

II. TINJAUAN PUSTAKA

2.1. Sinar Ultraviolet

Kelompok radiasi elektromagnetik terdiri dari 3 jenis yaitu radiasi ultraviolet (UV), cahaya tampak dan infra merah (IR). Spektrum sinar UV adalah elektromagnetik yang terentang pada rentang panjang gelombang 100 nm-400nm yang dibagi atas menjadi sinar ultraviolet A atau UV-A (λ 320-400 nm), sinar UV-B (λ 280-320 nm) dan sinar UV-C (λ 100-280 nm) (WHO, 2009).

Sumber radiasi UV alam adalah matahari, tetapi karena serapan atom oksigen sehingga membentuk lapisan ozon, maka radiasi matahari yang sampai ke bumi (terrestrial) intensitasnya lebih rendah yang meliputi UV dengan panjang gelombang 290 – 400 nm, sedangkan panjang gelombang yang lebih pendek diserap oleh lapisan atmosfer. Sebagai penyerap utama radiasi UV, lapisan gas ini berfungsi sebagai pelindung bumi dari pajanan sebagai radiasi UV yang lebih pendek dari 340 nm. Semakin berkurangnya lapisan ozon sebagai akibat dari pelepasan *chloofluorocarbon* (CFC) hasil buatan manusia ke atmosfer akan memperkecil tingkat proteksi ozon terhadap sinar UV dan menyebabkan tingkat kerusakan akibat pajanan radiasi UV semakin besar (De Grujl, 2000).

Sumber radiasi UV buatan manusia pada dasarnya terdiri dari 3 jenis yaitu *incandescent*, seperti lampu halogen tungsten; lampu neon, seperti seperti lampu intensitas tinggi yang digunakan pada industri untuk fotopolimerisasi dan lampu germisidal untuk sterilisasi dan untuk mengelas metal; dan lampu UV seperti *excimer laser* (Alatas & Lusiyanti, 2001).

2.2. Gelombang Elektromagnetik

Medan elektromagnetik adalah medan yang terjadi akibat pergerakan arus listrik. Arus listrik statis hanya akan menghasilkan medan listrik. Apabila arus listrik tersebut bergerak akan dihasilkan medan listrik. Medan listrik juga dapat berbentuk akibat perubahan medan magnet. Medan magnet yang bergerak dapat menginduksi arus bolak-balik dan sebaliknya arus listrik ini juga dapat menghasilkan medan magnet. Interaksi antara medan listrik dan medan magnet tersebut akan menghasilkan medan elektromagnetik. Jadi medan elektromagnetik dihasilkan dari medan magnet dan medan listrik. Medan elektromagnet dapat berasal dari arus bolak-balik. Medan listrik dihasilkan oleh muatan listrik yang muncul ketika potensial listrik muncul dan dapat menginduksi arus listrik. Medan magnet muncul ketika arus listrik mengalir (Lynch, 2004).

Gelombang elektromagnetik adalah gelombang yang terbentuk dari usikan medan magnetik dan medan listrik. Kedua medan ini bergetar dalam arah yang saling tegak lurus. Medan magnetik dan medan listrik pembentuk gelombang elektromagnetik adalah gelombang transversal, yang arah rambatnya tegak lurus dengan arah getarnya. Dalam perambatannya gelombang elektromagnetik

merambat dengan kecepatan yang nilainya ditentukan oleh dua besaran yaitu permitivitas listrik dan permeabilitas magnetik (Gornick, 2005).

Secara umum, gelombang elektromagnetik dikarakterisasi oleh perbedaan panjang gelombang dan frekuensi. Panjang gelombang merupakan jarak yang diperlukan oleh gelombang elektromagnetik untuk menempuh satu siklus atau satu putaran. Sedangkan frekuensi merupakan jumlah atau banyaknya paparan gelombang elektromagnetik dalam satu detik. Satuan yang digunakan untuk frekuensi adalah hertz (Hz). Radiasi gelombang elektromagnetik merupakan suatu bentuk energi (elektrik dan magnetik) yang menunjukkan sifat-sifat gelombang yang merambat melalui ruang (Gornick, 2005). Untuk ruang hampa dan udara, maka nilai kecepatan gelombang elektromagnetik akan mendekati 3×10^8 m/s.

Spektrum gelombang elektromagnetik jika dilihat dari frekuensinya adalah sebagai berikut:

Tabel 1.Spektrum Gelombang Elektromagnetik

Spektrum	Frekuensi
Sinar Gama	10 ¹⁹ – 10 ²⁵ Hz
Sinar X	10 ¹⁶ – 10 ²⁰ Hz
Sinar Ultraviolet	10 ¹⁵ – 10 ¹⁸ Hz
Sinar Tampak	4 x 10 ¹⁴ – 7,5 x 10 ¹⁴ Hz
Sinar Inframerah	10 ¹¹ – 10 ¹⁴ Hz
Gelombang Mikro	10 ⁸ – 10 ¹² Hz
Gelombang Radio	10 ⁴ – 10 ⁸ Hz

Berdasarkan kemampuan dalam membentuk ion, radiasi gelombang elektromagnetik dibedakan menjadi radiasi pengionan dan radiasi non-pengionan. Radiasi pengionan didefinisikan sebagai penyebaran atau emisi energi yang bila melalui suatu media dan terjadi proses penyebaran, berkas energi tersebut akan mampu menginduksi terjadinya proses ionisasi dalam media tersebut. Termasuk dalam kelompok radiasi pengionan adalah sinar-x dan sinar gamma. Sedangkan radiasi non pengionan didefinisikan sebagai penyerapan atau emisi energi yang bila melalui suatu media terjadi penyerapan, berkas energi radiasi tersebut tidak akan mampu menginduksi terjadinya proses ionisasi dalam media tersebut. Contohnya gelombang elektromagnetik nonpengionan antara lain sinar UV, cahaya tampak, infra merah, gelombang mikro (*microwave*) dan gelombang radio (Alatas & Lusiyanti, 2001).

Berdasarkan panjang gelombang yang berhubungan dengan frekuensi dan energi fotonnya, radiasi non pengion dapat dibagi atas 2 kelompok besar yaitu radiasi optik dan radiasi elektromagnetik radiofrekuensi. Kelompok radiasi optik terdiri dari 3 jenis yaitu radiasi ultra violet (UV), cahaya tampak dan infra merah (IR). Kelompok radiasi medan elektromagnetik radiofrekuensi berdasarkan frekuensinya dibedakan atas gelombang mikro pada frekuensi 30 MHz – 300 GHz dan gelombang radiofrekuensi pada 0,3 – 3 MHz (Glaser, 2000).

Efek yang ditimbulkan akibat pajanan radiasi optik pada tubuh sangat bergantung pada panjang gelombang yang berhubungan dengan daya tembus radiasi optik pada jaringan tubuh. Secara biologik, panjang gelombang <180nm

tidak memberikan efek nyata karena telah diserap oleh udara. UV-C lebih aktif secara fotokimia karena secara kuat diserap oleh asam amino dan protein. UV-B kurang bersifat fotokimia tetapi dapat menembus jaringan. UV-A sangat rendah sifat fotobiologiknya tetapi mempunyai daya tembus lebih dari UV-B. Sasaran utama pajanan radiasi optik pada tubuh adalah kulit dan mata. Efek pajanan kronik radiasi UV lebih serius dari pada pajanan akut. Efek yang merugikan pada mata termasuk penebalan konjungtiva, katarak, dan kanker pada konjungtiva (Alatas & Lusiyanti, 2001).

Efek yang ditimbulkan akibat pajanan radiasi gelombang elektromagnetik radiofrekuensi pada umumnya sebagai akibat dari panas yang timbul pada saat terjadi interaksi antara energi gelombang mikro dengan materi biologik. Efek biologik yang terjadi karena pemanasan disebut efek termal dan yang bukan karena proses pemanasan disebut efek non termal. Efek yang berbahaya akibat pajanan gelombang mikro adalah efek termal atau hiperemia yang terutama merusak mata dan testis. Kedua jaringan ini relatif sangat sensitif terhadap kenaikan suhu jaringan (Alatas & Lusiyanti, 2001).

2.3. Dampak Sinar Ultraviolet terhadap Kerusakan Sel

Efek fotobiologik sinar UV menghasilkan radikal bebas dan menimbulkan kerusakan sel (Baumann & Allemann, 2009). Faktor radikal bebas merupakan faktor utama yang mempengaruhi kerusakan fungsi sel, seperti menurunkan kinerja zat-zat dalam tubuh, misalnya enzim yang bekerja mempertahankan fungsi sel (enzim protektif), menimbulkan kerusakan protein dan asam amino yang merupakan struktur utama kolagen dan jaringan elastin (Fisher, 2002).

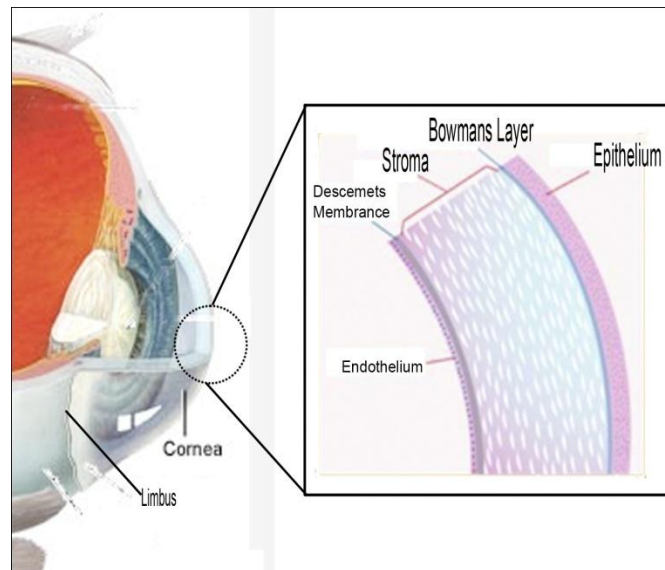
Pajanan sinar UV pada mata akan diserap oleh fotoreseptor yang merupakan permulaan reaksi fotokimiawi. Reaksi fotokimiawi ini dapat menyebabkan perubahan pada DNA yang meliputi oksidasi asam nukleat. Reaksi oksidasi juga dapat mengubah protein dan lipid yang mengakibatkan fungsi sel terganggu. Akumulasi keduanya ini mengakibatkan kerusakan jaringan. Tubuh sebenarnya sudah dilengkapi untuk menghadapi stres oksidatif yang secara alami menggunakan enzim dan nonenzim antioksidan untuk mengurangi efek buruk ini, tetapi sinar UV serta pembentukan radikal bebas dapat memperberat proses ini, yaitu dengan membuat kontrol perlindungan secara alami menjadi tidak adekuat, yang akhirnya dapat menyebabkan kerusakan oksidatif (Baumann & Allemann, 2009).

2.4. Kornea

2.4.1. Anatomi Kornea

Kornea merupakan jaringan yang avaskular, bersifat transparan, berukuran 11-12 mm horizontal dan 10-11 mm vertikal, serta memiliki indeks refraksi 1,37. Kornea memberikan kontribusi 74 % atau setara dengan 43,25 dioptri (D) dari total 58,60 kekuatan dioptri mata manusia. Dalam nutrisinya, kornea bergantung pada difusi glukosa dari *aqueus humor* dan oksigen yang berdifusi melalui lapisan air mata. Sebagai tambahan, kornea perifer disuplai oksigen dari sirkulasi limbus. Kornea adalah salah satu organ tubuh yang memiliki densitas ujung-ujung saraf terbanyak dan sensitifitasnya adalah 100 kali jika dibandingkan dengan konjungtiva. Kornea dewasa rata-rata mempunyai tebal

550 μm , diameter horizontalnya sekitar 11,75 mm dan vertikalnya 10,6 mm (Riordan-Eva, 2010).



Gambar 3. Anatomi Kornea
Sumber: Riordan-Eva, 2010

2.4.2. Histologi Kornea

Secara histologis, lapisan sel kornea terdiri dari lima lapisan, yaitu lapisan epitel, membran Bowman, stroma, membran Descemet, dan lapisan endotel (Riordan-Eva, 2010).

1. Lapisan epitel

Tebalnya $\pm 50 \mu\text{m}$, terdiri atas 5 lapis sel epitel tidak bertanduk yang saling tumpang tindih; satu lapis sel basal, sel poligonal dan sel gepeng. Pada sel basal sering terlihat mitosis sel, dan sel muda ini terdorong kedepan menjadi lapis sel sayap dan semakin maju kedepan menjadi sel gepeng, sel basal berikatan erat dengan sel basal disampingnya dan sel poligonal didepannya melalui desmosom dan makula okluden; ikatan ini menghambat pengaliran air, elektrolit dan glukosa yang merupakan

barrier. Sel basal menghasilkan membran basal yang melekat erat kepadanya. Bila terjadi gangguan akan menghasilkan erosi rekuren. Epitel berasal dari ektoderm permukaan.

2. Membran Bowman

Terletak dibawah membrana basal epitel kornea yang merupakan kolagen yang tersusun tidak teratur seperti stroma dan berasal dari bagian depan stroma. Lapis ini tidak mempunyai daya regenerasi.

3. Jaringan Stroma

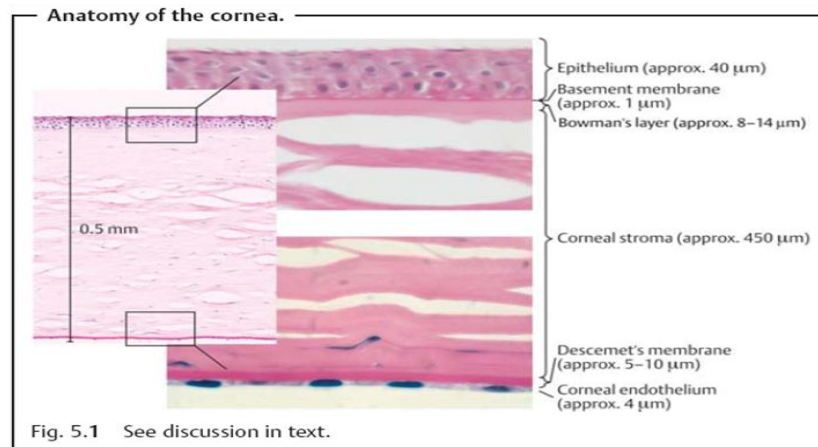
Terdiri atas lamella yang merupakan susunan kolagen yang sejajar satu dengan yang lainnya, Pada permukaan terlihat anyaman yang teratur sedang dibagian perifer serat kolagen ini bercabang; terbentuknya kembali serat kolagen memakan waktu lama yang kadang-kadang sampai 15 bulan. Keratosit merupakan sel stroma kornea yang merupakan fibroblast terletak diantara serat kolagen stroma. Diduga keratosit membentuk bahan dasar dan serat kolagen dalam perkembangan embrio atau sesudah trauma.

4. Membran Descemet

Merupakan membrana aselular dan merupakan batas belakang stroma kornea dihasilkan sel endotel dan merupakan membran basalnya. Bersifat sangat elastis dan berkembang terus seumur hidup, mempunyai tebal 40 μ m.

5. Lapisan Endotel

Berasal dari mesotelium, berlapis satu, bentuk heksagonal, besar 20-40 μ m. Endotel melekat pada membran descemet melalui hemidosom dan zonula okluden.



Gambar 4. Histologi Kornea
Sumber: Riordan-Eva, 2010

Permukaan anterior kornea ditutupi epitel berlapis gepeng tanpa lapisan tanduk dan tanpa pupil. Di bawah epitel kornea terdapat membran *limitans anterior* (membran Bowman) yang berasal dari stroma kornea (substansi propia). Stroma kornea terdiri atas berkas serat kolagen parallel yang membentuk lamella tipis dan lapisan-lapisan fibroblast gepeng dan bercabang (Eroschenko, 2003).

Permukaan posterior kornea ditutupi epitel kuboid rendah dan epitel posterior yang juga merupakan endotel kornea. Membran Descemet merupakan membran basal epitel kornea dan memiliki resistensi yang tinggi, tipis tetapi lentur sekali (Hollwich, 2003).

2.5. Kerusakan Pada Kornea

Radiasi sinar matahari merupakan gelombang elektromagnetik dengan spektrum yang lengkap. Radiasi elektromagnetik merupakan salah satu bentuk

energi. Setelah energi terserap molekul akan membentuk *photoproduct* yang memicu reaksi fotokimia.

Ultraviolet adalah mutagen untuk *p53 tumor supresor gene* pada *limbal basal stem cell*. Tanpa apoptosis, *transforming growth factor-beta* diproduksi dalam jumlah berlebihan dan menimbulkan proses kolagenase meningkat. Sel-sel bermigrasi dan angiogenesis. Akibatnya terjadi perubahan degenerasi kolagen dan terlihat jaringan subepitelial fibrovaskular. Jaringan subkonjungtiva terjadi degenerasi elastis proliferasi jaringan vaskular bawah epithelium dan kemudian menembus kornea. Kerusakan pada kornea terdapat pada lapisan membran bowman oleh pertumbuhan jaringan fibrovaskular, sering disertai dengan inflamasi ringan. Epitel dapat normal, tebal atau tipis dan kadang terjadi dysplasia (Khurana, 2007).

Kelainan pada kornea dibagi menjadi 4 jenis, yaitu: erosi, infiltrasi, edem, dan sikatrik. Erosi adalah lepasnya lapisan epitel tanpa atau belum ada infeksi. Infiltrasi mengandung serbuk sel radang, dibedakan menjadi dua jenis yaitu infiltrasi superfisial disertai kerusakan epitel dan infiltrasi profunda disertai kerusakan stroma. Edem, kornea tampak membesar dan suram yang disebabkan oleh radang atau infeksi. Sikatrik, adanya jaringan parut putih, berbatas tegas, radang (-), fluoresin (-) (Vaughan & Asbury, 2009)

Limbal stem cell adalah sumber regenerasi epitel kornea. Pada keadaan defisiensi *limbal stem cell*, terjadi pembentukan jaringan konjungtiva pada permukaan kornea. Gejala dari defisiensi limbal adalah pertumbuhan konjungtiva ke kornea, vaskularisasi, inflamasi kronis, kerusakan membran

basement dan pertumbuhan jaringan fibrotik. Tanda ini juga ditemukan pada *pterygium* dan karena itu banyak penelitian menunjukkan bahwa *pterygium* merupakan manifestasi dari defisiensi atau disfungsi *limbal stem cell*. Kemungkinan akibat sinar ultraviolet terjadi kerusakan *limbal stem cell* di daerah interpalpebra (T H Tan Donald, 2005).

2.6. Mencit (*Mus musculus* L.)

Menurut Kusumawati (2004) mencit diklasifikasikan sebagai berikut:

Kingdom	: Animalia
Phyllum	: Chordata
Classis	: Mamamlia
Ordo	: Rodentia
Familia	: Muridae
Genus	: Mus
Spesies	: <i>Mus musculus</i> L.



Gambar 5. Mencit (*Mus musculus* L.)

Mencit (*Mus musculus* L) memiliki berat 10-40 gram, panjang 6-10 cm dengan hidung runcing, ekornya sama atau lebih panjang sedikit dari kepala dan badan

yaitu berukuran 7-11 cm. Pada ekor tidak ada rambut, memiliki telinga tagak, memiliki bulu berwarna putih keabu-abuan pada bagian perut, keabuan pada bagian punggung (Depkes, 2001).

Menurut Smith dan Mangkoewidjojo (1998), mencit rumah dapat bertahan hidup selama 1-2 tahun, dengan lama produksi ekonomis 9 bulan dan masa kehamilan 19-21 hari. Setelah mencit beranak 1 sampai 24 jam, mencit dapat melakukan perkawinan lagi. Pada umur 8 minggu adalah umur yang sesuai untuk dikawinkan antara jantan dan betina, dengan siklus birahi atau estrus selama 4-5 hari, dan lamanya 12-14 jam mencit melakukan perkawinan. Biasanya estrus mulai antara jam 4 sore sampai jam 10 malam.

Mencit merupakan hewan yang paling banyak digunakan sebagai hewan model laboratorium dengan kisaran penggunaan antara 40-80%. Mencit banyak digunakan sebagai hewan laboratorium (khususnya digunakan dalam penelitian biologi), karena memiliki keunggulan-keunggulan seperti siklus hidup relatif pendek, jumlah anak perkelahiran banyak, variasi sifat-sifatnya tinggi, mudah ditangani, serta sifat produksi dan karakteristik reproduksinya mirip hewan lain, seperti sapi, kambing, domba, dan babi (Moriwaki *et al.*, 2005).

Berbagai keunggulan mencit seperti cepat berkembangbiak, mudah dipelihara dalam jumlah banyak, variasi genetiknya tinggi, dan sifat anatomis dan fisiologisnya terkarakterisasi dengan baik. Mencit merupakan hewan mamalia yang mempunyai peranan penting bagi manusia untuk tujuan ilmiah karena memiliki daya adaptasi baik. Mencit yang banyak digunakan sebagai hewan model laboratorium dan peliharaan adalah tikus putih. Mencit memiliki

beberapa keunggulan antara lain penanganan dan pemeliharaan yang mudah karena tubuhnya kecil, sehat, bersih, kemampuan reproduksi tinggi dengan masa kebuntingan singkat, serta memiliki karakteristik produksi dan reproduksi yang mirip dengan mamalia lainnya (Malole *and* Pramono, 1989).