

## **BAB II**

### **TINJAUAN PUSTAKA**

#### **2.1 Bronkus**

##### **2.1.1 Anatomi bronkus**

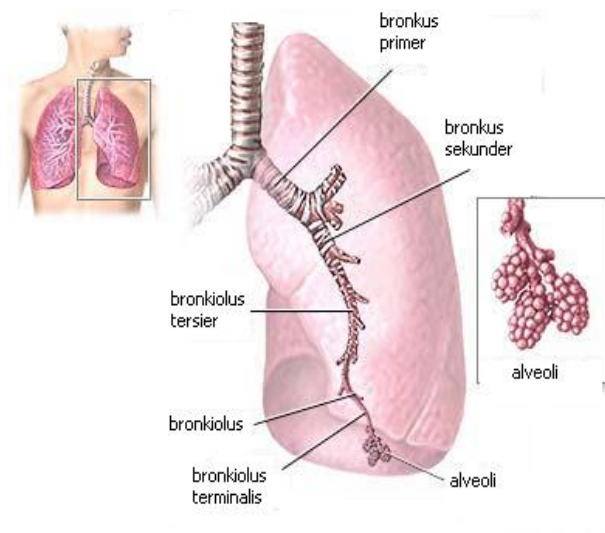
Bronkus merupakan saluran nafas yang terbentuk dari belahan dua trakea pada ketinggian kira-kira vertebrata torakalis kelima, mempunyai struktur serupa dengan trakea dan dilapisi oleh jenis sel yang sama.<sup>7</sup>

Bronkus berjalan ke arah bawah dan samping menuju paru dan bercabang menjadi dua, yaitu bronkus kanan dan bronkus kiri. Bronkus kanan mempunyai diameter lumen lebih lebar, ukuran lebih pendek dan posisi lebih vertikal. Letak sedikit lebih tinggi dari arteri pulmonalis serta mengeluarkan sebuah cabang utama yang melintas di bawah arteri, yang disebut bronkus kanan lobus bawah.

Sedangkan bronkus kiri memiliki ukuran lebih panjang, diameter lumennya lebih sempit dibandingkan bronkus kanan dan melintas di bawah arteri pulmonalis sebelum di belah menjadi beberapa cabang yang berjalan kelobus atas dan bawah.

Cabang utama bronkus kanan dan kiri bercabang lagi menjadi bronkus lobaris, kemudian menjadi lobus segmentalis. Bronkus lobaris ini bercabang terus menjadi bronkus yang lebih kecil, dengan ujung cabangnya yang disebut bronkiolus. Setiap bronkiolus memasuki lobulus paru, dan bercabang-cabang menjadi 5-7 bronkiolus terminalis.<sup>5</sup>

Bronkiolus terminalis adalah saluran udara terkecil yang tidak mengandung alveoli (kantong udara). Bronkiolus terminalis memiliki garis tengah kurang lebih 1 mm. Bronkiolus tidak diperkuat oleh cincin tulang rawan. Tetapi dikelilingi oleh otot polos sehingga ukurannya dapat berubah. Seluruh saluran udara ke bawah sampai tingkat bronkiolus terminalis disebut saluran penghantar udara karena fungsi utamanya adalah sebagai penghantar udara ke tempat pertukaran gas paru-paru.



**Gambar 1.** Percabangan Bronkus<sup>8</sup>

Sama seperti halnya hepar, bronkus juga memiliki pembagian segmentasi yang nantinya juga merupakan segmentasi bagi pulmo juga. Yang dimaksud dengan segmenta bronchopulmonalia adalah unit paru secara anatomis, fungsi dan pembedahannya. Dimana dalam masing-masing segmenta bronkus ini juga berperan sebagai segmenta pada pulmo yang memiliki ujung saluran, cabang arteria pulmonalis, aliran vena, aliran limfe dan persarafan otonom yg berbeda-

beda pada masing-masing segmenta lainnya. Hal ini berfungsi pada pasien pneumonektomi (suatu prosedur pembedahan untuk pengangkatan paru).<sup>8</sup>

### **2.1.2 HISTOLOGI BRONKUS**

Bronkus memiliki susunan struktural mukosa yang mirip dengan trakea, kecuali susunan tulang rawan dan otot polosnya. Lapisan mukosa terdiri dari lapisan sel-sel epitel silindris berlapis semu bersilia dengan lamina propria yang tipis (dengan banyak serabut elastin). Sedangkan tulang rawan bronkus berbentuk lebih tidak teratur daripada tulang rawan trakea. Pada bagian bronkus yang lebih besar, cincin tulang rawan mengelilingi seluruh lumen. Dengan mengecilnya garis tengah bronkus, cincin tulang rawan digantikan oleh lempeng-lempeng atau pulau-pulau tulang rawan hialin. Dibawah epitel, dalam lamina propria bronkus tampak adanya lapisan otot polos (SM) yang terdiri dari anyaman berkas otot polos yang tersusun menyilang.<sup>5</sup>

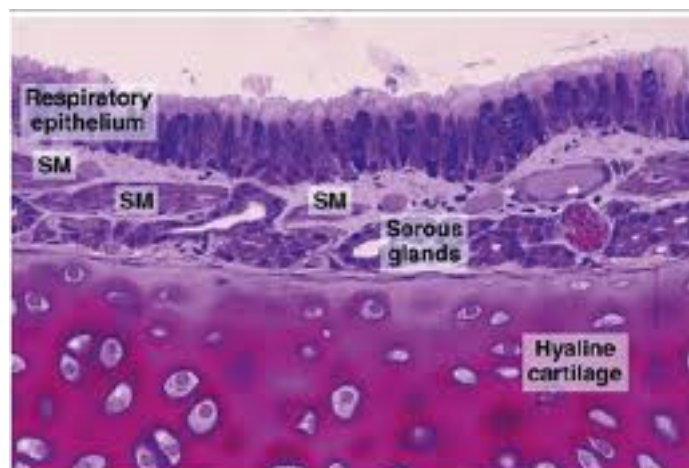
Berkas otot polos menjadi menjadi lebih jelas terlihat di dekat bagian respirasi. Pengerutan otot yang terjadi setelah kematian adalah hal yang menyebabkan penampilan mukosa bronkus menjadi berlipat-lipat pada sediaan histologi. Lamina propria banyak mengandung serat elastin dan memiliki banyak kelenjar serosa dan mukosa, dengan saluran yang bermuara ke dalam lumen bronkus.

Banyak limfosit yang berada di dalam lamina propria dan di antara sel-sel epitel. Selain itu terdapat kelenjar getah bening dan terutama banyak dijumpai di tempat percabangan bronkus.

Histologi bronkiolus meliputi lapisan mukosa, submukosa dan adventitia. Lapisan mukosa bronkiolus sama seperti pada lapisan mukosa bronkus, namun bedanya dengan sedikit sel goblet. Pada bronkiolus terminalis, epitelnya kubus bersilia dan mempunyai sel-sel Clara. Sel Clara tidak memiliki silia, tetapi memiliki granul sekretori didalam apeksnya dan diketahui menyekresi protein yang melindungi lapisan bronkiolus terhadap polutan oksidatif dan inflamasi.<sup>5</sup>

Pada lamina propria terdapat jaringan ikat yaitu serabut elastin dan otot polos. Pada bronkiolus tidak ada tulang rawan dan kelenjar. Lapisan adventitia juga terdiri dari jaringan ikat elastin. Lapisan otot pada bronkiolus lebih berkembang dibandingkan pada bronkus. Pada orang asma diduga resistensi jalan udara karena kontraksi otot bronkiolus.

Bronkiolus respiratorius dilapisi oleh epitel kubus bersilia, dan pada tepinya terdapat lubang-lubang yang berhubungan dengan alveoli. Pada bagian distal dari bronkiolus respiratorius, lapisan epitel kubus tidak ada silianya. Terdapat otot polos dan jaringan ikat elastin.



**Gambar 2.** Sediaan dinding bronkus<sup>5</sup>

## 2.2 SILIA DAN GERAKAN SILIA

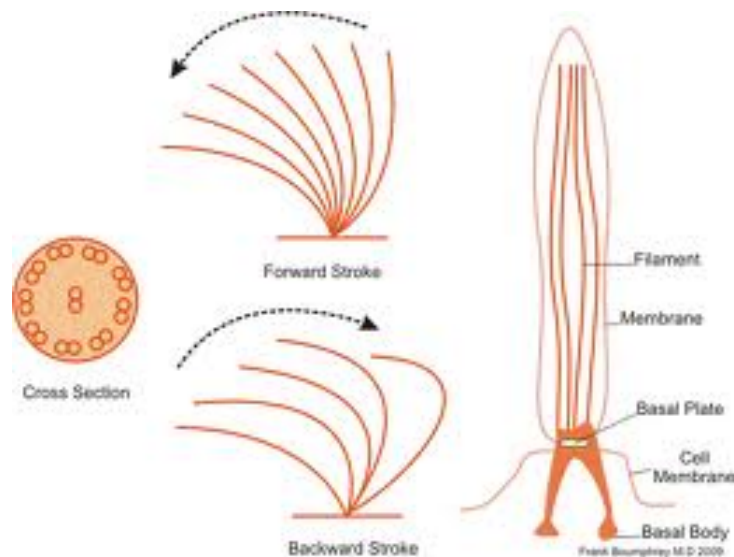
Silia adalah benang tipis setebal 0,25 mikrometer dan panjangnya sekitar 2 sampai 20 mikrometer dengan bundel mikrotubulus di bagian intinya. Silia merupakan organel sel yang berfungsi sebagai alat bantu pergerakan yang menonjol dari sebagian sel.<sup>12</sup>

Sebuah silia memiliki bentuk seperti rambut lurus atau melengkung dengan ujung runcing, yang menonjol sejauh 2 sampai 4 mikrometer dari permukaan sel. Banyak silia sering kali menonjol dari setiap sel tunggal. Silia disangga oleh 11 mikrotubulus yang tersusun oleh 9 mikrotubulus ganda dan 2 mikrotubulus tunggal di bagian tengah silia. Setiap silia merupakan pertumbuhan keluar dari suatu struktur yang terletak di bawah membran sel, yang disebut badan basal silia.<sup>9</sup>

Silia hanya dapat ditemukan pada dua tempat dalam tubuh manusia, yaitu pada permukaan saluran pernapasan dan pada permukaan dalam tuba uterina di saluran reproduksi. Pada rongga hidung dan saluran napas bagian bawah, gerakan silia yang mirip cambuk menyebabkan lapisan mukus bergerak dengan kecepatan kira-kira 1 sentimeter/menit menuju faring dan dengan cara ini, saluran napas akan dibersihkan secara terus menerus dari mukus maupun partikel yang terperangkap dalam mukus. Dalam tuba uterina, silia menyebabkan pergerakan cairan yang lambat dari ostium tuba uterina menuju kavum uteri. Pergerakan cairan tersebut menghantarkan ovum dari ovarium ke uterus.<sup>11</sup>

Silia akan bergerak ke depan dengan gerakan yang cepat, menghentak seperti mencambuk, dan menekuk dengan kuat di tempat melekatnya silia

tersebut dari permukaan sel. Selanjutnya silia akan bergerak ke belakang dengan lambat ke posisi awalnya. Gerakan mendorong ke depan yang cepat seperti gerakan cambuk itu akan mendorong cairan yang ada di permukaan sel tersebut, dengan arah yang sesuai dengan arah gerakan silia. Sedangkan gerakan lambat yang mendorong silia ke arah belakang, hampir tidak berpengaruh terhadap pergerakan cairan tersebut. Akibatnya, cairan akan terus menerus didorong searah dengan gerakan silia yang cepat dan ke depan tadi. Karena kebanyakan epitel bersilia memiliki sangat banyak silia pada permukaannya, dan karena semua silia tersebut bergerak dengan arah yang sama, keadaan tersebut menjadi suatu cara yang efektif untuk mendorong cairan dari suatu bagian permukaan sel ke bagian yang lain.<sup>9</sup>



**Gambar 3.** Struktur Silia<sup>9</sup>

Walaupun belum semua aspek mekanisme gerakan silia diketahui, setidaknya telah dapat diketahui beberapa hal tentang silia. Pertama, kesembilan mikrotubulus ganda dan dua mikrotubulus tunggal, semuanya berhubungan satu sama lain oleh suatu kompleks ikatan silang protein. Keseluruhan kompleks tubulus dan ikatan silang tersebut disebut aksonema. Kedua, silia masih dapat menghentak dalam kondisi yang sesuai sekalipun membrannya sudah dibuang dan terjadi kerusakan pada elemen lainnya kecuali aksonema. Ketiga, ada dua keadaan penting yang diperlukan untuk kelanjutan hentakan aksonema setelah struktur silia yang lain diangkat, yaitu ketersediaan *adenosine triphosphate*(ATP) dan kondisi ionisasi yang sesuai, khususnya kesesuaian konsentrasi magnesium dan kalsium. Keempat, ketika silia bergerak maju, mikrotubulus ganda pada tepi depan silia bergeser ke arah luar dan bergerak menuju ujung silia sementara mikrotubulus yang berada di tepi belakang tetap pada tempatnya. Kelima, lengan protein multipel, yang terdiri atas protein *dynein*, yang memiliki aktivitas enzim ATPase, menonjol dari masing-masing mikrotubulus ganda ke mikrotubulus ganda yang berdekatan.<sup>10</sup>

Berdasarkan informasi tersebut, telah diketahui bahwa pelepasan energi dari ATP sewaktu berkontak dengan lengan *dynein* ATPase akan menyebabkan bagian ujung dari lengan-lengan tersebut menjalar dengan cepat di sepanjang permukaan mikrotubulus ganda yang berdekatan. Mikrotubulus pada tepi depan menjalar ke arah luar sementara mikrotubulus tepi belakang tetap tidak bergerak, sehingga akan menyebabkan penekukan.

Kontraksi silia diatur oleh mekanisme yang masih belum dipahami. Silia pada beberapa sel yang mengalami kelainan secara genetik tidak memiliki dua mikrotubulus tunggal di tengah, dan silia semacam ini tidak mampu menghentak. Oleh karena itu, muncul anggapan bahwa beberapa sinyal elektrokimia dihantarkan di sepanjang kedua mikrotubulus tunggal tersebut untuk mengaktifkan lengan dynein.<sup>13</sup>

Waquespack mendeskripsikan keadaan yang mempengaruhi transportasi mukosiliar adalah faktor fisiologis atau fisik, polusi udara dan rokok. Kelainan congenital, rhinitis alergi, infeksi virus atau bakteri, obat-obat topical, obat-obat sistemik, bahan pengawet dan tindakan operasi.<sup>14</sup>

## **2.3 Faktor-faktor yang mempengaruhi gerakan silia**

### **2.3.1 Merokok**

Rokok dapat membuat silia yang normalnya bekerja mengeluarkan benda asing dari saluran nafas menjadi kurang peka. Kurang berfungsinya silia ini mengakibatkan mukus, bakteri dan partikel-partikel lainnya yang terinhalasi menetap di saluran nafas. Ketika sedang tidur, silia mulai berfungsi lagi membersihkan saluran nafas dan berusaha mengeluarkan partikel asing. Saat bangun, muncullah gejala berupa batuk yang merupakan salah satu cara mengeliminasi zat iritan dan mucus yang sudah terkumpul di saluran napas. Paparan rokok dalam jangka waktu yang panjang akan membuat silia berhenti berfungsi secara total sehingga paru dan saluran napas perokok lebih mudah mengalami iritasi dan terinfeksi.<sup>15</sup>



### 2.3.2 Polusi Udara

Efek pencemaran udara terhadap saluran pernafasan dapat menyebabkan pergerakan silia saluran pernafasan menjadi lambat dan kaku bahkan dapat berhenti sehingga tidak dapat membersihkan saluran pernafasan akibat iritasi oleh bahan pencemar.<sup>17</sup>

### 2.3.3 Suhu dingin

Pada suhu dingin gerakan silia dapat mencapai 0 hz, apabila suhu dirubah menjadi lebih tinggi motilitas silia menjadi lebih normal. Fenomena ini menunjukkan bahwa frekuensi gerakan silia akan semakin meningkat apabila temperatur meningkat. Proses pembuatan ATPlah yang mengontrol frekuensi gerakan silia pada suhu ini. *Ciliary palsy* diinduksi oleh suhu dingin, sehingga frekuensi infeksi respiratori ini lebih banyak ditemukan pada musim dingin. Selain itu, viskositas mukus yang meningkat pada suhu dingin akan menyebabkan penurunan frekuensi gerakan silia.<sup>16</sup>

### 2.3.4 Suhu Kamar

Suhu kamar lebih kurang antara 20°C-25°C atau 68°F-77°F. Pada suhu 37°C dan pada suhu kamar tidak ada perbedaan yang signifikan. Antara suhu 20°C-45°C silia bergerak dengan frekuensi 8-11 Hz. Pada suhu 50°C frekuensi gerakan silia turun dan sel menjadi mati.<sup>16</sup>

## **2.4 Kesementaraan dan mortalitas manusia**

Kematian hanya dapat dialami oleh organisme hidup. Secara medis, kematian merupakan suatu proses dimana fungsi dan metabolisme sel organ-organ internal tubuh terhenti. Dikenal beberapa istilah kematian, yaitu mati somatis, mati seluler, mati serebral dan mati batang otak. Mati somatis (mati klinis) terjadi akibat terhentinya fungsi ketiga sistem penunjang kehidupan yaitu susunan saraf pusat, sistem kardiovaskuler dan sistem pernapasan yang menetap. Mati seluler adalah kematian organ atau jaringan tubuh yang timbul akibat terhentinya penggunaan oksigen serta metabolisme normal sel dan jaringan. Proses ini kemudian diikuti oleh proses autolisis dan pembusukan. Setiap sel tubuh memiliki perbedaan waktu untuk mengalami kematian sel yang disebabkan oleh perbedaan metabolisme seluler didalamnya. Neuron korteks memerlukan waktu paling cepat yaitu 3-7 menit setelah sel kehabisan oksigen. Pada tubuh terjadi kematian sel demi sel dan kematian secara keseluruhan akan terjadi dalam beberapa jam. Mati serebral adalah kerusakan kedua hemisfer otak yang ireversibel kecuali batang otak dan serebelum, sedangkan kedua sistem lainnya yaitu respirasi dan kardiovaskuler masih berfungsi dengan bantuan alat. Mati batang otak adalah bila terjadi kerusakan seluruh isi neuronal intrakranial yang ireversibel, termasuk batang otak dan serebelum. Dengan diketahuinya mati batang otak, maka dapat dikatakan seseorang secara keseluruhan tidak dapat dikatakan hidup lagi.<sup>3</sup>

Kematian adalah suatu proses yang dapat dikenali secara klinis pada seseorang melalui tanda kematian yaitu perubahan yang terjadi pada tubuh mayat. Hal ini merupakan hal yang sangat penting dalam investigasi suatu kasus

kematian, dimana perubahan postmortem banyak memberikan informasi baik mengenai waktu kematian, penyebab, maupun mekanisme kematian.<sup>3,4</sup>

Memperkirakan saat kematian yang mendekati ketepatan mempunyai arti penting khususnya bila dikaitkan dengan proses penyidikan, dengan demikian penyidik dapat lebih terarah dan selektif di dalam melakukan pemeriksaan terhadap para tersangka pelaku tindak pidana. Seorang ahli forensik harus mampu mendeskripsikan penyebab dan mekanisme kematian seseorang. Mekanisme kematian timbul akibat abnormalitas dari aspek biokimia dan fisiologi tubuh yang berujung pada kematian.<sup>3</sup>

Dalam mempelajari kematian, dikenal istilah Thanatologi. Thanatologi berasal dari kata *thanatos* yang berarti berhubungan dengan kematian dan *logos* yang berarti ilmu. Thanatologi adalah bagian dari ilmu kedokteran forensik yang mempelajari kematian dan perubahan yang terjadi setelah kematian serta faktor yang mempengaruhi perubahan tersebut.<sup>3</sup>

Perubahan pada tubuh tersebut dapat timbul dini pada saat meninggal atau beberapa menit kemudian. Tanda-tanda kematian dibagi atas tanda kematian pasti dan tidak pasti. Tanda kematian tidak pasti adalah penafasan berhenti, sirkulasi terhenti, kulit pucat, tonus otot menghilang dan relaksasi, pembuluh darah retina mengalami segmentasi dan pengeringan kornea. Sedangkan tanda pasti kematian adalah lebam mayat (*livor mortis*), kaku mayat (*rigor mortis*), penurunan suhu tubuh (*algor mortis*), pembusukan, mumifikasi, dan adiposera.<sup>3</sup>