

# Efek Interferensi Medan Elektromagnetis terhadap Lingkungan

Hernawan Sulistyanto  
Teknik Elektro Universitas Muhammadiyah Surakarta

## **Abstrak**

*Gangguan Elektromagnetik (EMI/Electro Magnetic Interference) terjadi bila noise pancaran spektrum elektromagnetik yang dihasilkan dari peralatan elektronik elektrik dan elektromekanik mengganggu sinyal spektrum yang ditimbulkan dari peralatan lain. Beberapa peralatan atau sistem dapat berada dalam lingkungan yang sangat keras dan lingkungan yang bising. Hal tersebut menunjukkan masalah adanya gangguan elektromagnetik.*

*Oleh karena itu disamping pengujian produk atau sistem perlu juga dilakukan pengujian keandalan lingkungan yang menjamin keandalan performance sistim dalam lingkungan alami (natural)nya. Selama perkembangan kehidupan yang selalu berpikir praktis, maka kebutuhan pemakaian peralatan yang menggunakan teknologi spektrum elektromagnetik dipandang besar sekali keuntungannya bagi peralatan untuk berkomunikasi, ilmu kedokteran yang praktis dan canggih, hubungan bisnis dan industri-industri modern, dimana peralatan tersebut harus juga dilihat dampak yang terjadi dalam lingkungan lain. Untuk itu perlu mengetahui karakteristik gelombang elektromagnetik agar dapat memperhitungkan beberapa kejadian yang dianggap mengganggu lingkungan sekitarnya terutama yang berbahaya terhadap kesehatan*

**Kata Kunci:** *Interferensi, Medan Elektromagnetik.*

## 1. Pendahuluan

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 Celluler dan peralatan wireless, peralatan kedokteran elektronik, peralatan rumah tangga dan lain sebagainya, dimana peralatan tersebut membangkitkan gelombang elektromagnetik.

Peralatan elektronik dengan tipe yang berbeda yang harus dapat beroperasi dalam lingkungan elektromagnetis dengan suatu harapan tanpa mendatangkan kerugian dari fungsi peralatan-peralatan yang sudah direncanakan sistem pengoperasiannya dan tidak memberikan dampak terhadap pengoperasian peralatan sekitarnya dan kesehatan manusia dalam arti tidak mengganggu lingkungan sekitarnya, maka peralatan-peralatan tersebut memerlukan suatu perencanaan sistim elektronik yang terpadu.

Dengan demikian kemajuan sistem peralatan di bidang elektronik. Elektrik dan industri secara tidak langsung akan disertai beberapa masalah yang disebabkan gangguan dari bermacam-macam

phenomena elektromagnetik. Level tegangan yang rendah pada pengoperasian elektronik, ketidakseragaman sistem transmisi, kehidupan pengoperasian peralatan yang berdampingan, arus kuat dan arus lemah didalam suatu sistim dan kepadatan instalasi yang semuanya dapat berpengaruh dengan lingkungan sekitarnya terutama terhadap kesehatan manusia.

Menurut analisa hasil riset yang telah dilakukan, teknologi yang memanfaatkan spektrum elektromagnetik disamping besar sekali manfaatnya juga memungkinkan mengarah merugikan lingkungan.

Untuk mencegah gangguan elektromagnetik terhadap lingkungan sekitarnya perlu mengetahui karakteristik gelombang elektromagnet, agar dalam memproduksi peralatan-peralatan yang menggunakan spektrum elektromagnetik, industri yang bersangkutan perlu menganalisa dan memperhitungkan bahaya yang terjadi dari gelombang elektromagnet yang dihasilkan peralatan maupun sistem tersebut, tidak akan mengganggu lingkungan sekitarnya.

## 2. Medan Elektromagnetis

### 2.1. Gambaran Umum

Medan elektromagnetis ada disetiap tempat dalam lingkungan dimana tidak dapat terlihat oleh mata

**Tabel 1.** Spektrum elektromagnetik

Uraian	Frekuensi	Panjang Gelombang
High Frequency (HF)	3 – 30 MHz	(100-10) m
VeryHigh Frequency (VHF)	50 – 100 MHz	(6-3) m
Ultra High Frequency (UHF)	400 – 1000 MHz	(75-30) cm
Microwave	$3 \cdot 10^9 - 10^{11}$ Hz	10 cm - 3 mm
Millimetre wave	$10^{11} - 10^{12}$ Hz	3 mm – 0.3 mm
Infrared	$10^{12}$ (6 . $10^{14}$ ) Hz	0.3 mm – 0.5 $\mu$ m
Light	(6 . $10^{14}$ ) – (8 . $10^{14}$ ) Hz	0.5 $\mu$ m – 0.4 $\mu$ m
Ultra-Violet	(8 . $10^{14}$ ) – $10^{17}$ Hz	0,4 $\mu$ m – $10^{-9}$ m
X-rays	( $10^{17} - 10^{19}$ ) Hz	$10^{-9}$ m – $10^{-3}$ m
Gamma rays	$> 10^{19}$ Hz	$< 10^{-3}$ m

manusia. Medan listrik dihasilkan oleh terbentuknya muatan lokal dalam atmosfer yang bergabung dengan hujan, angin ribut dan disertai petir serta guruh. Medan magnetik adalah yang menyebabkan gerakan jarum kompas dan digunakan burung untuk navigasi. Disamping sumber alami spektrum elektromagnetik, juga ada sumber spektrum elektromagnetik buatan manusia yaitu X-Ray yang dipakai untuk diagnose suatu kerusakan anggota badan.

Adapun jenis gelombang radio frekuensi tinggi digunakan untuk mentransmisikan informasi apakah melalui antena TV, stasiun radio atau stasiun base telepon bergerak. Karakteristik yang mendefinisikan medan elektromagnetik yang utama adalah frekuensi elektromagnetik atau sesuai dengan panjang gelombang elektromagnetnya.

**2.2. Karakteristik Dasar Gangguan Elektromagnetik**

Gangguan Electromagnetik (EMI) yaitu sinyal pancaran yang tidak diinginkan dari energi konduksi atau energi radiasi sebagai medan elektromagnetis. Pancaran konduksi berupa tegangan dan arus, adapun pancaran radiasi terdiri dari medan elektrik dan atau medan magnet.

Spektrum sinyal EMI diidentifikasi dalam bentuk amplitudo yang merupakan kebalikan dengan frekuensi pancaran sinyal dari suatu sumber EMI. Amplitudo spektrum pancaran dapat berupa pancaran konduksi atau radiasi, narrow band atau broadband, yang akan diuraikan seperti berikut:

- a. Pancaran konduksi didefinisikan energi elektromagnetik yang diinginkan sepanjang propagasi suatu penghantar. (konduktor). Konduktor meliputi AC power cord, lapisan metalik dari sub sistim, atau sistim interkoneksi kabel-kabel antara produk-produk.
- b. Pancaran radiasi didefinisikan energi elektromagnetik yang diinginkan atau energi elektromagnetik yang tidak diinginkan yang merupakan propagasi kedalam ruang bebas atau melalui ruang bebas, sebagai suatu gelombang transverse electromagnetic atau oleh kopling kapasitif/induktif.

- c. Pancaran Narrow Band yaitu suatu pancaran yang mempunyai energi spektrum yang utama terletak benar-benar di dalam bandpass dari pengukuran peralatan penerima yang digunakan. Pancaran narrowband yang dimaksudkan yaitu bandwidth pancarannya 3 dB lebih sempit dari pengukuran bandwith receiver EMI.
- d. Pancaran Broad band yaitu suatu pancaran yang mempunyai distribusi energi spektrum yang lebih dibandingkan dengan bandwidth dari pengukuran receiver yang digunakan.

**2.3. Sinyal Spektrum**

Spektrum sinyal yang ada dalam sistim elektronik sebagian besar merupakan aspek yang penting dari kemampuan suatu sistim, bukan hanya untuk mendapatkan batas yang berkaitan dengan pengaturan pancaran, tetapi juga berfungsi keharmonisan/kerukunan (compatibility) dari sistim elektronik. Adapun kuantitas yang harus diperhatikan dalam compatibility electromagnetic yaitu:

- a. Pancaran konduksi, berupa tegangan (volt) atau arus (amper).
- b. Pancaran radiasi, berupa medan elektrik dalam Volt/m dan medan elektrik dalam Amper/m.

Spektrum elektromagnetik digolongkan seperti yang ditunjukkan dalam tabel 1.

Pancaran spektrum diukur untuk beberapa sumber noise dalam bentuk kumpulan data spektrum dan data statistik yang terselubung (envelope statistik). Bentuk amplitudo spektrum dari sumber pancaran, berkaitan dengan anggapan jarak medan dekat berlawanan dengan medan jauh, antara pancaran dari pengukuran penerima, dan akibat saluran propagasi, directivity pancaran radiasi dan polarisasi pancaran spektrum berbentuk amplitudo tersebut dapat berupa pancaran konduksi atau radiasi, narrowband atau broadband.

Adapun parameter pancaran spektrum dapat dijelaskan sebagai berikut:

- 1. Pancaran Konduksi Narrow Band.  
Sinyal konduksi narrowband diukur dan dinyatakan dalam bentuk decibel (dB). Untuk tegangan satuannya adalah dBV, dBmV, sesuai dengan referensi level tegangan 1 volt, 1mV atau

- 1  $\mu$  V. Untuk arus satuannya yaitu dB A, dB mA atau db  $\mu$  A sesuai dengan pengukuran referensi level arus 1 A, 1 mA, atau 1  $\mu$  A. Untuk level daya konduksi diukur dalam unit decibel, dimana referensi untuk 1 watt (dBW), 1 milliwatt (dBm), 1 microwatt (dB $\mu$  W) atau 1 picowatt (dBpW),
2. Pancaran Konduksi Broadband  
Sinyal konduksi Broadband diukur dan dinyatakan dalam tegangan dan arus dengan satuan decibel setiap spesifikasi Bandwidth, yaitu dBV/KHz dB $\mu$ V/ MHz, dBA/Hz, dB $\mu$ A/MHz dan seterusnya.
  3. Pancaran Radiasi Narrowband  
Sinyal radiasi narrowband diukur dan dinyatakan dalam satuan medan listrik decibel yaitu dBV/m dan dB $\mu$ V/m, sesuai pengukuran level medan elektrik dengan referensi masing-masing 1 Volt/m dan 1 microvolt/m. Intensitas medan magnet satuannya dalam decibel dBA/m dan dB $\mu$ A/m sesuai dengan pengukuran referensi level intensitas medan magnet masing-masing 1 amper/m dan 1 microamper/m. Untuk Flux density magnet satuannya yaitu dB T, dBpT dan dBG dengan level referensi flux density magnet (B) masing-masing adalah 1 Tesla, 1 pico Tesla dan 1 gauss.
  4. Pancaran Radiasi broadband  
Sinyal radiasi broadband diukur dan dinyatakan dalam bentuk radiasi elektrik dan medan magnet dalam satuan decibel setiap spesifikasi bandwidth yaitu dBV/m/MHz, dB $\mu$ V/m/MHz, dBA/m/KHz.
  5. Power Density pancaran radiasi  
Suatu unit dari power radiasi sering kali dialami yaitu decibel dan power density broadband referensi 1 dBm/m<sup>2</sup>/KHz.  
Hubungan kuat medan listrik dan Power Density dalam medan jauh:

$$P_D = \frac{E^2}{Z_0} \quad 1$$

$P_D$  : Power Density

$Z_0$  : Impedansi free space: 3.77 ohm

### 3. Gangguan Elektromagnetik

#### 3.1. Sumber EMI

Sumber gangguan elektromagnetik (EMI) dibangkitkan dari beberapa peralatan elektronik, elektrik dan elektromekanik, karena transmisi, distribusi, proses atau penggunaan peralatan untuk berbagai tujuan dengan energi listrik, sehingga dalam pengoperasiannya menghasilkan sinyal konduksi atau radiasi.

Gangguan elektromagnetik terdiri dari beberapa sinyal yang tidak diinginkan, sinyal semu, sinyal konduksi atau sinyal radiasi dari sinyal asli yang tidak dapat diterima, menyebabkan penurunan performance suatu sistem atau peralatan. Sumber EMI dibedakan dalam 2 grup sebagai berikut:

1. Sumber EMI alami yaitu sumber yang tergabung dengan fenomena alami. Sumber tersebut meliputi;

- a. Sumber EMI natural Atmosfir yaitu phenomena pengisian atau pelepasan atmosfer, seperti kilat dan Percipitation static.
- b. Sumber EMI natural extraterrestrial : yaitu sumber gangguan yang meliputi radiasi dari sumber matahari dan sumber galactic.

Sumber-sumber EMI natural dapat mempunyai sinyal amplitudo yang bermacam-macam sebagai fungsi frekuensi yang mempunyai kriteria sebagai sumber EMI broadband yang diidentifikasi incoherent serta sumber dikategorikan dalam sinyal radiasi. Sinyal EMI natural dibangkitkan secara tidak sengaja.

2. Sumber buatan manusia yaitu sumber-sumber EMI yang tergabung dengan peralatan-peralatan buatan manusia seperti jaringan saluran daya listrik, automotive ignition noise, fluorescent light dan lain sebagainya. Sumber EMI buatan manusia dapat diklasifikasikan sebagai berikut:
  - a. EMI broadband yaitu sinyal elektromagnetis konduksi atau radiasi yang mana amplitudo bervariasi sebagai fungsi dari frekuensi yang diperluas pada jangkauan frekuensi yang lebih besar dari bandwidth penerima. EMI broadband terbagi menjadi sinyal broadband coherent dan sinyal broadband incoherent.
  - b. EMI narrowband yaitu sinyal konduksi atau sinyal radiasi yang mana perbedaan amplitudo sebagai fungsi dari frekuensi yang lebih sempit dari bandwidth. Dalam EMI narrow band hanya ada jenis sinyal narrowband coherent.

Sumber EMI dalam golongan buatan manusia dapat diidentifikasi sumber EMI yang disengaja (secara kebetulan).

#### 3.2. Penerima EMI

Penerima gangguan elektromagnetik disebut sebagai korban (Victim). Penerima EMI juga merupakan sumber korban, sebab korban EMI terdiri dari beberapa peralatan, dimana bila dianalisa menunjukkan energi elektromagnetik konduksi atau radiasi dari sumber pancaran.

Energi elektromagnetik tersebut akan menurunkan atau merusak performance peralatan. Beberapa peralatan dapat merupakan sumber pancaran dan receptor (korban) secara bersama-sama. Contoh: sebagian besar sistem elektronik dalam komunikasi dapat sebagai sumber pancaran, sebab peralatan tersebut terdiri dari transmitter dan receiver. Penerima (korban) EMI dapat dibedakan menjadi:

- a. Korban EMI alami yaitu meliputi manusia, binatang dan tumbuhan
- b. Korban EMI buatan manusia yang dapat dikategorikan ke dalam 4 kategori:
  - Peralatan penerima komunikasi elektronik (Navigasi, radar, pemancar).
  - Amplifier (video, audio, intermediate Frequency (IF))
  - Peralatan industri dan peralatan konsumen : alat-alat Biomedical, telepon radio, TV penerima dan lain-lain).

- Bahaya radiasi: EED (Electro Explosive Devide dan bahan-bahan bakar).

### 3.3. Propagasi Gelombang Elektromagnetik

Gelombang elektromagnetis dapat berjalan melalui ruang hampa, gelombang elektromagnetis menghasilkan komponen elektrik dan magnet. Gelombang elektromagnetis memindahkan energinya melalui ruang hampa dan juga melalui medium material. Perbedaan material menyebabkan jumlah perbedaan yang disebabkan untuk absorpsi dan proses pemancaran kembali.

Sifat alami dari gelombang elektromagnet yang berjalan, yaitu kecepatan dari gelombang elektromagnet tergantung pada material yang dilalui yang mana gelombang tersebut berjalan. Menurut sudut pandang dari gelombang propagasi ada 2 lapisan yaitu:

1. Lapisan troposphere yaitu lapisan terendah atmosphere. Ini mengandung semua cuaca bumi, semua air, sebagian uap air dan sebagian polusi.
2. Ionosphere secara luas di atas troposphere kedalam ruang angkasa. Ionosphere memainkan tugas yang penting dalam komunikasi radio.

Menurut frekuensi propagasi gelombang elektromagnet dibedakan menjadi:

1. Propagasi High Frekuensi (HF)
2. Propagasi Very High Frequency (VHF) dan Ultra High Frequency (UHF).
3. Propagasi gelombang microwave dan gelombang millimeter.

Propagasi gelombang elektromagnet frekuensi radio, sebagian besar melalui 3 metode yaitu radiasi, konduksi dan induksi. Tiga metode tersebut saling mempengaruhi. Metode yang tersebut diatas dapat dijelaskan sebagai berikut:

#### 1. Medan Elektromagnet Radiasi

Pancaran radiasi memancarkan energi elektromagnet dari peralatan dan propagasi melalui ruangan atau suatu medium. Radiasi elektromagnet yang biasa yaitu pemancar radio dan pemancar televisi, pemancar akan memancarkan sinyal radiasi ke arah alat penerima dan alat penerima akan menerima sinyal tersebut dan bereaksi terhadap sinyal yang diterima.

EMI menurut hasil pengamatan, terjadi pada fasilitas yang berdekatan. Perbedaan antara sinyal radiasi yang diinginkan oleh pemancar dengan penerima dengan masalah EMI biasanya terjadi di rumah sakit. Interferensi meliputi pager-pager yang tidak mampu untuk menerima pembicaraan pada saat didekatnya ada tipe peralatan yang khusus dengan perlindungan peralatan monitoring. Berdasarkan analisa spektrum di monitor tampak adanya sinyal radiasi frekuensi radio yang digunakan oleh sistim pemanggil di rumah sakit. Jadi amplitudo dari sinyal radiasi cukup untuk menghalangi respons pager oleh penerima pager-pager.

#### 2. Medan Elektromagnet Konduksi

Propagasi energi elektromagnetik frekuensi radio melalui konduksi terjadi sebagai hasil hubungan fisik antara peralatan yang berdekatan. Hubungan tidak diperlukan langsung, dapat

melalui saluran perantara. Konduksi tidak disengaja dan tidak diinginkan melalui saluran perantara yang kadang-kadang berhubungan sebagai loop atau ground loop.

#### 3. Medan elektromagnet induksi

Proses induksi terjadi bila sinyal elektromagnetis secara magnetis secara magnet atau dengan kopleng kapasitif atau dengan konduktor yang lain. Bentuk gangguan pada umumnya terjadi bila sinyal kabel dari bermacam-macam peralatan paralel jalurnya satu dengan yang lain dalam lingkungan yang biasa, seperti di dalam saluran listrik atau saluran masuk listrik.

Induksi dapat juga terjadi dalam kabel multi konduktor yang multipair, jika pasangan tidak cukup terisolasi satu dengan yang lain. Pemasangan kabel yang membelit tidak terbungkus dapat untuk mentransfer energi elektromagnetik dengan cara induksi, jika tidak ada perlindungan dalam instalasi kabel.

### 4. Lingkungan Elektromagnetis

Lingkungan elektromagnetis yaitu komposisi dari energi radiasi dan energi konduksi yang dihasilkan suatu produk elektronik elektrik, maupun elektromekanik berupa distribusi daya dan distribusi waktu dengan jangkauan frekuensi bermacam-macam dari level pancaran elektromagnet radiasi atau konduksi yang ditemui oleh suatu lingkungan operasional yang direncanakan.

Adapun lingkungan elektromagnetis dapat berupa gangguan elektromagnetik, pulsa elektromagnet, bahaya radiasi elektromagnetik terhadap manusia dan material yang mudah meledak juga fenomena alam yang diakibatkan dari kilat dan P-static.

Lingkungan elektromagnetis dapat dipandang dalam segi distribusi ruang dan distribusi temporal dari kuat medan listrik (volt/m), irradiance/cahaya (watt/m) atau energi density/kepadatan energi (joule/m). Penaksiran suatu lingkungan diperlukan untuk mengidentifikasi secara luas peralatan-peralatan yang peka terhadap gangguan elektromagnetik atau peralatan-peralatan yang merupakan sumber gangguan elektromagnetik.

Tanpa mengetahui kepekaan dari peralatan biasanya secara kebetulan menjumpai peralatan yang menggunakan panjang gelombang yang levelnya tinggi dan level dayanya besar dari radiasi elektromagnetik, padahal tidak dapat diharapkan untuk memprediksi akibat radiasi yang dipunyai pada peralatan tersebut. Peralatan-peralatan dengan bermacam-macam amplitudo frekuensi dan spektrum yang berubah-ubah dari peralatan ke peralatan dan dari satu manufaktur ke yang lain, membuat bermacam-macam tipe gangguan yang mengakibatkan kesulitan dalam pemisahan peralatan untuk diprediksi, tepatnya gangguan sulit untuk dihindari. WHO mendefinisikan sebagai berikut:

#### 1. Medan static (0 Hz)

Rentetan magnet yang mengapung di udara dari transportasi umum, resonansi magnet yang diduga dari peralatan yang digunakan dalam kedokteran

**Tabel 2.** Level medan elektromagnetis sesuai dengan frekuensi

Frequency	Eropean Power Frequency		Mobile phone Base station frequency		Microwave Oven frequency
	50 Hz	50 Hz	900 MHz	1,8 GHz	2,45 GHz
	Electro field (V/m)	Magnetic field ( $\mu$ )	Power density ( $W/m^2$ )	Power density ( $W/m^2$ )	Power density ( $W/m^2$ )
Pubic Exposure Limits	5.000	100	4,5	9	10
Occupational exposure limits	10.000	500	22,5	45	

**Tabel 3.** Medan elektromagnetis standar Eropa

Typical maximum public exposure	Electric field (V/m)	Magnetic flux density ( $\mu$ T)
Natural fields	100	-
Mains power (in homes not close to power lines)	100	0,2
Mains power (beneath large powerliners)	10.000	20
Electric trains and trams	300	50
TV and computer screens (at operator position)	10	0.7
	Typical maximum public exposure ( $W/m^2$ )	
TV and radio transmitters	0,1	
Mobile phone base stations	0,1	
Radars	0,2	
Microwave ovens	0,5	

dan peralatan elektrolit yang menggunakan arus listrik searah untuk proses material dalam industri.

2. Medan Extremely Low frequency (ELF) 0-300 Hz. Kereta api untuk transportasi umum, beberapa peralatan meliputi pembangkitan distribusi atau penggunaan power listrik.
3. Medan Intermediate frequency (IF) >300Hz–10MHz. Peralatan keamanan, induksi pemanasan dan lain-lain.
4. Medan radio frequency (RF) > 10 MHz–300 GHz. Telepon mobil atau transmitter telekomunikasi radar dan sifat-sifat yang memancarkan cahaya.

Untuk keperluan sistim penempatan peralatan elektronik seperti medical elektronik, komputer dan lain sebagainya, dapat berada dilingkungan yang keras dan bising, maka testing keandalan lingkungan perlu juga dilakukan, tidak hanya produknya. Hal ini bertujuan untuk menjamin performance sistim yang dapat diandalkan dalam lingkungan naturalnya. Pengujian keandalan lingkungan merupakan sistim-tika pendekatan terhadap pengumpulan informasi, analisa informasi dan aplikasi informasi yang berhubungan dengan pelayanan yang digunakan untuk mengetahui kondisi lingkungan sekitarnya, yang berpengaruh terhadap peralatan.

Untuk itu pengukuran lingkungan sangat penting untuk mengetahui interaksi dari produk industri dan tekanan lingkungan yang dihadapi oleh produk yang digunakan.

## 5. Medan Elektromagnetis dengan Lingkungan

Medan Elektromagnetis merupakan frekuensi atau panjang gelombang yang dihasilkan oleh peralatan atau sistim. Akibat-akibat dari medan elektromagnetis berhubungan dengan lingkungan, dimana untuk tubuh manusia tidak hanya tergantung pada level medan, tetapi juga pada frekuensi dan energi medan elektromagnetis. Sumber medan ELF yaitu catu daya dan semua alat-alat yang menggunakan listrik. Untuk sumber medan IF contohnya komputer, sistim keamanan dan lain sebagainya dan sumber utama medan RF yaitu radio, televisi, radar dan lain sebagainya.

Gelombang elektromagnetis membawa partikel-partikel yang dinamakan quanta, dimana quanta gelombang frekuensi tinggi membawa banyak energi daripada frekuensi rendah. Medan magnet menyebabkan sirkulasi arus di dalam tubuh manusia. Kuat dari arus tersebut tergantung pada intensitas dari medan magnet diluar. Jika medan magnet cukup besar, arus tersebut menyebabkan stimulasi dari gangguan syaraf dan urat atau mempengaruhi biologis lain.

Untuk level medan elektromagnetis dengan bermacam-macam frekuensi, tabel dibawah ringkasan garis pedoman penyinaran untuk 3 area yang menjadi focus umum dari International Commision on non Ionizing Radiation Protection (ICNIRP) 1998.

## 6. Kesimpulan

Dalam penyajian ini dapat diambil kesimpulan panjang gelombang dan frekuensi menentukan karakteristik penting dari medan elektromagnetis. Dimana hal tersebut diperlukan untuk mengidentifikasi kemungkinan bahaya atau risiko dari peralatan

elektronik, elektrik, elektromekanik dan gejala-gejala alam yang membangkitkan medan electromagnetis. Maka perlu komunikasi dan informasi antara ilmu pengetahuan, industri dan masyarakat serta pemerintah untuk dapat menciptakan kesadaran mengenai sinar medan elektromagnetis agar tidak menimbulkan kekhawatiran masyarakat.

## Daftar Pustaka

- [1] Clayton R. Paul, (1991), *Introduction to Electromagnetic Compatibility*, John Wiley & Sons, Inc. copy right 1992.
- [2] J.L. Norman Violette, Ph.D., Donald R.J. White, MSEE; Michael F. Violette, BSEE, *Electromagnetic Compatibility Hand book*, Van Nostrand Reinhold Company, New York; copy right 1987.
- [3] Tim William, 1992, *EMC For Product Desigers*, NEWNES, second edition 1996,
- [4] HENRY Wott (1975); *Noise Reduction Techniques in Electronic Systems*, John Wiley & Sons; Second Edition, copy right 1988.
- [5] Typical Exposure Levels at Home and The enviromment; International Project. EMF; 27 Mei 2002.
- [6] Eushinan Tranv, Environment/EMC/EMI, Carnegie Mellon University, 1999.