanas rumah
 - Zat-zat pembersih namah dan tempat kerja
 - Paparan peptisida
 - Sabuk pengaman
 - Alat pemadam kebakaran di rumah atau ditempat kerja.
8. Tinjauan semua sistem organ
9. perhatian khusus : - Perubahan waktu kerja, kebosanan, riwayat reproduksi.

Pemeriksaan penunjang yang penting untuk menegakkan diagnosis dan menilai kecacatan paru pada penyakit paru akibat debu adalah pemeriksaan radiologis dan pemeriksaan faal paru.

Pemeriksaan Radiologi

Pemeriksaan foto toraks sangat berguna untuk melihat kelainan yang ditimbulkan oleh debu pada pneumokoniosis. Klasifikasi standar menurut ILO dipakai untuk menilai kelainan yang timbul. Pembacaan foto toraks pneumokoniosis perlu dibandingkan dengan foto standar untuk menentukan klasifikasi kelainan. Perselubungan yang timbul dibagi atas perselubungan halus dan kasar.

Pemeriksaan faal paru lain yang lebih sensitif untuk mendeteksi kelainan di saluran napas kecil adalah pemeriksaan Flow Volume Curve dan Volume of Isoflow. Pengukuran kapasitas difusi paru (DLCO) sangat sensitif untuk mendeteksi kelainan di interstisial; tetapi pemeriksaan ini rumit dan memerlukan peralatan yang lebih canggih, dan tidak dianjurkan digunakan secara rutin. Pekerja yang pada pemeriksaan awal tidak menunjukkan kelainan, kemudian menderita kelainan setelah bekerja dan penyakitnya terus berlanjut, dianjurkan untuk menukar pekerjaannya.

IV. METODE PENGUJIAN PARTIKULAT DI UDARA DAN EVALUASI FAKTOR DEBU LINGKUNGAN KERJA

Metode analitik yang sederhana dengan waktu pengukuran yang lama seperti titrasi atau gravimetri yang digunakan untuk mengukur kadar debu di lingkungan tempat kerja.

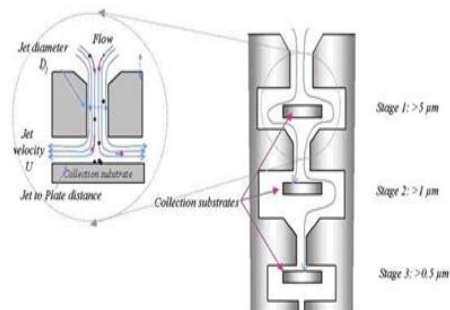
Untuk pengumpulan partikulat /debu dari udara berbeda dengan pengumpulan gas. Yang perlu diperhatikan dalam pengumpulan partikulat adalah ukuran diameter dari partikulat tersebut.

Ukuran partikulat di dalam matrik gas /udara bervariasi dari ukuran lebih besar dari ukuran molekul (0.0002 mikron) sampai mencapai ukuran 500 μm . Setiap teknik pengumpulan mempunyai kemampuan mengumpulkan range ukuran partikulat yang tertentu.

Teknik pengumpulan yang umum digunakan adalah :

a. Teknik pengumpulan secara impaksi

Gas atau udara yang mengandung partikulat di hisap/ditarik melalui nozzle dengan laju aliran udara tertentu, kemudian ditumbukan ke permukaan plate, maka partikel dengan diameter tertentu tidak bisa mengikuti aliran gas yang dibelokkan (karena gaya inerti), sehingga partikel debu tersebut tertahan pada permukaan plate. Sedangkan untuk partikel debu yang lebih kecil akan mempunyai kemampuan mengikuti aliran gas masuk ke dalam plate berikutnya, yang selanjutnya akan terperangkap dalam plate yang berikutnya. Dengan demikian terjadi pemisahan debu berdasarkan ukuran partikel. Mekanisme pengumpulan debu dengan impaksi diperlihatkan pada Gambar. 1.



Gambar. 1 Mekanisme pengumpulan debu dengan impaksi

b. Teknik Filtrasi

Pengumpulan partikulat/debu dengan teknik filtrasi merupakan teknik yang paling populer. Jenis filter yang digunakan adalah filter fiber glass, cellulose, polyurthen foam. Setiap jenis filter mempunyai karakteristik tertentu yang cocok untuk penggunaan tertentu. Filter fiber glass merupakan filter yang paling banyak digunakan untuk pengukuran SPM (suspended particulate mater) atau TSP (Total Suspended Particulate, terbuat dari mikro fiber

glas dengan porositas $< 0,3 \mu\text{m}$, yaitu mempunyai efisiensi pengumpulan partikulat dengan diameter $0,3 \mu\text{m}$ sebesar 95%. Filter ini tahan korosif dan dapat digunakan pada temperatur 540°C . Tetapi kelemahannya, filter ini mudah sobek.

4.1. Metode Analisa

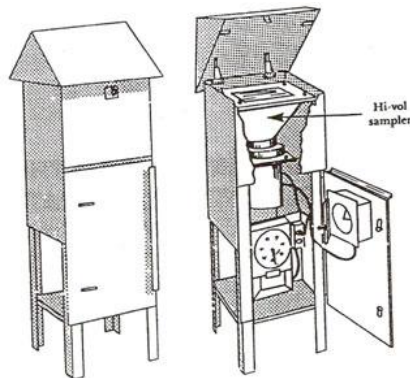
Banyak metode analisa yang dapat digunakan untuk pengukuran partikulat di atmosfer dengan kisaran diameter partikulat tertentu

4.1.2. HVS (High Volume Sampler)

Metode High Volume Sampling Metode ini digunakan untuk pengukuran total suspended partikulat matter (TSP, SPM), yaitu partikulat dengan diameter $\leq 100 \mu\text{m}$, dengan prinsip dasar udara dihisap dengan flowrate 40-60 cfm, maka suspended particulate matter (debu) dengan ukuran $< 100 \mu\text{m}$ akan terhisap dan tertahan pada permukaan filter microfiber dengan porositas $< 0,3 \mu\text{m}$.

Partikulat yang tertahan di permukaan filter ditimbang secara gravimetrik, sedangkan volume udara dihitung berdasarkan waktu sampling dan flowrate.

Pada Gambar. 2, diperlihatkan alat high volume sampler.



Gambar. -2 High Volume Sampler

Pengukuran berdasarkan metoda ini untuk penentuan sebagai TSP (*Total Suspended Partikulate*). Alat ini dapat digunakan selama 24 jam setiap pengambilan contoh udara ambien.

Cara operasional alat ini adalah sebagai berikut :

1. Panaskan kertas saring pada suhu 105°C , selama 30 menit.
2. Timbang kertas saring, dengan neraca analitik pada suhu 105°C dengan menggunakan pinset (Hati-hati jangan sampai banyak tersentuh tangan)
3. Pasangkan pada alat TSP, dengan membuka atap alat TSP. Kemudian dipasangkan kembali atapnya.
4. Simpan alat HVS tersebut pada tempat yang sudah ditentukan sebelumnya.
5. Operasikan alat dengan cara, menghiduo (pada posisi "On") pompa hisap dan mencatat angka flow ratenya (laju alir udaranya).

6. Matikan alat sampai batas waktu yang telah ditetapkan.
7. Ambil kertasnya, panaskan pada oven listrik pada suhu Timbang kertas saringnya.
8. Hitung kadar TSP nya sebagai mg/NM^3
9. Metoda penggunaan alat ini bisa juga dilakukam, terhadap pm 10 atau pun dilanjutkan pada pengukuran parameter logam.

4.1.3. Pengukuran PM 10 dan PM 2.5.

Pengertian PM10 dan PM 2.5 adalah partikulat atau debu dengan diameter ≤ 10 mikron dan ≤ 2.5 mikron . Untuk pengukuran partikulat dengan diameter tersebut di atas diperlukan teknik pengumpulan impaksi, dengan metode tersebut dimungkinkan untuk memisahkan debu berdasarkan diameternya . Diameter yang lebih besar akan tertahan pada stage paling atas, semakin ke bawah, maka semakin kecil diameter yang dapat terkumpulkan permukaan stage .

Setiap Cascade Impactor terdiri dari beberapa stage, ada yang 3, 5 sampai 9 stage (plate) tergantung kepad keperluannya. Salah jenis Cascade Impactor yang terdiri dari 9 stage adalah Cascade Impactor buatan Graseby Andeson (Gambar. 3).

Prinsip pengukuran Kertas saring yang telah ditimbang, disimpan di masing-masing stage (plate) yang terdapat pada alat Cascade Impactor . Selanjutnya udara dilewatkan ke dalam Cascade Impactor flow rate tertentu dan dibiarkan selama 24 jam atau lebih tergantung kepada konsentrasi debu di udara ambient . Setelah sampling selesai, debu-debu yang terkumpul pada masing-masing stage ditimbang, menggunakan neraca analitik .



Gambar. 3 . Graseby Anderson Cascade Impactor

4.1.4. MVS (*Middle Volume Sampler*).

Cara ini menggunakan filter berbentuk lingkaran (Bulat) dengan porositas $0,3 - 0,45 \mu\text{m}$, kecepatan pompa yang dipakai untuk pengangkatan suspensi *Particulate Matter* ini adalah $50 - 500 \text{ lpm}$.

Operasional alat ini sama dengan *High Volume Sampler*, hanya yang membedakan dari ukuran filter membrannya.

HVS ukuran A 4 persegi panjang, sedang MVS ukuran bulat diameter 12 cm.

4.1.5 LVS (*Low Volume Sampler*)

Cara ini menggunakan filter berbentuk lingkaran (Bulat) dengan porositas 0,3 - 0,45 μm , kecepatan pompa yang dipakai untuk pengangkatan Suspensi Partikulate Matter ini adalah 10 – 30 lpm.

Alat LVS dapat dilihat pada, Gambar. 4



Gambar. 4. Middle Volume Sampler

4.2. Satuan Konsentrasi

Untuk menyatakan konsentrasi zat pencemar debu di udara ambien, dapat digunakan satuan yang berdasarkan

1. Satuan berdasarkan berat /volume (w/v), yaitu satuan yang menyatakan berat zat pencemar per volume udara ambien .
Contohnya satuan mg/m^3 .
2. Satuan berdasarkan volume/volume (v/v), yaitu satuan yang menyatakan volume zat pencemar per volume gas.

Contohnya satuan % volume, ppm . (part permillion), ppb (part perbillion).

Pengertian satuan ppm adalah menunjukkan perbandingan volume antara volume zat pencemar dengan volume udara ambient, yaitu bagian volume zat pencemar per satu juta volume gas .

Maka dalam menyatakan konsentrasi zat pencemar dalam udara digunakan kondisi standar yaitu kondisi dimana volume udara ditetapkan dan kondisi tertentu, yang dinyatakan dengan kondisi standar

Tabel.-1. Metode pengukuran

No	Parameter	Metode pengukuran	Keterangan
1.	PM 10	Gravimetri	Low Volume Air Sampler
2.	TSP	Gravimetri	High Volume Air Sampler

4.3. Instruksi Kerja Metode Pengukuran Kadar Debu Total di Udara

A. Ruang Lingkup

Metode ini digunakan untuk mengukur kadar debu total di udara tempat kerja
Acuan,
NIOSH, NIOSH manual of analytical methods, metode 0500

B. Prinsip Dasar

Debu total di udara tempat kerja diambil contohnya (sampelnya) dengan cara mengisap udara yang terkontaminasi debu dengan menggunakan media kertas filter dengan memakai alat Vakum Pump yang dihubungkan dengan selang silicon. Selanjutnya debu yang dihisap ditangkap pada permukaan kertas filter. Penentuan kadar debu total di udara ditentukan secara gravimetric .

C. Bahan dan Peralatan

1. Bahan
 - Filter hidrofobik seperti fiberglass, dengan ukuran pori filter 0,8 um
 - Kertas label
2. Peralatan
 - Pompa Cakum LVS
 - Timbangan analitik, sensitivitas 0,001 mg
 - Pinset
 - Desikator
 - Flowmeter
 - Filter holder
 - Obeng kecil
 - Wadah penyimpanan sampel

D. Tata Cara Pengambilan Sampel

1. Filter fiber glass disimpan di dalam desikator selama 24 jam agar mendapatkan kondisi stabil
2. Filter fiber glass kosong ditimbang sampai diperoleh berat constant, misalnya 3 kali penimbangan, sehingga diketahui berat filter sebelum pengambilan contoh. Catat berat filter blanko dan filter contoh masing-masing dengan berat B1 (mg), W1 (mg).
3. Taruh masing-masing filter yang telah ditimbang kedalam wadah filter, kemudian beri nomor (kode) dengan kertas label.
4. Simpankan filter blanko dan filter sampel sesuai kebutuhan
5. Masukkan kertas filter untuk sampel kedalam dust holder

6. Hubungkan vakum pump dengan dust holder menggunakan selang silicon
7. Hidupkan vakum pump, lakukan kalibrasi dengan flowmeter 5 L/menit s/d 10 L/menit (sesuai kondisi), lakukan kalibrasi, minimal tiga kali. Catat flowratanya.
8. Lakukan pengambilan sampel selama 45 menit s/d 8 jam kerja (sesuaikan dengan kondisi kadar debu di tempat kerja).
9. Setelah selesai sampling simpan filter sampel kedalam wadah sampel, dan bawa ke laboratorium, simpan di dalam desikator, minimal selama 24 jam .

E. Tata Cara Analisis

1. Filter blangko sebagai pembanding dan filter sampel ditimbang dengan menggunakan timbangan analitik yang sama, sehingga diperoleh berat filter blangko dan sampel masing-masing B2(mg) dan W2 (mg)
2. Catat hasil penimbangan berat filter blangko dan filter contoh sesudah pengukuran

F. Perhitungan

1. Kadar debu respirabel di udara dihitung dengan menggunakan rumus:

$$C = \{(W2-W1) - (B2 - B1)\}/V *10^3 \text{ (mg/m}^3\text{)}$$

$$V = \text{Flowrate} * \text{waktu pengambilan sampel}$$

Keterangan,

- C, adalah kadar debu respirabel di udara (mg/m³)
 W2, adalah berat filter sampel setelah pengambilan sampel (mg)
 W1, adalah berat filter sampel sebelum pengambilan sampel (mg)
 B2, adalah berat fileter blangko setelah pengambilan sampel (mg)
 B1, adalah berat filter balangko sebelum pengambilan sampel (mg)
 V, adalah volume udara pada waktu pengambilan sampel (L)

2. Kadar debu respirabel selama 8 jam kerja, dihitung dengan menggunakan rumus;

$$8 \text{ jam (TWA)} = \{(C1 - T1) - (C2 - T2)\} / 8 \text{ Jam}$$

Keterangan :

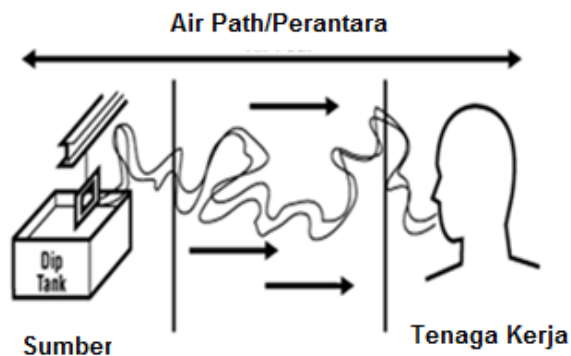
- TWA, adalah Time Weighted Average

- C1, adalah kadar debu respirabel pada sampel-1. Sewaktu sampling ke-1 (mg/m^3)
- C2, adalah kadar debu respirabel pada sampel-2. Sewaktu sampling ke-2 (mg/m^3)
- T1, adalah waktu pengukuran jam ke-1 (jam)
- T2, adalah waktu pengukuran jam ke-2 (jam)

4.4. Program Pengendalian

Menurut Olishifski.J.B (1988) : tanggung jawab dan kewajiban manajemen dalam program pengendalian bahaya ditempat kerja antara lain sebagai berikut :

- pengendalian bahaya- bahaya kesehatan
- bahan baku dari segi produksi dan faktor resiko
- proses produksi yang aman dan dipahami oleh tenaga kerja
- Isolasi peralatan produksi
- perlengkapan kerja tenaga kerja
- perlengkapan alat pengaman untuk mesin/alat, maupun untuk tenaga kerja (personal protective equipment)
- melaksanakan pengukuran dan monitoring lingkungan kerja (monitoring and measurement procedures)
- prosedur tetap keadaan darurat (emergency response procedures)
- pengendalian teknis(engineering control)¹, gambar 5



Gambar 5. Evaluasi sumberbahaya kimia (mengetahui besar paparan bahaya kimia terhadap tenaga kerja)

Program pengendalian pada gambar.5 di tempat kerja, yaitu untuk mengetahui besarnya kontaminan bahaya bahan kimia terhadap tenaga kerja diupayakan teknik pengendalian (engineering control) pada :

- o sumber/surce ; dengan cara , (i) substitusi bahan, (ii) perubahan proses, (iii) meutup proses, (iv) isolasi proses, (v) metode basah/khususn polutan debu, (vi) sistim ventilasi local.
- o sebaran/path, dengan cara, (i) pemeliharaan lingkungan tempat kerja, (ii) menentukan jarak antara pekerja dan sumber, (iii)

¹ Olishifski.J.B. (1988) . Fundamental of Industrial Hygiene

- o receiver/penerima ; penyuluhan dan taraining, rotasi pekerja, perlindungan individu (respirator), pemeliharaan kesehatan, ruang khusus (AC)

Pada pengkajian hirarki pengendalian (Hierarchy of Control) menurut OSHA = Occupational Safety and Health Administration, dan ANSI = *American National Standards Institution* Z10:2005, seperti

- Eliminasi, yaitu menghilangkan suatu bahan/tahapan proses berbahaya
- Substitusi, yaitu mengganti dengan bahan lain yang kurang berbahaya
- Isolasi, yaitu proses kerja berbahaya disendirikan
- Engineering control/pengendalian teknis, adalah pengendalian yang sifatnya teknis
- Pengendalian administrasi
- PPE/ Personal Protective Equipment, yaitu penggunaan alat pelindung diri (masker, kaca mata, pakaian kerja khusus, sepatu, dan lain- lain)

Substitusi

Pengantian/perubahan proses, yaitu mengganti abrasive blasting kering dengan blasting basah

Isolasi

Isolasi yang dimaksud disini adalah mengisolir tempat atau ruangan-ruangan yang mengandung konsentrasi debu dari para pekerja atau tidak kontak langsung konsentrasi debu tersebut, cukup dilakukan dengan mengontrol dari luar atau tempat lain.

Jaga Jarak atau menggunakan pelindung (antara pekerja dg bahan konsentrasi debu)

- Pemagaran seluruh mesin
- Menutup titik- titik daerah penyebar debu dari ban berjalan/conveyors
- Memasang tirai pelindung proses operasi abrasive blasting

Ventilasi Industri

Penerapan sistem ventilasi industri berkaitan dengan ; sistem pabrik, perbedaan pemakaian bahan baku, perbedaan proses, perbedaan senyawa kimia karena penggunaan bahan kimia. Karena banyaknya variasi pencemar antara satu pabrik dengan pabrik lain maka banyak pula, berbagai macam ventilasi yang digunakan di industri antara lain, seperti ; ventilasi sistem pengenceran, ventilasi pengeluaran setempat, ventilasi sistem tertutup, ventilasi kenyamanan dan lain- lain sebagainya

Studi kasus

Berdasarkan studi terdapat konsentrasi *partikulat matte* ukuran 10 mikron (PM₁₀) sebesar 36,39 mg/m³ - 75.903 mg/m³ (8 jam pengukuran) yang melebihi nilai am-

batas faktor kimia di udara, dimana berdasarkan Perennakertrans No.Per.13/MEN/X/20011 tahun 2011. (NAB = 10 mg/m^3 untuk 8 jam). Karena itu dibutuhkan perbaikan dalam sistem pengendalian pencemaran udara yang terpasang. Dari karakteristik debu tepung yang timbul memiliki *Mass Median Diameter* $6.2165 \mu\text{m}$ alat pengendali yang tepat adalah *baghouse filter*.

Berdasarkan perhitungan, sistem ventilasi industri yang dirancang mengalami beberapa perubahan dari kondisi awal

1. Antara lain terjadi pada sistem *hood* adalah adanya perubahan jumlah *hood* yang semula berjumlah empat menjadi tiga, dan
2. Dimensi *hood* berubah dari bukaan sebesar $2 \times 40 \text{ cm}$ menjadi $30 \times 50 \text{ cm}$ *hood* jenis 45 *typer hood*.
3. Perubahan yang terjadi pada sistem *duct* adalah adanya perubahan panjang dalam sistem *ducting* yang semula berkisar antara $87\text{-}187,8 \text{ m}$ menjadi $73,4\text{-}83,4 \text{ m}$
4. Perubahan pada sistem *baghouse* berupa perubahan jumlah *bag* yang semula 30 buah menjadi 42 buah,
5. bentuk *baghouse* berubah dari bentuk silinder menjadi persegi.
6. Perubahan pada *fan* yang digunakan adalah adanya spesifikasi *fan* dari $1500 - 2500 \text{ RPM}$ menjadi 2732 RPM .

DASAR PERTIMBANGAN

Perancangan alat dan sistem ventilasi local atau local exhaust ventilasi, didasarkan atas :

1. pertimbangan lahan,
2. efisiensi penyisihan yang tinggi,
3. biaya operasi yang menguntungkan,
4. pengoperasian yang lebih mudah,
- 5.antisipasi kemungkinan pengembangan produksi di masa yang akan datang

DAFTAR PUSTAKA

- A. J. P. Dalton 1988,
Safety, Health and Environmental Hazards at the Workplace
- Barbara Kate Repa J.D 2010,
Your Rights in the Workplace 9th Edition, Nolo trademark is registered in the US,
printed the USA
- Gloria J. Hathaway, Nick H. Proctor 2004,
Chemical Hazards of the Workplace, A wiley-Interscience publication John Wiley
& Sons, New York
- Jack T. Garrett, Lewis J. Cralley, Lester V. Cralley 1988,
Industrial hygiene Robert W. Allen, Michael D. Ells, Andrew W. Hart - 1976 - 363
halaman
- Lodge James P 1989,
“Methods of Air Sampling and Analysis , Third Edition, Lewis Publisher Inc.,
Michigan”
- Moh. Irsyad 2001,
“Modul Analisa Udara Laboratorium Udara Teknik Lingkungan ITB, .
- Norman Edward Robinson, Kim A. Sprayberry 1980,
Current Therapy in Equine Medicine, Volume 6
- Olishifski Julian, McElroy, Frank E. eds 1997,
“Fundamentals of Industrial Hygiene.”, Chicago L Natâ€™ Safety Council
- Report of the Committee on Measurement and control of respirable dust By National Re-
search Council (U.S.). Committee on Measurement and Control of Respirable Dust (1980),
Measurement and control of respirable dust in mines
- Warner Peter O 1977,
“Analysis of Air Pollutants “ , A wiley-Interscience publication John Wiley
& Sons, New York,
- Wight Gregory D. 1994,
“Fundamentals of Air Sampling” Lewis Publishers, Tokyo.