

EFEK RADIASI ELEKTROMAGNETIK ALAT ELEKTRONIK BAGI KESEHATAN

Alim Perangin-angin

Abstrak

Penulisan makalah ini bertujuan untuk mengetahui efek radiasi elektromagnetik alat elektronik bagi kesehatan. Dari hasil pembahasan dapat disimpulkan bahwa radiasi RF dapat menimbulkan efek panas. Besarnya efek ini tergantung pada kekuatan medan. Efek yang selain efek panas tadi belum dapat diyakini, meskipun pulsa radiasi RF dapat menyebabkan efek prilaku. Secara umum, beberapa efek biologik yang dihasilkan dari paparan EMF pada tingkat publik cenderung kecil dan reversible. Efek hanya dapat dilihat dalam kondisi paparan yang spesifik. Namun demikian, penulis tetap menyarankan agar masyarakat tetap lebih berhati-hati terhadap gelombang EMF dari alat elektronik. Penggunaan alat tersebut hendaknya tetap lebih efektif dan efisien.

Kata kunci : *radiasi elektromagnetik, alat elektronik dan kesehatan*

A. PENDAHULUAN

1. Latar Belakang

Seperti halnya rokok, orang yang merokok (perokok aktif) cepat atau lambat, sedikit atau banyak, akan mengalami efek merokok dan asap rokok yang dihirup terhadap kesehatan. Namun, orang yang tidak merokok tapi berada di sekeliling orang yang sedang merokok (perokok pasif), apalagi berada di ruangan tertutup, akan menghirup asap orang yang sedang merokok. Perokok pasif tersebut mungkin akan mengalami akibat yang tidak kalah buruk dengan perokok aktif.

Demikian pula halnya dengan peralatan yang berbasis elektromagnetik

seperti peralatan telekomunikasi dan elektronik lainnya. Pengguna langsung maupun tidak langsung alat tersebut akan menyerap energi dari gelombang elektromagnetik yang bersumber dari alat tersebut. Dengan pesatnya perkembangan teknologi dan pemakaian alat elektronik seperti alat telekomunikasi bergerak (*handphone*), microwave oven, serta peralatan elektronik lainnya, setiap orang, disadari atau tidak, akan tersinari atau terekspos oleh berbagai frekuensi gelombang elektromagnetik (EMF) yang kompleks. Dengan demikian, EMF sudah

mempengaruhi kondisi lingkungan. Tingkat paparan gelombang EMF dari berbagai frekuensi berubah secara signifikan sejalan dengan berkembangnya teknologi serta penemuan peralatan EMF. Salah satu alat EMF yang berkembang sedemikian pesatnya adalah telepon seluler (handphone), dengan berbagai merek dan kecanggihannya. Namun, dari segi keselamatan terhadap energi dan gelombang elektromagnetik, apakah hal tersebut mendapat perhatian yang serius? Jawabannya belum pasti.

Jenis penggunaan peralatan yang lain juga demikian, baik di perumahan maupun dalam skala yang lebih besar seperti industri, akan menghasilkan paparan radiasi. Paparan EMF dapat saja diterima setiap orang, baik di rumah, di jalan raya, di kendaraan, maupun di tempat kerja. Radiasi gelombang EMF dapat saja dipancarkan dari berbagai peralatan, seperti generator listrik, alat rumah tangga seperti microwave oven, dan dari alat telekomunikasi, seperti hand-phone, radio, TV, dll. Peralatan yang memancarkan EMF tersebut dilepas ke pasar tanpa pengujian awal ataupun jaminan tentang kemungkinan pengaruhnya terhadap kesehatan. Hal ini terutama terjadi pada rentang frekuensi antara beberapa kilohertz dan beberapa megahertz. Alat-alat pada

rentang frekuensi tersebut memang telah banyak tersedia di pasar. Memang, tidak diragukan bahwa manfaat pemakaian listrik sangat luas. Namun, timbul kekhawatiran bahwa paparan dari EMF, walaupun pada tingkat yang rendah, dapat berpengaruh buruk terhadap kesehatan. Kekhawatiran tersebut terus meningkat setelah muncul hasil studi epidemiologi yang dapat menjelaskan hubungan antara beberapa kejadian penyakit kanker pada manusia dengan hasil pengukuran daya serta frekuensi medan listrik dan medan magnetik.

Selanjutnya, peningkatan popularitas penggunaan alat telekomunikasi perorangan baru-baru ini, seperti *hand phone* (HP), telah menimbulkan kekhawatiran masyarakat terhadap radiasi/gelombang radiofrekuensi (RF). Lebih jauh, hal ini telah memunculkan anggapan bahwa radiasi dari *mobile-telephone* dan *base-station* lah yang sebenarnya mengakibatkan keluhan-keluhan seperti kepala pening, hilang ingatan, dan tumor otak.

Beberapa eksperimen telah dilakukan oleh laboratoria di negara-negara maju sehubungan dengan efek EMF bagi kesehatan. Di dalam eksperimen tersebut, umumnya digunakan hewan percobaan. Hanya sedikit yang

menggunakan relawan (manusia). Beberapa faktor telah dicoba menggunakan berbagai frekuensi dan daya medan listrik maupun medan magnetik. Hasil eksperimen sementara mereka menunjukkan beberapa bukti adanya efek ketergantungan biologik terhadap medan EMF dan radiasi RF tingkat rendah. Namun, bukti tersebut belum meyakinkan bahwa EMF dan RF akan berpengaruh buruk terhadap kesehatan. Tulisan ini akan

membahas pengaruh EMF dan radiasi RF yang dikhawatirkan dapat mengganggu kesehatan. EMF dan RF yang berkemungkinan menyebabkan kanker, serta mekanisme biologiknya juga akan dibahas. Lebih jauh, untuk mengetahui hal-hal yang lebih mendasar tentang EMF dan radiasi RF, maka mekanisme interaksi EMF berfrekuensi rendah dan radiasi RF dengan suatu bahan juga akan dibahas secara lebih rinci.

2. Tujuan Penulisan

Penulisan makalah ini bertujuan untuk mengetahui efek radiasi elektromagnetik alat elektronik bagi kesehatan.

B. URAIAN TEORITIS

1. Klasifikasi Spektrum EMF

Dalam terminologi satuan internasional (SI), densitas tenaga atau intensitas radian diekspresikan dalam satuan watts per meter persegi (W/m^2). Adapun medan listrik (E) dan magnetik (H) dapat diasosiasikan dengan satuan masing-masing volt per meter (V/m) dan amper per meter (A/m).

Dasar vektor yang menggambarkan medan magnetik adalah H dan densitas fluks atau induksi magnetik adalah B. B didefinisikan dalam bentuk gaya F pada sebuah muatan q yang bergerak dengan kecepatan v. Adapun satuan medan yang ditunjukkan oleh alat tersebut adalah dalam bentuk watt/ m^2 atau W/m^2 .

2. Mekanisme Interaksi EMF dengan Bahan

Apabila energi radiofrekuensi (RF) diserap oleh suatu medium bahan, maka akibat yang paling nyata adalah timbulnya panas, sehingga intensitas radiasi dapat ditentukan secara kalorimetri.

Mekanisme interaksi medan listrik dan magnetik dengan benda hidup sebenarnya sangat sederhana, yaitu berupa induksi medan dan juga arus listrik pada jaringan (tissue) biologi. Besaran medan dan arus listrik tersebut ditentukan oleh hubungan yang kompleks di antara banyak faktor, termasuk frekuensi dan intensitas medan, sifat kelistrikan jaringan tubuh manusia, dan kondisi pemaparan (*exposure condition*). Jika tubuh menyerap intensitas medan listrik dan magnetik yang relatif cukup, maka hal ini akan merangsang sistem syaraf dan otot-otot di dalam tubuh. Bahkan, pada intensitas yang agak rendahpun hal ini akan berpengaruh pada aktivitas modulasi di dalam otak maupun sistem syaraf.

Lebih jauh lagi, medan listrik di udara akan menginduksi muatan arus listrik (AC) pada permukaan tubuh yang disinari. Hal ini akan mengakibatkan getaran yang signifikan pada rambut kepala maupun bulu leher. Ambang batas getaran pada rambut manusia menunjukkan variasi yang cukup lebar.

Dari hasil penelitian menunjukkan bahwa hal tersebut terjadi pada sekitar 10% dari orang dewasa yang tersinari oleh 50 Hz medan listrik pada 12 kVm^{-1} , serta 5% dari yang disinari tersebut sekitar 3 kVm^{-1} . Efek tersebut sebetulnya tidak dianggap terlalu berbahaya, namun dapat mengakibatkan ketidaknyamanan dan stress pada orang yang disinari dalam waktu yang lama. Ambang batas yang dapat dianggap mengganggu adalah antara 15 sampai dengan 20 kVm^{-1} .

Sejumlah mekanisme interaksi biofisika telah diajukan untuk dapat menjelaskan bagaimana medan listrik berfrekuensi rendah dapat mempengaruhi jaringan hidup (*living tissue*) dan mengakibatkan efek biologik yang signifikan. Mekanisme-mekanisme tersebut adalah resonansi ion cyclotron (alat pemercepat partikel), resonansi parametrik, serta efek langsung partikel magnetik pada sel-sel otak. Namun, data eksperimen yang mendukung hal itu sangat sedikit, lebih banyak faktor teori. Sedikitnya, data hasil eksperimen bukan berarti kabar gembira, tetapi hal ini lebih baik dijadikan untuk meningkatkan kehati-hatian.

Dominasi mekanisme interaksi pada jaringan biologik dapat berubah dari arus listrik menjadi panas sejalan dengan meningkatnya frekuensi dari sekitar 100

kHz. Energi foton radiasi RF sangat jauh dari kemungkinan efek secara langsung untuk mengubah ikatan kimia suatu bahan. Medan listrik yang terinduksi di dalam jaringan oleh radiasi RF menghasilkan penyerapan energi akibat polarisasi susunan muatan listrik dan aliran ion-ion. Hal ini dapat dimisalkan bahwa penambahan energi rotasi secara linier akan dengan cepat terdisipasi oleh tumbukan molekul, sehingga akan menghasilkan panas. Penyerapan radiasi RF, pada tingkat permukaan, dapat dideteksi oleh kulit yang sensitif terhadap temperatur. Tetapi, hal tersebut tidak dapat membatasi paparan radiasi EMF yang merusak.

The National Radiological Protection Board (NRPB) UK, Inggris, telah menerbitkan peraturan berupa larangan dan pembatasan paparan EMF pada daerah tempat kerja maupun tempat tinggal di Inggris. Pada frekuensi rendah, pembatasan masuknya densitas arus ke dalam tubuh diberlakukan guna menghindari kelainan fungsi otak dan sistem syaraf. Di samping itu, juga untuk menghindari muatan medan listrik pada permukaan. Pada frekuensi tinggi, pembatasan didasari pada pemanasan seluruh tubuh dan sebagian volume jaringan. Namun, suatu hal yang menggembirakan bahwa untuk sementara

hal yang terakhir belum dianggap terlalu membahayakan.

Secara garis besar, energi total yang diserap dan distribusinya di dalam tubuh manusia adalah tergantung beberapa hal:

1. Frekuensi dan panjang gelombang medan elektromagnetik.
 2. Polarisasi medan EMF.
 3. Konfigurasi (seperti jarak) antara badan dan sumber radiasi EMF.
 4. Keadaan paparan radiasi, seperti adanya benda lain di sekitar sumber radiasi.
 5. Sifat-sifat elektrik (listrik) tubuh (konstan dielektrik dan konduktivitas).
- Hal ini sangat tergantung pada kadar air di dalam tubuh. Radiasi akan lebih banyak diserap pada media dengan konstan dielektrik yang tinggi, seperti otak, otot, dan jaringan lainnya dengan kadar air yang tinggi.

Dengan mengetahui sifat-sifat listrik dan geometri tubuh yang teriradiasi serta kondisi paparan radiasi dari luar, maka secara prinsip memungkinkan untuk menghitung medan yang di dalam tubuh dan laju energi yang diserap oleh tubuh. Secara matematis, besaran medan radiasi juga dapat dihitung, seperti menggunakan beberapa faktor yang ada untuk suatu geometri, seperti bidang, bola, dan silinder.

C. PEMBAHASAN

1. Efek Fisiologik

Medan dan arus listrik pada frekuensi rendah apabila berinteraksi dengan jaringan biologik dapat mengakibatkan efek fisiologik maupun psikologik. Ada beberapa bukti kecil yang menunjukkan bahwa paparan tingkat rendah mengakibatkan ketidakkonsistenan pada fisiologi. Beberapa parameter selalu mengalami perubahan, meskipun kadang-kadang ada yang stabil. Namun, masih dapat disimpulkan bahwa tidak terdapat efek fungsi organ yang berarti.

Efek yang lebih sering diamati adalah paparan RF dan EMF pada otak serta sistem syaraf. Kemungkinan perubahan ditemukan pada respons (tanggapan) untuk beberapa voluntir setelah paparan EMF di bawah kabel listrik bertegangan tinggi. Hal ini juga didukung oleh data informasi efek EMF pada otak yang mengalami medan dari arus listrik. Perubahan-perubahan kecil dapat juga ditelaah pada perilaku mencit yang mengalami medan magnet 0,75 mT (tingkat yang mungkin dijumpai pada daerah kerja). Beberapa peneliti bidang ini juga telah mengamati baik secara *in vivo* maupun *in vitro*, termasuk aktivitas neuronal, metabolisme neurotransmitter,

serta interferensi dengan mekanisme normal ion kalsium homeostasis. Namun, lagi-lagi untungnya, respons dari hasil studi tersebut tidak signifikan.

Sebagai tambahan juga dilaporkan oleh beberapa voluntir, namun tidak atau belum dapat ditetapkan. Karena mungkin hal ini lebih bersifat subjektif. Sebagai contoh, paparan yang cukup lama oleh medan listrik sebesar 9 kVm^{-1} dan juga medan magnetik sebesar $20 \text{ } \mu\text{T}$ dapat sedikit mengurangi detak jantung sebesar beberapa detak per menit. Paparan yang sama juga dapat menyebabkan perubahan yang spesifik *electroencephalogram* konsisten dengan kurang-cocokan dalam proses kognitif yang digunakan dalam mengambil suatu keputusan. Sejarah paparan radiasi tersebut juga tentunya mempengaruhi efek yang terjadi. Efek yang lain juga mungkin terjadi, seperti dalam situasi paparan khusus sampai dengan dosis EMF yang cukup rendah dapat mempengaruhi irama jantung. Tetapi, hasil penelitian tersebut masih perlu dikonfirmasi ulang, mengingat kecil kemungkinannya dalam kondisi biasa sehari-hari. Berkaitan dengan hal tersebut, dampak yang telah dilaporkan hanya dari

voluntir bertempat tinggal di sebuah apartemen bawah tanah terisolasi yang diekspos dengan medan listrik dengan frekuensi 10 Hz pada $2,5 \text{ V m}^{-1}$. Jadi, mungkin efek yang timbul belum tentu akibat EMF, tetapi mungkin saja akibat tempat tinggal yang di bawah tanah tersebut.

Hanya sedikit informasi dampak yang signifikan sehubungan dengan efek fisiologi dari paparan medan listrik yang kuat. Sebagai contoh, pernah dilaporkan adanya efek berupa kepala pening dan gangguan penglihatan pada voluntir yang tersinari medan magnetik 60 mT. Namun, sebagian besar informasi berupa efek fisiologik terhadap radiasi RF, dengan efek yang konsisten berupa timbul panas yang

menghasilkan kenaikan temperatur tubuh sekitar 1°C atau lebih. Respons tersebut menunjukkan bahwa beban panas total selama paparan RF adalah jumlah laju energi spesifik yang terserap (*specific absorption rate*, SAR) dan laju produksi panas, yaitu antara 1 W kg^{-1} dan 10 W kg^{-1} . Dalam hal ini, jika organ jaringan seperti mata dan testis diketahui sangat sensitif terhadap panas, juga dianggap sangat sensitif terhadap RF. Selanjutnya, perlu diingat bahwa deposisi tenaga di dalam tubuh oleh radiasi RF adalah tidak seragam. Perbedaan sifat listrik dari tissue serta refleksi dan refraksi radiasi pada tissue, akan menghasilkan bentuk energi deposisi yang tidak teratur (tak seragam).

2. Reproduksi dan Pengembangan

Perhatian secara khusus telah diberikan terhadap kemungkinan dampak pada embrio dan fetus berkaitan dengan paparan kerja medan EMF berintensitas rendah, khususnya pada para operator *visual display units* (VDUs) dan staf yang

mengoperasikan *clinical magnetic resonance diagnostic systems*. Namun, sampai saat ini hanya terdapat bukti epidemiologi yang kurang memadai mengenai efek terhadap kondisi kehamilan sehubungan penggunaan VDU.

3. Efek Medan Amplitudo Modulasi

Para peneliti juga telah melaporkan sejumlah efek sehubungan

dengan medan *amplitude-modulated* RF. Namun, sejauh ini belum ada efek

termalnya. Signifikansi efek fungsional tersebut juga tidak tampak. Sebagai contoh, telah ada laporan-laporan hasil pengamatan pada perubahan mobilitas ion kalsium pada jaringan otak dan perubahan dalam aktivitas listrik dalam otak akibat *microwaves* berfrekuensi rendah (sekitar 16 Hz). Namun, sampai saat ini masih sulit

menggabungkan hasilnya. Hal ini disebabkan efek yang dihasilkan relatif sangat kecil, dari besaran maupun durasi (waktu). Di samping itu, juga sangat tergantung kepada beberapa faktor seperti parameter paparan serta sistem biologi yang digunakan.

4. Efek Pulsa Medan

Penggunaan telepon mobil dan seluler sudah sedemikian luasnya sehingga perhatian banyak diberikan kepada efek pulsa modulasi radiasi RF. *Pertama*, pada *microwave*, manusia dapat merasakan efek yang mengganggu akibat paparan *pulsed-modulated* RF radiation antara 200 MHz dan 6,5 GHz, tergantung karakteristik modulasi medan. Secara umum, efeknya berupa ekspansi termik pada jaringan otak, mengikuti sedikit kenaikan temperatur, setelah penyerapan energi, menghasilkan gelombang suara di kepala yang merangsang *cochlea*. Penyinaran yang dilakukan secara berulang-ulang akan menimbulkan stres dan ketidaknyamanan.

Selanjutnya, waktu paparan yang lama oleh pulsa *microwaves* dapat menimbulkan efek stres pada kimia syaraf otak. Bahkan, pada percobaan dengan tikus, dapat mengurangi aktivitasnya. Paparan oleh *high-peak power microwave pulse* menyebabkan respons kebiasaan yang spesifik, termasuk gerakan tubuh. Kemungkinan lain efeknya juga pada pendengaran. Dugaan adanya pengaruh terhadap penglihatan juga muncul. Beberapa perubahan juga ditemukan pada jaringan mata, termasuk lensa dan retina mata.

5. Penyakit Kanker

Beberapa tahun terakhir, tampak kekhawatiran mengenai adanya

kemungkinan kanker akibat medan berfrekuensi rendah maupun tinggi.

Kekhawatiran masyarakat tentunya akan terus bertambah dengan merebaknya penggunaan telepon mobil dan seluler. Namun, secara umum, sampai saat ini belum ada bukti dalam skala laboratorium yang meyakinkan bahwa medan berintensitas rendah menyebabkan kerusakan genetika. Berbeda dengan radiasi pengion, EMF tidak memberikan energi yang cukup untuk memutus ikatan kovalen, sehingga tidak dapat merusak DNA secara langsung. Sejauh ini, bukti eksperimen dari beberapa lembaga yang besar mengkonfirmasi bahwa paparan radiasi RF tidak meningkatkan frekuensi mutasi atau aberasi kromosom bila temperatur (tubuh) dapat dijaga di dalam batas fisiologi. Oleh karena itu, sejauh ini dapat diasumsikan bahwa EMF berintensitas rendah belum terdapat bukti untuk menyebabkan efek yang menimbulkan kanker.

Beberapa penulis terdahulu menyatakan bahwa medan magnetik yang memungkinkan timbulnya kanker telah dilakukan uji-coba menggunakan model hewan konvensional karsinogenetik. Dalam hal ini, hewan tersebut disinari setelah sebelumnya diberikan bahan kimia karsinogen yang dapat menyebabkan tumor. Medan magnetik ternyata tidak menimbulkan efek pada pengembangan

tumor kulit. Namun, beberapa ahli menyatakan adanya kemungkinan kanker payudara meskipun beberapa penelitian lainnya masih bersimpangan hasil. Beberapa penelitian saat ini juga sedang dilakukan guna menemukan beberapa ketidakpastian tersebut. Di samping itu, ada beberapa bukti eksperimen yang menyebutkan bahwa EMF dapat dikategorikan sebagai ko-promotor yang mempercepat efek bahan kimia tersebut menuju tumor. Namun, sampai saat ini belum terdapat studi ulang yang dapat mengkonfirmasi hasil tersebut.

Beberapa studi lain menemukan bahwa medan berintensitas rendah sebenarnya dapat mempengaruhi pertumbuhan tumor dengan inhibisi melatonin sintesis. Melatonin adalah inhibitor alami dari suatu tumor dan dapat memainkan peranan yang membantu mencegah pengembangan suatu tumor. Namun, tidak seperti pada hewan percobaan, paparan oleh medan magnetik tidak menimbulkan efek *rhythm* melatonin pada manusia, sehingga tidak mempengaruhi kesehatan (pada model ini). Beberapa ahli mengatakan lagi bahwa radiasi RF dapat menimbulkan efek pengembangan tumor. Suatu mekanisme lain menerangkan bahwa RF dapat merusak sistem kekebalan yang berperan

mencegah tumor. Namun, sampai saat ini belum ada bukti eksperimen yang begitu pasti.

Hasil studi baru-baru ini yang menggunakan transgenik (genetika buatan) dari tikus menunjukkan bahwa pengembangan limfoma telah menarik publikasi tersebut. Studi ini mengemukakan bahwa sejumlah tumor pada hewan yang disinari dengan radiasi RF dari telepon mobil menunjukkan jumlah yang lebih besar dua kali dari hewan yang tidak disinari. Tetapi, implikasi dari hasil ini terhadap manusia masih belum jelas, karena sangatlah sulit untuk mengekstrapolasi hasil dari hewan ke manusia. Penekanan yang dapat langsung diambil dari hal ini adalah adanya efek pemanasan lokal bila eksperimen menggunakan radiasi RF.

Banyak publikasi yang menyatakan bahwa paparan dengan radiasi *microwave* dapat mengganggu kesatuan molekul DNA di dalam sel-sel otak yang selanjutnya dapat menimbulkan beberapa patahan lanjutan. Hal ini tentunya dapat menimbulkan tafsiran peningkatan risiko kanker. Namun, sekali lagi, masih terdapat

data yang kurang konsisten. Beberapa studi ulangan telah dilakukan oleh peneliti dalam bidang ini, namun hasilnya masih belum meyakinkan. Perlu disadari bahwa adanya kemungkinan efek-efek yang diamati dapat merefleksikan perubahan di dalam kinetik pasangan DNA dan beberapa aspek metabolisme. Hal ini tentunya perlu perhatian sehubungan dengan paparan tersebut.

Secara model, efek biologi EMF dan RF dapat dilihat pada gambar 3. Pada gambar tersebut, terlihat bahwa melatonin dianggap sebagai pemicu pengembangan kanker dengan beberapa jalur mekanisme. Selanjutnya, dapat diasumsikan bahwa jika EMF mengenai melatonin maka hal tersebut akan meningkatkan risiko kanker. Dengan kata lain, bila tingkat melatonin berubah secara signifikan (naik maupun turun), maka risiko kanker akan meningkat. Hal ini terjadi pada hewan percobaan (mencit). Namun, EMF belum memberikan efek yang berarti bagi manusia.

D. KESIMPULAN

Setelah bertahun-tahun para ahli melakukan riset dengan berbagai kemajuannya, sampai saat ini hanya sedikit bukti efek yang dapat dipercaya diakibatkan oleh EMFs berintensitas rendah. Tidak terdapat bukti yang meyakinkan yang menerangkan bahwa paparan pada tingkat lingkungan menyebabkan efek patologi yang signifikan. Beberapa studi tentang respons terhadap listrik berfrekuensi rendah dan medan magnetik menyatakan bahwa tidak terdapat bukti yang meyakinkan dan konsisten bahwa paparan akan mengakibatkan efek fisiologi yang berarti. Ini berarti belum bisa dilimpahkan sebagai penyebab yang lebih serius seperti *carcinogenesis*.

Hasil eksperimen yang dapat dijadikan acuan adalah bahwa radiasi RF dapat menimbulkan efek panas. Besarnya efek ini tergantung pada kekuatan medan. Efek yang selain efek panas tadi belum dapat diyakini, meskipun pulsa radiasi RF dapat menyebabkan efek perilaku. Secara umum, beberapa efek biologik yang dihasilkan dari paparan EMF pada tingkat publik cenderung kecil dan reversible. Efek hanya dapat dilihat dalam kondisi paparan yang spesifik. Namun demikian, penulis tetap menyarankan agar masyarakat tetap lebih berhati-hati terhadap gelombang EMF dari alat elektronik. Penggunaan alat tersebut hendaknya tetap lebih efektif dan efisien. Dengan demikian, kita akan menghindari paparan radiasi EMF.

DAFTAR PUSTAKA

- Dubroff R E., Marshall S V and Skitek G G. 1996. *Electromagnetic Concepts and Applicatio*. 4th Edition, Prentice Hall International, Inc., London.
- Kase K.R. and Nelson W.R., 1978. *Concepts of Radiation Dosimetry*, Pergamon Press, New York, USA.
- Repacholi M.H., 1985. *Nonionizing electromagnetic radiation, Australian Radiation Laboratory Report, ARL/TR072*. Repacholi M.H., Do we know enough about EMF-induced health effects? *J. Radiol. Prot.* 1998, Vol. 18, No.3, pp. 161-162.
- Sienkiewicz Z. 1998. *Biological effects of electromagnetic fields and radiation. J. Radiol. Prot.* Vol. 18, No.3, pp. 185-193.