

II. TINJAUAN PUSTAKA

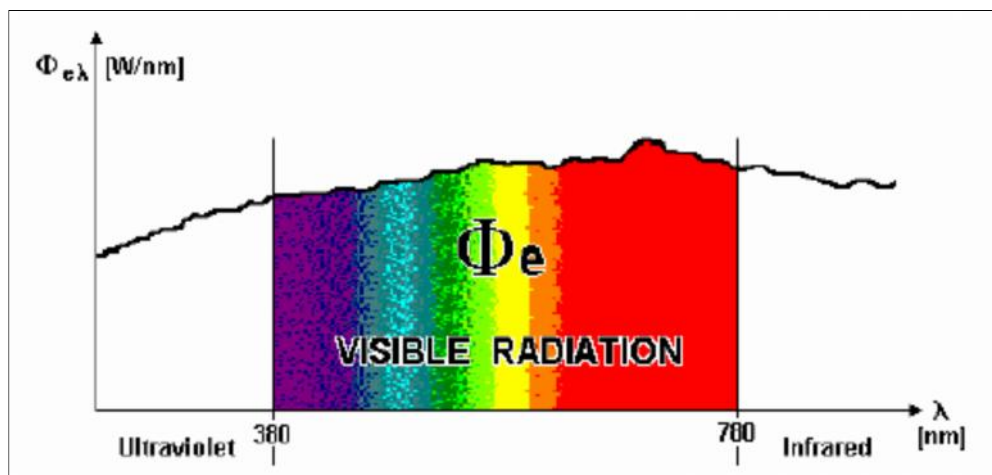
A. Gelombang Elektromagnetik

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. Jika kita gambarkan arah getar dan arah rambatnya adalah sebagai berikut: Bila suatu berkas foton atau gelombang elektromagnetik dilewatkan dalam suatu benda, berkas tersebut akan berinteraksi dengan atom-atom penyusun benda sehingga intensitas foton dari arah akan diserap oleh benda tersebut (Ahmed, 1987).

Tidak seperti gelombang pada dawai atau bunyi dalam fluida, gelombang elektromagnetik tidak memerlukan medium material (Young, 2003). Secara umum sistim peralatan elektronik, elektrik dan elektromekanik jumlahnya semakin lama semakin meningkat, terutama peralatan-peralatan yang menggunakan sistem digital modern seperti, *Terrestrial Trunket Radio*, *Global System for Mobile Communication (GSM)*, *Personal Computer*, *Digital Pager*, Radio genggam, Telepon selular dan peralatan *wireless*, peralatan kedokteran elektronik, peralatan rumah tangga, lampu penerangan

dan lain sebagainya, dimana peralatan tersebut membangkitkan gelombang elektromagnetik (Hernawan, 2002).

Cahaya tampak, seperti yang dapat dilihat pada spektrum elektromagnetik, diberikan dalam gambar 2, menyatakan gelombang yang sempit diantara cahaya *ultraviolet* (UV) dan energi inframerah (panas). Gelombang cahaya tersebut mampu merangsang retina mata, yang menghasilkan sensasi penglihatan yang disebut pandangan. Oleh karena itu, penglihatan memerlukan mata yang berfungsi dan cahaya yang tampak (UNEP, 2005).



Gambar 2. Radiasi elektromagnetik yang tampak (UNEP, 2005)

Spektrum gelombang elektromagnetik dibagi menjadi beberapa daerah. Pada spektrum gelombang dengan frekuensi 60 atau 50Hz terdapat medan elektromagnetik yang dibangkitkan oleh saluran daya listrik dan beberapa peralatan besar maupun kecil. Pada ujung atas terdapat radiasi nuklir yang terdiri dari sinar gamma dan sinar-x. Ditengah-tengah terdapat frekuensi radio (RF) gelombang elektromagnetik yang membawa apa saja dari radio AM dan FM, siaran televisi, band radio dan lainnya. Oleh karena itu peralatan

komunikasi yang sering digunakan oleh manusia akan meradiasikan atau membocorkan gelombang elektromagnetik RF. Gelombang elektromagnetik energi sangat tinggi, seperti sinar UV atau sinar-x, disebut juga radiasi ionisasi karena mereka mengionisasi molekul pada jalur yang dilalui. Pemaparan gelombang yang tidak terkontrol dari radiasi ionisasi dalam jumlah besar diketahui sebagai penyebab penyakit dan bahkan kematian pada manusia. Efek biologis gelombang elektromagnetik RF non-ionisasi tidak diketahui dengan baik pada saat ini, walaupun telah dilakukan beberapa penelitian. Belum ditemukan bukti bahwa pemaparan terhadap gelombang elektromagnetik frekuensi rendah dari saluran transmisi akan menyebabkan beberapa penyakit (Wardhana, 2009).

Tingkat paparan gelombang elektromagnetik dari berbagai frekuensi berubah secara signifikan sejalan dengan perkembangan teknologi yang menimbulkan kekhawatiran bahwa paparan dari gelombang elektromagnetik ini dapat berpengaruh buruk terhadap kesehatan fisik manusia. Banyak kalangan mengklaim bahwa gelombang elektromagnetik yang dipancarkan oleh alat-alat listrik dapat mengganggu kesehatan pengguna dan orang-orang yang berdiri di sekitarnya. Anggapan ini dibenarkan oleh para ahli bidang telekomunikasi, namun tidak sedikit pula bantahan-bantahan oleh beberapa pihak yang menyangkal sebaliknya (Wardhana, 2009).

Pajanan medan elektromagnetik bukanlah hal yang baru. Namun, selama abad ke-20, paparan lingkungan medan elektromagnetik buatan manusia telah terus meningkat karena tumbuhnya permintaan akan listrik, semakin majunya

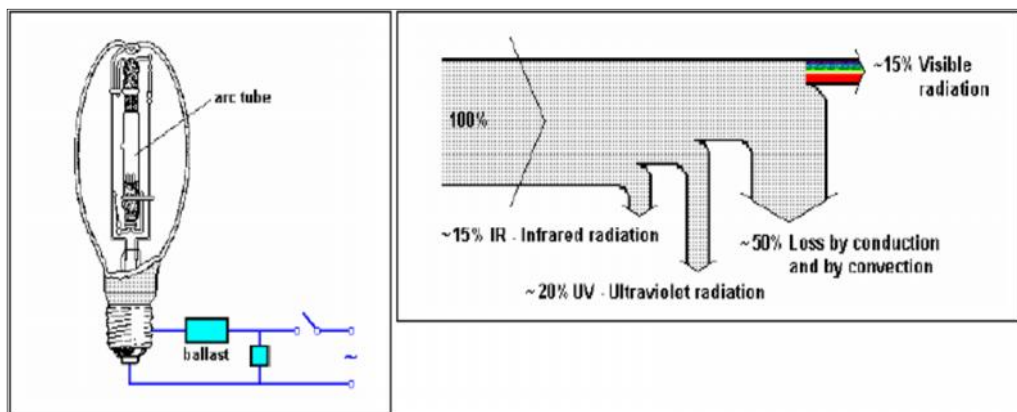
teknologi dan perubahan perilaku sosial telah menciptakan sumber buatan lebih banyak lagi. Setiap orang terkena campuran kompleks medan listrik dan medan magnet yang lemah, baik di rumah maupun di tempat kerja, dari pembangkit dan transmisi listrik, peralatan rumah tangga dan peralatan industri, telekomunikasi dan penyiaran (WHO, 2012).

Efek pada kesehatan umum, beberapa anggota masyarakat telah dengan tingkat pajanan medan elektromagnetik di rumah. Gejala yang dilaporkan termasuk sakit kepala, kecemasan, depresi, mual, kelelahan dan hilangnya libido. Sampai saat ini, bukti ilmiah tidak mendukung hubungan antara gejala dan pajanan medan elektromagnetik. Setidaknya beberapa masalah kesehatan dapat disebabkan oleh kebisingan atau faktor-faktor lain dalam lingkungan, atau kecemasan yang berhubungan dengan kehadiran teknologi baru (WHO, 2012).

B. Lampu Merkuri

Lampu merkuri merupakan model tertua lampu *High Intensity Discharge* (HID) . Walaupun mereka memiliki umur yang panjang dan biaya awal yang rendah, lampu ini memiliki *efficacy* yang buruk (30 hingga 65 lumens per watt, tidak termasuk kerugian balas) dan memancarkan warna hijau pucat. Isu paling penting tentang lampu merkuri adalah bagaimana caranya supaya digunakan jenis sumber HID atau neon lainnya yang memiliki *efficacy* dan perubahan warna yang lebih baik. Lampu uap merkuri yang bening, yang menghasilkan cahaya biru-hijau, terdiri dari tabung pemancar uap merkuri dengan elektroda tungsten di kedua ujungnya. Lampu tersebut memiliki

efficacy terendah dari keluarga HID, penurunan lumen yang cepat, dan indeks perubahan warna yang rendah. Disebabkan karakteristik tersebut, lampu jenis HID yang lain telah menggantikan lampu uap merkuri dalam banyak penggunaannya. Walau begitu, lampu uap merkuri masih merupakan sumber yang populer untuk penerangan taman sebab umur lampunya yang mencapai 24.000 jam dan bayangan taman yang hijaunya terlihat seperti gambaran hidup. Pemancar disimpan di bagian dalam bola lampu yang disebut tabung pemancar. Tabung pemancar diisi dengan gas merkuri dan argon murni. Tabung pemancar tertutup di dalam bola lampu yang berada diluarnya, yang diisi dengan nitrogen (UNEP, 2005).



Gambar 3. Lampu merkuri dan diagram alir energinya (UNEP, 2005).

Ultraviolet merupakan suatu bagian dari spektrum elektromagnetik dan tidak membutuhkan medium untuk merambat. Ultraviolet mempunyai rentang panjang gelombang antara 400 – 100 nm yang berada di antara spektrum sinar X dan cahaya tampak. Secara umum sumber ultraviolet dapat diperoleh secara alamiah dan buatan, dengan sinar matahari merupakan sumber utama ultraviolet di alam. Sumber ultraviolet buatan umumnya

berasal dari lampu *fluorescent* khusus, seperti lampu merkuri tekanan rendah (*low pressure*) dan lampu merkuri tekanan sedang (*medium pressure*). Lampu merkuri *medium pressure* mampu menghasilkan output radiasi ultraviolet yang lebih besar daripada lampu merkuri *low pressure*. Namun lampu merkuri *low pressure* lebih efisien dalam pemakaian listrik dibandingkan lampu merkuri *medium pressure*. Lampu merkuri *low pressure* menghasilkan radiasi maksimum pada panjang gelombang 253,7 nm yang lethal bagi mikroorganisme, protozoa, virus dan *algae*. Sedangkan radiasi lampu merkuri *medium pressure* diemisikan pada panjang gelombang 180 – 1370 nm (USEPA, 1999).

C. Mencit (*Mus musculus L.*)

Mencit masih merupakan satu famili, yaitu termasuk ke dalam famili Muridae (Arrington, 1972 dan Priambodo, 1995 dalam Pribadi, 2008). Mencit hidup di berbagai daerah mulai dari iklim dingin, sedang maupun panas dan dapat hidup dalam kandang atau hidup bebas sebagai hewan liar. Mencit liar lebih suka suhu lingkungan yang tinggi namun dapat beradaptasi dengan baik pada suhu yang rendah. Rambut mencit liar berwarna abu-abu dan warna perut sedikit lebih pucat, mata berwarna hitam dan kulit berpigmen.

Berdasarkan sifat genetiknya terdapat tiga macam mencit (Malole dan Pramono, 1989):

1. *Random Breed Mice* yaitu mencit yang dikawinkan secara acak dengan mencit yang tidak ada hubungan keturunan.

2. Inbreed mice yaitu mencit hasil perkawinan antar saudara sebanyak lebih dari 20 turunan.
3. F1-*Hybrid* yaitu mencit hasil perkawinan antara dua galur yang inbreed.

Smith dan Mangkoewidjojo (1988) menyatakan bahwa setelah dibudidayakan dan diseleksi selama puluhan tahun, sekarang mencit memiliki warna bulu dan galur dengan bobot badan yang bervariasi. Menurut Malole dan Promono (1989) berdasarkan lingkungan hidupnya mencit dibagi dalam empat kategori:

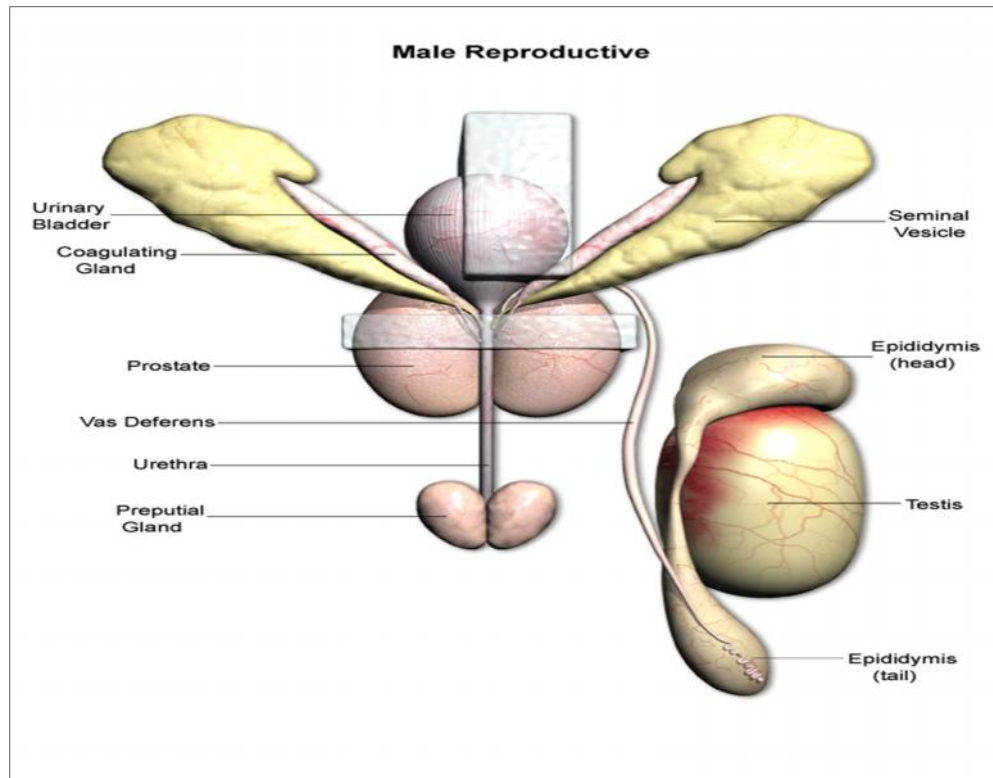
- a. Mencit bebas hama yaitu mencit yang bebas dari mikroorganisme yang dapat dideteksi.
- b. Mencit yang hanya mengandung mikroorganisme tertentu.
- c. Mencit yang bebas mikroorganisme patogen tertentu, dan
- d. Mencit biasa yaitu mencit yang dipelihara tanpa perlakuan khusus.

Mencit merupakan hewan yang paling banyak digunakan sebagai hewan model laboratorium dengan kisaran penggunaan antara 40-80%. Menurut Moriwaki *et al.* (1994), mencit banyak digunakan sebagai hewan laboratorium (khususnya digunakan dalam penelitian biologi), karena memiliki keunggulan-keunggulan seperti siklus hidup relatif pendek, jumlah anak per kelahiran banyak, variasi sifat-sifatnya tinggi, mudah ditangani, serta sifat produksi dan karakteristik reproduksinya mirip hewan lain, seperti sapi, kambing, domba, dan babi. Menurut Malole dan Pramono (1989) berbagai keunggulan mencit seperti: cepat berkembang biak, 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 dan bersih, kemampuan reproduksi tinggi dengan masa kebuntingan singkat, serta memiliki karakteristik produksi dan reproduksi yang mirip dengan mamalia lainnya (Malole dan Pramono, 1989).

D. Fisiologi Reproduksi Mencit Jantan

Sistem reproduksi mencit jantan terdiri dari sepasang testis yang dibungkus skrotum, epididimis dan *vas deferens*, kelenjar aksesoris, uretra, dan penis. Pada awal pembentukan sampai menjelang kelahiran, testis mencit berada dalam rongga abdomen, kemudian testis tersebut turun dan masuk ke dalam skrotum setelah beberapa hari dilahirkan (Rugh, 1968). Turunnya testis ke dalam skrotum, dimaksudkan agar suhu sekitar testis tersebut lebih rendah dari suhu rongga abdomen. Suhu testis mamalia berkisar antara 1°C - 8°C lebih rendah daripada suhu rongga abdomen. Pada mencit suhu testis 28,5 °C dan suhu rongga abdomen 37,1°C (Harrison dan Weiner, 1948 dalam Amir, 1992).

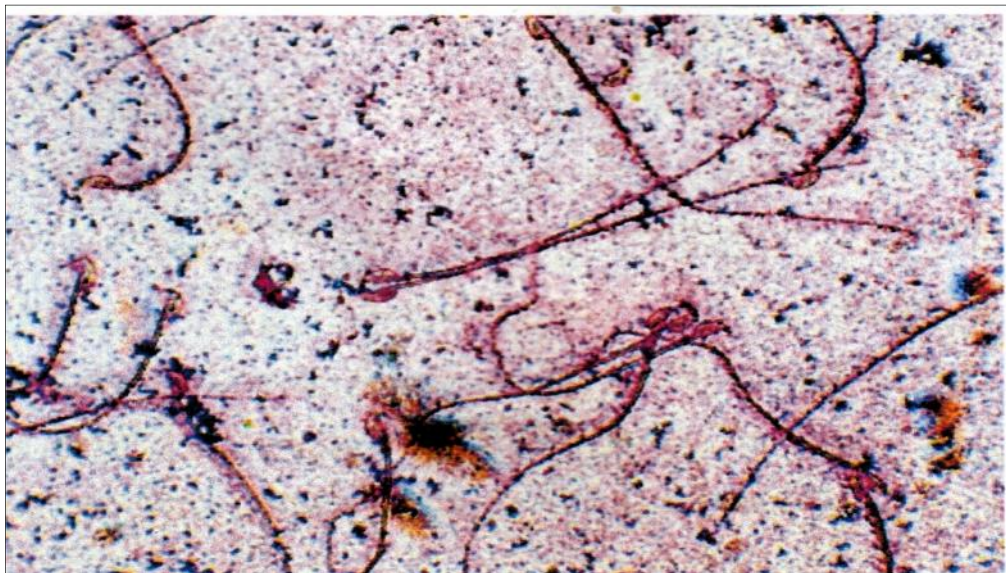


Gambar 4. Sistem reproduksi mencit jantan (ventral) (NIEHS, 2012)

Testis terbentuk dari lengkungan-lengkungan tubulus seminiferus yang bergelung yang dindingnya merupakan tempat pembentukan spermatozoa dari sel-sel germinativum primitif (spermatogenesis). Kedua ujung setiap lengkungan disalurkan ke dalam jaringan duktus dikepala epididimis (Ganong, 2002). Epididimis adalah tuba terlilit yang panjangnya mencapai 4 meter sampai 6 meter. Epididimis terletak pada bagian dorsolateral testis, merupakan suatu struktur memanjang dari bagian atas sampai bagian bawah testis. Organ ini terdiri dari bagian caput, korpus dan kauda epididimis (Rugh, 1967). Dari tubula seminiferus testis, spermatozoa lewat ke dalam saluran mengulir pada epididimis. Selama perjalanan ini, spermatozoa menjadi motil dan mendapatkan kemampuan untuk membuahi (Campbell *et al.*, 2004).

E. Spermatozoa Mencit

Spermatozoa pada umumnya memiliki 4 bagian utama, yaitu kepala, akrosom, bagian tengah dan ekor. Kepala terutama terdiri dari nukleus, yang mengandung informasi genetik (Sherwood, 2001). Menurut Rugh (1968), spermatozoa mencit yang normal terbagi atas bagian kepala yang bengkok seperti kait, bagian tengah yang pendek dan bagian ekor yang sangat panjang. Panjang bagian kepala kurang lebih 0,0080 mm sedangkan panjang spermatozoa seluruhnya sekitar 0,1226 (122,6 mikron). Kualitas spermatozoa meliputi beberapa aspek, yaitu motilitas spermatozoa yang dapat dibagi menjadi tiga kriteria (motilitas baik, motilitas kurang baik dan tidak motil), morfologi spermatozoa meliputi bentuknya (normal atau abnormal, abnormalitas dapat terjadi pada kepala, midpiece atau ekor), konsentrasi atau jumlah spermatozoa dan viabilitas (daya hidup) spermatozoa (Arsyad dan Hayati 1994 dalam Asfahani *et al.*, 2010).



Gambar 5. Spermatozoa mencit, dapat dilihat kepala yang bengkok seperti kait dan bagian ekor yang sangat panjang (perbesaran 400x) (BFS, 2012).

F. Motilitas Spermatozoa

Motilitas adalah gerak maju ke depan dari spermatozoa secara progresif. Motilitas spermatozoa berperan penting dalam suksesnya proses konsepsi, terutama dalam menembus lendir serviks (Saputri, 2007). Ada orang yang spermatozoanya lemah sekali gerak majunya, disebut astenozoospermia, sedangkan jika semua spermatozoa diperiksa nampak mati, tak bergerak disebut necrozoospermia. Menurut Hidayaturrehman (2007), pengamatan untuk waktu motilitas spermatozoa dilakukan dengan mencatat waktu dalam satuan detik pada 2 jenis motilitas: *fast progressive* (pergerakan spermatozoa yang bergerak sangat cepat dengan arah maju kedepan) dan motilitas *slow progressive* (pergerakan spermatozoa yang bergerak cepat dengan arah maju kedepan).

G. Viabilitas Spermatozoa

Viabilitas adalah kemampuan spermatozoa untuk bertahan hidup setelah dikeluarkan dari organ reproduksi jantan. Kemampuan spermatozoa hidup secara normal setelah keluar dari testis hanya berkisar antara 1-2 menit (Effendy, 1997 dalam Hidayaturrehman, 2007). Penggunaan larutan fisiologis yang mengandung NaCl dan urea dapat mempertahankan daya hidup spermatozoa antara 20-25 menit (Rustidja, 1985 dalam Hidayaturrehman, 2007).

Menurut Yatim (1994), menyatakan bahwa viabilitas diukur dengan melihat % motil maju/ml setelah jangka waktu tertentu. Makin lama semen yang tersimpan makin sedikit yang motil. Penurunan motilitas normal adalah:

- a. 2-3 jam sudah ejakulasi 50-60% spermatozoa motil maju/ml
- b. 7 jam sudah ejakulasi : < 50% spermatozoa motil maju/ml

Jika setelah 3 jam yang motil kurang dari 50% menandakan adanya gangguan atau kelainan dalam genitalia. Spermatozoa yang motilitasnya rendah disebut asthenozoospermia.