

## **BAB II**

### **TINJAUAN PUSTAKA**

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

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

Lima dekade terakhir telah terjadi perubahan yang besar dari penggunaan bahan bangunan dan produk-produk yang digunakan di dalam ruangan. Hal ini juga berpengaruh terhadap perubahan profil dari polusi udara dalam ruangan. Contohnya pada sebagian besar negara menggunakan *Air Conditioner* di dalam bangunannya. Perubahan ini juga menyebabkan berubahnya tipe dan konsentrasi bahan-bahan kimia yang berada di dalam ruangan termasuk ditemukannya *Volatile Organic Compounds* (VOCs) yang bersifat karsinogenik (Slezakova *et al.*, 2012).

VOCs merupakan bahan kimia organik yang mudah menguap pada suhu ruangan. Lebih dari 300 senyawa individu ditemukan pada lingkungan di dalam ruangan, contohnya yaitu benzena dan formaldehid yang cukup dikenal juga sebagai senyawa yang berperan dalam polusi udara dalam ruangan dan bersifat karsinogenik (Slezakova *et al.*, 2012).

Beberapa hal dapat menjadi sumber utama pencemaran udara di dalam ruangan yaitu :

- a. Pencemaran udara yang bersumber dari penghuni ruangan seperti asap rokok dan pewangi ruangan.
- b. Pencemaran dari luar ruangan seperti asap kendaraan bermotor

- c. Pencemaran dari mikroba
- d. Pencemaran dari bahan bangunan ruangan seperti formaldehid, asbestos dan sebagainya.
- e. Kurangnya udara segar akibat pengaturan ventilasi ruangan yang buruk (Candrasari & Mukono, 2013).

Terdapat suatu kepercayaan umum di dalam masyarakat bahwa ketika berada dalam ruangan lebih aman dari polutan berbahaya. Namun, beberapa penelitian telah menunjukkan bahwa udara di dalam ruangan dapat lebih tercemar daripada udara luar ruangan pada sebuah kota padat industri. Polusi udara dalam ruangan ini dapat menimbulkan dampak negatif bagi kesehatan dalam jangka pendek maupun jangka panjang. Dampak jangka pendek dari polusi udara dalam ruangan ini antara lain iritasi mata, hidung, tenggorokan dan kulit, keletihan, sakit kepala dapat muncul setelah paparan yang berulang sedangkan 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).

Sejumlah produk komersial banyak digunakan di dalam ruangan untuk meningkatkan kesan kebersihan ruangan. Namun, baru-baru ini banyak produk telah ditemukan menjadi polutan utama dalam ruangan yang mungkin bertanggung jawab untuk efek kesehatan yang merugikan. Berdasarkan pada sejumlah penelitian yang telah dilakukan, sumber dari

polusi udara dalam ruangan yang mengalami kenaikan yaitu berasal dari pelembap dan pewangi ruangan (Kim *et al.*, 2015).

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

Sejauh ini terdapat upaya-upaya serta penelitian yang bertujuan untuk mengurangi bahaya dari polusi udara dalam ruangan. Beberapa upaya yang telah dilakukan antara lain mengganti penggunaan pewangi ruangan sintetis dengan pewangi ruangan alami yang berasal dari tanaman, meningkatkan penggunaan ventilasi udara, menghindari penggunaan produk yang diketahui mengandung formaldehid, serta mulai digunakan *granular activated carbon (GAC)* atau karbon aktif granular serta *activated carbon filter (ACF)* (*Environmental Protection Agency*, 2015) (Sidheswaran *et al.*, 2011).

## **2. Pewangi Ruangan**

### **a. Definisi**

Pewangi ruangan merupakan suatu produk komersial yang umum digunakan masyarakat luas untuk menghasilkan bau yang

menyenangkan dan nyaman dihirup dalam ruangan dan kantor. Pewangi ruangan diketahui mengandung sejumlah bahan kimia yang berbeda untuk menetralkan bau menyengat dan menghasilkan aroma yang lebih nyaman untuk dihirup (Gilbert, 2009).

#### **b. Kandungan Zat Kimia yang Berbahaya bagi Kesehatan**

Bahan dasar yang digunakan pada pembuatan pewangi ruangan di antaranya formaldehid, 1,4-diklorobenzene, 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).

Kandungan zat kimia lain yang terdapat dalam bahan dasar pewangi ruangan yang memiliki efek berbahaya bagi kesehatan antara lain, benzyl alkohol, toluena, dan xilen yang dapat memberikan efek buruk terhadap kesehatan apabila kadarnya dalam udara melebihi angka normal (Kim *et al.*, 2015).

##### **1) Formaldehid**

Formaldehid adalah gas transparan yang memiliki bau menyengat yang kuat dan mudah menguap pada suhu kamar. Formaldehid biasanya digunakan untuk bahan bangunan dan produk-produk rumah tangga. Contohnya adalah penggunaan urea-formaldehid sebagai perekat pada produk *pressed wood* yang biasanya digunakan untuk membuat furnitur. Orang-orang

dapat dengan mudah terpapar formaldehid lewat udara karena sifatnya yang mudah menguap pada suhu kamar (*National Toxicology Program*, 2011).

Beberapa bukti menunjukkan bahwa terdapat formaldehid yang diemisikan dari pewangi ruangan. Paparan konsentrasi tinggi formaldehid ( $120 \text{ mg} / \text{m}^3$ ) menyebabkan iritasi mata, muntah, kejang, dan kematian. Apabila manusia terpapar formaldehid pada tingkat lebih rendah dari  $0,1 \text{ mg} / \text{m}^3$  menyebabkan iritasi sensori (Kim *et al.*, 2015).

Paparan formaldehid secara inhalasi dapat berdampak buruk bagi kesehatan. Pada hewan, kadar formaldehid sebesar 0.6 – 1.9 ppm dapat menyebabkan perubahan fungsi pulmoner dan juga mempunyai efek terhadap sistem saraf. Paparan yang lebih tinggi yaitu sebesar 2.0 – 5.9 terbukti dapat menyebabkan iritasi mata, tenggorokan, dan perubahan fungsi pulmoner. Selain itu juga berdampak terhadap penurunan berat badan, peningkatan respon alergi, efek terhadap sistem saraf, dan juga berefek terhadap testis (*Agency for Toxic Substances and Disease Registry*, 2010).

Formaldehid diketahui dapat menurunkan berat testis dan menyebabkan perubahan secara histopatologis, termasuk terjadinya atrofi pada tubulus seminiferus, penurunan pada sel spermatogenik, hilangnya integritas dari sel epitel seminiferus,

penurunan motilitas sperma dan peningkatan sperma yang abnormal (*Agency for Toxic Substances and Disease Registry*, 2010).

Penurunan jumlah sel-sel spermatogenik terjadi akibat kerusakan membran sel akibat adanya paparan formalin yang merupakan sumber radikal bebas eksogen yang dapat meningkatkan Senyawa Oksigen Reaktif (SOR) dan SOR merupakan mediator yang memegang peranan penting dalam kejadian cedera sel dan kerusakan oksidatif (Heryani *et al.*, 2011).

## 2) Ftalat

Ftalat adalah grup dari bahan kimia yang digunakan untuk melembutkan dan meningkatkan fleksibilitas dari plastik. Ftalat biasa digunakan dalam berbagai produk seperti pada kosmetik termasuk parfum, sabun, cat kuku, hingga mainan plastik. Ftalat juga digunakan pada detergen, perekat, pelarut, insektisida, dan juga pada pewangi ruangan sebagai pelarut dan ditemukan hampir pada semua pewangi ruangan (Cohen *et al.*, 2007).

Apabila ftalat digunakan pada pewangi ruangan, ftalat dapat dilepaskan diudara dan dapat terhirup ataupun partikel aerosolnya dapat menempel pada kulit yang kemudian akan terserap (Cohen *et al.*, 2007). Mekanisme dari efek ftalat belum sepenuhnya dipahami, tetapi paparan ftalat dapat berakibat pada sistem reproduksi pria lewat berbagai cara termasuk menekan

hormon testosteron dan berhubungan dengan abnormalitas pada sistem reproduksi (Chang *et al.*, 2015).

### 3. Karbon Aktif

Karbon aktif didefinisikan sebagai bahan karbon dengan luas permukaan internal yang besar dan mempunyai struktur berpori yang dihasilkan dari pengolahan bahan baku di bawah reaksi yang terjadi pada suhu yang tinggi. Karbon aktif tersusun atas 87% sampai 97% karbon, tetapi juga mengandung unsur-unsur lain tergantung metode pengolahan dan bahan baku yang digunakan. Struktur berpori memungkinkan untuk menyerap bahan dari fase cair dan gas. Volume porinya berkisar 0,20-0,60 cm<sup>3</sup>/g dan luas permukaannya berkisar 800 – 1500 m<sup>2</sup>/g. Luas permukaan tersebut sebagian besar mengandung pori-pori mikro yang berdiameter lebih kecil dari 2 nm (Leimkuehler, 2010).

Pencemaran udara dalam ruang (*indoor air pollution*) terutama rumah sangat berbahaya bagi kesehatan manusia, karena pada umumnya orang lebih banyak menghabiskan waktu untuk melakukan kegiatan di dalam ruangan, sehingga menjadi sangat penting sebagai lingkungan mikro yang berkaitan dengan risiko dari pencemaran udara (Sudibandriyo, 2013).

Bahan-bahan berbahaya yang bisa menyebabkan polusi dalam ruangan meliputi aldehida, ammonia, dan radon. Aldehida merupakan senyawa utama pencemar pada polusi udara di dalam ruangan, khususnya formaldehid. Formaldehid adalah polutan gas di dalam ruangan yang

merupakan *Volatile Organic Compounds* (VOCs) yang diturunkan dari cat, bahan dekorasi, pengikat, dan furniture, karpet serat. Formaldehid juga merupakan salah satu komponen utama penyusun rokok. Formaldehid 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 formaldehid juga dapat menyebabkan kanker paru-paru dan mengakibatkan kematian. Batas yang diijinkan konsentrasi formaldehid di udara menurut OSHA *Permissible Exposure Limit* (PEL) sampai dengan 2 ppm (Sudibandriyo, 2013).

Usaha-usaha untuk mengurangi/mengambil polutan dari udara seperti formaldehid dapat dilakukan diantaranya dengan filter kalium permanganate, pembakaran formaldehid oleh nyala api, oksidasi formaldehid oleh ozon, dan adsorpsi karbon aktif. Metode filtrasi mempunyai kelemahan yaitu timbulnya masalah kejenuhan secara cepat pada filter sehingga formaldehid yang tersaring semakin menurun. Sementara itu kelemahan metode pembakaran formaldehid dengan nyala api adalah biaya tinggi pada operasi pembakarannya. Pada metode oksidasi formaldehid dengan ozon mempunyai kelemahan ketidakstabilan (meta stabil) molekul ozon jika digunakan sebagai oksidator (Sudibandriyo, 2013).

Metode adsorpsi formaldehid dengan menggunakan karbon aktif dapat menjadi solusi alternatif dan menjawab kelemahan-kelemahan



tersebut. Beberapa metode adsorpsi formaldehid 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, 2013).

Kemampuan karbon aktif dalam mengadsorpsi formaldehid pada dasarnya dipengaruhi oleh faktor utama yaitu luas permukaan karbon aktif dan penambahan aditif yang digunakan untuk meningkatkan daya ikat karbon aktif pada formaldehid. Untuk meningkatkan luas permukaan karbon aktif dan penambahan aditif yang digunakan untuk meningkatkan daya ikat 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, 2013).

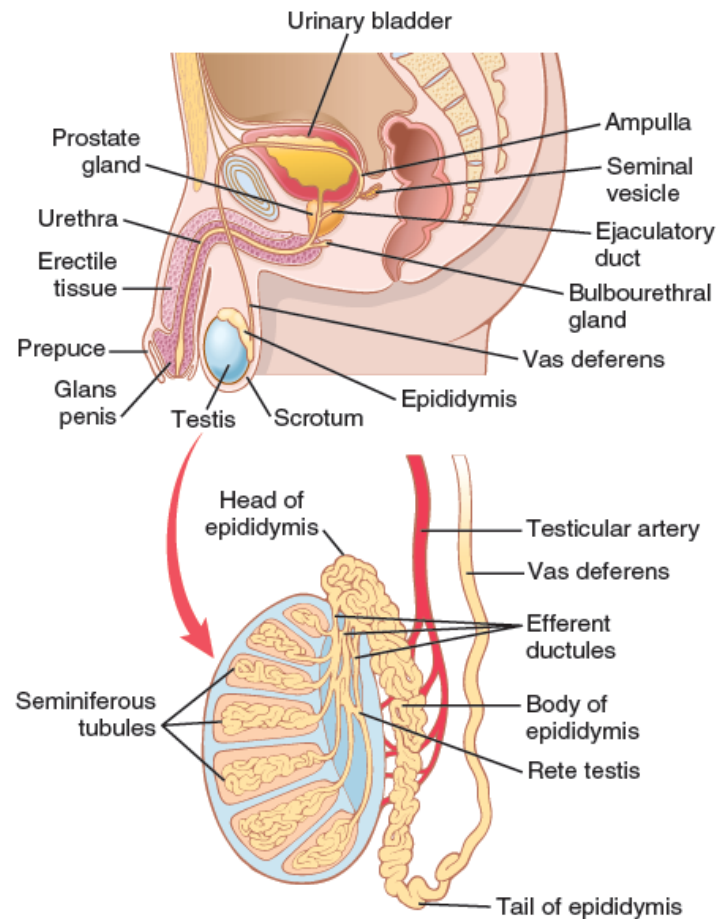
Aktivasi karbon dapat dilakukan secara fisika dan kimia. Perlakuan aktivasi secara fisika dilakukan dalam dua tahapan yaitu proses karbonisasi dan proses aktivasi dengan penambahan *activating agent*. Aktivasi dilakukan secara bersamaan pada suhu yang biasanya lebih rendah dan waktu yang lebih pendek 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  $\text{ZnCl}_2$ ,  $\text{H}_3\text{PO}_4$ ,  $\text{NaOH}$ ,  $\text{K}_2\text{CO}_3$ ,  $\text{Na}_2\text{CO}_3$ , dan  $\text{KOH}$ . Karbon aktif yang tinggi terdapat pada bahan aktivasi  $\text{Na}_2\text{CO}_3$ , sedangkan kapasitas adsorpsi tertinggi adalah pada bahan pengaktif  $\text{KOH}$ . Hasil penelitian sebelumnya dengan bahan baku batubara dan bahan pengaktif  $\text{KOH}$  menunjukkan sebagai bahan pengaktif karbon yang dapat menghasilkan luas permukaan yang besar. Penambahan logam-logam sebagai katalitik oksidasi yang ditambahkan pada karbon aktif bertujuan untuk meningkatkan efisiensi pengambilan formaldehid dalam proses adsorpsi (Sudibandriyo, 2013).

#### **4. Sistem Reproduksi Pria**

Sistem reproduksi pria terdiri dari testis, saluran kelamin, kelenjar tambahan, dan penis. Testis berfungsi untuk produksi hormon dan spermatozoa. Hormon utama yang dihasilkan adalah testosteron. Testosteron berperan penting dalam proses spermatogenesis, diferensiasi seksual selama perkembangan embrio dan fetus, dan pengaturan sekresi gonadotropin. Sementara itu, saluran kelamin dan kelenjar tambahan menghasilkan sekret dan dengan bantuan kontraksi otot polos mendorong spermatozoa ke arah luar. Spermatozoa bersama sekret saluran kelamin

dan kelenjar tambahan membentuk semen, yang nantinya akan masuk ke dalam saluran reproduksi wanita melalui penis (Mescher, 2012).



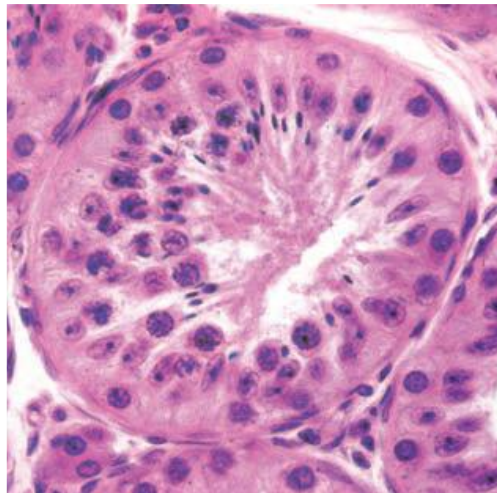
Gambar 1. Sistem reproduksi pria (Guyton & Hall, 2016)

Testis merupakan salah satu dari sepasang kelenjar berbentuk telur yang normalnya terletak di dalam skrotum. Setiap testis dibungkus oleh *tunica vaginalis* pada bagian luar dan *tunica albuginea* pada bagian dalam. Testis terdiri atas 900 lilitan tubulus seminiferus, yang masing-masing mempunyai panjang rata-rata lebih dari 0,5 meter, dan merupakan tempat pembentukan sperma. Sperma kemudian akan dialirkan ke dalam epididimis, suatu tubulus lain yang panjangnya sekitar enam meter. Epididimis akan bermuara ke dalam *vas deferens*, yang pada bagian

ujungnya akan membesar sebelum memasuki korpus kelenjar prostat. Isi dari *ampula vas deferens* dan *vesikula seminalis* kemudian akan bergabung dan masuk ke dalam duktus ejakulatorius yang ada pada kelenjar prostat. Setelah itu akan diteruskan memasuki *uretra pars prostatika*, *uretra pars membranasea*, dan berakhir pada *uretra pars spongiosa* (Guyton & Hall, 2016).

#### a. Histologi Testis

##### 1) Tubulus seminiferus

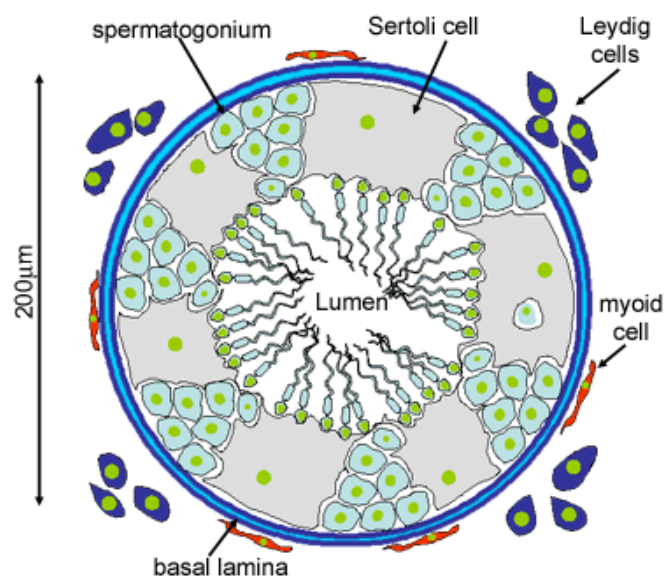


Gambar 2. Tubulus seminiferus (Mescher, 2012)

Tubulus seminiferus merupakan tempat dihasilkannya sperma dengan laju  $2 \times 10^8$  per hari pada pria dewasa. Setiap testis memiliki 250-1000 tubulus seminiferus di lobulusnya, dengan setiap tubulus seminiferus berdiameter sekitar 150-250  $\mu\text{m}$  dan panjang 30-70 cm. Tubulus seminiferus dilapisi oleh suatu epitel berlapis khusus dan kompleks yang disebut epitel germinal atau epitel seminiferus. Pada bagian basal dari epitel ini dilapisi oleh jaringan ikat fibrosa, dengan suatu lapisan terdalam yang

mengandung sel-sel mioid gepeng dan menyerupai otot polos yang memungkinkan kontraksi lemah tubulus. Epitel tubulus seminiferus terdiri dari sel penyokong atau sustentakular (Sel Sertoli) dan sel-sel proliferasi dari garis keturunan spermatogenik yang dapat dibedakan secara morfologi menjadi spermatogonia, spermatosit primer, spermatosit sekunder, spermatid, dan spermatozoa (Mescher, 2012).

## 2) Sel Sertoli



Gambar 3. Sel Sertoli (*The Histology Guide*, 2003)

Sel Sertoli merupakan sel penunjang pada tubulus seminiferus yang membungkus sel-sel dari garis keturunan spermatogenik. Sel-sel ini merupakan sel piramid atau kolumnar yang dasarnya melekat pada lamina basal dan ujung apikalnya terjulur ke dalam lumen tubulus seminiferus. Sel-sel ini mempunyai ikatan yang kuat dan membagi tubulus menjadi dua

kompartemen. Kompartemen basal merupakan kompartemen yang dekat dengan lamina basal dan kompartemen adluminal merupakan kompartemen yang mengarah ke lumen. Kedua kompartemen tersebut membentuk suatu *blood-testis barrier* yang menyebabkan molekul besar tidak dapat melewatinya (*The Histology Guide*, 2003). Sel Sertoli mempunyai beberapa fungsi yang melibatkan *blood-testis barrier* sebagai penunjang, pelindung, dan nutrisi spermatozoa yang sedang berkembang (Mescher, 2012).

### 3) Sel Leydig

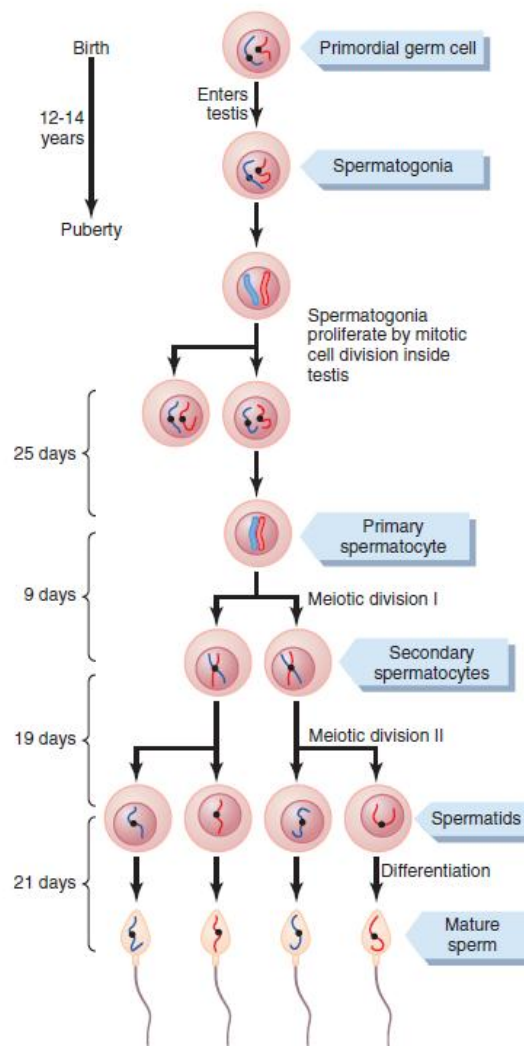
Sel Leydig merupakan sel interstisial karena terletak diantara tubulus seminiferus. Selnya berbentuk ovoid atau poligonal serta mempunyai sitoplasma yang eosinofilik. Warnanya sedikit pucat karena terdapat banyak kolesterol dan berfungsi sebagai penghasil testosteron dari respon terhadap *Lutenising Hormone* (LH) dari kelenjar pituitari. Testosteron dibentuk dari kolesterol melalui rangkaian reaksi yang dikatalisis oleh enzim P450<sub>scc</sub>, 3 $\beta$ -HSD, P450<sub>17 $\alpha$</sub> , dan 17 $\beta$ -HSD (Dong & Hardy, 2004).



Gambar 4. Sel Leydig (*The Histology Guide*, 2003)

#### b. Spermatogenesis

Spermatogenesis adalah proses dimana sel-sel spermatogonium menjalani meiosis, dan menghasilkan sejumlah sel yang disebut spermatozoa. Spermatogenesis terjadi di tubulus seminiferus akibat stimulasi dari hormon gonadotropik hipofisis anterior. Pada tahap pertama, spermatogonium yang merupakan sel benih primitif mulai mengalami mitosis, dan menghasilkan sel-sel yang baru. Spermatogonia dengan inti ovoid dan gelap bertindak sebagai sel punca, yang tidak sering membelah dan membentuk sel punca baru, sedangkan spermatogonia dengan sel yang intinya ovoid dan terpulas lebih pucat berperan sebagai progenitor (Mescher, 2012).



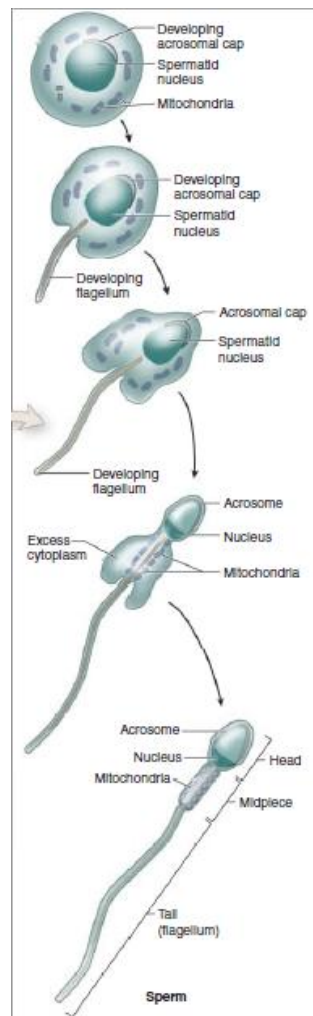
Gambar 5. Spermatogenesis (Guyton & Hall, 2016)

Spermatogonium akan mengalami pembelahan mitosis akhir dan membentuk dua sel yang ukurannya bertambah dan menjadi spermatosit primer, yang merupakan sel sferis dengan inti eukromatik. Spermatosit primer mempunyai 46 kromosom ( $44 + XY$ ). Spermatosit primer selanjutnya akan memasuki tahap profase meiosis pertama hingga akhirnya akan dihasilkan spermatosit sekunder. Pada tahap ini dihasilkan sel yang lebih kecil dengan hanya 23 kromosom ( $22 + X$  atau  $22 + Y$ ). Spermatosit sekunder dengan cepat akan mengalami



pembelahan meiosis kedua. Proses ini akan menghasilkan spermatid dengan 23 kromosom yang nantinya akan dimodifikasi menjadi spermatozoa. Keseluruhan proses spermatogenesis membutuhkan waktu sekitar 74 hari (Guyton & Hall, 2016) (Mescher, 2012).

#### 4) Spermiogenesis

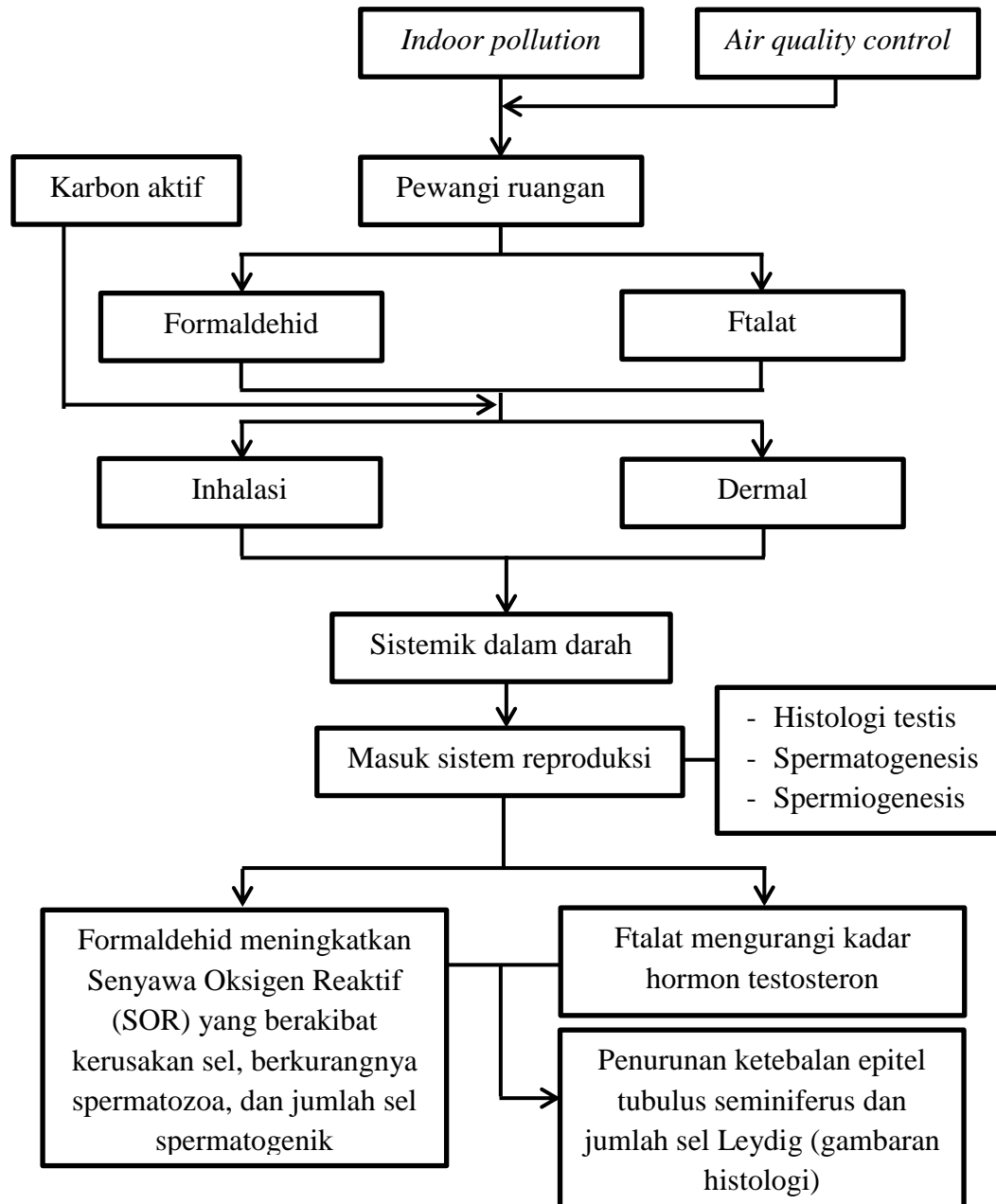


Gambar 6. Spermiogenesis (Mescher, 2012)

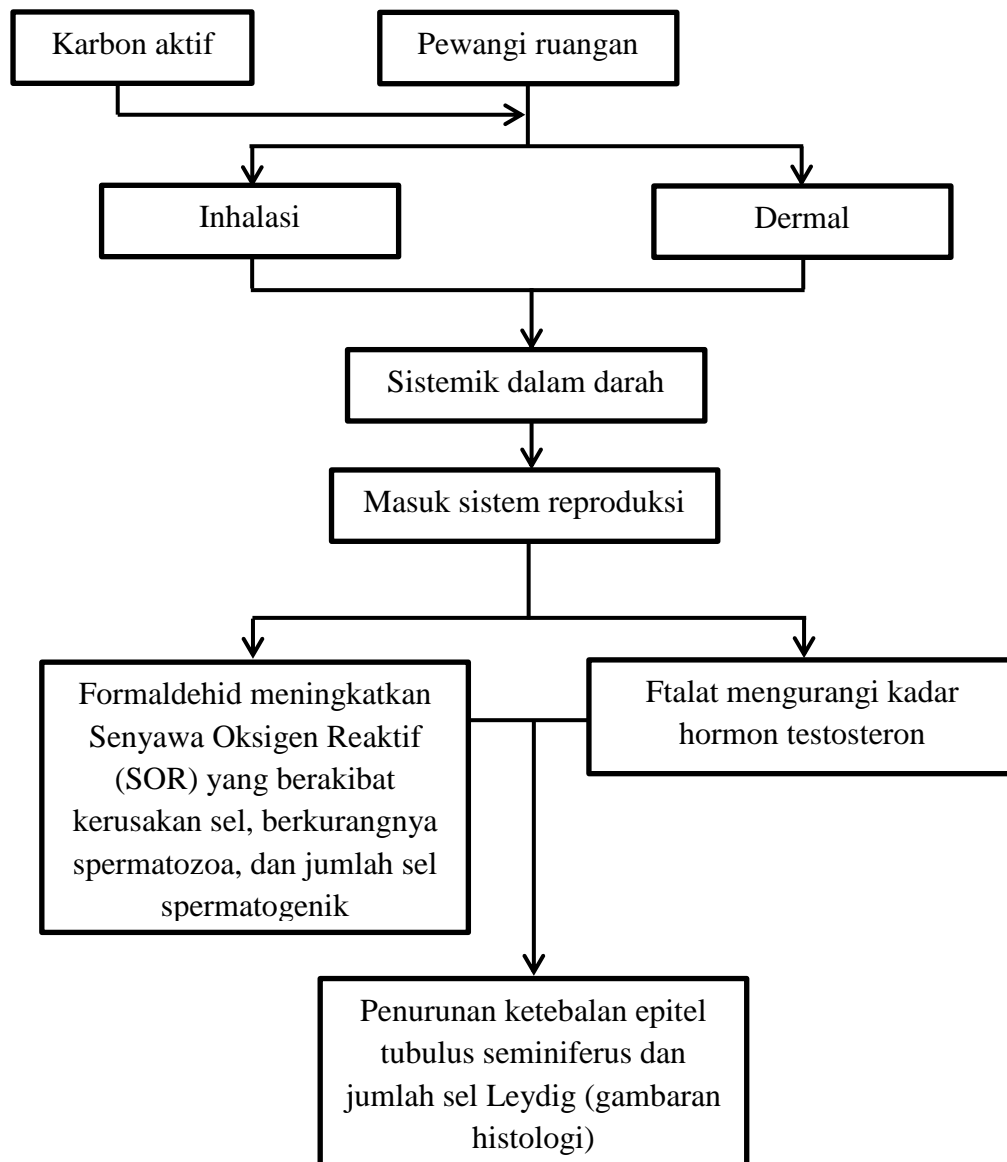
Spermiogenesis adalah tahap akhir produksi sperma dan merupakan proses transformasi spermatid menjadi spermatozoa. Pada proses ini tidak terjadi pembelahan sel. Spermiogenesis mencakup

pembentukan akrosom, kondensasi dan pemanjangan inti, pembentukan flagelum, dan hilangnya sebagian besar sitoplasma. Fase spermiogenesis dapat dibagi menjadi tiga fase. Fase pertama adalah fase Golgi awal dimana terjadi pembentukan akrosom. Fase selanjutnya adalah fase akrosom. Pada fase ini akrosom mulai menutupi belahan anterior inti yang memadat. Fase terakhir adalah fase maturasi akhir. Sitoplasma yang tidak diperlukan dibuang sebagai suatu bahan residu dari setiap spermatozoa dan difagositosis oleh Sel Sertoli. Spermatozoa matang kemudian dilepaskan di lumen tubulus seminiferus (Mescher, 2012).

## B. Kerangka Teori



### C. Kerangka Konsep



### D. Hipotesis

H<sub>0</sub> = a. Karbon aktif tidak dapat mencegah penurunan ketebalan epitel tubulus seminiferus pada tikus putih (*Rattus norvegicus*) yang didedahkan dengan pewangi ruangan.

b. Karbon aktif tidak dapat mencegah penurunan jumlah sel Leydig pada tikus putih (*Rattus novergicus*) yang didedahkan dengan pewangi ruangan.

H1 = a. Karbon aktif dapat mencegah penurunan ketebalan epitel tubulus seminiferus pada tikus putih (*Rattus novergicus*) yang didedahkan dengan pewangi ruangan.

b. Karbon aktif dapat mencegah penurunan jumlah sel Leydig pada tikus putih (*Rattus novergicus*) yang didedahkan dengan pewangi ruangan.