

# Efek Gelombang Elektromagnetik Telepon Seluler terhadap Spermatozoa Mencit Galur BALB/C

*Sylvia Soeng, Teresa Liliana Wargasetia, Anna Steven*

*Bagian Biologi, Fakultas Kedokteran, Universitas Kristen Maranatha Bandung*

## Abstract

Nowadays, cellular phones are widely used, but most people seem do not aware of the effect of radio frequency electromagnetic radiation (RFEMR) on human body, especially the male reproduction system. The objective of this study is to investigate the biological effects of RFEMR of cellular phone on sperm motility and sperm count. Sixteen mice of BALB/c strain were divided into four groups: mice in the control group were not exposed to RFEMR, mice in the the first group were exposed to 20 times/day intensity, the second group to 40 times/day, and the third group to 80 times/day. Mice were exposed to 1900MHz at specific absorption rate of 96 mW/kg for 7 days. Sperm motility and sperm count were analyzed by means of Oneway ANOVA using SPSS 13.0. There were highly significant differences of sperm motility between the exposed mice groups and the control group ( $p < 0.01$ ), but no significant differences among the three exposed groups ( $p > 0.05$ ). There were also highly significant differences of sperm count between the exposed groups and the control group ( $p < 0.01$ ), and the differences among the three exposed group were significant too ( $p < 0.05$ ). It can be concluded that exposure to cellular phone electromagnetic radiation may reduces mice sperm motility and sperm count.

Keywords: electromagnetic radiation, sperm motility, sperm count

## Pendahuluan

Radiasi elektromagnetik dapat berasal dari jaringan listrik tegangan tinggi, peralatan elektronik di rumah, kantor maupun industri. Telepon seluler dan *microwave oven* ternyata merupakan sumber radiasi gelombang elektromagnetik yang sangat potensial. Telepon seluler juga menghasilkan energi foton yang sangat besar dan potensi radiasinya lebih besar dibandingkan dengan peralatan elektronik maupun jaringan listrik tegangan tinggi dan ekstra tinggi.<sup>1</sup>

Secara umum setiap bentuk radiasi gelombang elektromagnetik dapat berpengaruh terhadap tubuh manusia. Sel-sel tubuh yang mudah membelah adalah bagian yang paling mudah dipengaruhi oleh radiasi. Tubuh

yang sebagian besar berupa molekul air, juga mudah mengalami ionisasi oleh radiasi.<sup>2</sup>

Penggunaan telepon seluler sudah sedemikian luas, sehingga banyak perhatian diberikan kepada efek pulsa modulasi radiasi gelombang elektromagnetik terhadap pengguna alat canggih ini. Mekanisme interaksi medan listrik dan magnetik dengan benda hidup sebenarnya sangat sederhana, yaitu berupa induksi medan dan juga arus listrik pada jaringan biologi.<sup>3</sup>

Potensi gangguan kesehatan yang timbul akibat pajanan medan elektromagnetik dapat terjadi pada berbagai sistem tubuh, antara lain: sistem darah, sistem reproduksi, sistem saraf, sistem kardiovaskular, sistem

endokrin, psikologis, dan hipersensitivitas.<sup>4</sup>

Studi Protokol Penatalaksanaan dan Efektivitas Pengobatan Infertilitas Pria di Surabaya pada tahun 2000 menyatakan masalah infertilitas pria merupakan masalah yang menunjukkan peningkatan dalam dekade terakhir ini. Observasi di beberapa negara menunjukkan gejala penurunan jumlah dan kualitas sperma yang cukup menyolok di antara pria dewasa muda.<sup>5</sup>

Berdasarkan penelitian yang dilakukan Arsyad terhadap 246 pasangan infertil di Palembang menunjukkan infertilitas yang disebabkan faktor pria sebesar 48,4%.<sup>6</sup> Data BKKBN pada tahun 2001 menunjukkan kasus infertilitas pria terjadi pada 40-45% pria dari 10% pasangan yang mengalami infertilitas.<sup>7</sup>

Sementara itu, perusahaan pengelola jasa telepon seluler akhir-akhir ini menggunakan frekuensi 1.800MHz, jauh lebih tinggi dari frekuensi sebelumnya 900MHz.<sup>8</sup> Banyak keuntungan didapatkan pada penggunaan frekuensi tinggi, terutama pada perambatan gelombang. Tetapi apakah banyak dampak negatifnya terhadap kesehatan, khususnya infertilitas pada pria, hal ini kurang mendapat perhatian.

#### **Tujuan dan Manfaat Penelitian**

- mengetahui kecepatan gerak dan jumlah spermatozoa mencit jantan galur BALB/c yang dipajankan terhadap gelombang elektromagnetik dari telepon seluler.
- mengungkapkan efek gelombang elektromagnetik khususnya yang dipancarkan telepon seluler terhadap kecepatan gerak dan jumlah spermatozoa dihubungkan dengan

kejadian infertilitas pria yang semakin meningkat.

- menjadi peringatan bagi kaum pria yang lebih suka menyimpan telepon seluler di saku celana agar lebih waspada terhadap bahaya infertilitas.

#### **Bahan dan alat**

Larutan yang digunakan yaitu larutan PBS (*Phosphat Buffer Saline*) dengan pH 6,8 dan kloroform. Alat-alat yang diperlukan adalah gelas kimia, timbangan mencit, kotak mencit, papan fiksasi, makanan mencit, botol minuman mencit dengan pipa aluminium, telepon seluler, alat bedah minor, kamar hitung *Improved Neubauer*, kaca penutup (*cover glass*), *stopwatch*, dan mikroskop cahaya.

#### **Hewan coba**

Enam belas ekor mencit (*Mus musculus*) jantan dewasa galur BALB/c diperoleh dari Bagian *Breeding Hewan* PT. Bio Farma berumur delapan minggu dengan berat badan rata-rata 25 gram/ekor. Mencit-mencit tersebut diadaptasikan dengan suasana tempat penelitian selama tujuh hari.

#### **Prosedur Penelitian**

Penelitian ini menggunakan pajanan gelombang elektromagnetik sebagai bentuk perlakuan terhadap objek penelitian. Adapun cara pajanan gelombang elektromagnetik sebagai berikut :

- Mencit ditempatkan pada ruangan fiksasi dan dilakukan panggilan terhadap telepon seluler yang diletakkan pada jarak tiga sentimeter dari testis
- Enam belas ekor mencit jantan dewasa dibagi ke dalam empat kelompok

yang masing-masing terdiri dari empat ekor mencit. Keempat kelompok tersebut meliputi :

1. Kelompok kontrol : tidak dipajankan terhadap gelombang elektromagnetik
2. Kelompok intensitas I : dipajankan terhadap gelombang elektromagnetik dengan intensitas dua puluh kali perhari selama tujuh hari
3. Kelompok intensitas II : dipajankan terhadap gelombang elektromagnetik dengan intensitas empat puluh kali perhari selama tujuh hari
4. Kelompok intensitas III : dipajankan terhadap gelombang elektromagnetik dengan intensitas delapan puluh kali perhari selama tujuh hari

Perlakuan diberikan dengan menggunakan telepon seluler berfrekuensi 1900 MHz dengan *specific absorption rate* 96 mW/kg yang ditempatkan di bawah ruangan fiksasi mencit. Perlakuan ini dilakukan setiap hari selama 38 detik per panggilan dengan interval jeda 38 detik sebelum dilakukan panggilan berikutnya. Telepon seluler yang digunakan mempunyai kekuatan baterai 3,7 volt.

Setelah tujuh hari, semua mencit kelompok kontrol dan kelompok intensitas I, II, dan III dibunuh, kemudian masing-masing dibuat suspensi spermatozoa. Adapun cara untuk membuat suspensi spermatozoa mencit adalah sebagai berikut: sesuai masa perlakuan, mencit dibunuh dengan cara dimasukkan ke dalam gelas kimia yang telah diberikan kapas berkloroform dan ditutup. Mencit yang telah mati segera diambil dan ditaruh di

atas papan bedah, kemudian dengan menggunakan jarum dilekatkan dalam posisi terlentang dan kemudian dilakukan pembedahan dari pangkal penis ke arah proksimal secukupnya (kurang lebih setengah badan). Kauda epididimis diambil dan dimasukkan ke dalam cawan petri yang berisi larutan PBS, kemudian kauda epididimis dihancurkan dengan menggunakan gunting mata. Hasil akhir berupa suspensi epididimis yang mengandung spermatozoa.

Kecepatan gerak spermatozoa dihitung menggunakan kamar hitung *Improved Neubauer* dilihat dengan mikroskop pembesaran 400x. Cara pengukuran kecepatan yaitu dengan melihat spermatozoa yang bergerak lurus melintasi kotak kecil (0,05 mm x 0,05 mm) dalam kamar hitung tegak lurus, kemudian dicatat waktunya dengan *stopwatch* ketika satu sperma melewati kotak kecil di tengah kamar hitung *Improved Neubauer*, maka didapat data t (waktu tempuh) dari spermatozoa itu. Selanjutnya dihitung kecepatan spermatozoa dengan rumus sebagai berikut:

$$v = s / t$$

Keterangan :

v = kecepatan spermatozoa (mm / detik)

s = jarak tempuh (0.05 mm)

t = waktu tempuh ( detik)

Untuk hitung jumlah, spermatozoa ditunggu sampai mati kemudian dilihat menggunakan mikroskop cahaya. Rumus untuk menghitung jumlah sperma:

$$\frac{(N1+N2)}{4} \times 10.000 \times \text{volume pengenceran} = \dots \text{ ekor/mm}^3$$

Keterangan:

N = jumlah sperma pada kamar hitung *Improved Neubauer*

Volume pengenceran = 3<sup>9</sup>

**Tabel 1 Hasil Pemeriksaan Kecepatan Gerak Spermatozoa**  
**Kecepatan Gerak Spermatozoa (mm/det)**

Perlakuan	Kelompok	Kelompok	Kelompok	Kelompok
	Kontrol	Intensitas I	Intensitas II	Intensitas III
Mencit I	0,0765	0,0427	0,0311	0,0146
Mencit II	0,0984	0,0674	0,0268	0,0158
Mencit III	0,1131	0,0320	0,0276	0,0181
Mencit IV	0,1325	0,0302	0,0227	0,0203
<b>Rata-rata</b>	<b>0,1051</b>	<b>0,0431</b>	<b>0,0271</b>	<b>0,0172</b>

Keterangan:

Kelompok kontrol : kelompok yang tidak diberi pajanan gelombang elektromagnetik telepon seluler

Kelompok Intensitas I : kelompok yang dipajankan terhadap gelombang elektromagnetik telepon seluler dengan intensitas dua puluh kali per hari selama tujuh hari

Kelompok Intensitas II: kelompok yang dipajankan terhadap gelombang elektromagnetik telepon seluler dengan intensitas empat puluh kali per hari selama tujuh hari

Kelompok Intensitas III: kelompok yang dipajankan terhadap gelombang elektromagnetik telepon seluler dengan intensitas delapan puluh kali per hari selama tujuh hari.

### Variabel penelitian

Variabel perlakuan adalah intensitas pajanan gelombang elektromagnetik telepon seluler

Variabel respon adalah kecepatan gerak dan jumlah spermatozoa

### Analisis Data

Analisis data menggunakan Analisis Varian (ANOVA) satu arah dilanjutkan uji beda rata-rata (*multiple comparison*) LSD dengan  $\alpha = 0,05$

menggunakan program SPSS for Windows versi 13.0.

### Hasil penelitian

Hasil perhitungan kecepatan gerak spermatozoa mencit yang dipajankan terhadap gelombang elektromagnetik telepon seluler selama tujuh hari dapat dilihat pada tabel 1.

Data dianalisis menggunakan Analisis Varians (ANOVA) satu arah. Hasil perhitungan tersebut dimasukkan ke dalam tabel ANOVA (tabel 2).

Dari hasil ANAVA didapatkan  $F_{hitung} = 28,629$  ( $F_{tabel (3,12,5\%)} = 3,49$ ;  $F_{tabel (3,12,51\%)} = 9,95$ ). Karena  $F_{hitung} > F_{tabel(3,12,1\%)}$  hal ini menunjukkan perbedaan rata-rata kecepatan gerak spermatozoa yang sangat signifikan antara semua kelompok perlakuan. Untuk melihat kelompok mana yang berbeda dilanjutkan dengan uji beda rata-rata metode LSD, yang hasilnya dapat dilihat pada tabel 3.

Pajanan gelombang elektromagnetik telepon seluler pada intensitas I dan intensitas II memiliki efek yang sama, sedangkan pajanan

gelombang elektromagnetik telepon seluler pada intensitas II dan intensitas III memiliki efek yang sama, maka dapat diambil kesimpulan pajanan gelombang elektromagnetik dengan intensitas I, II, dan III memiliki efek yang sama terhadap kecepatan gerak spermatozoa mencit.

Hasil pemeriksaan jumlah spermatozoa mencit yang dipajankan terhadap gelombang elektromagnetik telepon seluler selama tujuh hari dapat dilihat pada tabel 4.

**Tabel 2 Tabel ANAVA Satu Arah Kecepatan Gerak Spermatozoa Mencit**

Sumber variasi	df=db	SS=JK	MS=MK	F hitung	Ftabel
Perlakuan	3	0,019	0,006	28,629**	5%=3,49
Sisa	12	0,003	0,000		1%=5,95
Total	15	0,021			

**Tabel 3 Hasil Uji Beda Rata-rata Metode LSD Rata-rata Kecepatan Gerak Spermatozoa antara Masing-masing Kelompok Perlakuan ( $p < 0,05$ )**  
**Rata-rata Kecepatan Gerak Spermatozoa (mm/det)**

Kel. Perlakuan	Kontrol (-)	Intensitas I	Intensitas II	Intensitas III
Kontrol		0,06205*	0,07807*	0,08792*
Intensitas I			0,01602 <sup>ns</sup>	0,02587*
Intensitas II				0,00985 <sup>ns</sup>
Intensitas III				

Keterangan :

\* : terdapat perbedaan yang signifikan

ns : non signifikan

**Tabel 4 Hasil Pemeriksaan Jumlah Spermatozoa**  
**Jumlah Spermatozoa (ekor/mm<sup>3</sup>)**

Perlakuan	Kelompok Kontrol	Kelompok Intensitas I	Kelompok Intensitas II	Kelompok Intensitas III
-----------	------------------	-----------------------	------------------------	-------------------------

Mencit I	7 365 000	5 760 000	2 227 500	1 102 500
Mencit II	9 075 000	5 880 000	3 367 500	1 357 500
Mencit III	9 360 000	6 007 500	3 600 000	2 167 500
Mencit IV	10 627 500	6 517 500	3 712 500	2 715 000
<b>Rata-rata</b>	<b>9 106 875</b>	<b>6 041 250</b>	<b>3 226 875</b>	<b>1 835 625</b>

**Tabel 5 Tabel ANAVA Satu Arah Jumlah Spermatozoa Mencit**

Sumber variasi	Df=db	SS=JK	MS=MK	F hitung	Ftabel
Perlakuan	3	1,24387 x 10 <sup>14</sup>	4,14624 x 10 <sup>13</sup>	56,619**	5%=3,49
Sisa	12	8,78767 x 10 <sup>12</sup>	7,32306 x 10 <sup>11</sup>		1%=5,95
Total	15	1,33175 x 10 <sup>14</sup>			

**Tabel 6 Hasil Uji Beda Rata-rata Metode LSD Rata-rata Jumlah Spermatozoa antara Masing-masing Kelompok Perlakuan (p<0,05) Rata-rata Jumlah Spermatozoa (ekor/mm<sup>3</sup>)**

Kel. Perlakuan	Kontrol	Intensitas I	Intensitas II	Intensitas III
Kontrol		3065625*	5880000*	7271250*
Intensitas I			2814375*	4205625*
Intensitas II				1391250*
Intensitas III				

Keterangan :

\* : terdapat perbedaan yang signifikan

Data dianalisis menggunakan Analisis Varians (ANAVA) satu arah. Berdasarkan hasil perhitungan tersebut, selanjutnya dimasukkan ke dalam tabel ANAVA (tabel 5)

Dari hasil ANAVA didapatkan  $F_{hitung} = 56,619$  ( $F_{tabel (3,12,5\%)} = 3,49$ ;  $F_{tabel (3,12,51\%)} = 9,95$ ). Harga  $F_{hitung} > F_{tabel 1\%}$ , hal ini menunjukkan perbedaan rata-rata jumlah spermatozoa yang sangat signifikan antara semua kelompok perlakuan. Untuk melihat kelompok mana yang berbeda

dilanjutkan dengan uji beda rata-rata metode LSD, yang hasilnya dapat dilihat pada tabel 6.

Rata-rata jumlah spermatozoa pada kelompok Intensitas I, kelompok Intensitas II dan kelompok Intensitas II bila dibandingkan dengan kelompok kontrol menunjukkan perbedaan yang signifikan. Hal ini berarti pajanan gelombang elektromagnetik telepon seluler pada kelompok Intensitas I, kelompok Intensitas II, dan kelompok

Intensitas III berefek mengurangi jumlah spermatozoa mencit.

Semakin tinggi tingkat pajanan gelombang elektromagnetik, semakin besar pengurangan jumlah spermatozoa.

### Pembahasan

Secara statistik didapatkan penurunan kecepatan gerak spermatozoa dari kelompok hewan uji dibandingkan dengan kelompok kontrol. Tetapi didapatkan penurunan kecepatan gerak spermatozoa yang tidak signifikan dengan semakin ditingkatkannya intensitas pajanan radiasi gelombang elektromagnetik yang dipancarkan telepon seluler pada hewan uji. Persentase penurunan yang didapat jika dibandingkan dengan kelompok hewan kontrol terhadap pajanan gelombang elektromagnetik telepon seluler adalah 59,02% untuk intensitas 20 kali per hari; 73,27% untuk intensitas 40 kali per hari; 83,64% untuk intensitas 80 kali per hari .

Penurunan ini diperkirakan akibat dari pajanan terhadap radiasi gelombang elektromagnetik selama tujuh hari berturut-turut, yang menyebabkan proses maturasi spermatozoa dalam duktus epididimis mencit terganggu sehingga pematangan spermatozoa tidak mencapai tahap yang optimal.

Berdasarkan hasil penelitian di atas, secara statistik didapatkan penurunan jumlah spermatozoa yang signifikan dengan semakin ditingkatkannya intensitas pajanan radiasi gelombang elektromagnetik yang dipancarkan telepon seluler. Persentase penurunan yang didapat jika dibandingkan dengan kelompok kontrol (kelompok yang tidak diberi pajanan gelombang elektromagnetik telepon

seluler) yaitu 33,66% untuk intensitas 20 kali per hari; 64,57% untuk intensitas 40 kali per hari; 79,84% untuk intensitas 80 kali per hari.

Penurunan jumlah spermatozoa pada percobaan ini diduga disebabkan oleh energi panas yang ditimbulkan gelombang elektromagnetik. Energi gelombang elektromagnetik yang diserap oleh suatu medium bahan mengakibatkan timbul panas. Medan listrik dan medan magnet pada telepon seluler menimbulkan efek panas pada sel-sel tubuh manusia.<sup>10</sup>

Peningkatan frekuensi menyebabkan peningkatan energi yang diserap oleh jaringan tubuh. Bila dilihat energinya, maka pancaran gelombang elektromagnetik dari ponsel akan menghasilkan energi mengikuti persamaan:

$$E = h \cdot f^{11}$$

Keterangan:

E = energi yang dihasilkan (erg)

h = konstanta Planck ( $6,62 \times 10^{-27}$  erg detik) f

= frekuensi (Hz)

Spermatogenesis memerlukan suhu yang lebih rendah daripada suhu bagian dalam tubuh. Testis dipertahankan dingin oleh udara yang mengitari skrotum dan mungkin oleh pertukaran panas melalui arus balik antara arteri dan vena spermatika. Bila testis berada pada suhu yang lebih tinggi akan terjadi degenerasi tubulus dan pada akhirnya sterilitas.<sup>12</sup>

Selain itu, peningkatan temperatur di sekitar testis menyebabkan spermatogenesis terhambat secara parsial atau total. Pajanan yang lama dan teratur pada temperatur yang lebih tinggi dapat menurunkan kemampuan testis untuk mengatur suhu yang lebih rendah

sehingga spermatogenesis tidak berlangsung optimal.<sup>13</sup>

Pajanan gelombang elektromagnetik menurunkan kadar melatonin, menyebabkan peningkatan TNF- $\alpha$  sehingga terjadi peningkatan apoptosis.<sup>14</sup> Melatonin merupakan hormon yang disekresi oleh kelenjar pineal. Awad *et al.* pada tahun 2006 membandingkan kadar melatonin serum dan plasma seminal dihubungkan dengan analisis sperma. Kadar melatonin serum dan plasma seminal kelompok pria infertil lebih rendah secara signifikan dibandingkan terhadap kelompok pria fertil. Kadar melatonin serum lebih tinggi dibandingkan kadar melatonin seminal plasma pada semua kelompok. Tetapi keduanya berkorelasi positif dengan kecepatan gerak spermatozoa. Rendahnya kadar melatonin dalam plasma seminal ditemukan pada kelompok pria infertil dengan kecepatan gerak spermatozoa yang lambat, leukositospermia, varikokel, dan azoospermia non obstruktif.<sup>15</sup>

Penurunan jumlah spermatozoa menyebabkan perubahan kadar laktat dehidrogenase.<sup>16</sup> Laktat dehidrogenase C4 merupakan enzim spesifik yang diproduksi oleh *germ cell* sehingga apoptosis *germ cell* menurunkan kadar laktat dehidrogenase C4 yang berpengaruh pada metabolisme spermatozoa. Penurunan kadar LDH C4 menyebabkan metabolisme spermatozoa tidak berlangsung optimal.

Penurunan aktivitas laktat dehidrogenase C4 menyebabkan gangguan kapasitas spermatozoa dan reaksi akrosom. Kapasitas spermatozoa yaitu kemampuan spermatozoa untuk menyimpan energi untuk bergerak. Proses kapasitas melibatkan dua komponen yaitu meningkatkan

kecepatan gerak spermatozoa dan mempermudah persiapan spermatozoa mengalami reaksi akrosom.<sup>12</sup> Terdapat korelasi yang signifikan antara kecepatan gerak spermatozoa dengan kadar enzim LDH C4 yang mempengaruhi aktivitas mitokondria spermatozoa.<sup>17,18</sup>

Mitokondria adalah organel sel eukariot yang berfungsi sebagai organ respirasi pembangkit energi dengan menghasilkan adenosin triphosphat (ATP). Jumlah mitokondria tiap sel tergantung jenis sel dan organisme. Mitokondria ditemukan dalam jumlah banyak pada sel yang memiliki aktivitas metabolisme tinggi yaitu sel-sel kontraktil seperti spermatozoa. Ekor sperma merupakan alat gerak yang membutuhkan energi tinggi dari mitokondria.<sup>19</sup> Aktivitas LDH C4 yang tidak optimal menyebabkan gangguan pada mitokondria, hal ini menyebabkan mitokondria tidak mampu menyediakan energi yang cukup bagi sperma untuk bergerak.

### Kesimpulan

- Pajanan gelombang elektromagnetik telepon seluler pada mencit berefek menurunkan kecepatan gerak spermatozoa.
- Pajanan gelombang elektromagnetik telepon seluler pada mencit berefek menurunkan jumlah spermatozoa.

### Saran

- Perlu dilakukan penelitian lebih lanjut apakah dampak penurunan kecepatan gerak dan jumlah spermatozoa pada mencit akibat pajanan gelombang elektromagnetik dari telepon seluler bersifat ireversibel atau reversibel.



- Perlu dilakukan penelitian lebih lanjut mengenai dampak pajanan gelombang elektromagnetik secara molekuler.
- Penyimpanan telepon seluler pada saku celana khususnya pada pria perlu diwaspadai untuk menghindari kemungkinan infertilitas.

### Daftar Pustaka

1. Anies. *Gangguan kesehatan akibat radiasi elektromagnetik*  
<http://www2.ukdw.ac.id/ukdwnet/pdf.php?id=152>, 2005, diakses tanggal 2 April 2006.
2. Wisnu Arya Wardhana, Supriyono, Djiwo Harsono. *Masalah Radiasi Tegangan Tinggi*.  
<http://www.elektroindonesia.com/elektro/energi8e.html>, 1997, diakses tanggal 6 Maret 2006.
3. Muhammad Fathony. Radiasi elektromagnetik dari alat elektronik serta efeknya bagi kesehatan. *Elektro Indonesia* 38, 2001. h.26-31.
4. Riedlinger.  
[www.rics.org/NR/rdonlyres/C184EA66-ED72-4597-8497-D02039286652/0/Virtual\\_environments20051202.pdf](http://www.rics.org/NR/rdonlyres/C184EA66-ED72-4597-8497-D02039286652/0/Virtual_environments20051202.pdf), 2004, diakses tanggal 10 Mei 2006.
5. Aucky Hinting. *Study protokol penatalaksanaan dan efektivitas pengobatan infertilitas pria*.  
<http://digilib.litbang.depkes.go.id/go.php?id=jkpkbppk-gdl-res-2000-aucky-989-infertilit>, 2000, diakses tanggal 19 Maret 2006.
6. Hermawanto, Hadiwidjaja. *Analisis sperma pada infertilitas pria*.  
<http://www.medika.co.id/arsip/102002/pus-3.htm>, 2002, diakses tanggal 9 Maret 2006.
7. Badan Koordinasi Keluarga Berencana Nasional. *Kemandulan*.  
<http://hqweb01.bkkbn.go.id/hqweb/pria/data01-31.html>, 2001, diakses tanggal 17 Juli 2006.
8. Persson T., Törnevik C. Mobile communications and health. *Ericsson Review* 2, 2003. p.48-65.
9. Soehadi K., Arsyad K.M. *Analisis Sperma*. Surabaya: Airlangga University Press, 1983.
10. Nanan Tribuana. *Pengukuran medan listrik dan medan magnet di bawah SUTET 500kV*.  
<http://www.elektroindonesia.com/elektro/ener32a.html>, 2000, diakses tanggal 8 Maret 2006.
11. Wisnu Arya Wardhana. *Dampak Radiasi Elektromagnetik Ponsel*.  
<http://www.elektroindonesia.com/elektro/ut32.html>, 2000, diakses tanggal 19 Maret 2006.
12. Ganong W.F. *Gonad : perkembangan dan fungsi sistem reproduksi*. Dalam : *Buku Ajar Fisiologi Kedokteran*. Edisi 20. Jakarta : EGC, 2003. h. 408-416.
13. Dada R., Gupta N.P., Kucheria K. *Spermatogenic arrest in men with testicular hyperthermia*.  
[http://www.ncbi.nlm.nih.gov/entrez/query.fcgi?cmd=Retrieve&db=pubmed&dopt=Abstract&list\\_uids=12616614&query\\_hl=10&itool=pubmed\\_DocSum](http://www.ncbi.nlm.nih.gov/entrez/query.fcgi?cmd=Retrieve&db=pubmed&dopt=Abstract&list_uids=12616614&query_hl=10&itool=pubmed_DocSum), 2003. diakses tanggal 13 Mei 2006.
14. Cherry N. *EMR reduces melatonin in animals and people*. <http://www.feb.se/emfguru/Research/emf-emr/EMR-Reduces-Melatonin.htm>, 2000, diakses tanggal 17 Juli 2006.
15. Awad H., Halawat F., Mostafa T., Atta H. *Melatonin hormone profile in infertile males*.  
<http://www.blackwell-synergy.com/doi/abs/10.1111/j.1365-2605.2005.00624.x>, 2006, diakses tanggal 10 Mei 2006.
16. Afromeev V.I., Tkachenko V.N. *Change in the present of lactate dehydrogenase isoenzyme level in testes of animals exposed to radiation*.  
[http://www.ncbi.nlm.nih.gov/entrez/query.fcgi?cmd=Retrieve&db=pubmed&list\\_uids=10757046&query\\_hl=4&itool=pubmed](http://www.ncbi.nlm.nih.gov/entrez/query.fcgi?cmd=Retrieve&db=pubmed&list_uids=10757046&query_hl=4&itool=pubmed), 1999, diakses tanggal 10 Mei 2006.
17. Sawane M.V., Kaore S.B., Gaikwad R.D., Patil P.M., Patankar S.S., Deshkar A.M. *Seminal LDH-C4 isoenzyme and sperm*

- mitochondrial activity: a study in male partners of infertile couples.*  
[http://www.ncbi.nlm.nih.gov/entrez/query.fcgi?cmd=Retrieve&db=pubmed&dopt=Abstract&list\\_uids=14510339&query\\_hl=4&itool=pubmed\\_docsum](http://www.ncbi.nlm.nih.gov/entrez/query.fcgi?cmd=Retrieve&db=pubmed&dopt=Abstract&list_uids=14510339&query_hl=4&itool=pubmed_docsum), 2002, diakses tanggal 14 Mei 2006.
18. Duan C., Goldberg E. *Inhibition of lactate dehydrogenase C4 (LDH-C4) blocks capacitation of mouse sperm in vitro.*  
[http://www.ncbi.nlm.nih.gov/entrez/query.fcgi?cmd=Retrieve&db=pubmed&dopt=Abstract&list\\_uids=15051959&query\\_hl=6&itool=pubmed\\_DocSum](http://www.ncbi.nlm.nih.gov/entrez/query.fcgi?cmd=Retrieve&db=pubmed&dopt=Abstract&list_uids=15051959&query_hl=6&itool=pubmed_DocSum), 2003, diakses tanggal 14 Mei 2006.
19. Yohanis Ngili. *Mengenal DNA mitokondria dan aplikasinya.*  
<http://www.cetak/0311/04/inspirasi/664826.htm>, 2004,. diakses tanggal 2 Juli 2006.

