

BAB II

TINJAUAN PUSTAKA

A. Gelombang Telepon Seluler

Komunikasi menggunakan telepon seluler akan mengeluarkan gelombang elektromagnetik, maka radiasi elektromagnetik yang keluar dari emiter telepon seluler secara teoritis akan berdampak pada tubuh manusia dan kontak dengan gelombang elektromagnetik lainnya. Gelombang elektromagnetik itu sendiri adalah gelombang yang dapat merambat walau tidak ada medium. Keberadaan gelombang elektromagnetik didasarkan pada hipotesis Maxwell dengan mengacu pada 3 fakta relasi antara listrik dan magnet yang sudah ditemukan :

- a. percobaan Oersted yang berhasil membuktikan : arus listrik dalam konduktor menghasilkan medan magnet disekitarnya (jarum kompas menyimpang bila didekatkan pada kawat yang dialiri arus listrik).
- b. percobaan Faraday yang berhasil membuktikan batang konduktor yang menghasilkan GGL induksi pada kedua ujungnya bila memotong medan magnet.
- c. percobaan Faraday yang menunjukkan perubahan fluks magnetik pada kumparan menghasilkan arus induksi dalam kumparan tersebut.

Adapun sifat – sifat dari gelombang elektromagnetik itu adalah:

1. gelombang elektromagnetik dapat merambat dalam ruang tanpa medium.
2. merupakan gelombang transversal.

3. tidak memiliki muatan listrik sehingga bergerak lurus dalam medan magnet maupun medan listrik.
4. dapat mengalami pemantulan (refleksi), pembiasan (refraksi), perpaduan (interferensi), pelenturan (difraksi), pengutuban (polarisasi).
5. perubahan medan listrik dan medan magnet terjadi secara bersamaan, sehingga medan listrik dan medan magnet sefase dan berbanding lurus. (Wardhana, 2000).

Dalam bidang ilmu Fisika Kedokteran penelitian mengenai pengaruh medan elektromagnetik terhadap suatu materi, khususnya pada tubuh manusia telah banyak dilakukan. Hasil yang diperoleh menunjukkan bahwa semua materi (benda) mengandung unsur-unsur kelistrikan dan kemagnetan. Menurut Santwani (1994) dalam Marsudi (1995) semua organisme hidup dipengaruhi oleh kemagnetan dengan tingkat yang berbeda-beda, sebagian lebih mudah dan sebagian yang lain lebih sulit. Tidak ada jaringan hidup yang anti magnet. Mengutip pendapat Monoilov (1994) dalam Marsudi (1995) bahwa "Medan magnet dan arus listrik menampakkan pengaruhnya pada manusia melalui sifat-sifat listrik tubuh. Jika pengaruh medan magnet muncul, hal itu dapat diartikan bahwa medan magnet berpengaruh pada sifat kemagnetan tubuh". Santwani (1994) dalam Marsudi (1995) juga mengemukakan bahwa ciri yang membedakan aksi medan magnet pada tubuh adalah bahwa tubuh kita bersifat transparan terhadap medan magnet. Artinya medan magnet dapat bekerja sekaligus ke seluruh bagian tubuh, yaitu dari tubuh dan organ turun ke sel-sel dan molekul-molekul serta atom-atom individual.

Spektrum gelombang elektromagnetik dikelompokkan berdasarkan panjang gelombangnya atau bisa juga dikelompokkan berdasarkan frekuensinya. Mengenai spektrum gelombang elektromagnetik berdasarkan panjang gelombangnya atau frekuensinya dapat dilihat pada Tabel 1 di bawah ini.

Tabel 1. Spektrum gelombang elektromagnetik berdasarkan panjang gelombang atau frekuensinya.

No.	Jenis gelombang elektromagnetik	Panjang gelombang (m)	Frekuensi, (Hertz)
1.	Gelombang radio:		
	a. Radio gelombang panjang	10^9-10^3	$1-10^{11}$
	b. Radio gelombang pendek	10^9-10^3	$1-10^5$
	c. Komunikasi bands	10^3-10	10^5-10^7
	d. Televisi	10^5-10^3	10^3-10^{11}
2.	Gelombang mikro:	$10-10^{-1}$	10^7-10^9
	a. Radar	$10-10^{-5}$	10^7-10^{13}
3.	Infra merah	$10-10^{-3}$	10^8-10^{11}
4.	Cahaya tampak	$10^{-3}-10^{-6}$	$10^{11}-10^{14}$
5.	Ultra ungu	$10^{-6}-10^{-7}$	$10^{14}-10^{15}$
6.	Sinar – X	$10^{-7}-10^{-10}$	$10^{15}-10^{19}$
7.	Sinar gamma	$10^{-8}-10^{-12}$	$10^{16}-10^{21}$
		$10^{-10} - 10^{-16}$	$10^{18} - 10^{25}$

Sumber: Wardhana, 2000

Berdasarkan tabel tersebut di atas, tampak bahwa pancaran gelombang elektromagnetik dari telepon seluler dengan frekuensi antara 450 - 1800 MHz telah memasuki daerah gelombang mikro seperti halnya radar. Bila dilihat energinya, maka pancaran gelombang elektromagnetik dari telepon seluler akan menghasilkan energi yang mengikuti persamaan berikut ini: $E = h.c/\lambda$.

dimana :

E = energi yang dihasilkan, erg.

h = konstanta planck, $6,62 \times 10^{-27}$ erg detik

c = kecepatan cahaya, 300.000 km/detik = $3 \cdot 10^{10}$ cm / detik

λ = panjang gelombang

Kalau panjang gelombang elektromagnetik yang dipancarkan oleh telepon seluler diambil 10^{-2} meter, maka energi elektromagnetik yang akan dihasilkan dapat dihitung sebagai berikut:

$$E = 6,62 \cdot 10^{-27} \times 3 \cdot 10^{10} / (10^{-2} \cdot 10^{-2})$$

$$= 19,86 \cdot 10^{-17} \text{ erg}$$

Karena : 1 eV = $1,6 \cdot 10^{-12}$ erg

Maka : $E = (19,86 \cdot 10^{-17}) / (1,6 \cdot 10^{-12}) \text{ eV}$.

$$= 12,41 \cdot 10^{-5} \text{ eV}$$

$$= 1,241 \cdot 10^{-6} \text{ eV (Wardhana, 2000)}.$$

Pengamatan lebih jauh mengenai dampak radiasi elektromagnetik telepon seluler terhadap tubuh manusia, ternyata mempunyai kemiripan dengan dampak radiasi elektromagnetik yang ditimbulkan oleh radar. Dampak tersebut adalah kemampuan radar mengagitasi molekul air yang ada dalam tubuh manusia. Agitasi yang ditimbulkan oleh radiasi elektromagnetik tergantung intensitasnya, jika intensitasnya cukup kuat maka molekul-molekul air terionisasi. Peristiwa agitasi oleh gelombang mikro yang perlu diperhatikan adalah yang berdaya antara 4 mW/cm²-30 mW/cm². Agitasi bisa menaikkan suhu molekul air yang ada di dalam sel-sel tubuh manusia dan ini dapat berpengaruh terhadap kerja susunan saraf, kerja kelenjar dan hormon serta berpengaruh terhadap psikologis manusia (Wardhana, 2000).

Pengukuran kadar radiasi sebuah telepon seluler umumnya disebut dengan *Specific Absorbtion Rate* (SAR). Pengukur energi radio frekuensi atau RF yang diserap oleh jaringan tubuh pengguna telepon seluler bisa dinyatakan sebagai unit dari watts perkilogram (W/kg). Batas SAR yang ditetapkan oleh *International Commision on Non-Ionizing Radiation Protection* (ICNIRP) adalah 2.0 W/kg. Sementara *The Institute of Electrical and Electronics Engineers* (IEEE) juga telah menetapkan sebuah standar baru yang digunakan oleh negara Amerika dan negara lain termasuk Indonesia dengan menggunakan batas 1.6 W/kg (Suroso, 2006).

Penelitian mengenai medan listrik dan medan magnet saluran udara tegangan ekstra tinggi (SUTET) 500 kV terhadap agresivitas dan fertilitas mencit (*Mus musculus*) Australia jantan telah dilakukan oleh Kanedi (1996) dari Departemen Biologi Institut Teknologi Bandung. Hasilnya SUTET dapat menyebabkan peningkatan agresivitas dan penurunan fertilitas.

Penelitian yang sama juga telah dilakukan oleh Saepudin (1999) dengan menggunakan tikus albino jantan (*Rattus norvegicus*) sebagai objek. Hasil penelitiannya menyimpulkan bahwa SUTET mengurangi jumlah aktivitas mengenali betina, mempercepat terjadinya intromisi dan memperbesar jumlah intromisi, serta mengurangi motilitas spermatozoa.

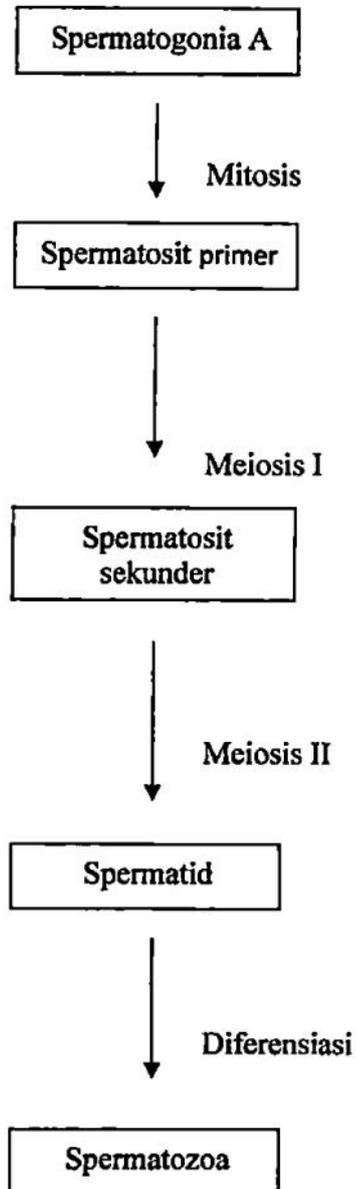
B. Sistem Reproduksi Pria

1. Spermatogenesis

Organ reproduksi pria dibedakan atas organ genitalia masculina interna yang terdiri atas testis, ductus deferens, vesicula seminalis, glandula prostat, serta glandula bulbouretralis dan organ genitalia eksterna yang terdiri atas penis dan uretra (Guyton, 2004).

Testis mempunyai fungsi ganda yaitu menghasilkan hormon dan memproduksi spermatozoa. Testis dikelilingi oleh simpai tebal jaringan ikat kolagen yaitu tunika albugenia yang menebal pada permukaan posterior testis membentuk mediastinum testis, dari situ terjulur septa fibrosa kedalam kelenjar dan membaginya menjadi lebih kurang 250 kompartemen pyramidal yang disebut lobulus testis. Setiap lobulus dihuni oleh 1-4 tubulus seminiferus, terpendam dalam dasar jaringan ikat longgar yang banyak terdapat pembuluh darah, kelenjar limfe, saraf, dan sel interstisial (sel Leydig). Tubulus seminiferus menghasilkan sel kelamin pria yaitu spermatozoa, sedangkan sel Leydig menggetahkan androgen testis (Junqueira *et al.*, 2007).

Proses reproduksi pada pria dapat dibagi menjadi tiga sub divisi utama: pertama, spermatogenesis yang berarti hanya pembentukan sperma; kedua, kinerja kegiatan seksual pria; dan ketiga, pengaturan fungsi reproduksi pria oleh berbagai hormon (Guyton, 2004).

Skema Spermatogenesis :

(Vander dkk, 2001).

Spermatogenesis adalah proses pembentukan spermatozoa, yang meliputi tiga fase yaitu spermatositogenesis, dimana selama fase ini spermatogonium membelah, menghasilkan generasi sel baru yang nantinya akan menghasilkan

spermatosit; meiosis, selama fase ini spermatosit mengalami dua kali pembelahan secara berurutan dengan mereduksi sampai setengah jumlah kromosom dan jumlah DNA per sel menghasilkan spermatid; dan spermiogenesis, selama fase ini spermatid mengalami proses sitodeferensiasi rumit yang akan menghasilkan spermatozoa (Junqueira *et al.*, 2007).

Proses spermatogenesis dimulai dengan sel benih primitif, yaitu spermatogonium. Pada keadaan kematangan kelamin, sel ini mengalami sederetan mitosis, dan sel – sel yang baru dibentuk dapat mengikuti satu dari dua jalur : mereka dapat berlanjut setelah satu atau lebih pembelahan mitosis menjadi sel induk atau spermatogonium tipe A, atau mereka dapat berdiferensiasi selama siklus mitosis yang progresif menjadi spermatogonium tipe B. Spermatogonium tipe A adalah sel induk untuk garis keturunan spermatogenik, sementara spermatogonium tipe B merupakan sel progenitor yang berdiferensiasi menjadi spermatosit primer. Segera setelah itu sel tersebut memasuki tahap profase dari pembelahan meiosis pertama. Pada saat ini, spermatosit primer memiliki 46 kromosom dan $4n$ DNA, dalam tahap profase ini sel melewati lima tahap yaitu; leptoten, zigoten, pakiten, diploten dan mencapai diakinesis yang menghasilkan pemisahan dari kromosom, persilangan gen kromosom terjadi pada tahap meiosis ini. Sel kemudian memasuki metaphase dan kromosom bergerak menuju kutub masing-masing, pada tahap anaphase berikutnya pembelahan meiosis pertama ini timbul sel yang lebih kecil disebut spermatosit sekunder dengan 23 kromosom disertai pengurangan jumlah DNA menjadi $2n$ per sel. Spermatosit sekunder dengan cepat memasuki pembelahan meiosis kedua yang akan menghasilkan

spermatid, sel yang mengandung 23 kromosom. Tidak adanya fase S (sintesis DNA) yang terjadi pada pembelahan meiosis pertama dan kedua, maka jumlah DNA per sel dikurangi setengahnya. Pada pembelahan kedua ini menghasilkan sel-sel haploid ($1n$) (Junqueira *et al.*, 2007).

Spermatid mengalami proses perkembangan rumit yang disebut spermiogenesis, yang mencakup pembentukan akrosom, pematangan dan pemanjangan inti, pembentukan flagellum dan kehilangan sebagian sitoplasmanya. Hasil akhirnya adalah spermatozoa yang kemudian dilepaskan ke dalam lumen tubulus seminiferus (Junqueira *et al.*, 2007).

Spermatozoa matang dilepaskan dari sel sertoli dan menjadi bebas dalam lumen tubulus. Sel sertoli mensekresikan protein pengikat androgen ABP (*androgen binding protein*), MIS (*mullerian inhibiting substance*) dan inhibin. Sel-sel ini tidak mensintesis androgen, tetapi mengandung aromatase, yaitu enzim yang berperan dalam perubahan androgen menjadi estrogen. ABP mungkin berfungsi untuk mempertahankan pasokan androgen yang tinggi dan stabil dalam cairan tubulus. Inhibin menghambat sekresi FSH. MIS menyebabkan regresi duktus mullerian pada pria selama masa janin (Ganong, 2002).

Setelah terbentuk dalam tubulus seminiferus, sperma membutuhkan waktu beberapa hari untuk melewati epididimis yang panjangnya 6 meter. Setelah sperma berada dalam epididimis selama 18 sampai 24 jam, sperma memiliki kemampuan motilitas. Setelah ejakulasi sperma memang menjadi motil dan juga mampu untuk membuahi ovum. Fisiologi sperma yang matang mempunyai kecepatan gerak kira-kira 1 sampai 4 mm/menit melalui medium cairan. Sperma

normal cenderung untuk bergerak lurus daripada gerakan berputar. Aktivitas sperma sangat ditingkatkan dalam medium netral dan sedikit basa seperti yang terdapat dalam semen yang diejakulasi, tetapi akan sangat ditekan dalam medium yang agak asam. Sperma dapat hidup selama beberapa minggu dalam duktus genitilis testis, tetapi hanya dapat hidup 1 sampai 2 hari pada traktus genitilis wanita (Guyton, 2004).

Semen terdiri atas sel sperma dan cairan yang berasal dari vas deferens, vesikula seminalis, kelenjar prostat, dan sejumlah kecil cairan dari kelenjar mukosa, terutama kelenjar bulbouretralis (Guyton, 2004). Volume semen tiap ejakulat berkisar antara 2 sampai 5 ml, jika volumenya kurang dari 1,5 ml disebut mempunyai masalah infertilitas, jumlah spermatozoanya berkisar 200 sampai 300 juta atau sekitar 60 juta/ml, jika jumlahnya kurang dari 10 juta/ml, sangat jarang dapat menyebabkan kehamilan (Wiknjastro, 2005).

C. Hipotesis

Pajanan gelombang telepon seluler menyebabkan penurunan ukuran diameter tubulus seminiferi dan penurunan prosentase sel-sel spermatogenik.