

## **BAB II**

### **TINJAUAN PUSTAKA**

#### **A. Kualitas Udara dalam Ruangan**

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 (Central Pollution Control Board, 2014). Kualitas udara merupakan suatu faktor penting yang mempengaruhi kesehatan manusia. Kualitas udara dalam suatu ruangan dipengaruhi oleh beberapa faktor tertentu seperti parameter fisik, paparan bahan kimia serta kontaminasi biologis (Slezakova *et al.*, 2012). Selain itu, kualitas udara dalam ruangan juga dipengaruhi oleh udara yang berasal dari luar ruangan yang masuk ke dalam ruangan melalui ventilasi udara. Pengetahuan mengenai polusi udara dalam ruangan diperlukan untuk menghindari paparan atau mengurangi paparan terhadap polusi sehingga dapat meningkatkan kualitas udara ruangan (United States Environmental Protection Agency, 2016).

#### **B. Polusi Udara dalam Ruangan**

Polusi udara dalam ruangan mengacu pada kontaminasi polutan kimiawi, biologis dan fisik yang terjadi dalam ruangan. Di negara berkembang sumber utama polusi udara dalam ruangan adalah asap biomassa, nitrogen dioksida, sulfur dioksida, karbon monoksida, formaldehida dan hidrokarbon aromatik polisiklik (Organisation for Economic Co-operation and Development, 2003)

Polusi udara dalam ruangan dapat berasal dari berbagai sumber. Berikut ini tabel berisi daftar bahan penyebab polusi udara dalam ruangan dan sumber bahan tersebut.

Tabel 1. Zat Kimia Penyebab Polusi Udara dalam Ruangan, Sumber dan Dampak bagi Kesehatan

No.	Polutan	Sumber	Dampak bagi Kesehatan
1.	Karbon Monoksida (CO)	Peralatan pemanas, minyak tanah, perapian, oven, pemanggang arang, asap tembakau	Sakit kepala, kantuk, permasalahan sistem respirasi dan sensori. Gejala yang timbul sering keliru dianggap flu. Dosis yang tinggi menyebabkan kematian
2.	Radon	Bebatuan di bawah bangunan, air tanah	Tidak menimbulkan gejala dalam waktu singkat, namun dapat menyebabkan kanker.
3.	Nitrogen Dioksida Sulfur Dioksida	Sumber sama dengan karbon monoksida	Kerusakan sistem respirasi dan paru-paru

4.	Sulfur Dioksida	Sumber sama dengan karbon monoksida	Iritasi mata dan hidung
5.	Volatile Organic Compounds	<i>Hair spray</i> , semprotan aerosol, parfum, pengharum, pestisida, lem, pelembut kain, asap tembakau	Iritasi pada mata, hidung dan tenggorokan. Nyeri kepala, kehilangan koordinasi, Kerusakan ginjal, liver dan otak, berbagai jenis kanker.
6.	Formaldehida	Kayu lapis, panel, karpet, produk kertas, lem, beberapa produk perawatan tubuh, asap tembakau.	Reaksi alergi, iritasi pada mata, hidung dan tenggorokan, nyeri kepala, mual, muntah, batuk serta dapat menyebabkan kanker.

Sumber: (Adler, 2000)

## C. Pewangi Ruangan

### 1. Pengertian Pewangi Ruangan

Pewangi ruangan adalah produk rumah tangga yang umum dijual dipasaran, digunakan dengan tujuan untuk menciptakan aroma segar dan menghilangkan bau yang tidak menyenangkan di dalam ruangan. Pewangi ruangan diketahui mengandung sejumlah bahan kimia pada komposisinya untuk menghasilkan aroma segar dan menetralkan bau yang tidak menyenangkan (Gilbert, 2009).

## **2. Zat Kimia dalam Pewangi Ruangan dan Dampak Terhadap**

### **Kesehatan**

Penggunaan pewangi ruangan sebagai alternatif untuk mendapatkan udara segar dan menghilangkan bau tidak sedap sudah semakin lazim. Namun, tanpa diketahui konsumen terdapat bahaya di balik penggunaan pewangi ruangan yaitu zat-zat kimia yang menjadi komposisi pewangi ruangan. Zat-zat kimia tersebut merupakan zat yang seharusnya tidak terpapar pada manusia apalagi dengan jumlah besar atau jumlah kecil secara berkelanjutan. Dampak dari paparan tersebut dapat menimbulkan dampak pada kesehatan (Solomon, 2007).

Penelitian yang dilakukan oleh *Natural Resource Defence Council* (NRDC) dengan menguji 14 jenis merek pewangi ruangan menemukan bahwa, 12 dari 14 merek tersebut menggunakan Phthalates. Namun, tidak satu pun dari merek pewangi ruangan tersebut mencantumkan phthalates sebagai salah satu komposisinya pada kemasan ataupun iklan produk (Solomon, 2007). Phthalates lazim digunakan sebagai pelunak plastik, agen anti busa pada aerosol, bahan vinil yang terdapat pada mainan anak-anak, mobil, cat pestisida serta wewangian (Cook, 2012). Hal paling berbahaya dari penggunaan phthalates yaitu dapat menyebabkan anormalitas hormonal, defek saat kelahiran, kanker dan masalah pada sistem reproduksi (Gilbert, 2009). Selain phthalates juga masih ada zat-zat kimia lain yang tidak disebutkan pada komposisi pewangi ruangan.

Tabel 2. Daftar Zat Kimia yang Terdeteksi Pada Pewangi Ruangan

Nama Senyawa	Konsentrasi Maksimal Terdeteksi pada Pewangi Ruangan (mg/kg)	Konsentrasi Minimal Terdeteksi pada Pewangi Ruangan (mg/kg)
Benzena	0,7	0,005
Formaldehida	96	4,9
Benzyl alcohol	46,4	7,8
d-limonene	1,507	0,15
Linalool	228	93
A-pinene	596,3	0,06
Toluena	11,9	0,04
Xilena	0,7	0,003

Sumber : (Kim *et al.*, 2015)

Penelitian yang dilakukan oleh Steinemann pada tahun 2010 terhadap 25 produk pengharum yang terdiri dari 4 produk pembersih pakaian, 9 produk perawatan tubuh, 4 pembersih rumah tangga dan 8 produk pewangi ruangan. Menemukan bahwa dari 25 produk tersebut terdapat 133 jenis VOCs, dari 133 VOCs tersebut 24 termasuk jenis yang berbahaya menurut hukum di mana penelitian ini berlangsung. Namun, dari 133 VOCs hanya 1 yang disebutkan dalam label produk. Serta tidak ada satu produkpun yang menyebutkan secara jelas zat-zat kimia yang diemisikan (Steinemann *et al.*, 2010).

Penelitian lain mengenai Analisis Kandungan Formaldehyde pada Pewangi Ruang Berbentuk Gel yang Beredar di Pasaran Medan ditemukan bahwa pada pewangi ruangan gel, aroma citrus (jeruk) lebih banyak mengandung formaldehida daripada aroma apel (Pratiwi, 2010).

*United States of America Consumer Product Safety Emission* menyatakan bahwa formaldehida masih termasuk dalam kelompok senyawa VOCs. Paparan terhadap formaldehida dapat menyebabkan berbagai masalah kesehatan misalnya dermatitis kontak alergi, kelainan sistem respirasi seperti asma, kelainan pada sistem penghidu, hingga kelainan neurologis seperti perubahan mood, insomnia, mual dan pusing kepala (United States of America Consumer Product Safety Commission, 2015).

Zat kimia VOCs lainnya yaitu Toluena merupakan bahan kimia penyebab iritasi kulit dan mata, serta pada pemaparan dosis yang sangat tinggi dapat menyebabkan peningkatan risiko anak lahir dengan retardasi mental pada ibu hamil. (Agency for Toxic Substances & Disease Registry, 2015). Xilena menyebabkan terjadinya iritasi kulit serta mata setelah paparan sebesar 200 ppm selama 3-5 menit, pemaparan 200 ppm atau lebih juga menyebabkan nyeri dada dan sesak nafas (Kandyala et al., 2010).

Penelitian lain yang dilakukan Cater, Reyes dan Harbell mengungkapkan bahwa kerusakan jaringan epitel dan stroma pada kornea berkaitan dengan penggunaan pewangi ruangan solid dan likuid. Selain itu, penggunaan pewangi ruangan juga berkaitan dengan kenaikan tingkat kerusakan keratosit pada stroma

yang menyebabkan kenaikan tingkat iritasi pada mata. Pada penelitian tersebut juga disebutkan nilai kerusakan kornea tertinggi terdapat pada kelompok pemaparan pewangi ruangan berbentuk gel (Cater et al., 2006).

#### **D. Karbon Aktif**

##### **1. Pengertian Karbon Aktif**

Karbon aktif adalah suatu material yang memiliki banyak pori-pori di dalamnya. Pori-pori yang dimiliki oleh karbon tersebut berfungsi sebagai media penerapan pada karbon. Karbon aktif biasanya digunakan untuk menyerap senyawa organik, senyawa yang mengandung bau dan rasa yang tidak enak serta menyerap bahan kimia sintetis (United States Environmental Protection Agency, 2016).

Struktur berpori yang dimiliki karbon aktif memungkinkan terjadinya proses penyerapan material dari fase cair dan fase gas. Volume pori karbon aktif biasanya berkisar dari 0,20 cm<sup>3</sup>/g sampai dengan 0,60 cm<sup>3</sup>/g. Namun, saat ini telah ditemukan karbon aktif yang memiliki volume hingga 1 cm<sup>3</sup>/g. Luas permukaan karbon aktif lazimnya berkisar dari 800 hingga 1.500 m<sup>2</sup>/g namun, telah ditemukan karbon aktif yang memiliki luas penyerapan hingga 3.000 m<sup>2</sup>/g (Leimkuehler, 2010).

##### **2. Jenis-Jenis Karbon Aktif**

Klasifikasi karbon aktif berdasarkan bentuknya yaitu:

###### **a. Karbon Aktif Bubuk**

Karbon aktif bubuk terdiri dari partikel-partikel karbon yang berbentuk bubuk. Karbon aktif bubuk memiliki ukuran sangat kecil sekitar 50-75

mikron. Biasanya digunakan pada keadaan darurat dan jangka pendek misal pengolahan air pada musim kemarau (Said, 2007).

b. Karbon Aktif Granular

Karbon aktif berbentuk kepingan dengan ukuran partikel 0,16-1,5 mm. Digunakan untuk jangka panjang dan berkesinambungan. Memiliki luas permukaan penyerapan lebih besar dari karbon aktif bubuk (Said, 2007).

c. Karbon Aktif Fiber

Karbon aktif fiber merupakan karbon aktif yang terbuat dari *carbon fiber* yang mendapatkan penambahan suhu 70-100°C. Lazim digunakan sebagai penghilang logam berat, aplikasi biomedis, aplikasi elektrokimia dan katalisis (Lee *et al.*, 2014).

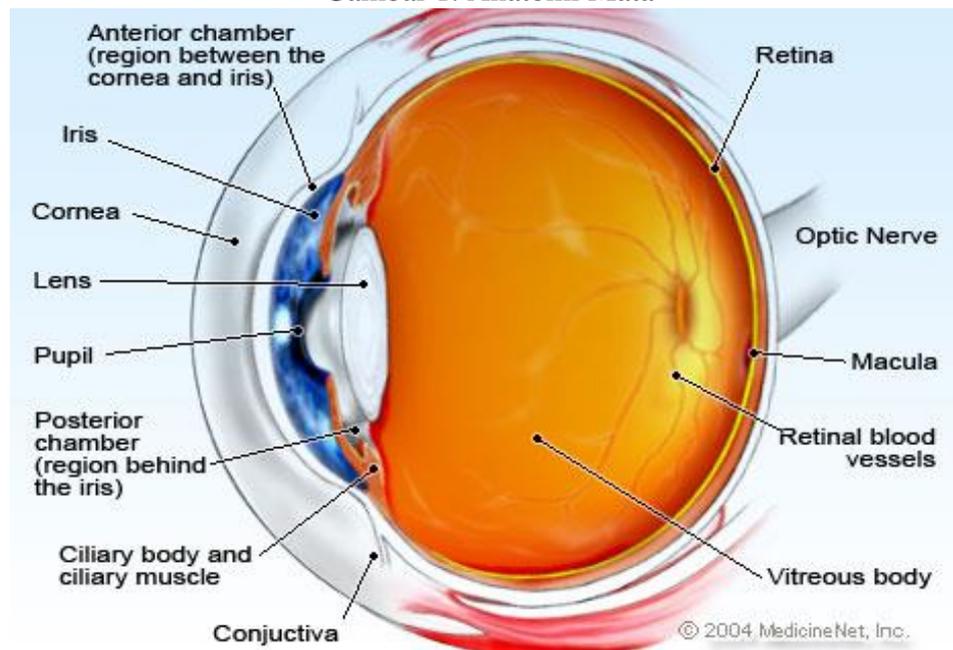
### 3. Adsorpsi Karbon Aktif

Adsorpsi adalah adhesi molekul cairan, gas, dan zat terlarut ke permukaan padatan karena kekuatan fisik atau kimia. Adsorpsi fisik adalah cara utama yang karbon aktif granular bekerja untuk menghilangkan kontaminan dari cairan dan gas. Sifat karbon aktif granular yang sangat berpori menyediakan area permukaan yang luas untuk mengumpulkan polutan dan menyerapnya. Efektivitas adsorpsi yang terjadi dapat diukur dengan tes kapasitas yang mengukur masa adsorbat yang berhasil dihilangkan per satuan berat atau satuan volume karbon aktif (Deithorn, 2012). Seberapa besar polutan yang dapat diadsorpsi oleh karbon aktif tergantung pada karakteristik polutan yang akan diserap, suhu udara serta konsentrasi polutan di udara (Sherherd, 2001).

VOCs merupakan zat kimiawi yang mudah mengalami penguapan. VOCs akan mengalami kondensasi ketika terjadi interaksi antara lapisan permukaan karbon aktif dan VOCs. Penyerapan VOCs oleh karbon aktif terjadi ketika VOCs berada pada konsentrasi yang tinggi pada udara. Selain untuk menyerap zat-zat polutan, karbon aktif juga digunakan untuk memisahkan VOCs dari aliran udara pada suatu ruangan. Penyerapan karbon aktif dapat menjadi tidak efektif ketika konsentrasi karbon aktif lebih sedikit daripada konsentrasi VOCs (United States Environmental Protection Agency, 1999).

### E. Struktur Umum Mata

Gambar 1. Anatomi Mata



Sumber : (Medicinet, 2004)

Mata adalah salah satu organ paling kompleks pada tubuh manusia. Mata dapat dibagi menjadi 3 lapisan. Lapisan luar terdiri dari kornea dan sklera. Kornea berfungsi untuk membiaskan dan mengirimkan cahaya ke lensa dan retina serta melindungi mata dari infeksi dan kerusakan-kerusakan struktural pada bagian-

bagian yang lebih dalam. Sklera membentuk lapisan jaringan ikat yang melindungi mata dari tekanan serta mempertahankan bentuknya. Kornea dan sklera dihubungkan oleh limbus. Bagian yang nampak dari sklera ditutupi oleh selaput lendir transparan yang disebut konjungtiva (Willoughby *et al.*, 2010).

Lapisan tengah mata terdiri dari iris, badan siliaris dan koroid. Iris mengontrol ukuran pupil dan cahaya yang mencapai retina. Badan siliaris mengatur kekuatan dan bentuk lensa mata serta merupakan bagian yang memproduksi air mata. Koroid adalah lapisan pembuluh darah yang mensuplai oksigen dan nutrisi ke lapisan luar dari retina. Lapisan dalam mata adalah retina suatu struktur yang menangkap dan memproses cahaya (Willoughby *et al.*, 2010).

## **F. Kornea**

### **1. Anatomi**

Kornea adalah jaringan transparan yang avaskuler dengan diameter lebih kecil dari sklera sehingga lebih cembung. Kornea menerima oksigen dari humor aquous dan dari udara luar. Tebalnya sekitar setengah milimeter di bagian sentral dan satu milimeter di bagian pinggir. Terdiri dari lima lapisan yaitu epithelium anterius, lamina limitans anterior, substansia propria, lamina limitans posterior dan epithelium posterius (Wibowo & Paryana, 2009).

Kerusakan yang hanya mengenai lapisan epithelium anterius dapat mengalami regenerasi, tetapi trauma yang mengenai lapisan bawahnya akan meninggalkan bekas. Pada pinggir kornea dapat dijumpai garis berwarna putih,

arcus senilis, terutama pada orangtua yang disebabkan oleh degenerasi lemak (Wibowo & Paryana, 2009).

## **2. Fisiologi**

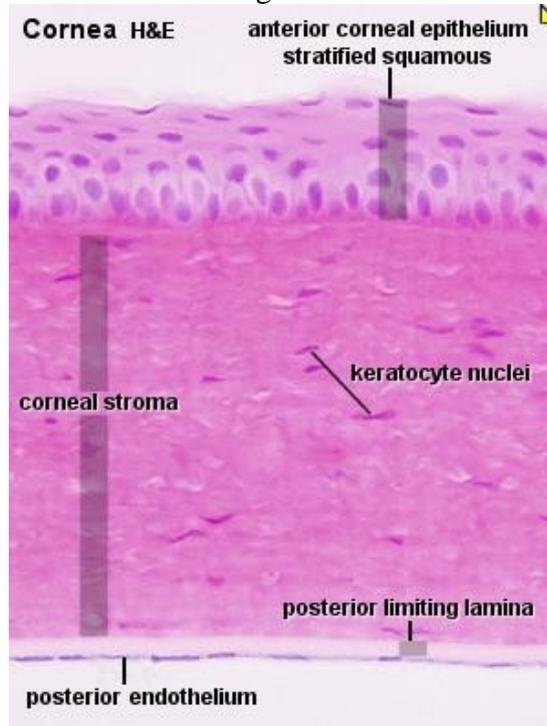
Kornea berfungsi sebagai pelindung dan jendela yang dilalui oleh berkas cahaya saat menuju retina. Sifat tembus cahaya kornea disebabkan oleh strukturnya yang uniform, avaskular dan deturgesens. Deturgesens atau keadaan dehidrasi relatif jaringan kornea, dipertahankan oleh pompa bikarbonat aktif pada endotel dan fungsi sawar epitel dan endotel. Endotel lebih penting dibandingkan epitel dalam mekanisme dehidrasi dan kerusakan endotel jauh lebih serius dibandingkan kerusakan epitel (Biswell *et al.*, 2015).

Kerusakan sel-sel endotel menyebabkan edema kornea dan hilangnya sifat transparan, cenderung bertahan lama karena terbatasnya potensi perbaikan fungsi endotel. Kerusakan pada epitel biasanya hanya menyebabkan edema lokal sesaat pada stroma kornea yang akan menghilang dengan regenerasi sel-sel epitel yang cepat (Biswell *et al.*, 2015).

Penetrasi obat melalui kornea yang utuh terjadi secara bifasik. Substansi larut lemak dapat melalui epitel utuh dan substansi larut air dapat melalui stroma yang utuh. Jadi agar dapat melalui kornea suatu substansi atau obat harus larut lemak sekaligus larut air (Biswell *et al.*, 2015).

### 3. Histologi

Gambar 2. Histologi Kornea



Sumber: (Slomianka, 2009)

Kornea (Latin *cornum* = seperti tanduk) merupakan selaput bening mata, bagian selaput mata yang tembus cahaya, merupakan lapis jaringan yang menutup bola mata sebelah depan dan terdiri dari beberapa lapisan yaitu

#### a) Epitel

Epitel kornea merupakan suatu epitel gepeng berlapis, tidak berkeratin yang dibentuk oleh 5-7 lapis sel yang menutupi permukaan depan kornea. Sel-sel permukaan yang lebih besar mempunyai mikrovili dan menunjukkan adanya hubungan antar sel yang dikenal sebagai *zonula occludens* (Gartner & Hiatt, 2014).

Sel-sel lainnya yang membentuk kornea tersusun saling bersilangan seperti jari-jari (*interdigitate*) satu sama lain dan membentuk suatu hubungan yang dikenal

sebagai desmosom. Sitoplasmanya mengandung organel yang tersusun secara teratur sepanjang filamen-filamen berukuran sedang. Epitel kornea sendiri mengandung banyak ujung-ujung saraf bebas (Gartner & Hiatt, 2014).

Gambaran sel yang sedang mengalami mitosis ditemukan pada bagian pinggir kornea yang mempunyai waktu pergantian kira-kira 7 hari. Kerusakan pada kornea diperbaiki dengan cepat ketika sel-sel bermigrasi ke daerah lesi untuk menutupi daerah yang mengalami cedera. Selanjutnya aktivitas mitosis menggantikan sel-sel yang bermigrasi ke daerah yang terluka. Epitel kornea juga berfungsi pada transfer air dan ion-ion dari stroma ke dalam sakus konjungtiva (Gartner & Hiatt, 2014).

#### b) Membrana Bowman

Membrana Bowman terletak lebih dalam dari epitel kornea. Mikroskop elektron menunjukkan bahwa membran bowman merupakan lapisan fibrilar (*fibrillar lamina*) dengan ketebalan 6-30 mikrometer yang tersusun dari serat-serat kolagen tipe 1 yang tersusun secara random. Membrana Bowman diyakini dibentuk oleh epitel kornea dan sel-sel pada stroma di bawahnya (Gartner & Hiatt, 2014).

#### c) Stroma

Stroma merupakan lapisan yang menyusun 90% dari ketebalan kornea (Ilyas & Yulianti, 2014). Lapisan stroma disusun oleh serat-serat kolagen tipe 1 yang tersusun dalam 200-250 lamel. Setiap lamel mempunyai ketebalan 2 mikrometer. Serat-serat kolagen di dalam setiap lamel tersusun secara paralel satu dengan lainnya. Serat-serat kolagen berselang seling dengan serat-serat elastin yang terbenam pada substansi dasar yang umumnya mengandung kondroitin sulfat

dan keratin sulfat. Fibroblas yang berbentuk seperti selendang panjang juga muncul sepanjang berkas-berkas serat kolagen (Gartner & Hiatt, 2014).

Selama proses inflamasi, limfosit dan netrofil juga terdapat pada stroma. Limbus yang merupakan lekuk sklera yang sisi dalamnya pada stroma mengalami depresi dan tempat terdapatnya ruang-ruang yang dilapisi endotel yang dikenal sebagai jaring-jaring trabekula yang mengarah ke kanal schleman yang merupakan tempat aliran keluar humor aquous dari bilik mata depan ke dalam sistem vena (Gartner & Hiatt, 2014).

d) Membrana Descemet

Merupakan membran aselular yang bersifat sangat elastis dan berkembang terus seumur hidup. Mempunyai ketebalan 40  $\mu\text{m}$ , serta merupakan batas belakang stroma kornea. Lapisan membrana descemet dihasilkan oleh sel endotel dan merupakan membrana basalnya (Ilyas & Yulianti, 2014).

e) Endotel

Endotel berasal dari mesotelium, berlapis satu, memiliki bentuk heksagonal dengan ukuran 20-40  $\mu\text{m}$ . Endotel melekat pada membrana descemet melalui hemidesmosom dan zonula okluden (Ilyas & Yulianti, 2014).

#### **4. Persarafan**

Kornea dipersarafi oleh banyak saraf sensoris terutama berasal dari nervus siliaris longus, nervus nasosiliar. Seluruh lapisan epitel dipersarafi sampai pada kedua lapisan terdepan tanpa adanya akhiran saraf. Bulbus krause untuk sensasi dingin ditemukan di daerah limbus. Daya regenerasi sarafnya sesudah dipotong pada daerah limbus terjadi dalam waktu 3 bulan (Ilyas & Yulianti, 2014).

## 5. Keratosit

Keratosit adalah sel mesenkimal yang berasal dari stroma mata. Sel-sel keratosit umumnya cenderung diam tak bergerak, tetapi dapat merespon dengan cepat dan merubah fenotifnya ketika terjadi cedera pada kornea (West-Mays & Dwivedi, 2006). Keratosit merupakan sel utama yang menyusun sekitar 10% dari komposisi stroma kornea mata dan menyusun 2-5% dari total volume kornea mata. Manusia dewasa memiliki sekitar 24.000.000 keratosit pada korneanya (Kang & Ko, 2005).

Keratosit memiliki peranan penting pada proses penyembuhan cedera pada kornea mata. Setelah terjadi cedera pada kornea, maka sel-sel keratosit yang biasanya cenderung diam akan menjadi aktif dan dapat merubah fenotifnya sesuai dengan kondisi lingkungannya. Hal ini terjadi karena keberadaan IL-1 pada lapisan epitelium anterior yang memiliki reseptor pada lapisan stroma dan dapat bereaksi ketika barier epitelium rusak. Setelah terjadi cedera pada lapisan epitelium kemudian sitokin akan dirilis dari epitelium yang mengalami cedera dan membrana basalis epitel, salah satu sitokin yang memiliki peranan adalah IL-1. Apabila barier epitel kemudian rusak maka IL-1 dapat mencapai stroma dan berikatan dengan reseptornya di keratosit. Ikatan antara IL-1 dan reseptornya tersebut memodulasi apoptosis keratosit. Setelah terjadi apoptosis dari keratosit maka dalam 12 sampai 24 jam kemudian akan dimulai proses proliferasi dan migrasi keratosit. Proses penyembuhan dan pengembalian keadaan menjadi normal tersebut memerlukan waktu beberapa bulan hingga bertahun-tahun untuk menghilangkan cedera dan

mengembalikan keratosit ke dalam bentuk yang tidak aktif (Eraslan & Toker, 2009).

## **6. Patologi Kornea**

Jenis yang paling umum dari cedera kornea yaitu abrasi, benda asing, luka bakar ultraviolet dan percikan bahan kimia:

### **a. Abrasi kornea**

Abrasi kornea adalah hasil dari menggaruk atau memotong epitel pelindung kornea. Setelah abrasi kecil, sel-sel sehat akan mengisi bagian yang terkena defek untuk mencegah infeksi atau ketidakteraturan dalam refraksi. Penetrasi lebih dalam pada kornea akan membutuhkan waktu penyembuhan lebih lama sekitar 24-72 jam (Royal College of Emergency Medicine, 2015).

### **b. Benda asing**

Benda asing berukuran kecil dapat masuk ke dalam mata. Paling sering terjadi ketika seseorang melakukan pengeboran yang berkaitan dengan bahan logam. Apabila benda logam berkarat terkontak dengan kornea, kemudian teroksidasi maka benda asing berukuran kecil itu dapat berdifusi ke bagian stroma. Menyebabkan noda permanen, serta peradangan kronis (Royal College of Emergency Medicine, 2015).

### **c. Cedera Akibat Bahan Kimiawi**

Cedera akibat bahan kimiawi memiliki persentase sekitar 7-10% dari semua kasus cedera mata. Cedera kimiawi disebabkan oleh asam, alkali ataupun

bahan kimia yang berbentuk aerosol. Dapat menyebabkan kecacatan epitel kornea, nekrosis iskemik dari limbus, konjungtiva, iris dan badan siliaris (Royal College of Emergency Medicine, 2015).

## **7. Proses *Wound Healing* Kornea**

Kornea merupakan jaringan optik jernih yang membentuk permukaan depan mata. Terdapat beberapa struktur dari kornea mata dan stroma kornea merupakan bagian yang paling tebal. Stroma membentuk 90% dari keseluruhan ketebalan kornea yang memberikan kekuatan mekanik dan bentuk pada jaringan. Stroma terbentuk dari lembar kolagen atau disebut lamellae dan terdapat jarak antara serabut kornea tersebut untuk menjaga transparansi kornea mata (Petroll & Lakshman, 2015). Bagian anterior kornea dilapisi oleh epitelium berlapis dan pada bagian posterior terdapat endotelium, dan stroma terdapat diantara epitelium anterior dan endotelium (Michelacci, 2003).

Ketika kornea mata mengalami suatu cedera, lapisan yang pertama kali terpapar dan mengalami dampaknya adalah epitel anterior. Sel-sel yang berada di lapisan anterior cenderung diam dan tidak bergerak namun, akan menjadi aktif ketika kornea terserang oleh benda asing. Selain epitelium, bagian-bagian lain dari kornea pun memegang peranan penting dalam proses penyembuhan cedera. Setiap bagian dari kornea akan melakukan fungsinya ketika terjadi luka pada kornea.

Proses penyembuhan cedera ini dimulai setelah benda asing atau paparan zat toksin mengenai epitelium anterior kornea sehingga menyebabkan terjadinya cedera pada epitelium anterior. Setelah terjadi cedera kemudian sitokin akan dirilis

dari bagian epitelium dan membrana basalis yang mengalami cedera. Sitokin yang dirilis meliputi Interleukin-1 (IL-1), serta *Tumor Necrosis Factor alpha* (TNF- $\alpha$ ). Setelah terjadi cedera yang mengenai epitelium anterior, respon yang menginisiasi penyembuhan terjadi dalam waktu sekitar satu jam. Beberapa sitokin berperan sebagai regulator dalam respon ini. IL-1 menjadi merupakan modulator master yang berperan pada proses penyembuhan. Setelah epitel mengalami cedera, apabila barrier epitel atau sel-sel epitel mengalami kerusakan maka IL-1 yang berada pada epitel anterior akan mencapai lapisan stroma. IL-1 kemudian berikatan dengan reseptornya di keratosit, hal ini diketahui yang menjadi penyebab nekrosis dan apoptosis dari keratosit. Cedera dan infeksi virus pada epitelium dan tekanan mekanik dapat menjadi trigger nekrosis dan apoptosis keratosit pada bagian superfisial dari stroma (Eraslan & Toker, 2009).

Lapisan stroma merupakan lapisan paling tebal dari kornea yang terdiri dari matriks ekstraseluler kaya kolagen, keratosit serta lapisan dalam sel endotel. Matriks ekstraseluler stroma terutama terdiri dari kolagen tipe I dengan sedikit kolagen tipe V dan empat proteoglikan. Tiga dengan rantai sulfat keratan yaitu lumican, keratokan, osteoglisin dan satu dengan tipe rantai kondroitin sulfat yaitu dekorin. Inti dari protein proteoglikan dan kolagen tipe V memiliki peran dalam meregulasi pertumbuhan kolagen fibril. Lapisan stroma sendiri terbentuk selama perkembangan oleh sel pial neural yang bermigrasi ke dalam ruang antar epitel kornea dan endotelium kornea dan menjadi keratoblas (Hassell & Birk, 2010).

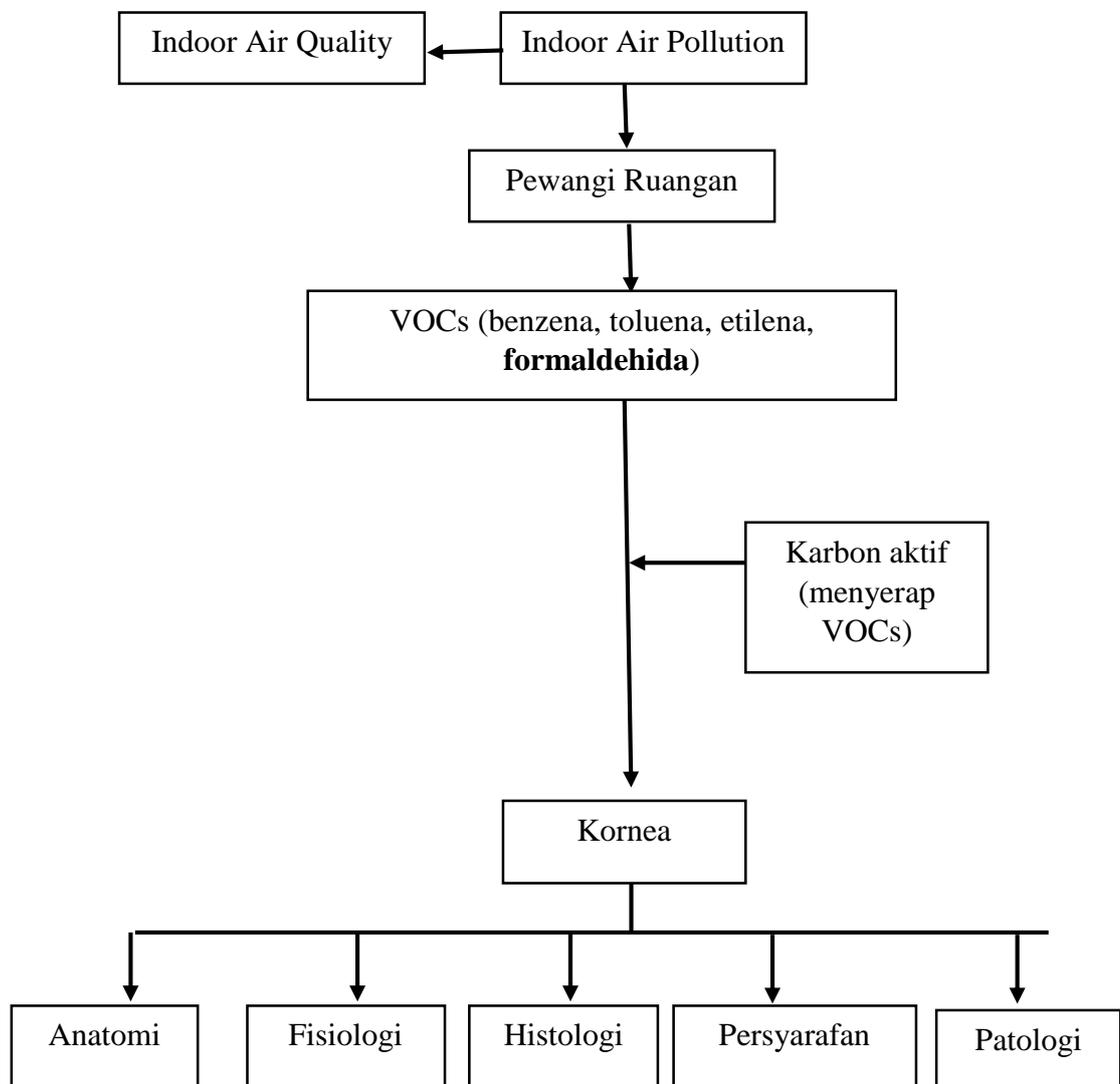
Respon stroma terhadap cedera yang terjadi merupakan bentuk respon lanjutan dari proses penyembuhan awal yang dilakukan oleh epitelium anterior.

Respon tersebut mengarah kepada pembengkakan stroma, invasi sel-sel inflamasi. Respon tersebut dapat terjadi meskipun cedera tersebut tidak sampai mengenai stroma. Prosesnya diawali dengan berpindahnya leukosit dari konjungtiva ke daerah yang mengalami cedera untuk memproteksi dari infeksi, selain itu leukosit juga turut berkontribusi pada kerusakan jaringan. Ada penelitian yang menyebutkan hal tersebut juga berperan dalam proses penyembuhan luka. Keratosit yang berada di daerah yang dekat dengan perlukaan akan mengalami perubahan menjadi fibroblas atau miofibroblas. Kemudian sel-sel keratosit yang telah bertransformasi tersebut akan berpindah ke daerah yang mengalami perlukaan dan menutup luka tersebut dengan material fibrotik. Proses ini dapat berlangsung selama beberapa minggu hingga bertahun-tahun bergantung kepada tingkat keparahan cedera yang dialami kornea. (Eraslan & Toker, 2009)

Proses penyembuhan luka pada endotel terbatas pada penyusunan kembali sel-sel di endotel dan pembentukan membrana basemen yang baru. Kerusakan yang sampai pada endotelium biasanya berasal dari luka tembus, sayatan trans kornea atau distorsi kornea berlebihan. Kerusakan pada endotel akan mengganggu proses keluarnya cairan yang berasal dari stroma yang mengakibatkan terjadinya pembengkakan dan hilangnya transparansi di daerah yang mengalami luka. Penyembuhan endotel dilakukan dengan proses migrasi atau perpindahan sel-sel yang berdekatan dengan luka menuju luka tersebut dan menutupinya. Apabila luka yang terjadi mencakup area yang luas maka sel-sel tersebut akan mengalami pembesaran untuk menutupi area luka. Migrasi sel-sel endotel dimulai dalam waktu enam jam dan berlangsung sekitar 1 mm/hari. Memerlukan waktu sekitar satu

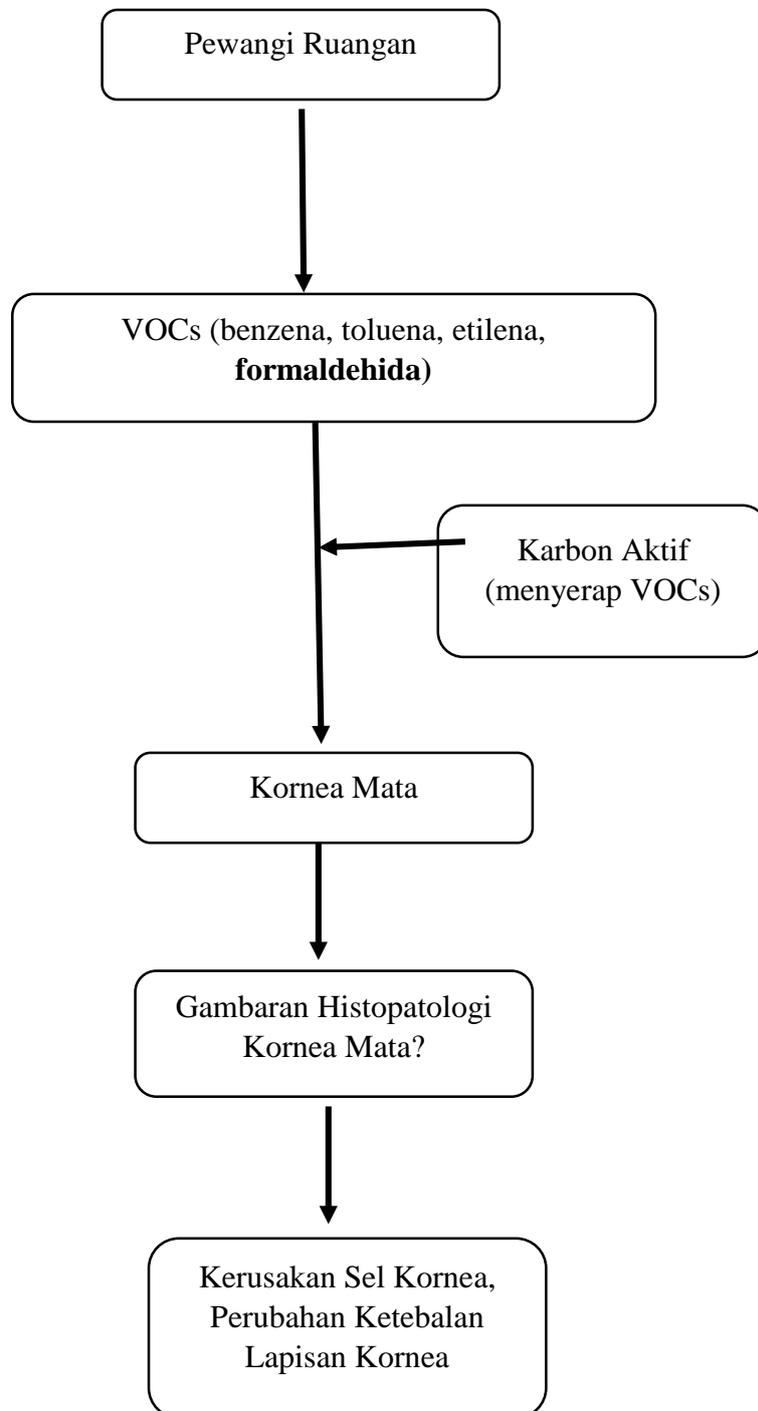
minggu perbaikan endotel akan selesai sehingga aliran cairan di stroma akan kembali lancar. Penyembuhan luka endotel melalui proses migrasi ini akan berlangsung dalam hitungan hingga mencapai keadaan normal kembali namun, hal tersebut juga dipengaruhi oleh luas permukaan yang terpapar luka tersebut (Willcox *et al.*, 2014).

### G. Kerangka Teori



Bagan 1. Kerangka Teori Penelitian

## H. Kerangka Konsep



Bagan 2. Kerangka Konsep Penelitian

## **I. Hipotesis**

Terdapat pengaruh positif penggunaan karbon aktif terhadap histologi kornea melalui pengamatan ketebalan lapisan kornea keseluruhan, ketebalan epitel anterior dan jumlah keratosit tikus putih (*Rattus norvegicus*) yang diinduksi pewangi ruangan.

