

## **BAB II**

### **TINJAUAN PUSTAKA**

#### **A. Tinjauan Pustaka**

##### **1. Hepar**

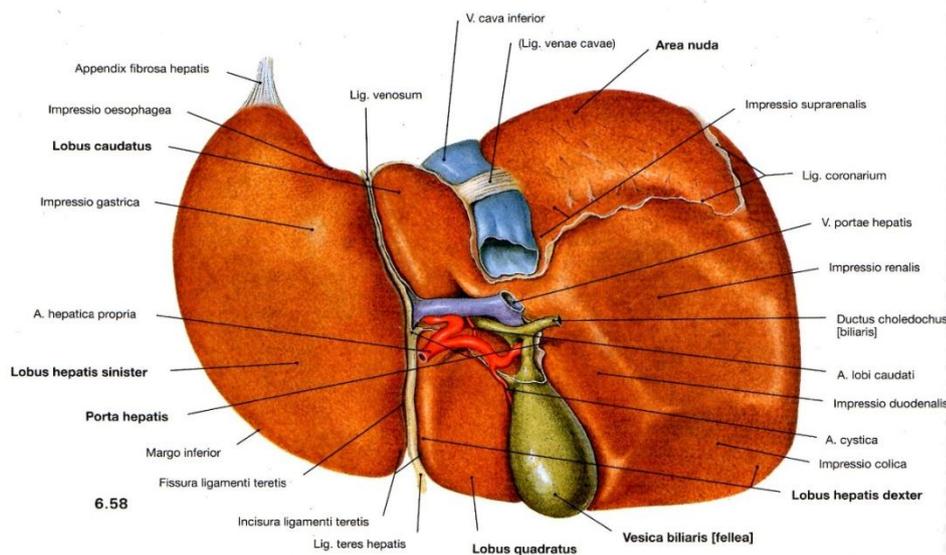
###### **a. Anatomi Hepar**

Hepar dan vesica biliaris terletak di intraperitoneal pada epigastrium kanan. Lobus hepatis sinister terletak pada epigastrium kiri (sampai linea medioclavicularis sinistra) di anterior gaster. Posisi hepar bervariasi, sesuai respirasi (lebih rendah saat inspirasi, lebih tinggi saat ekspirasi) karena area nudanya menempel pada diafragma. Oleh sebab itu, posisinya bergantung pada posisi paru, karena diafragma berbentuk kubah, sisi anterior dan posterior hepar sebagian ditutupi oleh cavitas pleuralis. Pada linea medioclavicularis, tepi anterior hepar biasanya terletak sama seperti arcus costalis kanan sehingga hepar tidak dapat diraba. Pada pembesaran paru, pada emfisema paru pada seorang perokok, hepar dapat diraba tanpa terjadinya pembesaran (Paulsen & Waschke, 2012).

Hepar merupakan kelenjar paling besar (1200-1800 gram) dan organ metabolic utama pada tubuh. Facies diaphragmatica berdekatan dengan diafragma dan facies visceralis dengan tepi bawah anterior (margo anterior) mengarah ke organ-organ dalam abdomen. Facies diaphragmatica menempel pada sebagian

diafragma dan tidak memiliki lapisan peritoneal di area tersebut (Paulsen & Waschke, 2012).

Hepar dibagi menjadi lobus kanan yang lebih besar dan kiri yang lebih kecil (lobus dexter dan lobus sinister) yang dipisahkan oleh ligamentum falciforme di sebelah ventral. ligamentum falciforme berlanjut sebagai ligamentum coronarium yang kemudian menjadi ligamentum triangulum dextrum dan sinistrum yang menghubungkan diafragma. Hepar tidak ditutupi peritoneum di empat area yang lebih besar yaitu : area nuda, porta hepatis, bantalan vesica biliaris, dan sulcus venae cava inferior (Paulsen & Waschke, 2012).



Gambar 1. Hepar dilihat dari sisi dorsal kaudal (Paulsen & Waschke, 2012)

Hepar didarahi oleh arteri hepatica propria yang berasal dari arteri hepatica communis, suatu cabang arterial langsung dari truncus coeliacus. Hepar juga memiliki sistem vena masuk dan keluar. Vena portae hepatis mengumpulkan darah yang kaya nutrisi dari organ-organ abdomen yang tidak berpasangan (gaster, usus, pancreas, limpa/*spleen*) dan mengalirkan bersama dengan darah arterial dari arteri hepatica communis, ke dalam sinusoid lobulus hepaticus. Pada hepar terdapat dua sistem pembuluh limfe yaitu sistem subperitoneal pada permukaan hepar dan sistem intraparenkim di sepanjang struktur pada trias porta ke hilum hepatis (Paulsen & Waschke, 2012).

#### **b. Fisiologi Hepar**

Hepar memiliki beberapa fungsi yaitu sebagai penyimpanan darah, fungsi metabolik (metabolisme karbohidrat, lemak, protein), sebagai tempat penyimpanan vitamin, menyimpan besi dalam bentuk ferritin, membentuk zat-zat yang digunakan untuk koagulasi darah dalam jumlah banyak dan fungsi hepar untuk mengeluarkan atau mengekskresikan obat-obatan dan hormon. (Guyton & Hall, 2012).

Menurut (Syarifuddin, 2009), hepar adalah organ viseral (dalam rongga abdomen) terbesar yang terletak di bawah kerangka iga. Pada kondisi hidup, hepar akan berwarna merah karena kaya akan persediaan arh dan kaya nutrien dari vena portal dan vena hepatica. Fungsi hepar antara lain :

- 1) Fungsi metabolik, yaitu metabolisme asimilasi karbohidrat, lemak, protein, vitamin dan produksi energi. Seluruh monosakarida akan diubah menjadi glukosa. Pengaturan glukosa dalam darah terjadi di hepar. Pembentukan asam lemak, lipid dan fosfolipid terjadi di hepar. Metabolisme protein serta pembentukan albumin dan globulin juga terjadi di hepar.
- 2) Fungsi ekskretori, yaitu produksi oleh sel hepar (bilirubin, kolesterol dan garam empedu) ke dalam empedu juga dieksresikan zat yang berasal dari luar tubuh seperti logam-logam berat dan bermacam zat warna.
- 3) Fungsi pertahanan tubuh yaitu sebagai detoksifikasi racun yang siap untuk dikeluarkan, melakukan fagositosis terhadap benda asing dan membentuk antibodi. Berbagai macam cara mendetoksikasikan racun misalnya: pembentukan urea dari amoniak atau zat beracun dioksidasi (dikeluarkan), direduksi (dipindahkan) atau dihidrolisis (pemecahan) dengan zat-zat yang lain untuk mengurangi toksik dari racun tersebut.
- 4) Pengaturan dalam peredaran darah yaitu berperan dalam membentuk darah dan hepar di hepar dan mengalirkan darah ke jantung. Dalam hepar, sel darah merah akan rusak karena terdapat sel-sel *Retikulo Endotelium Sistem (RES)*. Perusakan ini juga terjadi dalam limpa dan sumsum tulang.

- 5) Hepar membentuk asam empedu terutama dari kolesterol membentuk pigmen-pigmen empedu terutama di hasil perusakan hemoglobin.
- 6) Pembentukan dan penghancuran sel darah merah. selama enam bulan kehidupan fetus, hepar memproduksi sel-sel darah merah. selama enam bulan fungsi tersebut diambil oleh sumsum tulang. Sepanjang masa kehidupan, sel-sel darh merah dihancurkan dalam sel-sel sistem retikulo endotelial termasuk yang melapisi sinusoid dari hepar.

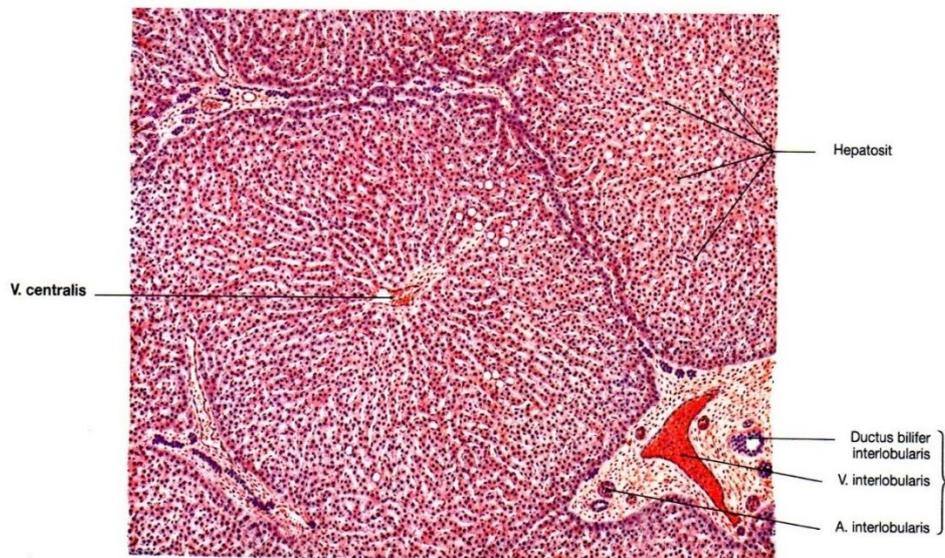
Hepar juga memiliki fungsi eksokrin dan endokrin. Fungsi tersebut dilakukan oleh hepatosit. Fungsi eksokrin memproduksi empedu. Selain itu, hepatosit juga mengubah bahan toksik menjadi nontoksik yang disekresikan ke dalam empedu. (Gartner & Hiatt, 2014)

### c. **Histologi Hepar**

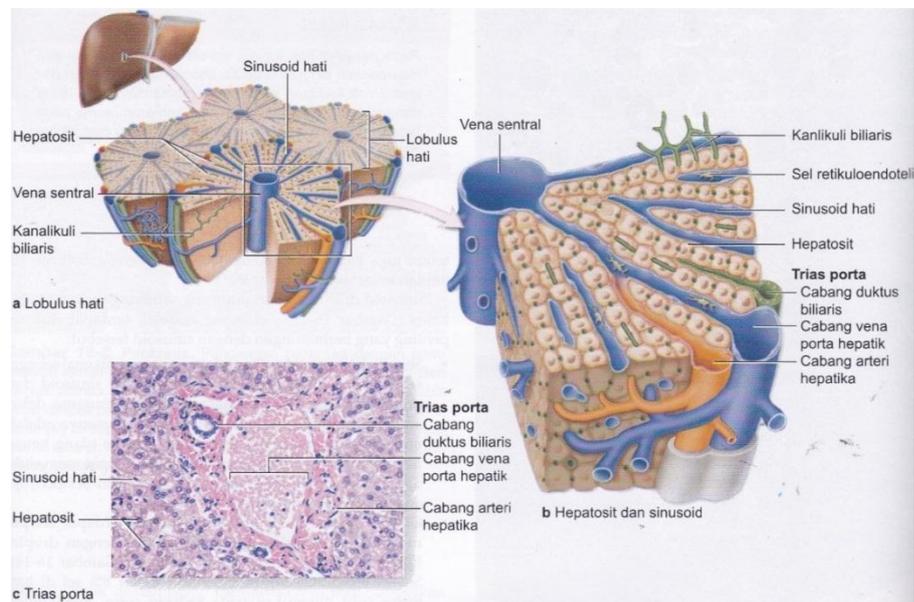
Hepar diliputi oleh kapsula glisson yang tersusun oleh jaringan ikat pada yang susunannya iregular. Kapsula tersebut dilapisi oleh peritonium yang tersusun oleh epitel gepeng selapis, kecuali pada daerah yang terbuka. Hepar terdiri atas satu jenis sel parenkim yang disebut hepatosit. Banyak nutrien yang sampai di hepar diubah oleh hepatosit menjadi produk simpanan, misalnya glikogen. (Gartner & Hiatt, 2014)

Semua nutrisi dan cairan yang diserap oleh usus akan masuk ke hepar melalui vena porta hepatis, kecuali produk lemak kompleks, yang diangkut oleh pembuluh limfe. Produk yang diabsorpsi mulamulammengalir melalui kapiler-kapiler hepar yaitu sinusoid (vas sinusoideum). Darah vena porta yang kaya akan nutrien mula-mula di bawa ke hepar sebelum masuk ke sirkulasi umum. Karena darah vena dari organ pencernaan di vena porta hepatis miskin oksigen, arteri hepatica dari aorta mendarahi sel-sel hepar dengan darah yang mengandung oksigen, sehingga hepar mendapatkan darah dari dua sumber (Eroschenko, 2010).

Hepar terdiri atas unit-unit heksagonal yaitu lobulus hepaticus (hepar). Di bagian tengah setiap lobulus terdapat sebuah vena sentralis, yang dikelilingi secara radial oleh lempeng sel hepar (lamina hepatocytica), yaitu hepatosit, dan sinusoid ke arah perifer. Di sini, jaringan ikat membentuk kanalis porta atau daerah porta (spatium portale), tempat terdapatnya cabang-cabang arteri hepatica, vena portae hepatis, duktus biliaris dan pembuluh limfe. Pada manusia dapat ditemukan tiga sampai enam daerah porta setiap lobules (Eroschenko, 2010).



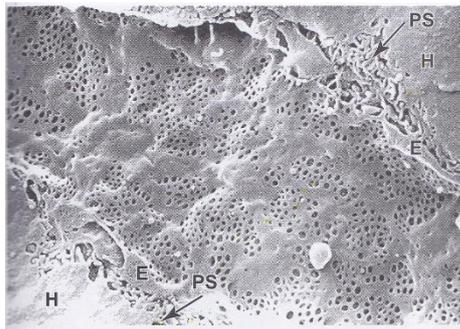
Gambar 2. Struktur hepar dilihat secara mikroskopis (Paulsen & Waschke, 2012).



Gambar 3. Lobulus Hepar, Hepatosit, Sunusoid dan Trias Porta (Mescher, 2011)

Sinusoid hepar adalah saluran darah yang melebar dan berkeluk-luk, dilapisi oleh lapisan tidak utuh sel endotel berfenestra (endotheliocytus fenestratum) yang juga menunjukkan lamina

basalis yang berpori dan tidak utuh. Sinusoid hepar dipisahkan dari sinusoid dibawahnya oleh spatium perisinusoideum (Disse) subendotel. Akibatnya, zat yang mengalir dalam sinusoid memiliki akses langsung melalui dinding endotel yang tidak utuh dengan hepatosit (Eroschenko, 2010).

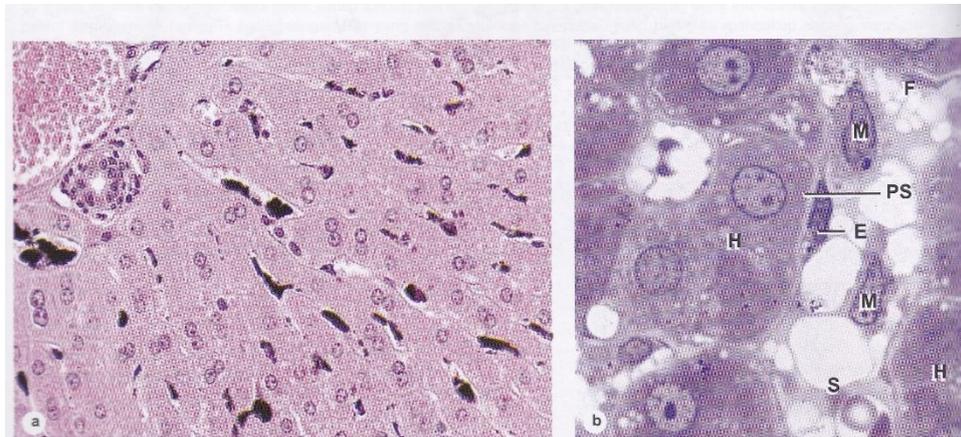


Gambar 4. Ultrastruktur Dinding Sinusoid Porta (Mescher, 2011).

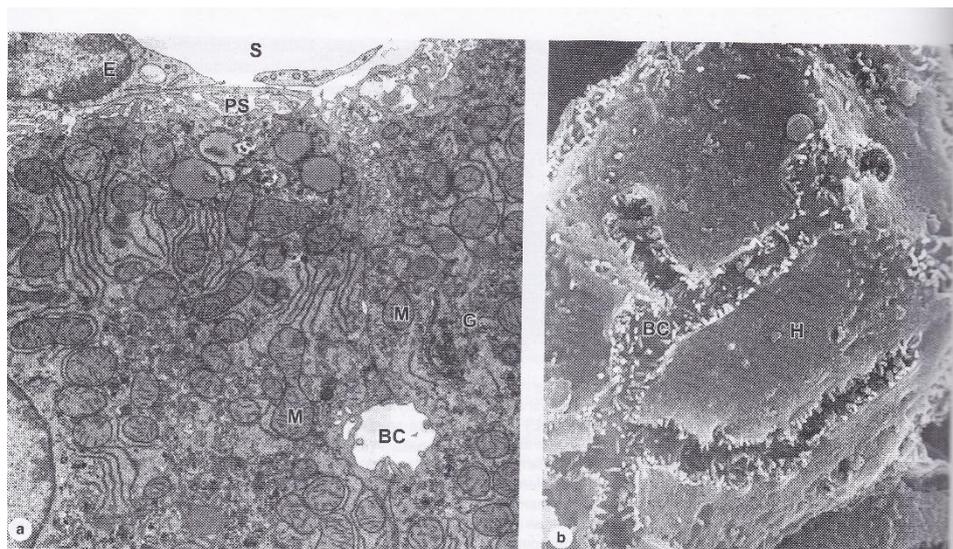
Struktur dan jalur sinusoid yang berliku di hepar memungkinkan pertukaran zat yang efisiensi antara hepatosit dan darah. Selain sel endotel, sinusoid hepar juga mengandung makrofag yang disebut dengan sel Kupffer (*macrophagocytus stellatus*), terletak di sisi luminal sel endotel (Eroschenko, 2010).

Hepatosit mengeluarkan empedu ke dalam saluran yang halus disebut dengan kanalikulus biliaris (canaliculuc bilifer) yang terletak diantara hepatosit kanalikulus menyatu di lobulus hepar di daerah porta sebagai duktus biliaris. Duktus biliaris kemudian mengalir ke duktus hepaticus yang lebih besar yang membawa empedu keluar dari hepar. Di dalam lobulus hepar empedu mengalir di dalam kanalikulus biliaris ke duktus biliaris ke daerah porta, sememntara darah dalam

sinusoid ke vena sentralis. Akibatnya, empedu dan darah tidak bercampur. (Eroschenko, 2010).



Gambar 5. Sinusoid Hepar Porta (Mescher, 2011).



Gambar 6. Ultrastruktur Hepatosit dan Kanalikuli Porta (Mescher, 2011)

Sel-sel hepar berbentuk polihedral dengan 6 atau lebih permukaan dan garis tengah lebih kurang 20-30  $\mu\text{m}$ . Pada sajian yang dipulas dengan hematoxilin dan eosin, sitoplasma hepatosit bersifat eosinofili terutama karena banyak mengandung mitokondria dan sejumlah retikulum endoplasma licin. Permukaan setiap sel hepar berhubungan dengan dinding sinusoid melalui celah Disse dan dengan

permukaan sel hepatosit lainnya. Tempat dua hepatosit saling bertemu terbentuk celah tubular diantaranya yang dikenal dengan kanalikulus biliaris. Aliran empedu berjalan berlawanan arah dengan aliran darah, yaitu dari pusat lobulus klasik ke tepiannya. Di tepi, empedu memasuki duktulus biliaris atau saluran Hering yang terdiri atas sel-sel kuboid dengan sitoplasma bening dan sedikit organel. Setelah menempuh jarak yang pendek, duktulus ini melintasi hepatosit pembatas lobulus dan berakhir dalam duktus biliaris dalam triad portal. Duktulus biliaris dilapisi oleh epitel kuboid atau silinder dan memiliki selubung jaringan ikat jelas. Duktulus ini berangsur-angsur akan membesar dan bergabung membentuk duktus hepaticus kiri dan kanan (Junqueira, *et al.*, 1997).

Hepatosit memiliki banyak retikulum endoplasma kasar maupun licin. Dalam hepatosit, retikulum endoplasma kasar membentuk kelompokan tersebar dalam sitoplasma disebut badan basofilik. Beberapa protein seperti albumin darah dan fibrinogen disintesis pada polisom dalam retikulum endoplasma kasar (Junqueira, *et al.*, 1997).

Setiap sel hepar mengandung lebih kurang 2000 mitokondria. Unsur sel lain yang bisa dijumpai adalah tetes lipid yang sangat bervariasi jumlahnya. Lisosom hepatosit penting pada pergantian dan perombakan organel intraselular. Peroksidom banyak terdapat dalam hepatosit. Selain itu, juga banyak kompleks golgi yang dijumpai pada sel hepar sekitar 50 per sel. Setiap kompleks terdiri atas sisterna

gepeng, vesikel kecil, dan vakuol lebih besar yang terletak dalam kanalikuli biliaris. Fungsi organel ini mencakup pembentukan lisosom dan sekresi protein plasma (misalnya albumin), glikoprotein (misalnya transferin), dan lipoprotein (misalnya very low density lipoprotein). (Junqueira, *et al.*, 1997)

**d. Patologi Hepar (Jejas, Kematian dan Adaptasi Sel)**

Penyebab terjadinya jejas, kematian dan adaptasi sel adalah hipoksi, bahan kimia dan obat, agen fisika, agen mikrobiologi, mekanisme imun, cacat genetika, ketidakseimbangan nutrisi dan penuaan.

1) Hipoksi

Penyebab jejas yang paling sering mempengaruhi respirasi oksidasi aerob. Hilangnya perbekalan darah yang dapat terjadi jika aliran arteri atau aliran vena dihalangi oleh penyakit vaskular atau bekuan di dalam lumen. Penyebab lainnya karena oksigenasi darah yang tidak memadai karena kegagalan kardiorespirasi

2) Bahan Kimia dan Obat-obatan

Agen-agen yang diketahui sebagai racun dapat menyebabkan kerusakan hebat pada sel dan dapat menyebabkan kematian seluruh organisme.

### 3) Agen Fisik

Trauma, panas atau dingin yang luar biasa, perubahan mendadak tekanan atmosfer, tenaga radiasi dan tenaga listrik dapat menyebabkan kerusakan sel.

### 4) Agen Mikrobiologi

Adanya agen hidup seperti virus, bakteri dan nematoda yang menyerang manusia dapat menyebabkan jejas, kematian sel bahkan kematian manusia.

### 5) Mekanisme Imun

Reaksi imun sering dikenal sebagai penyebab kerusakan dan penyakit pada sel.

### 6) Gangguan Genetik

Mutasi dapat mengurangi suatu enzim sel (kesalahan metabolisme keturunan dan menyebabkan kelangsungan hidup sel menjadi tidak sesuai.

### 7) Ketidakseimbangan Nutrisi

Defisiensi nutrisi juga dapat menyebabkan jejas pada sel, misalnya defisiensi protein-kalori. Avitaminosis, obesitas dan aterosklerosis juga termasuk salah satu ketidakseimbangan nutrisi.

### 8) Penuaan

Penuaan dapat terjadi mekanisme adaptasi dan jejas pada sel.

(Robbins & Kumar, 1995)

Kriteria terjadinya kerusakan dapat dinilai skor tiap sel dengan model scoring histopathology Manja Roenigk. Jenis kerusakan hepar yang diamati meliputi nekrosis, degenerasi parenkimatososa dan degenerasi hidropik.

Tabel 1. Kriteria penilaian derajat histopatologi sel hepar model Skoring Histopatologi Manja Roenigk (Maulida, *et al.*, 2013)

Tingkat kerusakan	Skor
Normal	1
Degenerasi parenkimatososa	2
Degenerasi hidropik	3
Nekrosis (sel piknotik, karioreksis, kariolisis)	4

Degenerasi parenkimatososa atau degenaris albumin merupakan degenerasi yang sangat ringan dan reversibel. Degenerasi ini hanya terjadi pada mitokondria dan retikulum endoplasma akibat rangsangan yang menghasilkan oksidasi. (Widyarini, 2010). Sehingga terjadi kegagalan oksidasi yang menyebabkan tertimbunnya air di dalam sel dan mengakibatkan transportasi protein yang telah diproduksi ribosom mengalami gangguan. Hal tersebut menyebabkan pembengkakan sel sitoplasma dan pengeruhan sitoplasma dengan munculnya granul-granul dalam sitoplasma akibat endapan protein. (Tamad, *et al.*, 2011). Menurut (Kumar, *et al.*, 2010) yang dikutip oleh (Sutrisna, *et al.*, 2013) Degenerasi parenkimatososa digambarkan dengan adanya sel hepatosit yang membengkak (ukuran lebih dari normal) dan

sitoplasma bergranul merah sebagai pertanda terjadinya penumpukan protein.

Degenerasi hidropik pada dasarnya sama dengan degenerasi parenkimatos, degenerasi ini juga bersifat reversible. Namun, derajat degenerasi hidropik lebih berat dibanding dengan degenerasi parenkimatos, karena pada degenerasi ini tampak vakuola berisi air dalam sitoplasma yang tidak mengandung lemak atau glikogen. (Tamad, *et al.*, 2011). Degenerasi hidrofobik ditandai dengan sitoplasma pucat, mengalami vakuolisasi, dan vakuola tampak jernih karena adanya penimbunan cairan dalam sel dan kemudian air memasuki vakuola-vakuola tersebut (Hastuti, 2006). Menurut (Kumar, *et al.*, 2010) yang dikutip oleh (Sutrisna, *et al.*, 2013) .Tampak gambaran hepatosit yang mengalami degenerasi hidropik yang ditandai dengan adanya pembengkakan sel.

Jika terjadi robekan membran plasma dan terjadi perubahan inti maka jejas sel menjadi ireversibel dan sel mengalami nekrosis atau kematian sel. (Rafita, 2015). *Nekrosis*, adalah kematian sel atau jaringan pada makhluk hidup. (Amalina, 2009). Sel yang mengalami kematian atau nekrosis mempunyai perubahan inti yang tipikal yaitu karioreksis (fragmentasi material isi), kariolisis (kromatin inti menjadi lisis), dan piknotik (penggumpalan kromatin). (Widyarini, 2010). Menurut (Kumar, *et al.*, 2010) yang dikutip oleh (Sutrisna, *et al.*, 2013) Inti hepatosit yang nekrosis dapat terlihat lebih kecil,

kromatin dan serabut retikuler menjadi berlipat-lipat. Inti menjadi lebih padat (piknotik) yang dapat hancur bersegmen-segmen (karioreksis) dan kemudian sel menjadi eosinofilik (kariolisis). menurut (Kumar, *et al.*, 2010) yang dikutip oleh (Sutrisna, *et al.*, 2013)

Penilaian derajat kerusakan sel dilakukan berdasarkan skala Metavir dan menghitung presentase rata-rata sel normal, steatosis dan nekrosis setiap sampel sediaan jaringan hepar unit eksperimen.

Tabel 2. Derajat kerusakan sel hepar menurut skala Metavir (Nurhidayati, 2009)

Derajat Kerusakan	Tingkat Kerusakan
Derajat 0	tidak ada inflamasi atau inflamasi minimal
Derajat 1	inflamasi lobuler, tetapi tanpa nekrosis
Derajat 2	nekrosis fokal atau nekrosis <i>piecema</i> ringan
Derajat 3	nekrosis <i>piecema</i> sedang atau kerusakan seluler fokal berat
Derajat 4	nekrosis <i>piecema</i> berat atau nekrosis <i>bridging</i> .

## 2. *Indoor Air Pollution & Indoor Air Quality*

Kualitas udara dalam ruangan (Indoor Air Quality) mengacu kepada kualitas udara di dalam dan di sekitar ruangan, terutama yang berkaitan dengan kesehatan dan kenyamanan makhluk hidup. (Central Pollution Control Board, 2014). Kualitas udara dalam suatu ruangan dicirikan dengan beberapa faktor tertentu seperti parameter fisik, paparan bahan kimia serta kontaminasi biologis. (Slezakova, *et al.*, 2012).

Dampak negatif jangka pendek dari polusi udara dalam ruangan antara lain dapat memicu terjadinya iritasi mata, hidung, tenggorokan dan kulit, kelelahan, sakit kepala dapat muncul setelah paparan tunggal atau paparan yang berulang. Dampak negatif jangka panjang dari polusi udara dalam ruangan timbul setelah paparan jangka waktu lama dan berulang seperti inflamasi serta infeksi pada saluran pernapasan (Slezakova, *et al.*, 2012).

Berdasarkan sejumlah penelitian yang telah dilakukan, sumber dari polusi udara dalam ruangan yang sering menyebabkan gangguan pada kesehatan berasal dari pelembab dan pewangi ruangan. (Kim, *et al.*, 2015). Partikulat (PM), sulfur dioksida (SO<sub>2</sub>), nitrogen dioksida (NO<sub>2</sub>), ozon (O<sub>3</sub>), karbon monoksida (CO), dan karbon dioksida (CO<sub>2</sub>) merupakan polutan udara yang paling umum mengancam kesehatan manusia dalam kehidupan sehari-hari (Chen & Kan, 2008).

Ada kekhawatiran tentang efek sistemik dari polusi udara pada kesehatan manusia. Seiring dengan efek lain yang berbahaya dari polusi udara, baru-baru ini terdapat beberapa binatang uji coba memberikan bukti kuat bahwa polusi udara dapat menyebabkan toksisitas hepar dan mempercepat peradangan dan steatosis pada hepar. Paparan polutan udara yang terlibat dalam toksisitas hepar misalnya partikulat (PM) atau karbon hitam (CB). (Kim, *et al.*, 2014)

Beberapa upaya yang telah dilakukan untuk mengurangi bahaya dari polusi udara dalam ruangan antara lain mengganti penggunaan pewangi

ruangan sintetis dengan pewangi ruangan alami yang berasal dari tanaman, meningkatkan penggunaan ventilasi udara (EPA, 2015), menghindari penggunaan produk yang diketahui mengandung formaldehida, serta mulai digunakan *granular activated carbon (GAC)* atau karbon aktif granular serta *activated carbon filter (ACF)* (Sidheswaran, *et al.*, 2011).

Lingkungan dalam ruangan dapat terkena berbagai kontaminan (dalam bentuk gas dan partikel) dari mesin kantor, produk pembersih, kegiatan konstruksi, karpet dan perabot, parfum, asap rokok, bahan bangunan air yang rusak, pertumbuhan mikroba dan polutan luar ruangan. Faktor-faktor lain seperti suhu ruangan, kelembaban, dan tingkat ventilasi juga dapat mempengaruhi keadaan polutan di dalam ruangan (NIOSH, 2015).

### **3. Pewangi Ruangan**

#### **a. Definisi**

Pewangi ruangan merupakan suatu produk umum yang digunakan masyarakat luas untuk menghasilkan aroma yang menyenangkan dan nyaman untuk. Pewangi ruangan diketahui mengandung sejumlah bahan kimia yang berbeda untuk menetralkan bau menyengat dan menghasilkan aroma yang lebih nyaman dihirup (Gilbert, 2009).

Bahan dasar yang digunakan pada pembuatan pewangi ruangan di antaranya formaldehida, 1,4-dichlorobenzene, aerosol propelan dan

sulingan minyak bumi. Menurut beberapa penelitian bahan-bahan pembuatan pewangi ruangan justru memiliki efek yang berbahaya terhadap kesehatan serta menjadi salah satu sumber pencemaran udara dalam ruangan (Gilbert, 2009). Saat produk pembersih dan penyegar udara (pewangi ruangan) digunakan di dalam ruangan, maka penghuni yang terkena bahan kimia di udara tersebut berpotensi mempengaruhi risiko kesehatan (Nazaroff, 2006).

The Natural Resources Defense Council (NRDC) mengatakan sebuah analisis lebih dari selusin penyegar udara (pewangi ruangan) rumah tangga ditemukan mengandung bahan kimia yang dapat mempengaruhi hormon dan pengembangan reproduksi, terutama pada bayi. Pemerintah saat ini tidak menguji penyegar udara untuk keselamatan atau mengharuskan produsen untuk memenuhi standar keamanan tertentu. NRDC menguji 14 merek yang berbeda dari penyegar udara (pewangi ruangan) rumah tangga biasa dan menemukan bahwa 12 mengandung bahan kimia yang dikenal dengan phthalates. Bahan kimia menimbulkan risiko terbesar terhadap pengguna jika digunakan dalam jangka panjang dengan paparan berulang. Phthalates dalam penyegar udara (pewangi ruangan) dapat terhirup atau diserap melalui kulit. Phthalates adalah bahan kimia yang mengganggu hormon pada tubuh sehingga sangat berbahaya bagi anak-anak dan bayi yang belum lahir. Paparan phthalates dapat mempengaruhi kadar testosteron dan menyebabkan kelainan

reproduksi, termasuk alat kelamin yang abnormal dan mengurangi produksi sperma (Powers, 2007).

Pada penelitian ini menggunakan pewangi ruangan berbentuk gel, karena pada pengharum ruangan berbentuk cair dan spray tidak menunjukkan kerusakan yang lebih parah dibandingkan pengharum ruangan berbentuk gel. Pada penelitian yang dilakukan oleh Garini (2012) menunjukkan bahwa kerusakan sel hepar lebih berat terjadi pada kelompok pendedahan dengan pewangi ruangan gel daripada pewangi ruangan cair. Hal ini menunjukkan bahwa kandungan zat kimia pada pewangi ruangan gel memiliki toksisitas yang lebih tinggi terhadap kerusakan sel hepar (Garini, 2012). Kandungan formaldehida pada pewangi ruangan cair masih dapat ditolerir oleh enzim-enzim antioksidan. Kapasitas enzim antioksidan diketahui memegang peranan penting dalam mekanisme pertahanan sel hepar terhadap formaldehida. Enzim-enzim antioksidan seperti *catalase (CAT)*, *superoxide dismutase (SOD)*, *glutathione peroxidase (GPx)*, mencegah kerusakan sel dari stress oksidasi yang disebabkan oleh radikal bebas. Peningkatan dari radikal bebas hanya bisa mengubah homeostasis sel bila fungsi antioksidan telah mengalami gangguan atau sistem ini sudah tidak cukup untuk menghancurkan efek dari overproduksi radikal bebas, sehingga radikal bebas yang terbentuk dari metabolisme formaldehida dapat didetoksifikasi dan kerusakan sel dapat dihindari (Desprinita, 2010).

Pada penelitian yang dilakukan oleh Savitri (2013) menunjukkan bahwa kerusakan sel hepar lebih berat terjadi pada kelompok pendedahan dengan pewangi ruangan gel daripada pewangi ruangan spray. Hal ini menunjukkan bahwa kandungan zat kimia pada pewangi ruangan gel memiliki toksisitas yang lebih tinggi daripada pewangi ruangan spray terhadap kerusakan sel hepar (Savitri, 2013). Ukuran partikel aerosol yang bervariasi antara 0,001 dan 100  $\mu\text{m}$  akan mempengaruhi konsentrasi zat kimia di udara (Haschek, *et.al.*, 2010).

Penggunaan pengharum ruangan cair semprot biasanya menggunakan propellant hidrokarbon yang dikombinasikan dengan *solvent* ethanol untuk melarutkan bahan utamanya. Bahan kimia yang terkandung pada pengharum ruangan ini termasuk material volatil yang akan menguap pada suhu kamar. Partikel aerosol (cairan yang tersuspensi dalam gas) akan mengendap di jaringan yang dilaluinya, seperti mengendap di nasal dan saluran napas atas lainnya (Luttrel, 2008). Partikel kimia pengharum ruangan berbentuk gel yang mengalami proses penguapan akan menjadi partikel yang berukuran sangat kecil sekitar  $<0,1 \mu\text{m}$ . Partikel kimia pengharum ruangan spray mempunyai ukuran yang relatif besar sekitar  $>1 \mu\text{m}$  bahkan kadang sampai terlihat oleh mata normal (Ruzer, 2005).

Dalam penelitian juga didapatkan pada sel hepar lontrol terdapat degenerasi parenkimatosia dan degenerasi hidropik yang seharusnya sel hepar normal. Hal ini mungkin dikarenakan sel

hepar sudah mengalami kerusakan sebelum dilakukan penelitian. Hal ini bisa terjadi juga karena faktor eksternal yang dapat mempengaruhi hasil penelitian seperti kondisi kandang yang kurang ideal, faktor stres tikus, pengaruh zat atau penyakit lain, serta faktor internal lain seperti daya tahan dan kerentanan tikus (Desprinita, 2010).

#### **b. Komposisi Pewangi Ruangan**

Kandungan zat kimia yang terdapat dalam bahan dasar pewangi ruangan memiliki efek berbahaya bagi kesehatan, seperti yang dijelaskan dari Toxipedia bahwa dari hasil uji terhadap beberapa pewangi ruangan ditemukan zat-zat berikut:

- 1) Formaldehida adalah gas transparan yang memiliki bau menyengat yang kuat dan mudah menguap pada suhu kamar. Beberapa bukti menunjukkan bahwa terdapat formaldehida yang diemisikan dari pewangi ruangan. Paparan konsentrasi tinggi formaldehida (120 mg/m<sup>3</sup>) menyebabkan iritasi mata, muntah, kejang dan kematian. Apabila manusia terpapar formaldehida pada tingkat lebih rendah dari 0,1mg / m<sup>3</sup> menyebabkan iritasi sensori (Kim, *et al.*, 2015)
- 2) Asetaldehid : diduga bersifat toksik terhadap sistem saraf, respiratori, ginjal dan kulit.
- 3) Aseton : diduga menimbulkan toksik terhadap sistem gastrointestinal, darah, respiratori dan kulit.

- 4) Ethanol : diduga bersifat karsinogen, bersifat toksik terhadap sistem gastrointestinal, dapat mengganggu pertumbuhan dan perkembangan. (Steinamann, 2013)
- 5) Pewangi : merupakan campuran dari bahan kimia yang berbeda, beberapa di antaranya bisa menyebabkan iritasi dan menyebabkan alergi.
- 6) Phthalates : membantu menyebarkan dan memberikan aroma; bahaya yang dapat ditimbulkan yaitu mempengaruhi hormon dan bisa menyebabkan kanker.
- 7) Propelan : hidrokarbon ini membentuk kabut halus yang menyebarkan aroma, dapat menyebabkan denyut jantung yang abnormal.
- 8) Pelarut : Etanol dan glikol eter yang digunakan untuk melarutkan bahan-bahan lainnya dan dapat menyebabkan iritasi ketika dihirup.
- 9) Aldehida : terbentuk dari bahan-bahan kimia ketika penyegar tetap berada di udara selama beberapa jam dan dapat menyebabkan iritasi dan menyebabkan kanker.
- 10) *Deodorizers* : bahan kimia yang dapat menyerap dan menetralkan bau. Beberapa merek menggunakan bahan kimia yang iritatif dan menyebabkan kanker, 1,4-dichlorobenzene (Connecticut Department of Public Health, 2013).

Masyarakat sering menggunakan pewangi ruangan dalam bentuk semprotan. Aroma menyenangkan yang ditimbulkan oleh pewangi

ruangan tersebut memberikan polusi udara yang lebih tinggi jika berada di dalam ruangan. Tingkat polutan dalam ruangan yang berbahaya misalnya formaldehida, kloroform dan berbagai styrene, yang memiliki risiko 2 sampai 50 kali lebih tinggi dari tingkat polutan jika berada di luar ruangan. Masyarakat menghabiskan sebagian besar waktunya di dalam ruangan, sehingga memiliki risiko lebih tinggi untuk terpapar polutan dari pewangi ruangan. Pewangi ruangan memiliki beberapa macam sediaan, antara lain aerosol, semprot (spray), padat (solid), lilin, gel (Sutton, 2011), penyegar mobil dan dupa (International Association for Soaps, Detergents and Maintenance Products, 2007).

#### **4. Formaldehida**

Formaldehida (rumus molekul  $H_2-C = O$ ; Nomor CAS 50-00-0) adalah gas yang tidak berwarna, mudah terbakar dan sangat reaktif pada suhu kamar. Formaldehida juga dapat diperoleh di pasaran sebagai larutan 30-50% (berat) yang dikenal sebagai formalin. Formaldehida dapat ditemukan di lingkungan karena terbentuk dari berbagai sumber alam dan kegiatan antropogenik. Dalam lingkungan, formaldehida dihasilkan melalui pembakaran biomassa (kebakaran hutan dan semak) atau dekomposisi dan melalui gunung berapi. Proses pembakaran (pembangkit listrik, pembakaran, dll) juga merupakan sumber emisi formaldehida di atmosfer. Namun, formaldehida juga secara luas diproduksi dari industri di seluruh dunia untuk digunakan dalam pembuatan resin, sebagai

desinfektan dan fiksatif atau sebagai pengawet dalam produk konsumen (Kaden, *et al.*, 2010).

Semua produk buatan manusia yang digunakan sebagian besar mengandung formaldehida terutama di dalam ruangan. Pembentukan sekunder formaldehida terjadi di udara melalui oksidasi senyawa organik volatil (VOC) dan reaksi antara ozon (terutama dari luar) serta alkena (terutama terpene) (Kaden, *et al.*, 2010).

Paparan formaldehida dapat masuk lewat tubuh melalui inhalasi, ingesti, dermal absorption (*European Commission*, 2005). Formaldehida cepat diserap di saluran pernapasan dan pencernaan serta metabolisme. Lebih dari 90% dari gas formaldehida (formalin) dihirup diserap dan dimetabolisme dengan cepat di saluran pernapasan bagian atas (Kimbell, *et al.*, 2001). Zat kimia dalam pewangi ruangan dapat masuk dengan cara ingesti melewati makanan, sehingga zat kimia seperti formaldehida dapat masuk ke dalam tubuh melalui sistem digesti. Zat kimia pada pengharum yang menyebar dapat menempel pada makanan yang kita konsumsi dan berkontak langsung dengan mukosa lidah pada waktu pengunyahan (Yuningtyaswari & Ariyanto, 2012).

Secara khusus, studi di Eropa terdeteksi bahan kimia penyebab kanker adalah benzena dan formaldehida dalam beberapa penyegar udara. Benzene diketahui menyebabkan leukemia pada manusia dan formaldehida telah dikaitkan dengan kanker saluran napas atas (Cohen, *et al.*, 2007). Material Safety Data Sheets menunjukkan formaldehida

beracun dan dapat menyebabkan iritasi selaput lendir, batuk, nyeri dada dan sensitisasi dengan gejala asma seperti kesulitan bernapas, edema paru, kejang pada tingkat tinggi, insomnia, mutasi sel, kerusakan hepar dan memengaruhi efek kesuburan. Formaldehida juga diklasifikasikan sebagai karsinogen manusia (Comcare, 2008).

Hasil penelitian menunjukkan paparan formaldehida menyebabkan banyak perubahan histologis pada hepar dan ginjal. Beberapa penelitian mengungkapkan bahwa formaldehida dapat menyebabkan kerusakan jaringan oleh *reactive oxygen species* dan selain itu juga dapat menyebabkan mutagen, karsinogen, neurotoksin dan inhibitor spermatogenik. Namun, inhalasi formaldehida menyebabkan hepatotoksisitas dan nefrotoksisitas. Studi ini menunjukkan bahwa pemberian induksi jangka pendek formaldehida menyebabkan perubahan struktur mikroskopis dari hepar dan ginjal. Jaringan hepar yang diinduksi oleh formaldehida menunjukkan akumulasi dari aktivasi sel Kupffer, dilatasi sinusoidal, vakuolasi sitoplasma hepatosit dan tersumbatnya pembuluh darah kapiler. Penelitian ini menunjukkan bahwa pengaruh formaldehida dapat merusak organ vital seperti hepar dan ginjal, terbukti secara histologis dengan paparan jangka pendek formaldehida dapat menyebabkan efek yang merusak. Secara histologis, hepar lebih rentan terhadap kerusakan dari ginjal (Treesh, *et al.*, 2014).

Formaldehida yang masuk akan dimetabolisme dan didetoksifikasi oleh hepar, dan menghasilkan metabolit toksik yang dapat merusak sel

hepar (Pramono, 2012). Metabolisme dan detoksifikasi formaldehid terjadi di hepar dan menghasilkan metabolit toksik yang dapat merusak sel hepar. Pendedahan formaldehid mempengaruhi kerusakan sel hepar dengan cara merusak mitokondria sehingga menghambat metabolisme sel secara aerobik. Inhalasi formaldehida, xylene atau kombinasinya (*xylene* + formaldehida) menyebabkan pengendapan jaringan adiposa di hepar dan ginjal (Kum, *et al.*, 2010).

Pada prinsipnya semua zat pewangi beresiko terhadap kesehatan. Terutama pada mereka yang berada pada kondisi rentan, seperti ibu hamil, bayi, dan anak-anak, ataupun orang yang sangat sensitif terhadap zat-zat pewangi. Sekitar 80 % zat pewangi teruji keamanannya terhadap manusia. Disinilah kewaspadaan konsumen betul-betul dituntut. Adapun pewangi yang sudah dilarang *The International Fragrance Association* (IFRA) diantaranya pewangi yang mengandung *musk ambrette*, *geranyl nitrile*, dan *7 methyl coumarin*. Sedangkan yang berbentuk *gel* dilarang bila mengandung zat-zat pengawet yang berbahaya bagi kesehatan, seperti formaldehida dan *methylchloroisothiozilinone* (Viktor, 2008).

Menurut laporan dari *National Institute of Occupational Safety and Health* dari 1983 bahan berbahaya sekitar 884 nya digunakan dalam industri wewangian. Sedangkan bahan kimia berbahaya dalam pengharum ruangan dari hasil penelitian diantaranya *butane*, *propane*, *ammonia*, *fenol*, dan formaldehida. Efeknya pada manusia antara lain mengiritasi mata, hidung, tenggorokan, kulit, mengakibatkan mual, pusing, pendarahan,

hilang ingatan, kanker dan tumor, kerusakan hati, menyebabkan iritasi ringan hingga menengah pada paru-paru, termasuk gejala seperti asma (David, 2009). Formaldehida masuk ke dalam tubuh melalui beberapa jalur:

1. Pernapasan

Penguapan formaldehida diserap oleh paru-paru. Pada kasus akut, formaldehida terdeteksi dari baunya, namun individu yang sensitif terpapar formaldehida dapat mengalami sakit kepala, iritasi mata, dan saluran pernafasan pada level dibawah ambang batas bau ( 0,5-1 ppm).

2. Kontak kulit atau mata

Paparan uap formaldehida pada mata menyebabkan iritasi. Bergantung pada konsentrasi formaldehida, cairan formaldehida dapat menyebabkan tidak nyaman dan iritasi atau efek yang berat seperti kebutaan. Formaldehida diabsorpsi melalui kulit intak dan menyebabkan dermatitis kontak alergi atau dermatitis kontak iritan.

3. Pencernaan

Telah dilaporkan mengonsumsi cairan formaldehida 37% 30 ml dapat menyebabkan kematian pada orang dewasa. Dapat menyebabkan trauma mukosa saluran cerna, mual, muntah, nyeri, pendarahan, dan perforasi. Efek sistemik termasuk depresi susunan saraf pusat dan koma, penekanan pernafasan dan gagal ginjal (Amiruddin, 2006).

Menurut IPCS (*International Programme on Chemical Safety*), WHO menentukan secara umum ambang batas aman formaldehida didalam tubuh adalah 1 miligram per liter. Bila formaldehida masuk ke tubuh melebihi ambang batas tersebut maka dapat mengakibatkan gangguan pada organ dan sistem tubuh manusia. Akibat yang ditimbulkan tersebut dapat terjadi dalam waktu singkat atau jangka pendek dan dalam jangka panjang, bisa melalui hirupan, kontak langsung atau tertelan (Pratiwi, 2010)

Berdasarkan data kuantitatif kadar formaldehida dalam pengharum ruangan berbentuk *gel* yang diperoleh, menunjukkan adanya perbedaan kadar formaldehida yang terkandung didalam pengharum ruangan berbentuk *gel* aroma jeruk dengan pengharum ruangan berbentuk *gel* aroma apel, dimana kadar formaldehida pada 2 merek pengharum ruangan berbentuk *gel* aroma jeruk lebih tinggi dibandingkan dengan kadar formaldehid pada 2 merek pengharum ruangan berbentuk *gel* aroma apel. Hal ini disebabkan karena kandungan air yang lebih banyak terdapat pada jeruk dapat menyebabkan proses pembusukan lebih cepat sehingga perlu ditambahkan formaldehida lebih banyak agar pengharum ruangan lebih tahan lama (Pratiwi, 2010). Dapat disimpulkan bahwa terdapat perbedaan konsentrasi formaldehida antara pengharum ruangan aroma jeruk dengan aroma apel. Kadar formaldehida pada aroma jeruk lebih besar dari aroma apel.

Nilai Ambang Batas atau *Threshold Limit Value* adalah konsentrasi zat-zat kimia di udara yang menggambarkan suatu kondisi dimana hampir semua pekerja mungkin terpapar berulang kali, hari demi hari tanpa menimbulkan efek yang merugikan. Nilai Ambang Batas (NAB) digunakan sebagai pedoman dalam pengendalian bahaya-bahaya kesehatan, dan tidak dapat digunakan sebagai batas antara konsentrasi yang aman dan tidak aman.

Secara detail NAB terbagi atas 3 kategori, yaitu:

1. *Threshold Limit Value-Time Weight Average (TLV -TWA)*, yaitu konsentrasi rata-rata untuk 8 jam kerja normal dan 40 jam seminggu, dimana hampir seluruh pekerja mungkin terpapar berulang-ulang, hari demi hari tanpa timbulnya gangguan yang merugikan.
2. *Threshold Limit Value-Short Term Exposure Limit (TL V-STEL)*, yaitu konsentrasi dimana pekerja dapat terpapar terus menerus untuk jangka pendek yaitu 15 menit, tanpa mendapat gangguan berupa iritasi, kerusakan jaringan yang menahun dan tidak dapat kembali, dan dapat meningkatkan kecelakaan atau mengurangi efisiensi pekerja.
3. *Threshold Limit Value -Ceiling (TL V-C)*, yaitu konsentrasi yang tidak boleh di lampau setiap saat.

Nilai Ambang Batas Formaldehida berdasarkan Surat Edaran Menteri Tenaga Kerja Transmigrasi dan Koperasi No. SE-02/Men/1978 adalah 2 ppm

(nilai KTD). Nilai KTD berarti kadar tertinggi yang diperkenankan atau disebut *ceiling*.

- a. *Threshold Limit Values (TLV)* menurut *American Society For Heating, Refrigerating and Air -Conditioning Enginer (ASHRAE)* untuk formaldehida adalah 0,1 ppm untuk 8 jam kerja (*TWA*) dan *ceiling* 0,2 ppm.
- b. *Threshold Limit Values (TLV)* menurut *The National Institute for Occupational Safety and Health (NIOSH)*, untuk *TWA* adalah 0,016 ppm dan *ceiling* 0,1 ppm.
- c. *Threshold Limit Values (TLV)* menurut *The American Conference of Governmental Industrial Hygienists (ACGIH)*, untuk *ceiling* adalah 0,3 ppm (Kusnoputranto, 1995).

Menurut IPCS (International Programme on Chemical Safety), lembaga khusus dari tiga organisasi di PBB, yaitu ILO, UNEP, serta WHO, yang mengkhususkan pada keselamatan penggunaan bahan kimiawi, secara umum ambang batas aman di dalam tubuh adalah 1 miligram per liter. Sementara formaldehida yang boleh masuk ke tubuh dalam bentuk makanan untuk orang dewasa adalah 1,5 mg hingga 14 mg per hari. Bila formaldehida masuk ke tubuh melebihi ambang batas tersebut maka dapat mengakibatkan gangguan pada organ dan sistem tubuh manusia. Akibat yang ditimbulkan tersebut dapat terjadi dalam waktu singkat atau jangka pendek dan dalam

jangka panjang, bisa melalui hirupan, kontak langsung atau tertelan (Hastuti, 2010).

Berdasarkan standar Eropa, kandungan formaldehida yang masuk dalam tubuh tidak boleh melebihi 660 ppm (1000 ppm setara 1 mg/liter). Sementara itu, berdasarkan hasil uji klinis, dosis toleransi tubuh manusia pada pemakaian secara terus-menerus (*Recommended Dietary Daily Allowances/RDDA*) untuk formaldehida sebesar 0,2 miligram per kilogram berat badan. Misalnya berat badan seseorang 50 kilogram, maka tubuh orang tersebut masih bisa mentoleransi sebesar 50 dikali 0,2 yaitu 10 miligram formaldehida secara terus-menerus. Sedangkan standar United State Environmental Protection Agency/USEPA untuk batas toleransi formaldehida di udara, tercatat sebatas 0.016 ppm. Sedangkan untuk pasta gigi dan produk shampo menurut peraturan pemerintah di negara-negara Uni Eropa (*EU Cosmetic Directive*) dan ASEAN (*ASEAN Cosmetic Directive*) memperbolehkan penggunaan formaldehida di dalam pasta gigi sebesar 0.1 % dan untuk produk shampoo dan sabun masing-masing sebesar 0.2 % (Hastuti, 2010).

## **5. Karbon Aktif**

Karbon aktif adalah istilah umum yang digunakan untuk substansi penyerap dari bentuk kristal, mempunyai struktur pori-pori besar yang membuat karbon lebih absorben. Karbon dibuat dari bermacam bahan baku yang dipanaskan. Ada ratusan variasi karbon yang digunakan

masyarakat, tapi hanya beberapa yang cocok untuk pemurnian alcohol.

Pori-pori karbon terdiri atas :

- a. Mikro pori dengan radius kurang dari 1 nm (pori-pori kecil)
- b. Meso pori dengan radius 1-25 nm (pori-pori medium)
- c. Makro pori dengan radius lebih dari 25 nm (pori-pori besar)

Pori yang besar digunakan untuk mentranspor cairan melewati karbon dan penyerapan terjadi pada pori medium dan kecil. Pori-pori dibentuk selama proses produksi ketika karbon diaktifkan. Makro pori yang besar berperan sebagai saluran yang melewati karbon ke meso dan mikro pori (Strand, 2001).

Terdapat penelitian yang bertujuan untuk melihat efek penggunaan *Egyptian Montmorillonite* clay dan karbon aktif (AC) sebagai agen pelindung terhadap toksisitas Deoxynivalenol dengan melihat gambaran histopatologi hepar dan ginjal pada masing-masing kelompok. Penelitian ini dibagi menjadi 6 kelompok yaitu kelompok kontrol, *Egyptian Montmorillonite* clay, karbon aktif, Deoxynivalenol, Deoxynivalenol dan *Egyptian Montmorillonite* clay, Deoxynivalenol dengan karbon aktif.

Dalam penelitian tersebut ditemukan beberapa gambaran histopatologi hepar, yaitu:

- a. Tikus dengan kelompok kontrol menunjukkan struktur histologis normal pada lobulus hepar, vena pusat dan hepatosit yang dipisahkan dengan sinusoid darah.

- b. Tikus dengan kelompok dengan *Egyptian Montmorillonite* clay menunjukkan struktur histologis hepatosit dan saluran portal yang mendekati normal.
- c. Tikus dengan kelompok karbon aktif menunjukkan struktur histologis hepatosit dan saluran portal yang hampir normal.
- d. Tikus dengan kelompok Deoxynivalenol menunjukkan gambaran histologis peningkatan serat kolagen di sekitar saluran portal dan minimum di sekitar vena sentral, penebalan pada saluran Portal dengan puing-puing selular dan fibrosis periportal. Hepatosit menunjukkan degenerasi vacuolar dan pleomorfisme nuklir.
- e. Tikus dengan kelompok Deoxynivalenol dan *Egyptian Montmorillonite* clay menunjukkan gambaran histologis hepatosit dengan penurunan degenerasi vacuolar dan pleomorfisme nuklir.
- f. Tikus dengan kelompok Deoxynivalenol dan karbon aktif menunjukkan gambaran perbaikan yang signifikan pada jaringan hati dan hepatosit yang normal (Sief, *et al.*, 2012).

## **6. Penyerapan Formaldehida oleh Karbon Aktif**

Pencemaran udara dalam ruang (*indoor air pollution*) terutama di dalam rumah sangat berbahaya bagi kesehatan manusia, karena pada umumnya orang lebih banyak menghabiskan waktu untuk melakukan kegiatan di dalam ruangan (Sudibandriyo & Salim, 2013).

Bahan-bahan berbahaya yang bisa menyebabkan polusi dalam ruangan meliputi aldehida, amoniak dan radon. Aldehida merupakan

senyawa utama pencemar pada polusi udara di dalam ruangan, khususnya formaldehida. Formaldehida adalah polutan gas di dalam ruangan yang merupakan volatile organic compound yang diturunkan dari cat, bahan dekorasi, pengikat, dan furniture, karpet serat. Formaldehida juga merupakan salah satu komponen utama penyusun rokok. Formaldehida pada konsentrasi rendah menyebabkan radang tenggorokan pada tingkatan  $0,1 \text{ mg/m}^3$  ( $0,08 \text{ ppm}$ ) iritasi mata dan hidung pada  $1 \text{ mg/m}^3$ , sakit pada saluran pernafasan pada  $40 \text{ mg/m}^3$ , dan sesak nafas di atas  $80 \text{ mg/m}^3$ . Selain itu formaldehida juga dapat menyebabkan kanker paru-paru dan mengakibatkan kematian. Batas yang diijinkan konsentrasi formaldehida di udara menurut OSHA Permissible Exposure Limit (PEL) sampai dengan  $2 \text{ ppm}$  untuk jangka pendek dan  $0,76 \text{ ppm}$  untuk 8 jam kerja (Sudibandriyo & Salim, 2013).

Usaha-usaha untuk mengurangi/mengambil polutan dari udara seperti formaldehida dapat dilakukan diantaranya dengan filter kalium permanganate, pembakaran formaldehida oleh nyala api, oksidasi formaldehida oleh ozon, dan adsorpsi karbon aktif. Metode filtrasi mempunyai kelemahan yaitu timbulnya masalah kejenuhan secara cepat pada filter seingga formaldehida yang tersaring semakin menurun. Sementara itu kelemahan metode pembakaran formaldehida dengan nyala api membutuhkan biaya yang tinggi pada proses pembakarannya. Pada metode oksidasi formaldehida dengan ozon mempunyai kelemahan

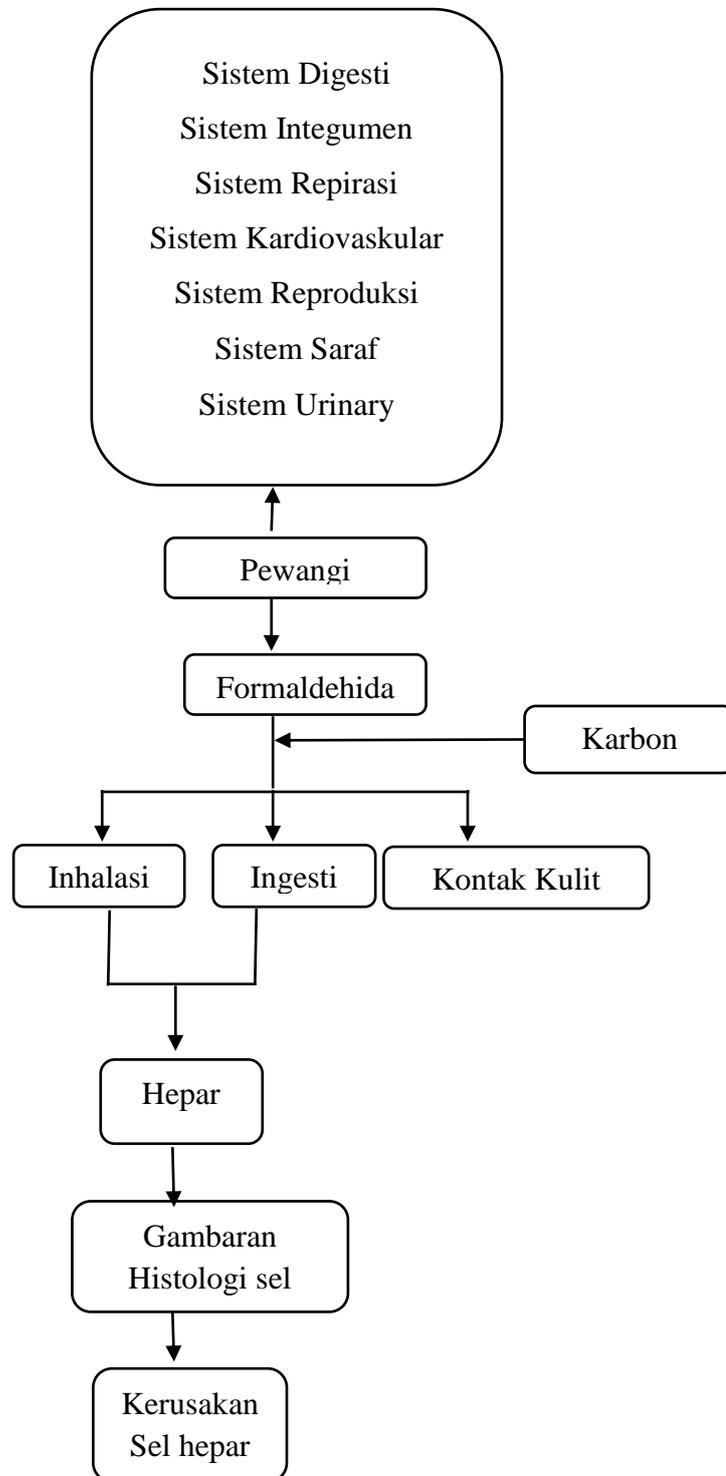
ketidakstabilan (meta stabil) molekul ozon jika digunakan sebagai oksidator (Sudibandriyo & Salim, 2013).

Metode adsorpsi formaldehida dengan menggunakan karbon aktif dapat menjadi solusi alternative dan menjawab kelemahan-kelemahan tersebut. Beberapa metode adsorpsi formaldehida dengan karbon aktif di antaranya adalah karbon yang diaktivasi dengan menggunakan pemanasan, karbon aktif dari ampas kopi yang diimpregnasi dengan  $ZnCl_2$  dan diaktivasi dalam aliran Nitrogen yang diikuti oleh aliran karbon dioksida atau uap air, adsorpsi formaldehida dengan karbon aktif dari sekam padi yang berisi gugus amino, dan karbon dalam bentuk granula diimpregnasi dengan  $ZnCl_2$  dan diaktivasi pada suhu  $750^\circ C$  selama 120 menit (Sudibandriyo & Salim, 2013).

Kemampuan karbon aktif dalam mengadsorpsi formaldehida pada dasarnya dipengaruhi oleh faktor utama yaitu permukaan yang luas pada karbon aktif dan penambahan aditif yang digunakan untuk meningkatkan daya ikat karbon aktif pada formaldehida. Untuk meningkatkan permukaan yang luas pada karbon aktif dapat dilakukan dengan pemilihan bahan baku yang sesuai dan metode aktivasi yang tepat, sedangkan peningkatan daya ikat karbon aktif dapat dilakukan dengan penambahan logam-logam katalitik oksidasi seperti Cu, Ag, Pt, dan lain-lain (Sudibandriyo & Salim, 2013).

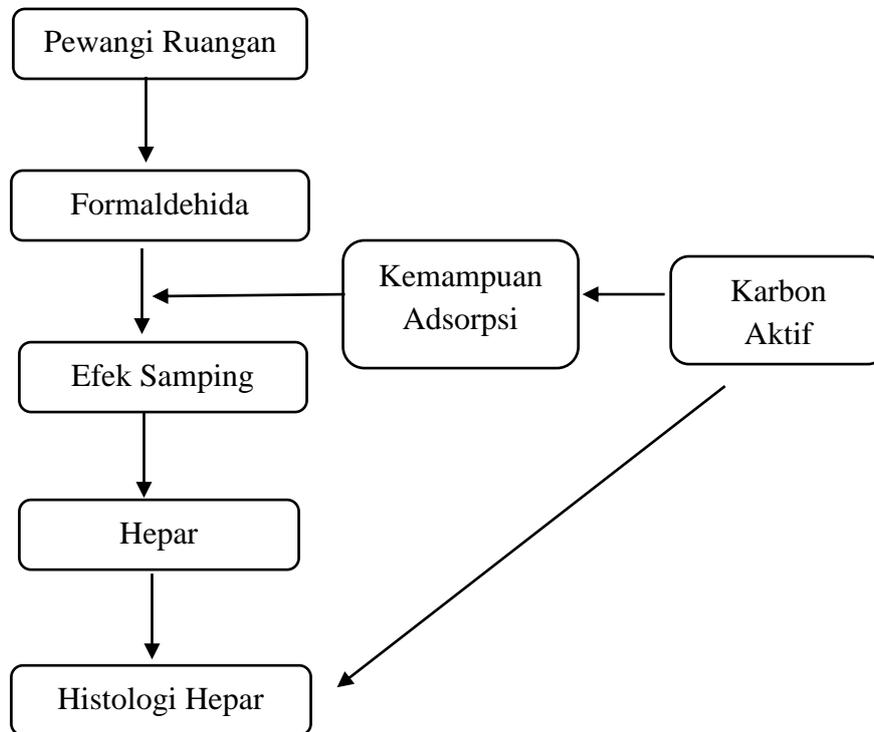
Aktivasi karbon dapat dilakukan secara fisika dan kimia. Perlakuan aktivasi secara fisika dilakukan dalam 2 tahapan yaitu proses

karbonisasi dan proses aktivasi dengan penambahan activating agent. Aktivasi dilakukan secara bersamaan pada suhu yang biasanya lebih rendah dan waktu yang lebih pendek dari pada aktivasi fisika, sehingga lebih hemat waktu dan energi. Keunggulan menggunakan aktivasi kimia adalah menghasilkan karbon aktif yang mempunyai luas permukaan spesifik yang lebih tinggi dan keberadaan pori akan mengalami perkembangan lebih baik. Aktivasi kimia dapat dilakukan dengan beberapa larutan kimia sebagai bahan pengaktifnya yaitu  $ZnCl_2$ ,  $H_3PO_4$ ,  $NaOH$ ,  $K_2CO_3$ ,  $Na_2CO_3$ , dan  $KOH$ . Penambahan logam-logam sebagai katalitik oksidasi yang ditambahkan pada karbon aktif bertujuan untuk meningkatkan efisiensi pengambilan formaldehida dalam proses adsorpsi (Sudibandriyo & Salim, 2013).

**B. Kerangka Teori**

Gambar 7. Kerangka Teori

### C. Kerangka Konsep



Gambar 8. Kerangka Konsep

### D. Hipotesis

Terdapat pengaruh penggunaan karbon aktif terhadap gambaran histologi hepar *Rattus norvegicus* yang diinduksi oleh pewangi ruangan.