

## **BAB II**

### **TINJAUAN PUSTAKA**

#### **2.1 Pembedusan**

Pembedusan adalah keadaan dimana jaringan lunak tubuh mengalami penghancuran oleh proses autolisis dan aktivitas mikroorganisme. Autolisis adalah kerusakan jaringan dan organ melalui proses kimiawi yang disebabkan oleh enzim intraseluler. Organ yang kaya dengan enzim akan mengalami proses autolisis lebih cepat daripada organ yang tidak memiliki enzim, sehingga pankreas akan mengalami autolisis lebih cepat daripada jantung. Autolisis ini tidak dipengaruhi oleh mikroorganisme, oleh karena itu pada mayat yang bebas hama misalnya mayat bayi dalam kandungan tetap berlangsung proses autolisis.<sup>2,6,7</sup>

Proses autolisis terjadi akibat dari pengaruh enzim yang dilepaskan oleh sel-sel yang sudah mati. Mula-mula yang terkena ialah nukleoprotein yang terdapat pada kromatin sesudah itu sitoplasmanya. Kemudian dinding sel akan mengalami kehancuran akibatnya jaringan menjadi lunak atau mencair. Pelepasan enzim dalam autolisis akan dipercepat dengan panas, diperlambat dengan dingin, dan dihentikan dengan dengan pembekuan atau rusaknya enzim dengan terlalu panas.<sup>2</sup>

Proses pembedusan yang kedua disebabkan oleh aktivitas mikroorganisme dan fermentasi. Setelah kematian, flora normal traktus gastrointestinal menyebar keseluruh tubuh menyebabkan pembedusan. Sebagian besar oksigen dalam tubuh

menurun, menyebabkan lingkungan menjadi anaerob sehingga mudah dirusak oleh bakteri yang berperan dalam pembusukan. Sebagian besar bakteri pada tubuh terdapat pada caecum, oleh karena itu tanda-tanda eksternal pembusukan pertama kali terlihat di abdomen. Mikroorganisme penyebab utama pembusukan adalah *Clostridium Welchii* yang biasanya terdapat pada usus besar. Apabila *Clostridium Welchii* mulai tumbuh pada satu organ parenkim, maka sitoplasma dari organ sel tersebut akan mengalami desintegrasi dan nukleusnya akan dirusak sehingga sel menjadi lisis. Kemudian sel-sel menjadi lepas sehingga jaringan kehilangan strukturnya. Secara mikroskopis bakteri dapat dilihat menggumpal pada rongga-rongga jaringan, dimana bakteri tersebut banyak memproduksi gelembung gas. Ukuran gelembung gas yang tadinya kecil dapat cepat membesar menyerupai *honey combed appearance*. Lesi ini dapat dilihat pertama kali pada hati.<sup>2,8</sup>

### **2.1.1 Mekanisme Pembusukan**

Pada orang yang sudah mati semua sistem pertahanan tubuh hilang sehingga mikroorganisme pembusuk tersebut dapat leluasa memasuki pembuluh darah dan menggunakan darah sebagai media untuk berkembang biak. Bakteri tersebut menyebabkan hemolisa, pencairan bekuan-bekuan darah yang terjadi sebelum atau sesudah mati, pencairan trombus atau emboli, perusakan jaringan-jaringan dan pembentukan gas-gas pembusukan. Proses tersebut mulai tampak kurang lebih 48 jam sesudah mati.<sup>2</sup>

Tanda awal pembusukan akan tampak warna kehijauan didaerah dinding abdomen bawah, lebih banyak terlihat pada fossa iliaca kanan tepatnya didaerah caecum, karena daerah tersebut banyak mengandung cairan dan bakteri serta letaknya dekat dengan dinding perut. Pewarnaan akan menyebar keseluruh abdomen kemudian ke daerah dada, pada saat ini akan tercium bau pembusukan. Warna hijau disebabkan karena terjadi suatu *morbling*, yaitu hasil dari hemolisis pembuluh darah dengan reaksi dari hemoglobin dan hidrogen sulfida sehingga menyebabkan pembuluh darah berwarna coklat kehijau-hijauan. Selain banyak ditemukan pada abdomen dan paru, bakteri pembusukan juga banyak ditemukan pada sistem vena, sehingga gambaran marbling ini terlihat jelas pada bahu, dada bagian atas, abdomen bagian bawah dan paha. Apabila proses pembusukan cepat, gambaran pembuluh balik yang seperti jaring-jaring tersebut akan tampak dalam waktu 24 jam.

Terjadi pula pelebaran pembuluh darah superficial disebabkan karena desakan gas pembusukan yang ada didalamnya sehingga pembuluh darah serta cabang-cabangnya tampak lebih jelas, seperti pohon gundul (*arborescent pattern* atau *arborescent mark*). Lapisan permukaan epidermis dapat dengan mudah terlepas disebut '*skin slippage*'.<sup>2,6,7,9</sup>

Awal minggu kedua terjadi pembentukan gas dalam tubuh yang dimulai dari lambung dan usus. Pembentukan gas ini menyebabkan naiknya tegangan abdomen dan perut akan tampak menggelembung. Tekanan pada abdomen akibat pembentukan gas, akan menyebabkan keluarnya cairan merah kehitaman dari mulut dan hidung. Sebagian besar cairan berasal dari saluran pernafasan dan

lambung. Pembengkakan yang terjadi pada seluruh tubuh mengakibatkan berat badan mayat yang tadinya 57 - 63 kg sebelum mati menjadi 95 - 114 kg sesudah mati. Gas dalam jaringan tubuh akan menimbulkan kesan seperti krepitasi, yaitu apabila daerah tersebut diraba akan teraba derik udara. Pada daerah scrotum, penis dan buah dada gelembung pembusukan biasanya akan tampak jelas.<sup>7,9</sup>

Tiga atau empat minggu kemudian kuku, rambut kepala, aksila dan pubis mudah dicabut dan dilepaskan karena danya disintegrasi pada akarnya.<sup>8</sup> Wajah akan tampak menggebung, mata akan tertutup erat karena penggebungan pada kedua kelopak mata, bibir akan menggebung dan mencucur, lidah akan menggebung dan terjulur keluar sehingga mayat sulit dikenali identitasnya.<sup>9</sup>

Tekanan intra abdominal dapat menyebabkan pengeluaran urin dan feses. Prolaps uteri dan pengeluaran fetus setelah kematian pada wanita hamil disebabkan juga oleh tekanan intra abdominal. Tekanan pada rongga dada meningkat karena adanya gas pembusukan didalam rongga abdomen, sehingga menyebabkan udara dan cairan pembusukan yang berasal dari trakea dan bronkus terdorong keluar, bersama dengan keluarnya cairan darah melalui mulut dan hidung.<sup>9</sup>

Proses pembusukan akan berlanjut dengan menciutnya organ-organ dalam akan tetapi tetap dapat dikenali. Pembusukan organ dalam akan terjadi dengan kecepatan yang berbeda, salah satu faktor yang berperan dalam kecepatan pembusukan adalah banyak sedikitnya darah yang terdapat pada organ dalam tersebut. Organ dalam yang paling cepat membusuk ialah otak, hati, lambung,

usus halus, limpa, rahim wanita hamil atau nifas. Perubahan warna pada dinding lambung terutama di fundus dapat dilihat dalam 24 jam pertama setelah kematian. Difusi cairan dari kandung empedu ke jaringan sekitarnya, menyebabkan perubahan warna pada jaringan sekitarnya menjadi coklat kehijauan. Pada hati dapat dilihat gambaran honey combs appearance, limpa menjadi sangat lunak dan mudah robek, serta otak menjadi lunak. Organ yang lambat membusuk ialah esofagus, jantung, paru-paru, diafragma, ginjal dan kandung kemih. Organ yang paling lambat mengalami pembusukan adalah prostat pada laki-laki dan rahim pada wanita yang tidak dalam keadaan hamil atau nifas, karena strukturnya yang berbeda dengan jaringan lain yaitu jaringan fibrous, sehingga pada keadaan dimana telah terjadi pembusukan lanjut, kedua organ dalam tersebut dapat dipakai sebagai petunjuk menentukan jenis kelamin mayat tersebut.<sup>2,7</sup>

Tahap terakhir dari pembusukan adalah *skeletonization*, yaitu menyisakan sedikit atau bahkan tidak ada jaringan lunak, sehingga hanya terlihat tulang. Proses ini dapat bertahan berbulan-bulan bahkan bertahun-tahun, hingga akhirnya terjadi penghancuran tulang. *Skeletonization* lebih tergantung pada keadaan lingkungan daripada pembusukan secara alami. Mikroorganisme dalam tanah, cuaca dan keasaman tanah berpengaruh terhadap keutuhan tulang. Ketika pembusukan tubuh sampai pada tahap ini, penentuan waktu kematian bisa sangat sulit.<sup>8,9</sup>

### 2.1.2 Faktor yang mempengaruhi proses pembusukan

Pembusukan dapat dipengaruhi oleh faktor tertentu yang dapat mempercepat atau memperlambat proses pembusukan. Faktor yang mempengaruhi lamanya pembusukan ada dua yaitu faktor luar dan faktor dalam. Faktor luar adalah faktor yang dapat mempengaruhi lamanya pembusukan dari luar, sedangkan faktor dalam dari tubuh mayat itu sendiri.<sup>2,5,8,10,11</sup>

A) Faktor Luar, yaitu:

1) Suhu disekitar mayat

Proses pembusukan yang paling optimal terjadi pada suhu 70<sup>0</sup>F-100<sup>0</sup>F(21<sup>0</sup>C-38<sup>0</sup>C). Suhu yang optimal akan membantu pemecahan proses biokimiawi dan sangat menguntungkan untuk pertumbuhan bakteri sehingga proses pembusukan dapat terjadi lebih cepat. Pada suhu dibawah 50<sup>0</sup>F(10<sup>0</sup>C) atau diatas 100<sup>0</sup>F(38<sup>0</sup>C) proses pembusukan akan menjadi lebih lambat, proses pembusukan menjadi lebih lambat akibat terhambatnya pertumbuhan mikroorganisme.

2) Kelembapan udara

Pada proses pembusukan memerlukan kelembapan udara, lingkungan yang lembab akan mendorong proses pembusukan sedangkan lingkungan yang kering akan memperlambat proses pembusukan. Mayat yang dikeringkan atau berada ditempat yang kering akan menyebabkan mummifikasi.

### 3) Ketersediaan Oksigen

Kandungan oksigen yang berkurang pada lingkungan akan memperlambat proses pembusukan, karena oksigen diperlukan oleh bakteri aerob yang berperan dalam proses pembusukan. Pada penelitian Mnat (1987) yang mengamati sebuah kuburan masal, dimana salah satu mayat dibuka dari atas dada sampai bawah perut, menunjukkan hilangnya semua organ dada dan jaringan lunak yang terkait.

### 4) Lingkungan

Tubuh yang terendam air kecepatan pembusukan akan melambat karena pendinginan tubuh. Sementara, apabila tubuh diangkat dari air, kecepatan dekomposisi akan meningkat karena sudah diencerkan oleh air dan tekanan atmosfer yang tinggi. Mayat yang berada dipermukaan proses pembusukan akan terjadi lebih cepat daripada mayat yang dikubur dalam tanah.

### 5) Pakaian

Fungsi pakaian bisa mempercepat atau memperlambat fungsi pembusukan. Pakaian akan mencegah mikroorganisme masuk kedalam tubuh melalui udara sehingga proses pembusukan dapat dihambat. Akan tetapi apabila keadaan udara dingin, maka pakaian akan membantu mempertahankan temperatur menyebabkan tubuh dapat ditinggali oleh beberapa jenis mikroorganisme, sehingga proses pembusukan akan dipercepat.

## 6) Serangga

Aktivitas serangga merupakan faktor penting dalam proses pembusukan, yaitu dapat mempercepat proses pembusukan. Lalat akan hinggap pada mayat karena tertarik oleh bau yang dikeluarkan, kemudian akan meletakkan telurnya pada mayat tersebut. Serangga ini senang bertelur di daerah yang tidak terkena sinar matahari, yaitu disekitar lubang mulut, hidung, mata alat kelamin. Telur ini kemudian akan menetas menjadi belatung dalam waktu 8-14 jam. Belatung akan merusak jaringan lunak dan otot, dengan cara protein yang ada dalam jaringan dibusukkan sehingga menyebabkan sebagian besar daerah mencair. Belatung dapat menyebarkan bakteri keseluruh tubuh dalam perjalanannya, sehingga dapat merusak jaringan lunak dalam waktu singkat. Belatung juga menghasilkan banyak panas sehingga akan merangsang proses pembusukan selanjutnya. Aktivitas serangga dipengaruhi oleh suhu lingkungan dan paparan sinar matahari. Paparan sinar matahari langsung akan mempercepat aktivitas serangga dalam proses pembusukan tetapi populasinya kecil, sedangkan pada daerah yang teduh menunjukkan populasi serangga besar tetapi onsetnya kecil.

### B) Faktor dalam yaitu:

#### 1) Umur

Pada mayat orang tua, proses pembusukannya lebih lambat disebabkan lemak tubuhnya relatif lebih sedikit. Pembusukan yang lambat juga terjadi



pada mayat bayi yang baru lahir dan belum pernah diberi makan, karena pada mayat tersebut belum pernah dimasuki bakteri pembusuk.

## 2) Jenis kelamin

Jumlah lemak subkutan pada wanita lebih banyak, sehingga dapat mempertahankan panas tubuh sedikit lebih lama dan sedikit mempercepat proses pembusukan. Selain itu tidak ada yang mempengaruhi perbedaan jenis kelamin.

## 3) Sebab kematian

Mayat orang mati mendadak lebih lambat proses pembusukannya daripada yang mati karena penyakit kronis. Demikian pula pada mayat orang yang mati karena keracunan kronis dari zat asam karbol, arsen, antimo dan zink klorida akan lebih cepat proses pembusukannya. Jika kematian karena infeksi atau septikemia, akan mempercepat pembusukan karena bakteri.

## 4) Keadaan mayat

Proses pembusukan akan cepat terjadi pada tubuh mayat yang gemuk, edematus, luka-luka dan mayat wanita yang mati sesudah melahirkan. Pada keadaan mayat dengan luka tembus dan tusuk membuat larva lalat mudah masuk kedalam tubuh, sehingga proses pembusukan lebih mudah terjadi. Sedangkan proses pembusukan yang lambat terjadi pada mayat yang ketika hidupnya mengalami dehidrasi, karena jumlah air yang kecil

pada tubuh tidak memberikan tempat yang baik untuk perkembangan mikroorganismenya.

### **2.1.3 Pembusukan melalui media**

Media di mana mayat berada berperan penting dalam kecepatan pembusukan mayat. Kecepatan pembusukan ini di gambarkan dalam rumus klasik Casper, yaitu perbandingan tanah : air : udara = 1 : 2 : 8 artinya mayat yang dikubur di tanah umumnya membusuk 8 kali lebih lama dari pada mayat yang terdapat di udara terbuka.<sup>2</sup>

Mayat yang dikubur di tanah proses pembusukan terjadi lebih lama daripada mayat yang diletakkan pada permukaan, hal ini disebabkan karena suhu di dalam tanah lebih rendah, terlindung dari predators seperti binatang dan insekta, dan rendahnya oksigen menghambat berkembang biaknya organisme aerobik. Apabila tubuh membusuk sebelum penguburan, proses pembusukan akan tetap terjadi walaupun lambat, karena aktivitas enzim dan bakteri sudah terbentuk dari dalam sebelum mayat dikuburkan, serta mikroorganismenya dalam tanah tidak berperan pada tahap awal proses pembusukan, melainkan berperan pada tahap akhir proses pembusukan. Penguburan mayat yang lebih dalam menyebabkan proses pembusukan menjadi semakin lama, karena tanah lebih dingin. Keadaan ini tidak berlaku apabila terendam air atau tanah terkena air hujan. Bila mayat dikubur didalam pasir dengan kelembaban yang kurang dan iklim yang panas

maka jaringan tubuh mayat akan menjadi kering sebelum terjadi pembusukan. Penyimpangan dari proses pembusukan ini disebut mumifikasi.<sup>4,8,9</sup>

Pada mayat yang tenggelam di dalam air proses pembusukan umumnya berlangsung lebih lambat dari pada yang di udara terbuka. Hal ini dipengaruhi oleh temperatur air, kandungan bakteri dalam air, kadar garam di dalamnya, dan binatang air sebagai predator. Pada mayat yang tenggelam di dalam air pengaruh gravitasi tidak lebih besar dibandingkan dengan daya tahan air, akibatnya walaupun mayat tenggelam diperlukan daya apung untuk mengapungkan tubuh di dalam air. Mayat yang tenggelam mempunyai posisi karakteristik yaitu kepala dan kedua anggota gerak berada di bawah sedangkan badan cenderung berada di atas akibatnya lebam mayat lebih banyak terdapat di daerah kepala. Sehingga mayat yang tenggelam di air kepalanya menjadi lebih busuk dibandingkan dengan anggota badan yang lain<sup>9</sup>

#### **2.1.4 Penghambatan proses pembusukan dengan pembekuan**

Proses pembusukan akan dipercepat oleh suhu yang hangat, diperlambat oleh suhu yang dingin dan dihentikan oleh pembekuan. Pada mayat yang dibekukan pelepasan enzim akan terhambat sehingga dengan sendirinya akan menghambat proses autolisis. Micozzi mengamati bahwa hewan yang dibekukan kemudian dicairkan akan mengalami proses pembusukan dari luar kedalam, sedangkan hewan yang tidak mengalami pembekuan proses pembusukan terjadi dari dalam keluar. Menurut Micozzi tidak ada proses pembusukan yang terjadi

pada suhu kurang dari 4<sup>0</sup>C. Pada suhu kurang dari 12<sup>0</sup>C aktivitas serangga sangat berkurang.<sup>10,14</sup>

Pada pembekuan suhu di kulkas dipertahankan 4<sup>0</sup>C. Suhu tidak boleh turun pada titik beku yaitu 0<sup>0</sup>C, karena es akan terbentuk dalam jaringan tubuh sehingga sel akan rusak. Hal ini menyebabkan pemeriksaan mikroskopis pada jaringan yang akan dilakukan mendapatkan hasil yang kecil.<sup>14</sup>

Pada keadaan tertentu, mungkin perlu pendinginan dalam waktu yang lama. Misalnya pada kasus kematian akibat keracunan, dimana sifat racun belum bisa ditentukan. Penyelidikan pada kasus ini dapat berlangsung lama, karena harus menunggu analisis dari laboratorium forensik. Untuk mempertahankan kondisi tubuh dalam waktu yang panjang perlu pendinginan yang dalam, oleh karena itu salah satu bagian tubuh dipertahankan dalam suhu -20<sup>0</sup>C, sehingga tidak akan terurai sampai otopsi telah selesai dilakukan dan jaringan telah diambil untuk pemeriksaan histologi.<sup>14</sup>

## **2.2 Gambaran histopatologi hepar**

Hepar merupakan organ kelenjar terbesar dalam tubuh, dengan berat sekitar 1,5kg, terletak dibawah diafragma di dalam rongga abdomen. Hepar merupakan organ tempat pengolahan dan penyimpanan nutrien yang diserap dari usus halus untuk dipakai oleh bagian tubuh lainnya. Hepar mendapat perdarahan dari vena porta dan arteri hepatica<sup>13,15</sup>

Daerah hilus (*porta hepatis*) merupakan tempat keluar masuknya pembuluh darah dan saluran empedu, yaitu tempat masuknya v. Porta dan a.hepatika propria, serta keluarnya duktus hepatikus kanan dan kiri. Jaringan ikat dari kapsula pada hilus mengikuti pembuluh darah masuk membentuk lobuli-lobuli kecil. Jaringan ikat batas lobuli pada manusia tidak tampak jelas. Di dalam lobulus terdapat jaringan penyokong yang berupa jala-jala retikuler, yang menyambung dengan jaringan interlobularis. Hepar dibungkus oleh suatu jaringan ikat tipis (*kapsula glisson*) yang menebal di hilus.<sup>13,15</sup>

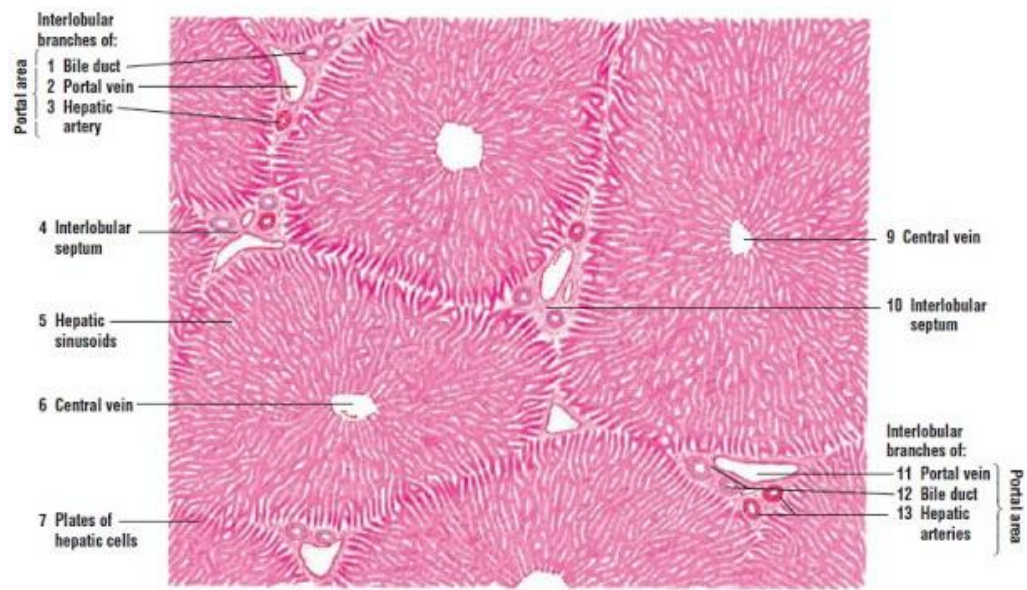
Jaringan ikat portal/interlobuler yang merupakan lanjutan dari kapsula, mengelilingi struktural utama hepar yang tersusun sebagai lobulus hepar. Pembuluh darah yang memisahkan lobulus hepar terdapat pada pertemuan sudut-sudut poligonal/heksagonal yang berbentuk segitiga, yang disebut sebagai segitiga/trigonum/area portal atau trigonum kiernan. Pada area tersebut terdapat trias portal yang terdiri dari cabang arteri hepatika (*arteriol*), cabang vena porta (*venula*), dan duktus biliaris, serta ditambah pembuluh limfe, yang berada diantara jaringan ikat interlobularis. Lobulus hati secara mikroskopis tampak sebagai silinder/prisma yang tak teratur dengan ukuran 1 mm x 2 mm dan jumlah seluruhnya  $\pm 1$  juta. Lobulus hepar pada potongan melintang tersusun dari lempengan/deretan sel-sel parenkim hati yang tersusun radier dengan pusat pembuluh kecil ditengahnya yaitu v. Sentralis, dan dipisahkan oleh celah yang disebut sinusoid hepar. Dinding sinusoid dilapisi oleh selapis sel yang mempunyai pori-pori. Celah yang memisahkan antara sel-sel endotel dengan hepatosit disebut sebagai celah/spasium disse, yang berisi mikrovili dari hepatosit.<sup>15</sup>

Pada sinusoid terdapat pula sel *Kupfer*, yang merupakan sel fagosit, dengan intinya yang lebih menonjol dibanding inti endotel. Sel stellata atau sel penimbun lemak (liposit) terdapat pada celah disse (perisinusoid). Sel ini diduga mampu berdeferensiasi menjadi fibroblas yang ada di dalam lobulus. Hepatosit atau sel hepar merupakan sel berbentuk polihedral, mempunyai permukaan 6 atau lebih, dengan batas sel jelas, inti bulat ditengah. Sel yang besar dengan inti besar atau inti dua dapat ditemukan karena terjadi proses mitosis, sitoplasmanya eosinofilik karena banyaknya mitokondria dan retikulum endoplasma halus. Di dalam sitoplasmanya terdapat lisosom, peroksisom, butir-butir glikogen terlihat dengan pengecatan khusus, serta tetesan lemak terutama setelah puasa atau makan makanan yang banyak lemak.<sup>13,15</sup>

Unit struktural anatomis terkecil dari hati adalah lobulus klasik hati, yang merupakan lobulus hepar yang terbentuk prisma heksagonal dengan v.sentralis ditengahnya. Sedangkan unit fungsional utama dari hati adalah lobulus porta, dibatasi oleh 3 vena sentralis berbeda yang dikelompokkan sekitar sumbu duktus biliaris interlobuler. Lobulus porta terdiri atas 3 lobulus klasik yang berdekatan yang melepaskan sekret ke duktus biliaris interlobularis sebagai pusatnya.<sup>15</sup>

Unit fungsional hati terkecil adalah asinus hati. Unit ini terdiri atas parenkim hati yang terletak di antara dua v.sentralis dan mempunyai cabang terminal a.hepatika, v.porta dan sistem duktus biliaris sebagai sumbunya. Asinus hati memperoleh darah dari cabang akhir a.hepatika dan v.porta, serta mengeluarkan hasil sekresi eksokrin ke dalam duktus biliaris.<sup>15</sup>

Gambaran dekomposisi hepar terlihat hepatosit mulai kehilangan dinding sel secara nyata. Terdapat pula kehilangan seluruh inti sel. Secara keseluruhan, struktur yang tersisa hanya seperti rongga semu, tampak pula gambaran foamy liver.<sup>13</sup>



**Gambar 1.** Histologi hepar<sup>16</sup>

### 2.3 Pengaruh Membran Plasma pada Pembusukan

Membran plasma mempertahankan perbedaan komposisi cairan di ekstraseluler dan intraseluler. Membran plasma dapat dilihat dengan mikroskop elektron tampak sebagai struktur trilaminar, yaitu terdiri dari dua lapisan gelap yang dipisahkan oleh satu lapisan terang ditengah. Dua lapisan gelap mencerminkan daerah polar *hidrofilik* molekul lemak dan protein yang menyerap zat warna. Ruang tengah diantaranya adalah bagian tengah *hidrofobik* yang kurang terwarnai yang dibentuk oleh daerah nonpolar molekul-molekul tersebut.

Membran plasma adalah lapisan ganda lemak cair yang terbenam dalam protein, yang sebagian besar terdiri dari lemak dan protein ditambah sedikit karbohidrat. Lemak membran yang paling banyak adalah fosfolipid, dengan kolesterol yang jumlahnya lebih sedikit. Fosfolipid mempunyai satu kepala polar yang bersifat *hidrofilik*, yaitu menyukai air, serta mempunyai 2 ekor nonpolar yang bersifat *hidrofobik*, yaitu takut dengan air.

Protein membran melekat atau terselip di dalam lapis ganda lemak, sebagian dari protein ini membentang ke seluruh ketebalan membran. Membran plasma memiliki molekul lemak 50 kali lebih banyak daripada molekul protein, akan tetapi protein membentuk hampir separuh dari massa membran, karena protein jauh lebih besar daripada lemak. Struktur membran dikenal sebagai model mosaik cair, karena sifat cair lapis ganda lemak memungkinkan banyak protein membran mengapung bebas di dalam lemak yang bergerak, meskipun *sitoskeleton* membatasi mobilitas protein yang melakukan fungsi khusus di daerah tertentu sel.

Berbagai komponen membran plasma mempunyai berbagai fungsi, yaitu lapis ganda lemak merupakan sawar utama terhadap difusi, protein melaksanakan sebagian besar fungsi membran spesifik, dan karohidrat berperan penting dalam proses pengenalan diri dan interaksi sel.

Protein plasma memiliki fungsi membran spesifik antara lain sebagai berikut:

- a. Protein pembawa (*carrier*) senyawa yang melewati membran plasma.
- b. Menerima isyarat (*signal*) hormonal.



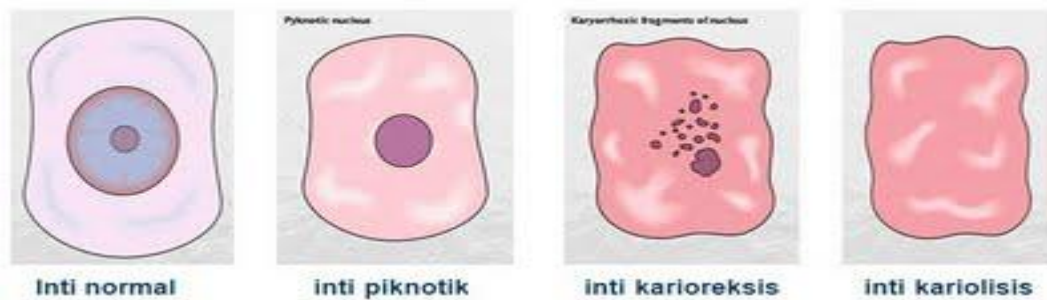
- c. Meneruskan isyarat tersebut ke bagian sel sendiri atau ke sel lainnya.
- d. Sebagai pangkal pengikat komponen-komponen sitoskeleton dengan
- e. senyawa-senyawa ekstraseluler.
- f. Protein di permukaan membran berfungsi sebagai enzim yang terdapat pada selaput mitokondria, retikulum endoplasma dan kloroplas, yang mengontrol reaksi kimia tertentu di permukaan dalam atau luar sel. Setiap sel memiliki perbedaan jenis enzim yang terbenam dalam membran plasmanya.<sup>17</sup>

Sirkulasi antibodi yang ada dalam fraksi  $\gamma$  globulin pada protein plasma dibuat di sel plasma, akan tetapi sebagian besar protein plasma lain disintesis di hati, karena salah satu fungsi endokrin dari hepatosit adalah mensintesa banyak protein plasma yang digunakan untuk kebutuhannya sendiri serta untuk dikeluarkan. Protein plasma yang disintesis oleh hati antara lain: Albumin, Orosomukoid, Antiprotease  $\alpha_1$ , Fetoprotein  $\alpha$ , Makroglobulin  $\alpha_2$ , Antitrombin-III, Seruloplasma, Protein reaktif-C, Fibrinogen, Heptoglobin, Hemopeksin, Transferin, Apolipoprotein B, Protein, Faktor pembekuan II, VII, IX, X, Antitrombin C, protein C, Faktor pertumbuhan mirip insulin I, Globulin pengikat hormon steroid, Globulin pengikat tiroksin, Transtiretin (pra-albumin pengikat tiroid). Protein ini disintesis di retikulum endoplasma granuler dan disekresi secara lambat ke darah (fungsi endokrin), sekitar 5% protein dihasilkan oleh sel *Kupffer*, dan sisanya oleh hepatosit.<sup>15,16,17</sup>

## 2.4 Kematian sel

Kematian sel atau jaringan pada organisme hidup disebut nekrosis, yaitu proses patologis setelah terjadi cedera sel, dan sering mengenai jaringan yang padat. Sel yang mati memperlihatkan peningkatan eosinofil dengan pulasan merah muda dari pewarnaan eosin. Gambaran tersebut disebabkan karena meningkatnya pengikatan eosin terhadap protein intrasitoplasmatis yang mengalami denaturasi dan akibat hilangnya basofil yang normalnya ditanam oleh RNA dalam sitoplasma. Basofil akan terpulas biru dari pewarnaan hematoksisilin. Sel yang mati akan memiliki gambaran homogen, akan lebih tampak seperti kaca daripada sel yang masih hidup, terutama akibat hilangnya partikel glikogen. Bila enzim telah didegradasi oleh organela, sitoplasma akan menjadi bervakuola dan tampak seperti dimakan ngelat. Pada akhirnya akan terjadi kalsifikasi pada sel yang mati.<sup>19,21</sup>

Perubahan inti sel yang mati disebabkan oleh pemecahan nonspesifik DNA. Terdapat tiga perubahan inti sel yang mati, yang pertama inti sel yang mati akan menyusut, batasnya tidak teratur, dan berwarna gelap. Proses ini disebut piknosis, dan intinya disebut piknotik. Perubahan yang kedua adalah karioreksis, yaitu inti yang hancur dan meninggalkan pecahan-pecahan zat kromatin yang tersebar dalam sel. Perubahan yang terakhir adalah kariolisis, yaitu inti sel yang mati akan kehilangan kemampuan untuk diwarnai dan menghilang begitu saja.<sup>21</sup>



**Gambar 2.** Perubahan inti sel pada sel mati<sup>19</sup>

Penampilan morfologis jaringan nekrotik berbeda-beda tergantung akibat kegiatan litik dalam jaringan mati. Terdapat beberapa jenis nekrosis yang berbeda-beda, yaitu nekrosis koagulativa, nekrosis kolikuativa, nekrosis kaseosa, gangren, nekrosis fibrinoid, dan nekrosis lemak.<sup>19</sup>

Akibat dari nekrosis yang paling nyata adalah hilangnya fungsi daerah yang mengalami nekrosis tersebut, misalnya daerah yang mengalami nekrosis adalah otak, sehingga menyebabkan defisit neurologis yang hebat atau mungkin kematian. Pada jaringan yang nekrosis sering mengalami kebocoran enzim kedalam aliran darah, hal ini disebabkan oleh sel-sel mati dan permeabilitas membran sel bertambah. Keadaan tersebut dapat dijadikan pedoman diagnostik, karena peningkatan dari salah satu enzim didalam darah sehingga dapat diketahui daerah nekrosis yang tersembunyi didalam jaringan.<sup>20</sup>

Apoptosis merupakan kematian sel yang berbeda dengan nekrosis. Apoptosis merupakan kematian sel yang terprogram, merupakan suatu proses yang memerlukan energi untuk membuang sel yang tidak diinginkan. Pada proses ini sel meninggalkan membran plasma yang utuh, tetapi perubahan membran ini

merangsang kecepatan fagositosis. Sel yang mati akan hancur menjadi potongan kecil yang dibatasi membran disebut *apoptotic bodies*. Tidak ditemukan reaksi peradangan pada sel apoptotik.<sup>19,21</sup>