

**DAMPAK PAJANAN DEBU BATUBARA
BAGI KESEHATAN PEKERJA TAMBANG BATUBARA BAWAH TANAH
(Studi Literatur)**

Oleh : Agus Yulianto, ST., M.KKK.

Widyaiswara Muda Balai Diklat Tambang Bawah Tanah

1. Pendahuluan

Kemajuan pembangunan yang digerakkan oleh modernisasi dan industrialisasi serta globalisasi dalam bidang teknologi komunikasi dan informasi, disamping memberikan pengaruh positif juga memberikan pengaruh negatif, yang muncul dalam bentuk antara lain jumlah masyarakat pekerja di Indonesia dari tahun ke tahun semakin bertambah. Masalah kesehatan kerja merupakan adanya penyakit yang timbul akibat kerja, penyakit akibat hubungan kerja ataupun kecelakaan akibat kerja, yang disebabkan adanya interaksi antara pekerja dengan alat, metode dan proses kerja serta lingkungan kerja.

Pekerja seringkali dihadapkan pada pajanan atau beban kerja yang berbahaya terhadap kesehatannya, sehingga para pekerja mempunyai potensi untuk mengalami gangguan kesehatan yang penanganannya memerlukan upaya khusus, baik di tempat kerja maupun dalam unit pelayanan kesehatan. Gangguan kesehatan yang berhubungan dengan pekerjaan seringkali tidak dapat disembuhkan, menyebabkan kecacatan bahkan dapat menyebabkan kematian, sehingga prinsip utama dalam memberikan pelayanan kesehatan bagi pekerja adalah melakukan upaya pencegahan terhadap gangguan kesehatan (Sulistomo, 2002).

Kegiatan usaha pertambangan ditujukan untuk memperoleh endapan bahan galian, dilakukan baik dengan sistem penambangan terbuka maupun sistem tambang bawah tanah. Aktivitas penambangan terbuka dilakukan berhubungan langsung dengan udara luar, sedangkan sistem penambangan bawah tanah dalam melakukan aktivitas pekerjaan membongkar dan melepaskan bahan galian dari batuan induknya yang terletak jauh di dalam perut bumi, tidak berhubungan langsung dengan udara luar. Sehingga dalam sistem penambangan bawah tanah, permasalahan yang dihadapi jauh lebih kompleks dari permasalahan pada tambang terbuka. Hal ini menyebabkan penanganan masalah

keselamatan kerja juga menjadi sangat kompleks karena selain berkaitan dengan kondisi lingkungan kerja, ruangan yang tertutup dan relatif gelap serta kemungkinan terdapatnya gas-gas dan debu-debu yang berbahaya, kebiasaan kerja dari karyawan dan kemungkinan pengaruh dari kondisi geologi bahan galian yang akan ditambang merupakan kondisi yang lebih rumit.

Penambangan batubara bawah tanah dapat menimbulkan masalah kesehatan. Masalah yang cukup mengemuka adalah berkenaan dengan debu batubara yang berterbangan. Debu batubara mengandung bahan kimiawi yang dapat mengakibatkan terjadinya penyakit paru-paru. Berbagai faktor berpengaruh dalam timbulnya penyakit atau gangguan pada saluran napas akibat debu. Faktor itu antara lain adalah faktor individual pekerja, yang meliputi mekanisme pertahanan paru, anatomi dan fisiologi saluran napas dan faktor imunologis. Faktor lainnya adalah debu yang meliputi ukuran partikel, bentuk, konsentrasi, daya larut dan sifat kimiawi, serta lama paparan.

Selama ini yang menjadi fokus perusahaan adalah dalam hal keselamatan kerja, yaitu baru sebatas mengupayakan angka kecelakaan kerja menjadi nol. Padahal penyakit akibat kerja, terutama yang menahun, menjadi ancaman yang serius. Salah satunya pneumokoniosis. Pneumokoniosis adalah sekumpulan penyakit yang disebabkan oleh penimbunan debu di dalam jaringan paru-paru. Gejala umumnya antara lain batuk kering, sesak napas, kelelahan, dan berkurangnya berat badan.

Debu batubara dapat menyebabkan penambang terkena penyakit paru-paru hitam. Paru-paru hitam merupakan penyakit pernafasan yang terjadi karena menghirup debu batubara dalam jangka panjang. Akibat terus menerus menghirup udara tercemar debu batubara pekat itu, paru paru pekerja penambangan akan terkontaminasi partikel batubara hingga kondisinya menghitam (Tugaswati, 2006). Selain penyakit paru-paru hitam, penambangan batubara juga menyebabkan berbagai penyakit lain, seperti TBC, asma, dan kanker paru-paru. Oleh karena itu, masyarakat sekitar penambangan diharapkan dapat mewaspadaai gejala-gejala yang muncul akibat maraknya penambangan dan pengangkutan batubara tersebut (Forqan, 2007).

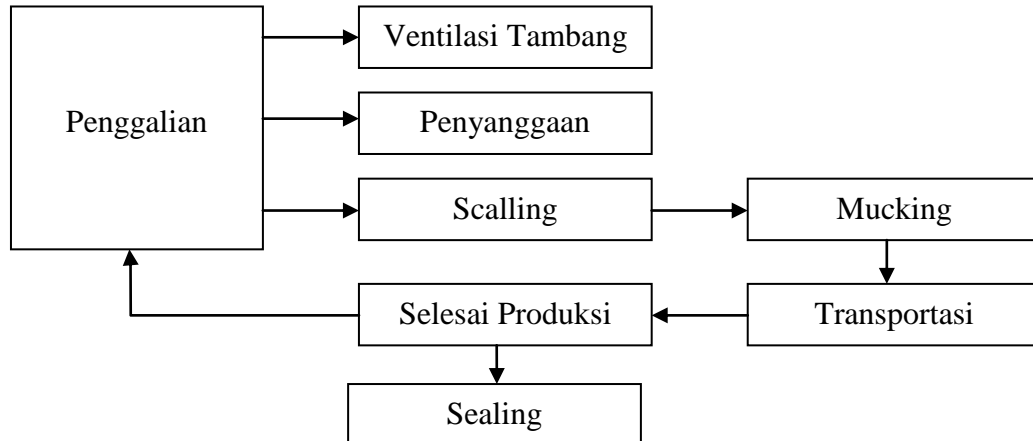
Tulisan ini dimaksudkan untuk mengetahui dampak paparan debu batubara pada pekerja tambang batubara bawah tanah. Untuk menjawab hal tersebut dilakukan dengan mengumpulkan literatur dari buku maupun hasil penelitian yang sudah ada dalam bidang penyakit akibat kerja pertambangan batubara.

2. Penambangan Batubara Bawah Tanah

2.1. Proses Penambangan Batubara Bawah Tanah

Sistem Penambangan terdiri dari tambang terbuka dan tambang bawah tanah. Penambangan terbuka digunakan apabila bahan galian letaknya dekat dari permukaan bumi. Atau dengan kata lain jika *striping ratio* antara bahan galian dengan *overburden* masih kecil dan dapat ditambang secara menguntungkan. Jika *striping ratio* sudah semakin besar, maka penambangan batubara akan lebih menguntungkan jika ditambang menggunakan sistem penambangan bawah tanah. Adapun pengertian dari tambang bawah tanah adalah suatu tambang yang kegiatan kerjanya di bawah tanah atau tidak secara langsung berhubungan dengan udara luar (Nedo, 2004).

Menurut Hartman (1987), secara umum penambangan batubara atau pekerjaan penambangan batubara bawah tanah, antara lain terdiri dari : pemotongan batubara, pemuatan, pemasangan penyangga, penanganan gob (ambrukan), transportasi permukaan kerja serta *gateway* dan penanganan gas serta debu batubara dipermukaan kerja, dimana diantara pekerjaan tambang batubara merupakan pekerjaan yang paling penting dan menjadi masalah pokok dalam produksi.



Gambar 1 Diagram Proses Penambangan Batubara Bawah Tanah Sistem Manual (Sumber : Siregar, 2012)

Menurut Nedo (2004), sistem penambangan batubara bawah tanah terdapat 3 sistem, yaitu : (1) sistem penambangan *full mechanic*, (2) sistem penambangan *semi mechanic*, dan (3) sistem penambangan manual.

Adapun penambangan batubara bawah tanah dengan menggunakan sistem manual, seperti pada gambar 1, dapat dijelaskan sebagai berikut :

1. Penggalian

adalah proses yang digunakan untuk pembuatan terowongan yang digunakan sebagai jalur penambangan menuju rencana permukaan kerja (*panel*). Proses ini juga digunakan untuk ekstraksi bahan tambang di area permukaan kerja.

2. Ventilasi

Sistem ventilasi diperlukan selain untuk menyediakan oksigen guna memenuhi kebutuhan pernapasan manusia atau pekerja juga dibutuhkan untuk mendilusi gas-gas beracun, mengurangi konsentrasi debu yang berada di dalam udara tambang dan untuk menurunkan temperatur udara tambang sehingga memungkinkan tercipta kondisi kerja yang aman dan nyaman

3. Penyanggaan

Tujuan utama penyanggaan di tambang bawah tanah adalah untuk mempertahankan luas dan bentuk bidang penampang yang cukup dan melindungi pekerja dan sarana dari resiko tertimpa reruntuhan.

4. Scalling

Adalah proses pembersihan batuan yang menggantu (*Hangging wall*) yang dilakukan secara manual dengan menggunakan *scalling bar*.

5. Mucking

Adalah proses pengambilan bahan tambang hasil dari penggalian untuk dimuat ke dalam lori (*grandby*).

6. Transportasi

Yaitu proses pengangkutan bahan tambang yang sudah digali dan diekstraksi untuk dibawa keluar dari terowongan.

7. Sealing

Adalah proses penanganan ambrukan (*gob*) setelah proses ekstraksi pada area permukaan kerja setelah selesainya produksi.

2.2. Metode Penambangan Batubara Bawah Tanah

Dalam penambangan batubara bawah tanah, kondisi alam yang menjadi faktor penentu dalam pemilihan metoda penambangan (Hartman (1987) dalam Siregar (2012)). Adapun kondisi alam yang dimaksud adalah sebagai berikut :

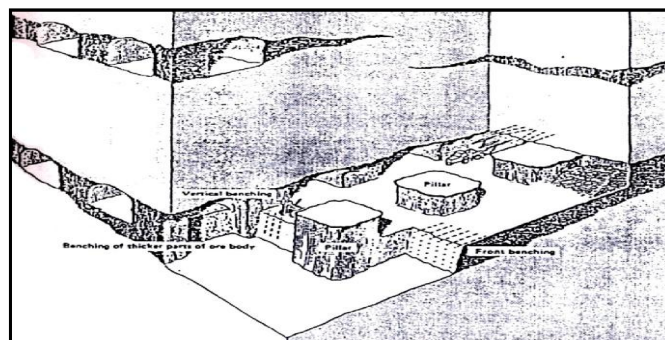
- a) Ketebalan lapisan batubara
- b) Kemiringan lapisan batubara

- c) Sifat atap dan lantai
- d) Hubungan *multiple seam*
- e) Kondisi Geologi (*Parting* dan patahan)
- f) Banyak tidaknya air dan gas yang keluar dan ada tidaknya swabakar
- g) Kedalaman lapisan batubara
- h) Kekerasan batubara
- i) Faktor lain (keterbatasan penambangan dibawah sungai dan dasar laut)

Diantara kondisi tersebut diatas yang paling besar pengaruhnya terhadap pemilihan metoda penambangan batubara adalah ketebalan lapisan batubara dan kemiringan lapisan batubara. Adapun metoda tambang batubara bawah tanah dikenal ada dua macam metode penambangan, yaitu : *longwall mining* dan *room & pillar*.

2.2.1 Metode Penambangan *Room & Pillar*

Ini adalah metode penambangan batubara yang menetapkan suatu blok penambangan tertentu, kemudian menggali maju 2 sistem (jalur) terowongan, masing-masing melintang dan memanjang, untuk melakukan penambangan batubara dengan pembagian pilar batubara (Siregar, 2012). Metode penambangan ini terdiri dari metode penambangan batubara yang hanya melalui penggalian maju terowongan dan penambangan secara beruntun terhadap pilar batubara yang diblok tadi mulai dari yang terdalam, apabila jaringan terowongan yang digali tersebut telah mencapai batas maksimum blok penambangan.

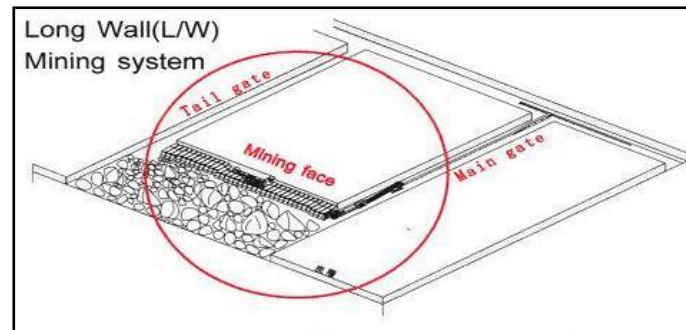


Gambar 2 Metode Penambangan *Room & Pillar*
(Sumber : Siregar, 2012)

2.2.2 Metode Penambangan *Longwall Mining*

Metode *longwall mining* adalah metode penambangan batubara bawah tanah dengan membuat lorong membentuk suatu *panel* atau blok panjang yang merupakan

bidang penambangannya (Siregar, 2012). Metode ini banyak digunakan pada penambangan batubara bawah tanah, karena dapat diharapkan jumlah produksi yang besar dari satu permukaan kerja.



Gambar 3 Metode Penambangan Longwall
(Sumber : Siregar, 2012)

3. Debu Batubara

Debu adalah partikel-partikel yang disebabkan oleh kekuatan-kekuatan alami atau mekanis seperti pengolahan, penghancuran, pelembutan, pengepakan yang cepat, peledakan dan lain-lain dari bahan-bahan baik organik maupun anorganik misalnya batu, kayu, bijih logam, arang batu, butir-butir zat-zat dan sebagainya. Debu merupakan salah satu bahan yang sering disebut sebagai partikel yang melayang di udara (*Suspended Particulate Matter / SPM*) dengan ukuran 1 mikron sampai dengan 500 mikron. Partikel debu akan berada di udara dalam waktu yang relatif lama dalam keadaan melayang-layang di udara kemudian masuk ke dalam tubuh manusia melalui pernafasan. Selain dapat membahayakan terhadap kesehatan juga dapat mengganggu daya tembus pandang mata dan dapat mengadakan berbagai reaksi kimia sehingga komposisi debu di udara menjadi partikel yang sangat rumit karena merupakan campuran dari berbagai bahan dengan ukuran dan bentuk yang realtif berbeda-beda (Suma'mur,2009).



Gambar 4 Pekerja Tambang Batubara Bawah Tanah
(Sumber : Yulianto, 2015)

Debu batubara adalah material batubara yang terbentuk bubuk (*powder*), yang berasal dari hancuran batubara ketika terjadi pemrosesannya (*breaking, blending, transporting, and weathering*). Debu batubara yang dapat meledak adalah apabila debu itu terambangkan di udara sekitarnya. Debu batu bara merupakan salah satu partikel padat yang terbentuk karena proses pembakaran batu bara. Batu bara merupakan salah satu bahan bakar fosil yang terbentuk oleh batuan sedimen yang dapat terbakar, terbentuk dari endapan organik yang berasal dari sisa tumbuhan dan terbentuk melalui proses pembatubaraan. Unsur utamanya terdiri dari karbon, hidrogen dan oksigen. Batu bara adalah batuan organik yang memiliki sifat fisika dan kimia kompleks yang dapat ditemui dalam berbagai bentuk (Yulaekah, 2007).

Batubara dan produk buangnya, berupa abu ringan, abu berat, dan kerak sisa pembakaran, mengandung berbagai logam berat; seperti arsenik, timbal, merkuri, nikel, vanadium, berilium, kadmium, barium, cromium, tembaga, molibdenum, seng, selenium, dan radium, yang sangat berbahaya jika dibuang di lingkungan. Batubara juga mengandung uranium dalam konsentrasi rendah, torium, dan isotop radioaktif yang terbentuk secara alami yang jika dibuang akan mengakibatkan kontaminasi radioaktif. Meskipun senyawa-senyawa ini terkandung dalam konsentrasi rendah, namun akan memberi dampak signifikan jika dibuang ke lingkungan dalam jumlah yang besar.



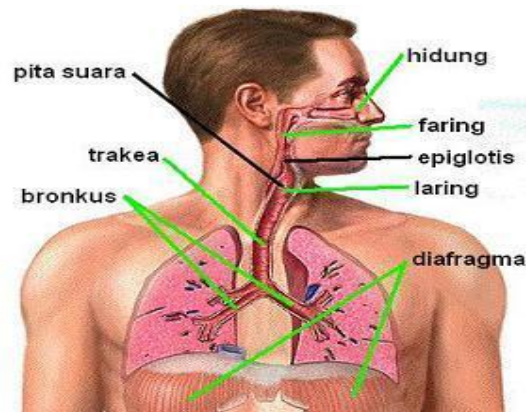
Gambar 4 Pekerja Tambang Batubara Bawah Tanah
(Sumber : Yulianto, 2015)

Pengaruh kadar debu batu bara pada lingkungan kerja harus diwaspadai karena debu yang ada pada lingkungan tersebut berada di udara dan selalu tehirup oleh tenaga kerja pada tempat dan tenaga kerja di sekitarnya setiap hari. Menurut Hyatt (2006) dalam Khumaidah (2009) apabila tenaga kerja yang bekerja pada lingkungan dengan konsentrasi debu yang tinggi dalam waktu yang lama akan memiliki risiko terkena penyakit gangguan pernapasan, apalagi dengan tenaga kerja yang sudah bekerja lebih dari 5 tahun pada lingkungan kerja dengan debu berkonsentrasi tinggi.

4. Sistem Respiratori Manusia

4.1 Anatomi Pernafasan Manusia

Pernafasan (respirasi) adalah peristiwa menghirup udara dari luar yang mengandung oksigen kedalam tubuh serta menghembuskan udara yang banyak mengandung CO_2 sebagai sisa dari oksidasi keluar dari tubuh. Dalam paru-paru terjadi pertukaran zat oksigen dari udara masuk ke dalam darah dan CO_2 akan dikeluarkan melalui *traktus respiratoris* dan masuk ke dalam tubuh melalui kapiler *vena pulmonalis* kemudian masuk ke serambi kiri jantung (*atrium sinistra*) dilanjutkan ke *aorta* kemudian masuk ke seluruh tubuh (jaringan dan sel) disini terjadi oksidasi (pembakaran) sebagai ampas dari pembakaran adalah CO_2 dan zat ini dikeluarkan melalui peredaran darah vena masuk ke jantung diteruskan ke bilik kanan dan dari sini keluar melalui *arteri pulmonalis* ke jaringan paru-paru akhirnya akan di keluarkan menembus lapisan epitel dari *alveoli*.



Gambar 4 Anatomi Pernafasan Manusia
Sumber: askep-askeb.blogspot.com

Menurut Syaifudin (1997) anatomi pernafasan terdiri dari :

1. Rongga hidung

Hidung merupakan saluran pernafasan udara yang pertama, mempunyai 2 lubang (*kavum nasi*), dipisahkan oleh sekat hidung (*septum nasi*). Rongga hidung ini dilapisi oleh selaput lendir yang sangat kaya akan pembuluh darah dan bersambung dengan lapisan faring dan dengan semua selaput lender semua *sinus* yang mempunyai lubang masuk ke dalam rongga hidung.

Fungsi hidung terdiri dari :

1. Bekerja sebagai saluran udara pernafasan.
2. Sebagai penyaring udara pernafasan yang dilakukan oleh bulu-bulu hidung.
3. Dapat menghangatkan udara pernafasan oleh mukosa.
4. Membunuh kuman-kuman yang masuk bersama-sama udara pernafasan oleh leukosit yang terdapat dalam selaput lender (mukosa) atau hidung.

2. Tekak atau Faring

Faring atau tekak merupakan tempat persimpangan antara jalan pernafasan dan jalan makanan. Faring atau tekak terdapat di bawah dasar tengkorak, di belakang rongga hidung dan mulut sebelah depan ruas tulang leher. Hubungan faring dengan organ-organ lain, faring ke atas berhubungan dengan rongga hidung dengan perantara lubang yang bernama *koana*. Faring ke depan berhubungan dengan *uvelgan* rongga mulut, tempat hubungan ini bernama *istimus fausium*. Faring ke bawah terdapat 2 lubang, ke dalam lubang laring, ke belakang lubang *esophagus*.

Di bawah selaput juga terdapat jaringan ikat juga terdapat *folikel* getah

bening. Perkumpulan getah bening ini dinamakan adenoid. Di sebelahnyanya terdapat *epiglottis* (empang tenggorok) yang berfungsi menutup laring pada waktu menelan makanan.

3. Laring

Laring merupakan saluran udara dan bertindak sebagai pembentukan suara yang terletak di depan bagian faring sampai ketinggian *vertebra servikalis* dan masuk ke dalam trakea dibawahnya. Pangkal tenggorokan itu dapat ditutup oleh sebuah empang tenggorok yang disebut *epiglottis*, yang terdiri dari tulang-tulang rawan yang berfungsi pada waktu kita menelan makanan menutupi laring.

4. Batang tenggorok (*trakea*)

Batang tenggorok atau *trakea* merupakan lanjutan dari laring yang dibentuk oleh 16 sampai dengan 20 cincin terdiri dari tulang rawan yang terbentuk seperti kaki kuda (huruf C). Sebelah dalam trakea diliputi oleh selaput lendir yang berbulu getar yang disebut sel bersilia, hanya bergerak ke arah luar. Panjang trakea 9-11 cm dan di belakang terdiri dari jaringan ikat yang dilapisi oleh otot polos. Sel-sel bersilia gunanya untuk mengeluarkan benda-benda asing yang masuk bersama-sama dengan udara pernapasan.

5. Cabang Tenggorok (*bronkus*)

Cabang tenggorok merupakan lanjutan dari *trakea*, ada 2 (dua) buah yang terdapat pada ketinggian *vertebra torakalis* ke-4 dan ke-5. Bronkus mempunyai struktur serupa dengan trakea dan dilapisi oleh jenis sel yang sama. Bronkus kanan lebih pendek dan lebih besar dari pada bronkus kiri, terdiri dari 6-8 cincin, mempunyai 3 cabang. Bronkus kiri lebih panjang dan lebih ramping dari yang kanan, terdiri dari 9-12 cincin mempunyai 2 cabang. Bronkus bercabang-cabang yang lebih kecil disebut *bronchiolus* (bronchioli). Pada bronchioli tidak terdapat cincin lagi, dan pada ujung bronchioli terdapat gelembung paru atau gelembung hawa (*alveoli*) (Syarifuddin, 1997).

6. Paru

Paru merupakan sebuah alat tubuh yang sebagian besar terdiri dari gelembung (gelembung hawa atau *alveoli*). Gelembung-gelembung ini terdiri dari sel-sel epitel dan endotel. Paru jika dibentangkan luas permukaan lebih kurang 90 meter persegi. Pada lapisan inilah terjadi pertukaran udara, oksigen masuk ke dalam darah dan

karbondioksida di dikeluarkan dari darah. Pembagian paru ada dua yaitu: paru kanan terdiri dari 3 *lobus* (belah paru), *lobus pulmo dekstrasuperior*, *lobus media* dan *lobus inferior*. Tiap lobus tersusun oleh *lobulus*. Sedangkan paru kiri terdiri dari pulmo sinisterlobus superior dan lobus inferior. Tiap lobus terdiri dari belahan-belahan yang lebih kecil bernama segmen.

Paru terletak pada rongga dada datarannya menghadap ke tengah rongga dada atau *kavum mediastinum*. Pada bagian tengah itu terdapat tampuk paru atau *hilus*. Pada mediastinum depan terletak jantung. Paru dibungkus oleh selaput yang bernama *pleura*. *Pleura* dibagi menjadi dua yaitu:

- a. *Pleura visceral* (selaput dada pembungkus) yaitu selaput paru yang langsung membungkus paru-paru.
- b. *Pleura parietal* yaitu selaput yang melapisi rongga dada sebelah luar. Antara kedua pleura ini terapat rongga (kavum pleura). (Syarifuddin, 1997).

4.2 Fisiologi Pernafasan

Pernafasan paru merupakan pertukaran oksigen dan karbondioksida yang terjadi pada paru. Fungsi paru adalah tempat pertukaran gas oksigen dan karbondioksida pada pernafasan melalui paru atau pernafasan eksterna, oksigen dipungut melalui hidung dan mulut, pada waktu bernapas, oksigen masuk melalui trakea dan pipa bronchial ke *alveoli*, dan dapat erat berhubungan dengan darah di dalam kapiler pulmonalis.

Proses pernafasan dibagi empat peristiwa yaitu :

1. *Ventilasi pumonol* yaitu masuk keluarnya udara dari atmosfer ke bagian *alveoli* dari paru-paru.
2. Difusi oksigen dan karbondioksida di udara masuk ke pembuluh darah yang disekitar *alveoli*.
3. Transport oksigen dan karbondioksida di darah ke sel.
4. Pengaturan ventilasi. (Guyton, 1997).

4.3 Mekanisme Keluar Masuk Debu Batubara Dalam Respiratori Manusia

Fungsi utama paru-paru adalah untuk pertukaran udara dari atmosfer ke dalam tubuh manusia dan sebaliknya, untuk pertukaran udara dalam paru-paru ini harus melalui *alveoli*. Ukuran debu sangat berpengaruh terhadap terjadinya penyakit pada

saluran pernapasan. Partikel debu yang dapat dihirup berukuran 0,1 sampai kurang dari 10 mikron. 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 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, debu dapat tertimbun disitu (Yunus, 1997).

Partikel-partikel kecil ini oleh karena gerakan brown, ada kemungkinan membentur permukaan *alveoli* dan tertimbun disana. Bila debu masuk di *alveoli* maka jaringan *alveoli* akan mengeras (*fibrosis*). Bila 10% *alveoli* mengeras akibatnya mengurangi elastisitasnya dalam menampung volume udara sehingga kemampuan mengikat oksigen menurun. (Pudjiastuti, 2002). Debu-debu yang masuk ke dalam saluran pernapasan menyebabkan timbulnya reaksi pertahanan non-spesifik, antara lain batuk, bersin, gangguan transport mukosilier dan fagositosis oleh makrofag. Otot polos disekitar jalan napas dapat terangsang sehingga menimbulkan penyempitan bronkus. Keadaan ini terjadi bila kadar debu melebihi nilai ambang batas. Sistem mukosilier juga mengalami gangguan dan menyebabkan produksi lendir bertambah. Bila lendir makin banyak & mekanisme pengeluaran tidak sempurna, dapat menyebabkan obstruksi saluran napas, sehingga resistensi jalan napas meningkat. Sedangkan apabila partikel debu masuk ke dalam alveoli akan membentuk fokus dan berkumpul, lalu dengan sistem limfatika terjadi proses fagositosis debu 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 lagi terjadi autolisis lagi, 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 interstisial. Akibat fibrosis, paru menjadi kaku sehingga dapat menyebabkan gangguan pengembangan paru, kelainan fungsi paru yang restriktif. Beberapa penyakit

akibat debu antara lain adalah asma kerja, bronkitis industri, pneumokoniosis batubara, silikosis, asbestosis dan kanker paru.

5. Dampak Paparan Debu Batubara Bagi Kesehatan Pekerja Tambang Batubara Bawah Tanah

Menurut Wardhana (2001) efek debu-debu yang menimbulkan gangguan kesehatan tergantung dari :

a. *Solubity*

Kalau bahan-bahan kimia penyusun debu mudah larut dalam air, maka bahan-bahan itu akan larut dan langsung masuk pembuluh darah kapiler *alveoli*. Apabila bahan-bahan tersebut tidak mudah larut, tetapi ukurannya kecil, maka partikel-partikel itu dapat memasuki dinding *alveoli*, lalu ke saluran limpa atau ke ruang perobronchial, atau ditelan oleh sel *phagocyt*, kemudian masuk ke dalam kapiler darah atau saluran kelenjar limpa, atau melalui dinding *alveoli* ke ruang *peribronchial*, keluar ke *bronchioli* oleh rambut-rambut getar dikembalikan ke atas.

b. Komposisi kimia debu

Ada dua golongan berdasarkan sifatnya, yaitu :

1) *Inert Dust*

Golongan debu ini tidak menyebabkan kerusakan atau reaksi *fibrosis* pada paru-paru. Efeknya sangat sedikit atau tidak ada sama sekali pada penghirupan normal.

2) *Profiferate Dust*

Golongan debu ini di dalam paru-paru akan membentuk jaringan parut atau *fibrosis*. *Fibrosis* ini akan membuat pengerasan pada jaringan *alveoli* sehingga mengganggu fungsi paru-paru. Debu-debu dari golongan ini menyebabkan *fibrositic pneumokoniosis* contohnya : *silica*, *asbestos*, *bauxite*, kapurapas, *beryllium*, dan sebagainya.

3) Kelompok debu yang tidak di tahan di dalam paru, namun dapat menimbulkan efek iritasi yaitu debu-debu yang bersifat asam atau basa kuat.

c. Konsentrasi debu

Semakin tinggi konsentrasi kemungkinan mendapat keracunan semakin besar.

d. Ukuran partikel debu

Ukuran partikel besar akan ditangkap oleh saluran napas bagian atas.

Debu yang terhirup dalam konsentrasi dan jangka waktu yang cukup lama akan membahayakan. Akibat penghirupan debu, yang langsung akan kita rasakan adalah sesak, bersin, dan batuk karena adanya gangguan pada saluran pernafasan. Paparan debu untuk beberapa tahun pada kadar yang rendah tetapi diatas batas limit paparan, menunjukkan efek toksik yang jelas. Masa kerja merupakan kurun waktu atau lamanya tenaga kerja bekerja di suatu tempat. Masa kerja adalah jangka waktu orang sudah bekerja (pada suatu kantor, badan dan sebagainya). Masa kerja dapat mempengaruhi tenaga kerja baik positif maupun negatif. Akan memberikan pengaruh positif kepada tenaga kerja bila dengan lamanya seseorang bekerja maka dia akan semakin berpengalaman dalam melakukan tugasnya. Sebaliknya akan memberikan pengaruh negatif apabila semakin lamanya seseorang bekerja maka akan menimbulkan kebosanan (Handoko, 1992). Hal ini juga dibuktikan dengan hasil penelitian dari Mengkidi 2006 yang menyatakan bahwa masa kerja merupakan faktor risiko untuk terjadi gangguan faal paru pada karyawan.

5.1. Gangguan Faal Paru

Secara umum diketahui bahwa debu berperan penting dalam berbagai gangguan pernapasan. Semakin tinggi kadar debu, semakin besar kemungkinan terkena gangguan pernapasan dan sebaliknya. Debu merupakan faktor risiko utama yang berperan dalam gangguan faal paru hal ini dibuktikan dengan hasil penelitian dari Mengkidi (2006) yang menyatakan bahwa kadar debu merupakan faktor resiko utama untuk pembentukan gangguan faal paru karena debu yang bersifat toksik terhadap makrofag seperti silika bebas merangsang terbentuknya makrofag baru.

Inhalasi debu batubara yang berkepanjangan dapat menyebabkan pneumokoniosis batubara, silikosis, bronchitis industri kronik yang disertai emfisema atau tidak. Partikel debu batubara dan pigmen karbon berukuran 2-5 μm yang terinhalasi dalam waktu tertentu masuk ke bronkiolus terminalis, dimakan oleh makrofag interstisial dan alveolar lalu dikirim ke sistem mukosilier untuk dikeluarkan bersama mucus atau masuk ke sistem limfatik. Bila kedua sistem tersebut tidak mampu mengatasi, partikel debu dan pigmen dalam makrofag akan tertahan di bronkiolus terminalis dan alveoli yang memacu respons imun melalui mekanisme di bawah ini :

- a. Sitotoksiti langsung, debu batubara menyebabkan terjadinya peroksidasi membrane lipid dan merusak sel membrane. Sel membrane yang rusak melepaskan enzim intraseluler sehingga terjadi kerusakan jaringan, pembentukan fibrosis dan retikulin atau kerusakan septa alveolar.
- b. Aktivasi pembentukan oksidan, debu batubara memacu pembentukan ROS yang mengalahkan pertahanan antioksidan paru sehingga terjadi peroksidase lipid dan kerusakan sel selanjutnya terbentuk fibrosis dan kerusakan septa alveolar.
- c. Stimulasi sekresi sitokin dan kemokin inflamasi dari makrofag alveolar dan atau epitel alveolar, mediator inflamasi sebagai kemokin untuk menarik neutrofil dan makrofag dari kapiler paru ke alveoli. Sitokin lalu mengaktifkan fagositosis terhadap oksidan sehingga terjadi kerusakan jaringan dan pembentukan fibrosis.

Stimulasi sekresi faktor fibrogenik dari makrofag alveolar dan atau epitel alveolar. Hal ini dapat menyebabkan debu yang terhirup ke dalam paru seseorang terjebak di dalam alveoli sehingga terjadi penurunan kapasitas paru dalam mengolah udara yang masuk, selain itu debu yang masuk dapat tertinggal dan menempel di saluran pernapasan sehingga terjadi penyempitan saluran pernafasan sehingga timbulah penyakit restriktif.

5.2. Penyakit Paru Kerja Akibat Debu Batubara

Penyakit paru yang terjadi pada perusahaan pertambangan batubara bawah tanah adalah terjadinya efek patofisiologis dan bersifat *fibrosis* pada paru-paru sehingga *alveoli* mengalami kekuatan yang berakibat terjadinya penurunan elastisitas dan pengembangan paru-paru sehingga *alveoli* mengalami beban kerja pernafasan yang sangat berat. Sehingga untuk mengatasi daya elastisitas alat pernafasan di perlukan nafas cepat dan dangkal. Pernafasan ini mengakibatkan hipoventilasi alveolar dan ketidakmampuan mempertahankan gas dalam normal. Setiap penurunan pengembangan paru akan menyebabkan pengurangan kapasitas vital paru.

Dalam *alveoli* ini terjadi pertukaran gas oksigen dari atmosfer dengan CO₂ dibawa ke seluruh tubuh. Karena terjadinya *fibrosis* dapat menurunkan kapasitas vital paru, akibatnya oksigen yang ditangkap akan berkurang sehingga bagian yang memerlukan oksigen akan terganggu hal ini berakibat tidak sehatnya sel-sel tubuh. Akibatnya, terjadi penurunan daya kerja yang pada akhirnya mempengaruhi kinerja (Depkes RI, 2003).

Kelainan pada saluran pernafasan dapat berupa obstruksi aliran darah pulmonal

dan insuffisiensi pernafasan. Kelainan saluran pernafasan secara garis besar terdiri dari 3 bagian :

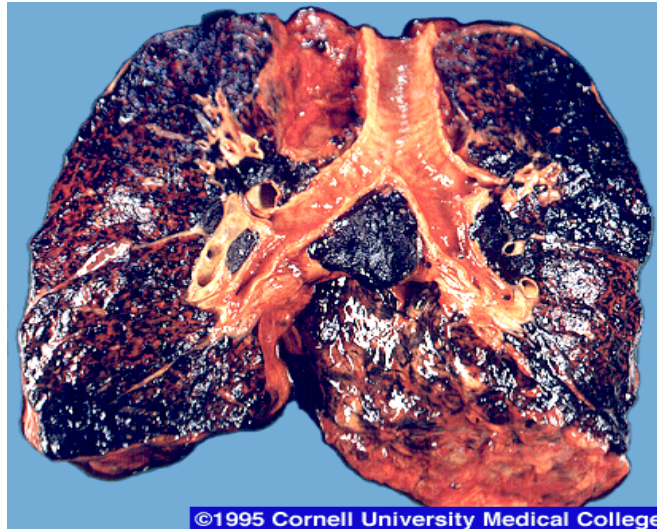
1. Ventilasi yang tidak memadai di *alveoli*.
2. Pengurangan divusi gas melalui membran pernafasan.
3. Berkurangnya transport oksigen ke jaringan.

Debu, aerosol dan gas iritan kuat menyebabkan refleks batuk atau spasme laring (penghentian pernapasan). Kalau zat-zat ini menembus ke dalam paru-paru dapat terjadi *bronchitis* toksik, edema paru atau *pneumonitis*. Pemakaian batu bara sebagai bahan bakar, debu silika akan keluar dan terdispersi ke udara bersama-sama dengan partikel lainnya, seperti debu alumina, oksida besi dan karbon dalam bentuk debu. Debu silika yang masuk ke dalam paru – paru akan mengalami masa inkubasi sekitar 2-4 tahun. Masa inkubasi ini akan lebih pendek atau gejala penyakit silikosis akan segera tampak, apabila konsentrasi silika di udara cukup tinggi dan terhisap ke paru-paru dalam jumlah banyak. Penyakit silikosis ditandai dengan sesak napas yang disertai batuk-batuk. Batuk ini seringkali tidak disertai dengan dahak (Depkes RI, 2005).

Berikut adalah beberapa penyakit paru kerja akibat debu batubara :

1. Pneumokoniosis Batubara (*Coal Pneumokoniosis*)

Pneumokoniosis batubara adalah salah satu jenis pneumokoniosis yang timbul akibat inhalasi jangka lama partikel debu batubara sehingga terjadi akumulasi atau terkumpulnya debu tersebut yang menimbulkan respon imun di jalan napas kecil dan alveoli terutama lapangan atas. pneumokoniosis batubara adalah penyakit akibat inhalasi debu batubara sehingga terjadi penumpukan debu batubara di paru dan menimbulkan reaksi jaringan terhadap debu tersebut. Rerata lamanya pajanan sekitar 20 tahun baru akan menimbulkan pneumokoniosis batubara atau tanpa penurunan fungsi paru atau dapat berkembang menjadi fibrosis masif progresif yang diikuti penurunan fungsi paru berat (obstruksi dan restriksi).



Gambar 5 Progressive massive fibrosis (PMF)
Sumber : Cornell University Medical College (1995)

2. Bronkitis Kronik Pada Penambang Batubara

Bronkitis kronik merupakan gangguan penyakit paru yang sering terjadi pada penambang batubara. Meskipun bukan penyebab utama ketidak mampuan bernafas, bronkitis kronik memperkuat bukti bahwa debu tambang batubara memiliki pengaruh buruk terhadap saluran napas. Bukti menunjukkan hubungan antara pajanan debu batubara dan obstruksi jalan napas berasal dari prevalensi penyakit ini pada penambang batubara yang bukan perokok di Amerika pernah dilaporkan mencapai 45%.

Belum jelas apakah lemahnya hubungan pajanan debu terhadap faal paru pekerja tambang sepenuhnya menunjukkan obstruksi saluran napas, karena berbagai penelitian hanya melaporkan nilai VEP1 tanpa perhitungan kapasitas vital. Peneliti lain melaporkan penurunan KVP karena debu tambang batubara lebih besar dibanding asap rokok, disertai penurunan VEP1/KVP yang lebih kecil. Dengan demikian efek debu batubara tampaknya sebagian bersifat obstruksi dan sebagian lagi restriktif.

3. Asma Kerja

Tidak banyak kepustakaan yang membahas asma kerja akibat pajanan debu batubara. Kasus asma pada pekerja tambang batubara disebutkan berhubungan dengan alat yang digunakan untuk pekerjaan tambang diantaranya pemakaian alat bor yang bautnya menggunakan *resins of polyester* dan *styrene* dengan pemakaian pada umumnya <1 ppm dan selalu <5 ppm. Sedangkan untuk timbulnya asma kerja biasanya digunakan pada pemakaian yang luas di industri dengan konsentrasi tinggi ≥ 100 ppm.

Dalam hal ini perlu dilakukan penelitian lebih lanjut untuk mengungkapkan hal ini, sangat dianjurkan uji provokasi inhalasi agen spesifik atau pemeriksaan serial APE di dalam dan di luar tambang batubara.

4. *Chronic Obstructive Pulmonary Disease (COPD)*

COPD timbul akibat terdapat paparan dari debu batubara yang mengakibatkan timbulnya dua penyakit yaitu :

- a. *chronic bronchitis*,
- b. *emphysema*

Gejala yang timbul pada penyakit ini adalah penurunan angka restriktif pada saat pemeriksaan paru dan nafas yang terputus-putus dan pendek. Penurunan fungsi paru timbul pada saat terjadi peningkatan jumlah pajanan debu batubara dalam tubuh ditambah dengan adanya kebiasaan merokok dan beberapa faktor lainnya (Edmonton, 2010).

Daftar Pustaka

- Aydin, H. 2010. *Evaluation of The Risk of coal Workers Pneumoconiosis (CWP): A Case Study For The Turkish Hardcoal Mining*. Turkey:Department of Mining Engineering, Zonguldak Karaelmas University.
- Edmonton. 2010. *Coal Dust at The Work Site*. New York: Work Safe Alberta.
- Ferreira, Ernest Fresch. 2008. *Evaluating Coal Dust At The Face of South African Coal mines*. Johhanessburg: Master of Public Health- Occupational Hygiene.
- Guyton, A.C. 1997. *Buku Ajar Fisiologi Kedokteran*. Jakarta: EGC.
- Handoko, Tani. 1992. *Manajemen Personalia dan Sumber Daya Manusia*. Yogyakarta:BPFE.
- Mengkidi, Dorce. 2006. *Gangguan Fungsi Paru dan Faktor-Faktor yang Mempengaruhinya Pada Karyawan PT. Semen Tonasa Pangkep Sulawesi Selatan*. Semarang: Universitas Diponegoro.
- Mukono,H.J. 2008. *Pencemaran Udara Dan Pengaruhnya Terhadap Gangguan Saluran Pernafasan*. Surabaya: Airlangga University Press.
- Nedo. 2004. *Bahan Pelajaran Pelatihan Umum Teknik Pertambangan Batubara*. Proyek Alih Teknologi Pertambangan Batubara, Japan, 2004

- Petsonk, Edward. 2007. *Lung Disease of Coal Miners*. New York: National Mine Health and Safety Academy.
- Rahmatullah. 2006. *Penyakit Paru Lingkungan-Kerja*. Semarang: Bagian Penyakit Dalam FK UNDIP.
- Syaifudin, B.A.C. 1997. *Anatomi Fisiologi Untuk Siswa Perawat*. Jakarta: EGC.
- Siregar, Sihar. 2012. Sistem Penambangan Batubara Bawah Tanah. *Bahan Pelajaran Pendidikan dan Pelatihan Teknik Pertambangan Batubara Bawah Tanah*. Balai Diklat Tambang Bawah Tanah. Sawahlunto.
- Wardhana, A.W. 2001. *Dampak Pencemaran Lingkungan*. Yogyakarta: ANDI.
- West, John B. 2010. *Patofisiologi Paru*. Jakarta: Penerbit Buku Kedokteran EGC.
- Yulianto, Agus. 2015. Keselamatan dan Kesehatan Kerja Tambang Bawah Tanah. *Bahan Pelajaran Pendidikan dan Pelatihan Pengenalan Pertambangan Bawah Tanah Bagi Aparatur Non Teknis*. Balai Diklat Tambang Bawah Tanah. Sawahlunto.