

BAB II TINJAUAN PUSTAKA

A. Batu Kapur

Batu kapur atau *limestone* adalah batuan sedimen yang berasal dari organisme laut yang telah mati dan berubah menjadi kalsium karbonat (CaCO_3) (Fathmaulida,2013). Pembentukan batu kapur di alam sebagian besar terjadi secara organik, dimana unsur karbonat pada organisme laut seperti kerang-kerangan dan tiram didegradasikan menjadi unsur yang lebih kecil lagi oleh mikroorganisme mikroskopik seperti *foraminifera* membentuk pasir karbonat atau lumpur karbonat yang secara terus menerus akan mengendap dan mengeras membentuk pegunungan kapur. Batu kapur dapat berwarna putih, putih kekuningan, abu-abu hingga hitam tergantung dari mineral pengotornya (Yulaekah,2007;Keliat,2015).

Kalsium karbonat merupakan komponen utama penyusun batu kapur dengan presentase kadar Ca sebesar 92,1%. Batu kapur juga terdiri dari komponen penyusun lain seperti Fe (2,38%), Mg (0,8%), Si (3%), In (1,4%), Ti (0,14%), Mn (0,03%), dan Lu (0,14%) (Arifin,2010). Kalsium memiliki kadar yang tinggi dibanding komponen lain dalam batu kapur sehingga dibutuhkan proses pengolahan untuk mendapatkan kalsium yang murni. Kalsium hasil pengolahan batu kapur dapat dimanfaatkan sebagai bahan campuran bangunan, industri karet, ban, kertas, filter untuk cat, sabun, dan pasta gigi (Yulaekah,2007;Fathmaulida,2013). Sedangkan komponen lain terdapat dalam batu kapur dengan kadar yang rendah, jika terdapat kadar berlebih akan menimbulkan efek racun oleh senyawa Fe dan Mn, serta efek karsinogenik oleh senyawa Si (Regia,2017;Sunarsih *et al.*,2018).

1. Pengolahan Batu Kapur

Kalsium karbonat dalam batu kapur didekomposisi menjadi kapur tohor (CaO) melalui proses pengolahan batu kapur yang menurut Sucipto (2007) terdiri dari beberapa tahap:

a) Penambangan

Penambangan batu kapur dilakukan dengan peralatan penambangan yang sederhana atau dapat menggunakan bahan peledak dinamis.

b) Pengangkutan dan Penimbunan

Batu kapur dari tempat penambangan diangkut menggunakan truk dengan kapasitas angkut 3 ton menuju tempat pembakaran, kemudian batu kapur ditimbun dalam tungku atau tobong pembakaran.

c) Pembakaran

Batuan kapur dibakar sampai menjadi kapur dalam tungku yang berkapasitas hingga 3-5 ton selama kurang lebih 48 jam. Lamanya waktu pembakaran dipengaruhi oleh bahan bakar yang digunakan. Bahan bakar dapat berupa limbah karet, limbah kayu, limbah *oil sludge*, dan sebagainya. Proses pembakaran batuan kapur menghasilkan debu dan asap yang hitam pekat.

d) Pemataman

Batu kapur matang yang menghasilkan CaO dipadamkan dalam bentuk padat (bongkahan) maupun bubuk (*powder*) apabila sudah disiram menggunakan air.

e) Pengayakan dan *Finishing* Produk Kapur

Produk kapur dapat dijual dalam bentuk padat maupun bubuk, tergantung permintaan pasar. Produk kapur dalam bentuk bubuk perlu dilakukan pengayakan terlebih dahulu kemudian dimasukkan ke dalam karung pengemasan.

2. Debu Batu Kapur

Debu kapur merupakan partikel padat yang terbentuk karena proses alami maupun kekuatan mekanis pada industri batu kapur. Sumber utama debu kapur berasal dari pemecahan batu kapur, pembakaran, pembongkaran tobong, pemataman batu kapur dan pengayakan. Proses pembakaran batu kapur menghasilkan debu silika yang dapat terdispersi ke udara dengan partikel lainnya, seperti debu alumina, oksida besi dan karbon dalam bentuk debu. Debu kapur merupakan debu *profilerate dust* dimana debu dapat membentuk jaringan paru atau fibrosis yang akan menyebabkan pengerasan jaringan alveoli paru (Yulaekah,2007).

B. Dampak Pengolahan Batu Kapur

Pengolahan batu kapur menghasilkan debu dan gas-gas polutan (SO_2 dan NO_2) yang berada di lingkungan kerja sehingga menyebabkan tenaga kerja terpapar oleh debu dan gas-gas polutan dengan konsentrasi yang berbeda-beda. Paparan gas SO_2 dapat menyebabkan iritasi selaput lendir pada hidung, tenggorokan hingga paru-paru, apabila paparan gas SO_2 terjadi dalam waktu yang lama dapat menyebabkan terjadinya peradangan pada selaput lendir dilanjutkan *paralysis cilia* atau kerusakan sistem pernapasan dan kerusakan epitelium serta kematian. Sedangkan paparan gas NO_2 dapat menyebabkan iritasi, peradangan bronkus, dan penebalan dinding alveoli sehingga dapat menurunkan kapasitas paru (Yulaekah,2007).

Pengolahan batu kapur juga menghasilkan debu kapur yang dapat masuk ke dalam tubuh melalui saluran pernapasan dan menyebabkan iritasi saluran pernapasan, peningkatan produksi lendir, penyempitan saluran pernapasan, lepasnya silia dan lapisan sel selaput lendir serta kesulitan bernapas. Gangguan pernapasan terjadi akibat kandungan CaCO_3 dan MgCO_3 dalam batu kapur yang mempengaruhi kemampuan elastisitas paru untuk kembali ke keadaan semula pada proses ekspirasi. Debu kapur juga dapat menimbulkan alergi yang berakibat terjadinya *bronkhostriksi*, meningkatnya sekresi mukus dan permeabilitas kapiler. Reaksi alergi terjadi akibat adanya reaksi *hipersensitivitas tipe I* dimana debu kapur pada permukaan mukosa saluran napas beserta immunoglobulin E (IgE) akan mengikat sel mukosa sehingga sel mukosa akan melepaskan bahan vasoaktif berupa *histamine*. Masuknya debu kapur secara terus-menerus dapat mengakibatkan terjadinya penumpukan debu di paru yang disebut *pneumoconiosis*. Penumpukan dan pergerakan debu di paru dapat menyebabkan peradangan pada saluran pernapasan (Yulaekah,2007).

C. Inflamasi

Inflamasi merupakan respon terhadap kerusakan jaringan dan infeksi, dimana bila terjadi inflamasi sel-sel imun beserta produk-produk yang dihasilkannya bergerak menuju tempat yang terinfeksi atau mengalami kerusakan. Proses inflamasi dimulai dengan adanya kerusakan jaringan akibat stimulus yang

menyebabkan pecahnya sel mast diikuti dengan pelepasan mediator inflamasi berupa histamin, sitokin, prostaglandin, eicosanoid, leukotrien, dan sebagainya yang kemudian dilanjutkan vasodilatasi sehingga terjadi migrasi sel leukosit (Roman,2009).

Inflamasi pada pekerja batu kapur terjadi akibat paparan gas NO₂, SO₂ dan debu kapur yang mengalami penumpukan dan pergerakan debu di paru sehingga akan merangsang respon inflamasi pada tubuh. Respon inflamasi terjadi dengan adanya peningkatan aliran darah pada paru yang mengalami peradangan, sehingga pembuluh darah menjadi lebih permeabel memudahkan leukosit, monosit dan makrofag berkumpul pada jaringan yang mengalami peradangan. Makrofag dalam reaksi inflamasi akan menghasilkan sitokin IL-6 yaitu sitokin yang akan merangsang hati untuk memproduksi protein fase akut berupa CRP (Resqiana,2018;Agustin,2016).

D. C-reactive protein (CRP)

C-reactive protein (CRP) adalah protein fase akut yang disintesa oleh sel hati dan produksinya di atur oleh IL-1, IL-6, serta *tumor necrosis factor- α* (TNF- α) yang di sekresi ke dalam darah (Idhayu,2014). CRP terdapat dalam serum normal dengan konsentrasi yang rendah. Sintesa CRP di hati berlangsung cepat setelah adanya sedikit rangsangan, konsentrasi serum meningkat di atas 5 mg/L dalam 6-8 jam dan mencapai puncaknya dalam 24-48 jam. Waktu paruh dalam plasma adalah 19 jam dan menetap pada keadaan sehat dan sakit. Konsentrasi CRP akan menurun bila proses peradangan atau kerusakan jaringan berkurang dalam 24-48 jam akan mencapai normal kembali (Marevic *et al*,2008). Peningkatan CRP juga dapat terjadi pada keadaan non-infeksi seperti trauma, pembedahan, luka bakar, infark jaringan, kelainan imunologi serta keganasan (Pepys *et al*,2003).

CRP tergolong protein pentrasin, protein yang dapat mengikat kalsium dalam pertahanan imunologis dengan berat molekul setiap unit 23kDa (Silalahi T N,2013). CRP memiliki 2 bentuk yaitu pentamer (pCRP) dan monomer (mCRP). Bentuk pentamer dihasilkan oleh sel hati sebagai reaksi fase akut dalam respon terhadap infeksi, inflamasi dan kerusakan jaringan. Bentuk monomer berasal dari

bentuk pentamer yang disosiasi dan dihasilkan oleh sel-sel ekstrahepatik seperti otot polos dinding arteri, jaringan adiposa dan makrofag (Eisenhardt *et al*,2009).

Metode Pemeriksaan CRP

Menurut Silalahi (2013) pemeriksaan CRP dapat dilakukan dengan metode:

1. Metode Latex Imunoaglutinasi

Metode latex imunoaglutinasi dilakukan dengan dua cara, secara kualitatif yaitu serum akan bereaksi dengan antibodi CRP yang dilekatkan pada partikel latex secara imunologis sehingga terbentuk aglutinasi. Reaksi aglutinasi menunjukkan adanya antigen CRP dalam serum. Pemeriksaan secara semikuantitatif dilakukan bila secara kualitatif positif yaitu dilakukan pengenceran serum bertingkat ($\frac{1}{2}$, $\frac{1}{4}$, $\frac{1}{8}$, $\frac{1}{16}$, $\frac{1}{32}$, dan seterusnya) dengan NaCl fisiologis. Selanjutnya serum akan bereaksi dengan antibodi CRP-latex sehingga terbentuk aglutinasi yang dinyatakan dengan titer. Titer adalah pengenceran tertinggi yang masih terbentuk aglutinasi. Konsentrasi CRP adalah hasil titer yang dikalikan 6 iU/mL.

2. Metode ELISA

Metode ELISA menggunakan teknik *Double Antibody Sandwich ELISA*. Antibodi pertama (antibodi pelapis) dilapiskan pada fase padat, kemudian ditambahkan serum penderita. Selanjutnya ditambahkan antibodi kedua (antibodi pelacak) yang berlabel enzim. Akhirnya diambahkan substrat, dan reagen penghenti reaksi. Hasilnya dinyatakan secara kuantitatif.

3. Metode Imunokromatografi atau Sandwich Imunometrik

Metode sandwich imunometrik dilakukan dengan mengukur intensitas warna menggunakan *nycocard reader*. Prinsip pemeriksaan metode sandwich adalah CRP dalam serum akan bereaksi dengan antibodi yang terikat pada konjugat *gold colloidal particle* yang ada di membran tes. Terbentuknya warna merah-coklat pada area tes menunjukkan adanya CRP dalam serum. Intensitas warna diukur secara kuantitatif dengan *nycocard reader II*.

4. Metode Imunoturbidimetri

Metode Imunoturbidimetri dilakukan dengan cara kualitatif yaitu CRP dalam serum akan berikatan dengan antibodi spesifik terhadap CRP secara imunologis sehingga terjadi kekeruhan dan diukur secara fotometris. Konsentrasi CRP ditentukan secara kuantitatif dengan pengukuran turbidimetrik.

E. Faktor yang Menimbulkan Terbentuknya CRP

1. Usia

Sistem kekebalan tubuh mulai melemah seiring dengan peningkatan usia dan setelah usia 30 tahun fungsi organ juga menurun 1% setiap hari sehingga meningkatkan kerentanan tubuh terhadap penyakit hingga terjadinya inflamasi (Kurnianto,2015). Paparan debu terhirup memiliki hubungan yang bermakna dengan gangguan fungsi paru pada kelompok usia 31-40 tahun dimana difusi paru, ventilasi paru, dan respirasi O₂ dan semua parameter paru mengalami penurunan (Yulaekah,2007).

2. Kebiasaan Penggunaan APD

APD adalah alat pelindung diri yang dapat melindungi pekerja dari bahaya atau kecelakaan dalam pekerjaannya yang memenuhi standar keamanan dan kenyamanan bagi pekerja. Lingkungan kerja industri pengolahan batu kapur memiliki konsentrasi debu yang tinggi sehingga tenaga kerja minimal harus memakai APD berupa masker untuk menghindari masuknya partikel-partikel debu dan polutan kapur masuk ke dalam saluran pernapasan dan respirator pemurni udara untuk menyaring udara yang masuk ke dalam tubuh agar terhindar dari toksisitas polutan dan debu kapur (Habsari,2003).

3. Lama Paparan

Lama paparan merupakan waktu yang digunakan oleh pekerja di lingkungan kerja dalam waktu sehari (Mengkididi,2006). Lamanya paparan debu dan polutan terhadap tenaga kerja termasuk faktor yang berpengaruh dalam timbulnya penyakit atau gangguan terutama pada saluran napas. Paparan polutan dan debu kapur dengan konsentrasi, ukuran, bentuk dan sifat kimiawi debu yang bersifat toksik dan tinggi secara terus menerus akan memudahkan tenaga kerja terserang penyakit akibat paparan debu dan polutan kapur (Fathmaulida,2013).

4. Masa Kerja

Kegiatan industri pengolahan kapur banyak menghasilkan debu yang berada di lingkungan kerja. Konsentrasi debu yang tinggi di lingkungan kerja dapat memberikan dampak negatif terhadap kesehatan tenaga kerja. Pekerja yang bekerja di lingkungan dengan kadar debu tinggi dengan masa kerja >10 tahun mempunyai risiko tinggi terhadap penyakit obstruktif paru dan gangguan fungsi paru (Yulaekah,2007).

5. Kebiasaan Merokok

Kebiasaan merokok dapat mempengaruhi kapasitas paru, dimana semakin banyak jumlah rokok yang dihisap perhari maka akan terjadi penurunan fungsi paru yang bersifat restruktif. Penurunan fungsi paru disebabkan oleh adanya peningkatan jumlah sel radang, kerusakan alveoli paru serta penumpukan lendir pada saluran napas akibat rangsangan dari asap dan nikotin pada rokok (Yuliani,2010).

6. Riwayat Penyakit

Riwayat penyakit merupakan catatan penyakit baik fisik maupun psikologik yang pernah diderita sebelumnya (Prianto,2015). Tenaga kerja yang memiliki riwayat penyakit seperti kelainan pada jantung, sendi, trauma, penyakit keganasan atau kerusakan organ lainnya dapat mempengaruhi sistem kekebalan tubuh sehingga akan lebih mudah mengalami infeksi dan kemungkinan kempuhnya penyakit (Idhayu,2014).

F. Kerangka Teori

