

PERLINDUNGAN LINGKUNGAN HIDUP DARI PAPARAN RADIASI EMFYANG BERSUMBER DARIBASE TRANSCEIVER STATIONS TELEPON SELULERDI KOTA MEDAN

ENVIRONMENTAL PROTECTION FROM EMF RADIATION EXPOSURE SOURCED BY BASE TRANSCEIVER STATIONS OF CELLULAR TELEPHONE IN MEDAN

Sindak Hutaaruk

Dosen Program Studi Teknik Elektro, Fakultas Teknik Universitas HKBP Nommensen
sindak45@gmail.com

***Abstrak** : Setiap perusahaan penyelenggara telepon seluler di kota Medan memiliki topologi jaringannya masing-masing yang menyebabkan bertambahnya paparan radiasi EMF (Electromagnetic Field) yang bersumber dari Base Transceiver Stations (BTS), sementara paparan radiasi EMF yang dipancarkan BTS telepon seluler telah menimbulkan efek negatif terhadap lingkungan hidup, yaitu : terhadap kesehatan masyarakat, hewan, dan tumbuhan. Perlindungan lingkungan hidup ini tidak dilakukan dan tidak ada di dalam peraturan daerah kota Medan No. 13 tahun 2011 tentang Rencana Tata Ruang Wilayah (RTRW) kota Medan tahun 2011-2031. Oleh sebab itu perlu dilakukan perlindungan lingkungan hidup terhadap rumah sakit-rumah sakit dan sekolah-sekolah yang memiliki resiko tinggi terhadap paparan radiasi EMF di kota Medan dengan cara melakukan teknik mitigasi terhadap seluruh BTS yang berada dekat dengan rumah sakit - rumah sakit dan sekolah - sekolah. Teknik mitigasi BTS dilakukan secara teoritis dengan parameter dan variabel BTS yang umum digunakan oleh perusahaan penyelenggara telepon seluler di kota Medan dan ada juga melalui simulasi dengan menggunakan perangkat lunak EMF Estimator yang dibuat oleh ITU (International Telecommunication Union). Hasil yang diperoleh dari teknik mitigasi BTS ini adalah BTS-BTS yang menghasilkan paparan radiasi EMF ramah lingkungan dengan acuan tidak melebihi pajanan paparan radiasi EMF yang ditetapkan oleh ICNIRP (International Commission on Non-Ionizing Radiation Protection). Mitigasi harus dilakukan terhadap seluruh BTS dari semua penyelenggara telepon seluler yang berada dalam jarak sampai 200 meter, dan konsep pembangunan BTS berbasis ramah lingkungan harus dimasukkan dalam sebuah regulasi yang dikeluarkan oleh pemerintah kota Medan serta harus dimasukkan dalam RTRW kota Medan.*

Keywords : EMF, Base Transceiver Stations, lingkungan hidup, Mitigasi, RTRW kota Medan.

***Abstract** : Every cell phone provider company operating in Medan has their own network topology which lead to increase the amount of radiation exposure of EMF which sourced by Base Transceiver Stations (BTS) in Medan, while radiation exposure of electromagnetic fields (EMF) emitted by BTS of mobile phone has a negative effect on environment, namely: public health, animals, and plants. The environmental protection is not done and is not written in Medan local regulations No. 13 of 2011 on the Medan city Spatial Planning in 2011-2031. Therefore it is necessary to do protection of the environment against the hospitals and schools that have a high risk of exposure of EMF radiation which coming from cell phone base stations by mitigation techniques. BTS mitigation techniques have done theoretically used BTS parameters and variables that are commonly used by mobile phone companies in the city of Medan and there was also through simulation using EMF Estimator software created by the ITU (International Telecommunication Union). The results obtained from the BTS mitigation techniques are base stations that produce environmentally friendly EMF radiation exposure which does not exceed the reference exposure EMF set by the ICNIRP (International Commission on Non-Ionizing Radiation Protection). Mitigation must be conducted on all base stations of all mobile phone providers which are in a distance of up to 200 meters, and the concept of development BTS environmentally friendly in Medan should be included in a regulation issued by the Medan city, and also should be included in the spatial planning of Medan city.*

Keywords : EMF, Base Transceiver Station, Environment, Mitigation, The Spatial Planning of Medan city.

PENDAHULUAN

Teknologi telekomunikasi telah berhasil membuat dunia ini tanpa jarak sehingga hampir semua bidang telah memanfaatkan dan bahkan sangat tergantung pada teknologi ini dalam beraktivitas untuk meningkatkan kinerjanya, antara lain bidang perbankan, pariwisata, pendidikan, militer, kedokteran, pertambangan, meteorologi, perhotelan, pengelolaan lingkungan hidup, dan lain lain.

Produk teknologi telekomunikasi yang sangat banyak digunakan saat ini adalah teknologi telepon seluler. Jumlah telepon seluler di dunia pada tahun 2013 diprediksi akan mencapai 6,8 miliar yaitu sebesar 96 % dari populasi penduduk dunia yang berjumlah 7,1 miliar (*ICT facts and figures, International Telecommunication Union, 2013*). Jumlah pelanggan telepon seluler di Indonesia telah mencapai 110 % dari jumlah populasi penduduk Indonesia, yaitu sebesar 250 juta pelanggan (*Asosiasi Telekomunikasi Seluler Indonesia, 2012*)

Luasnya pemanfaatan dan banyaknya pengguna telepon seluler di Indonesia, membuat para investor berlomba-lomba membangun perusahaan penyelenggara telepon seluler. Di kota Medan terdapat tujuh perusahaan penyelenggara telepon seluler dimana setiap perusahaan penyelenggara telepon seluler memiliki jaringannya masing-masing yang akan mencakup (*meng-cover*) daerah layanannya masing-masing.

Sebuah jaringan telepon seluler yang terdiri dari beberapa subsistem (*Smith C. and Daniel C., 2007*), yaitu : GMSC (*Gateway Mobile Switching Centre*), MSC (*Mobile Switching Centre*), BSC (*Base Station Controller*), BTS (*Base Transceiver Station*), dan MS (*Mobile Station*). Hubungan BTS ke MS menggunakan gelombang radio yang dipancarkan melalui media udara. Gelombang radio ini merupakan gelombang medan elektromagnetik (*EMF, Electromagnetic Field*) yang mengandung medan listrik (E) dan medan magnet (H), dan inilah yang dipaparkan oleh antena BTS ke keseluruhan daerah dalam radius pancarannya yang dapat mencapai 9 km.

Paparan gelombang EMF ini dapat berdampak negatif kepada lingkungan hidup yaitu terhadap kesehatan manusia (*IARC WHO, 2010*), dan Kumar G. (2012) menyatakan bahwa EMF juga memiliki dampak negatif terhadap hewan dan tumbuhan. Efek negatif paparan gelombang EMF dapat mengakibatkan efek bio dan efek kesehatan manusia (*Government of India Ministry of Communications & Information Technology Department of Telecommunications, 2009*). Efek terhadap kesehatan manusia memiliki efek jangka pendek dan efek jangka panjang (*The International EMF Project, May 1998*). Efek negatif gelombang EMF terhadap kesehatan manusia ini juga dapat dibagi dalam dua bagian, yaitu efek secara fisiologis dan psikologi (*The National Radiological Protection Board UK, Inggris*).

Efek negatif gelombang EMF terhadap kesehatan manusia memiliki dampak yang lebih besar pada usia anak-anak sampai dengan remaja dibandingkan terhadap orang dewasa (*International EMF Alliance, 2013*), efek negatif tersebut dapat mengakibatkan tumor pada sistem saraf pusat (*Adey, WR, 1999*), tumor otak (*Zook, BC et al, 2001*), kelainan pada kulit (*Karinen A. et al, 2008*), tumor payudara (*Hruby R. et al, 2007*), leukemia pada anak-anak (*Linnet MS. et al, 1997*), sumsum tulang belakang (*Gholamali J. al, 2009*), janin pada wanita hamil (*Kumar N, 2011*), sistem reproduksi laki-laki, perubahan ritme jantung, sistem saraf, sistem endokrin, dan hipersensitivitas (*Anies, 2007*). Resiko efek negatif gelombang EMF terhadap kesehatan akan lebih tinggi terjadi pada anak-anak karena tempurung kepala yang masih tipis dan rawan serta kulit yang masih tipis (*IEGMP, Independent Expert Group on Mobile Phone, 2000*).

Efek negatif terhadap hewan unggas dan lebah dapat terjadi karena efek termal yang dapat meningkatkan temperatur tubuh sampai dengan 2⁰C disekitar antena BTS (*ICNIRP Guidelines, 1998*) dan efek non termal dari gelombang EMF disekitar antena BTS yang mempengaruhi sistem navigasi dari unggas sehingga mengalami disorientasi yang terbang ke segala arah dan tidak dapat kembali ke habitatnya dan akhirnya unggas tersebut bermigrasi ketempat lain (*International EMF Project, 2005*), menghilangnya kupu-kupu, menghilangnya beberapa serangga lainnya, menghilangnya burung pipit, sapi yang mengalami aborsi secara spontanitas, kelahiran sapi yang cacat, kelainan tingkah laku sapi, dan berkurangnya produksi susu sapi (*Kumar N, 2011*). Sedangkan efek terhadap tumbuhan mengakibatkan berkurangnya produksi buah hampir mencapai 5 % dalam waktu 2,5 tahun (*Kumar G, 2012*). Efek negatif EMF dari BTS juga dapat menginterferensi peralatan elektronik kedokteran

(*medicalelectronic*) di rumah sakit sehingga dapat mengganggu bekerjanya alat tersebut (Kumar N, 2011; Hamilton J, 1996).

Setiap perusahaan operator telepon seluler membangun menara BTS-nya masing-masing sesuai dengan perencanaannya masing-masing, sehingga pada satu lokasi yang sama di kota Medan banyak terdapat menara BTS dari beberapa operator telepon seluler. Umumnya antena BTS-BTS ini ditempatkan pada tempat-tempat strategis yang secara finansial menguntungkan perusahaan penyelenggara telepon seluler tersebut seperti pada tempat-tempat yang ramai, baik itu ramai secara tetap atau permanen seperti perumahan, rumah sakit, maupun ramai secara tidak tetap atau sementara seperti sekolah, pusat-pusat perbelanjaan, perkantoran, dan lain-lain. Menara dari antena-antena BTS ini umumnya memiliki ketinggian 30 sampai dengan 100 meter dari permukaan tanah sehingga jumlah petir di sekitar BTS akan meningkat dan rawan terhadap induksi sambaran petir. Artinya dengan adanya menara itu maka petir lebih sering menyambar ujung atasnya. Efek induksi petir bisa mengenai alat elektronik yang berada disekitarnya. Jika ada sejumlah awan bermuatan dengan medan statis yang cukup untuk mengondisikan terjadinya petir maka objek yang pertamakali tersambar adalah menara tersebut, yang strukturnya menjulang tinggi dan terbuat dari logam. Praktis jumlah sambaran petir di sekitar menara meningkat.

Kota Medan dengan luas 265,10 Km² (BPS kota Medan, 2010) dengan jumlah penduduk 2.109.330 orang dan tingkat kepadatan penduduk 7.957 per Km² memiliki kira-kira 1400 BTS dengan rincian 200 BTS milik perusahaan XL, 450 milik Telkomsel, dan selebihnya milik 5 perusahaan operator lainnya, sehingga perlu dilakukan usaha-usaha perlindungan lingkungan hidup terhadap efek negatif dari paparan radiasi gelombang elektromagnetik yang berasal dari antena BTS.

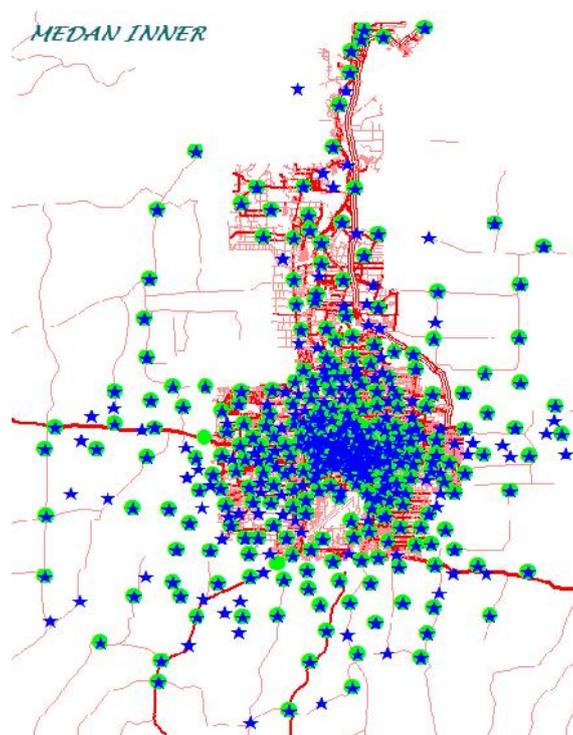
METODA

Di dalam Keputusan Direktur Jenderal Pos dan Telekomunikasi No. 193/DIRJEN/2005 tentang persyaratan teknis alat dan perangkat komunikasi radio microwave link, bahwa peralatan microwave link yang memancarkan gelombang EMF harus memenuhi syarat keselamatan dan kesehatan agar terlindung dari gangguan elektromagnetik, dan di dalam Peraturan Direktur Jenderal Pos dan Telekomunikasi No. 370/DIRJEN/2010 disebutkan bahwa yang menjadi acuan untuk perlindungan dari paparan radiasi gelombang elektromagnetik terhadap keselamatan dan kesehatan adalah sebagaimana yang telah ditetapkan oleh WHO melalui lembaga ICNIRP yang menetapkan bahwa batas pajanan kerapatan daya (*power density*) untuk gelombang EMF yang dipancarkan oleh BTS adalah 4,5 W/m² untuk frekuensi 900 MHz. dan 9 W/m² untuk frekuensi 1.800 MHz. sedangkan IEEE (*Institute of Electrical and Electronics Engineers*) menetapkan 6 W/m² untuk frekuensi 900 MHz. dan 12 W/m² untuk frekuensi 1.800 MHz. (IEEE Std C95.1, 1999).

Regulasi yang dikeluarkan pemerintah terkait dengan keberadaan menara-menara BTS ini hanya meminimalkan jumlah menaranya saja, yaitu dengan mengeluarkan kebijakan tentang menara bersama (Permen Kominfo No. 02/PER/M.KOMINFO/3/2008), artinya pada satu lokasi hanya ada satu menara dimana menara tersebut dipakai oleh beberapa operator, tetapi tetap saja masing-masing operator memasang antenanya masing-masing pada menara tersebut. Kebijakan tersebut juga tidak berjalan sebagaimana yang dimaksudkan, terbukti masih banyak terdapat menara-menara BTS berada pada suatu lokasi yang sama. Demikian juga dengan Rencana Tata Ruang Wilayah (RTRW) yang ketentuannya dimuat pada UU No. 26 Tahun 2007 mengatur bahwa rencana tata ruang wilayah yang diantaranya memuat rencana struktur ruang yang mencakup rencana sistem perkotaan dan rencana sistem jaringan prasarana utama (transportasi, energi dan kelistrikan, **telekomunikasi**, dan sumber daya air). Pemerintah menerbitkan Peraturan Pemerintah No. 26 Tahun 2008 sebagai amanat UU 26 Tahun 2007 yang menetapkan RTRW Nasional. Permen tersebut tidak menyinggung dan mengatur tentang penempatan sebuah BTS, demikian juga Perda Kota Medan No. 13 Tahun 2011 “Tentang Rencana Tata Ruang Wilayah Kota Medan Tahun 2011-2031, perda tersebut hanya menyinggung kebijakan dan strategi tentang peningkatan kualitas dan jangkauan pelayanan jaringan prasarana transportasi, **telekomunikasi**, energi, sumber daya air, serta prasarana dan sarana perkotaan yang terpadu dan merata di seluruh kawasan. Perda tersebut hanya menyebutkan agar seluruh kawasan di kota Medan dapat dilayani oleh jaringan telepon seluler, artinya tidak ada daerah yang mengalami *blank spot*. Pasal 56 ayat (2) diprioritaskan pada pengembangan dan pemantapan jaringan telekomunikasi meliputi jaringan tetap dan bergerak, tetapi tidak mengatur penempatan BTS pada lokasi yang berbasis ramah terhadap lingkungan, sebagai contoh : banyak terdapat di kota Medan

menara antenna BTS dibangun di dekat Rumah Sakit bahkan ada yang berada tepat di atas Rumah Sakit, demikian juga banyak BTS dibangun pada lokasi dekat dan bahkan berada di lokasi sekolah sekolah.

Data yang diperoleh dari perusahaan penyelenggara telepon seluler di kota Medan ada sebanyak sekitar 1.400 antenna BTS yang dimiliki 7 perusahaan penyelenggara telepon seluler di kota Medan yang salah satunya memiliki distribusi menara antenna BTS seperti pada Gambar 1. Menara-menara antenna BTS ini kadang dibangun dalam jarak yang sangat berdekatan satu sama lainnya yang dimiliki oleh perusahaan penyelenggara telepon seluler yang berbeda seperti pada daerah jalan Sutomo simpang jalan Sei Kera Medan dimana terdapat 4 (empat) antenna BTS yang saling berdekatan, di salah satu rumah toko (ruko) di Jalan Eka Jaya Medan dimana terdapat 3 (tiga) menara antenna BTS di atasnya, dan masih banyak lagi tempat yang menara-menara antenna BTS nya saling berdekatan. Kondisi seperti ini dapat mengakibatkan daya yang dipancarkan oleh masing-masing antenna akan menghasilkan kumulatif paparan dari masing-masing antenna (Rayes C, 2010) sehingga paparan yang ditimbulkan akan melebihi batas ambang sehingga berbahaya bagi lingkungan disekitarnya.



Gambar 1. Peta Lokasi 200 BTS Salah Satu Operator Telepon Seluler di Kota Medan

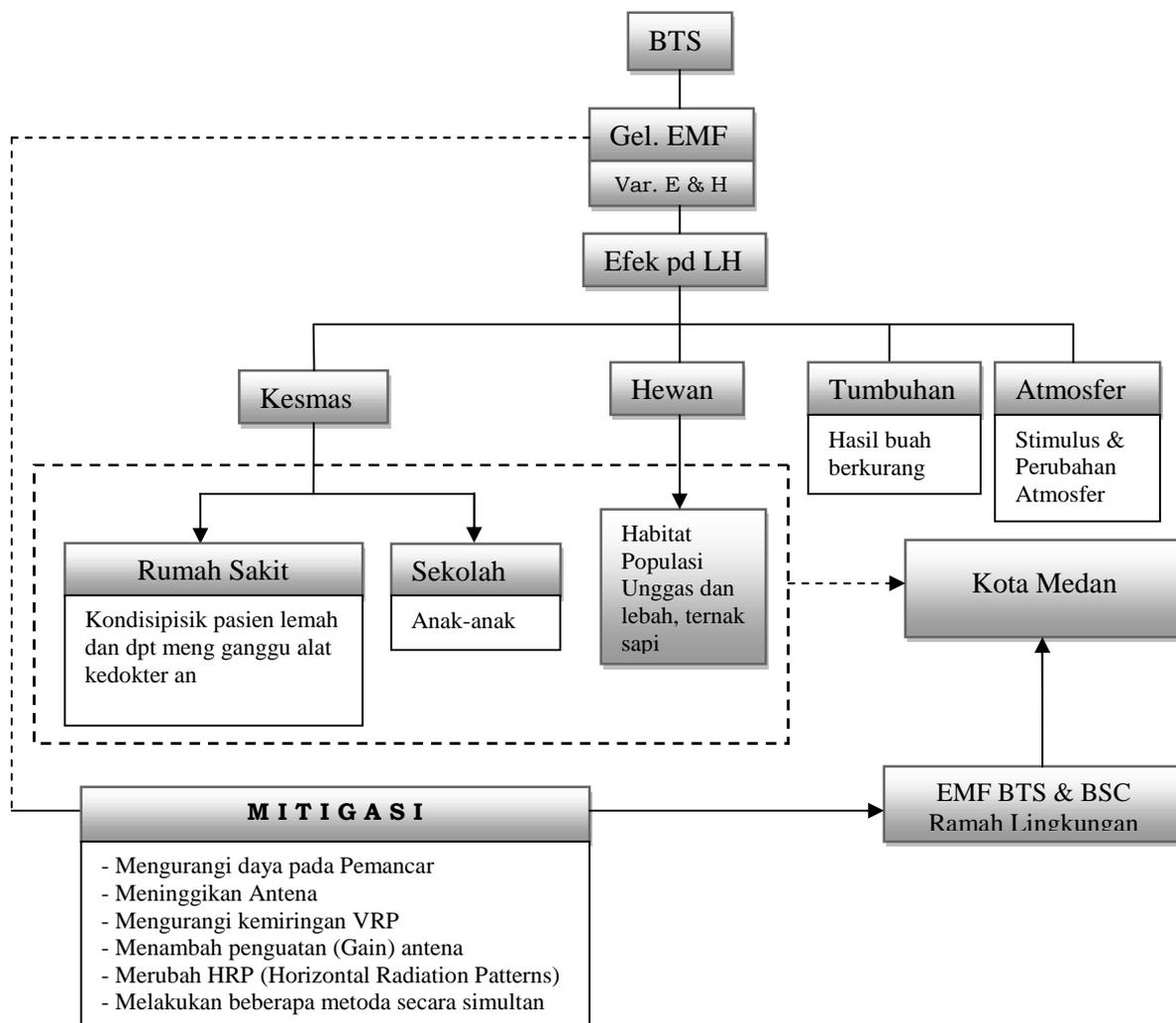
Fokus utama pada perlindungan lingkungan hidup dari paparan radiasi gelombang medan elektromagnetik ini adalah sekolah-sekolah, rumah sakit, dan habitat dari hewan unggas dan lebah. Perlindungan anak-anak pada sekolah-sekolah khususnya Sekolah Menengah Pertama ke bawah karena tempurung kepala yang masih tipis dan rawan dan kulit yang masih tipis (IEGMP, Independent Expert Group on Mobile Phone, 2000), sehingga memiliki resiko yang lebih tinggi dibandingkan dengan orang dewasa. Perlindungan terhadap rumah sakit diperlukan karena kondisi pasien yang lemah fisiknya dan juga dapat mengganggu kerja peralatan elektronik kedokteran, dan perlindungan terhadap habitat unggas dan lebah dilakukan karena akan mempengaruhi sistem navigasi dari unggas sehingga mengalami disorientasi yang terbang ke segala arah dan tidak dapat kembali ke habitatnya dan akhirnya unggas tersebut bermigrasi ketempat lain (*International EMF Project, 2005*), menghilangnya kupu-kupu, menghilangnya beberapa serangga lainnya, menghilangnya burung pipit (Kumar N, 2011).

Perlindungan yang dilakukan terhadap lingkungan hidup dari paparan radiasi gelombang elektromagnetik ini adalah dengan cara melakukan mitigasi gelombang EMF yang dipancarkan oleh antenna BTS maupun BSC.

Beberapa teknik Mitigasi (Gambar 2.) untuk mengurangi paparan radiasi gelombang EMF dari pemancar antenna BTS dapat dilakukan dengan berbagai cara (ITU-T K70, 2007), diantaranya dengan :

1. Mengurangi daya pada Pemancar
2. Meninggikan Antena
3. Mengurangi kemiringan VRP (Vertical Radiation Patterns)
4. Menambah penguatan (Gain) antenna
5. Merubah HRP (Horizontal Radiation Patterns)
6. Melakukan beberapa metoda secara simultan

Teknik mitigasi ini dapat dilakukan dengan salah satu metoda secara independen atau dengan melakukan 2 metoda atau lebih sekaligus, tergantung dengan kondisi dilapangan dengan tujuan akhir untuk memperoleh paparan radiasi EMF yang berada dibawah pajanan yang ditetapkan oleh ICNRIP.



Gambar 2. Kerangka Mitigasi Gelombang EMF dari BTS

Mengurangi Daya pada Pemancar

Cara yang paling sederhana untuk mengurangi paparan radiasi gelombang EMF adalah dengan cara mengurangi daya yang dipancarkan oleh pemancar.

$$P_D = \frac{P_t G_t}{4\pi R^2} \dots \dots \dots 1)$$

dengan,

P_D = Kerapatan daya (*Power Density*) (Watt/m²)

P_t = Daya keluaran pemancar (Watt)

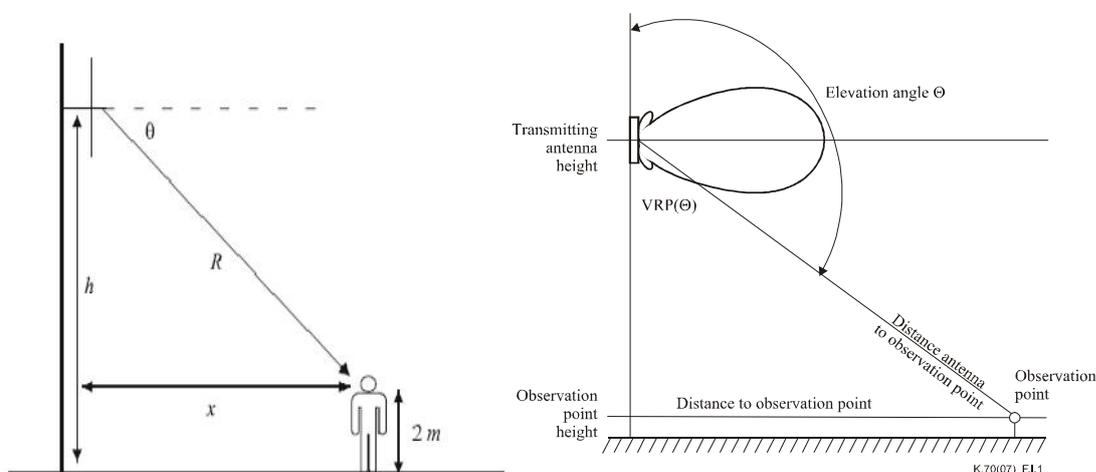
G_t = Gain antenna

R = Jarak antenna dengan daerah titik x (m)

Persamaan 1) memperlihatkan P_t berbanding lurus dengan P_D , bila daya yang dipancarkan (P_t) antenna BTS dikurangi, maka kerapatan daya juga akan berkurang, artinya paparan radiasi juga akan berkurang.

Meninggikan Antena

Sebuah antenna BTS atau BSC dibangun dengan ketinggian h meter dengan sudut elevasi diamati dan dilakukan pengukuran *power density* pada jarak x dari antenna dengan ketinggian pengukuran h' seperti pada Gambar 3.



Gambar 3. Konfigurasi Pengukuran Power Density

dengan,

h = tinggi antenna (meter)

x = jarak titik pengukuran (meter)

R = Jarak antenna ke titik pengukuran (meter)

$h'' = h - h'$

Besarnya *power density* pada titik pengukuran x adalah :

$$P_D = \frac{2,56}{4\pi} F(\theta) \frac{EIRP}{X^2+h''^2} \dots \dots \dots 2)$$

dimana $\theta = \tan^{-1} \frac{h''}{x} \dots \dots \dots 3)$

$$F(\theta) = \frac{\cos \frac{\pi}{2} \sin^2 \theta}{\cos \theta} \dots \dots \dots 4)$$

dengan,

$EIRP$ (*Equivalent Isotropically Radiated Power*) = $P_t G_t$ watt

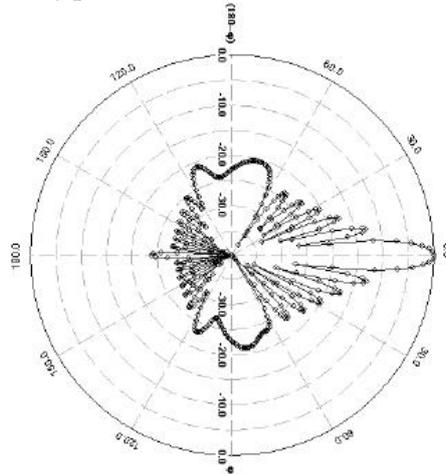
P_t = daya pemancar (watt)

G_t = penguatan antenna

Dari persamaan 2) dapat dilihat bahwa bila tinggi antenna dinaikkan, maka *power density* akan berkurang sehingga paparan radiasi juga akan berkurang, atau dapat juga dinyatakan bila antenna dinaikkan maka sudut elevasi antenna akan bergerak berpindah sehingga paparan radiasi pada titik pengukuran semula akan berkurang tetapi radius paparan radiasi akan bertambah.

Mengurangi kemiringan VRP

Mengurangi kemiringan VRP (Gambar 4.) antenna BTS akan mengurangi *power density* pada daerah publik di *level ground* didekat antenna sehingga paparan radiasi akan berkurang pada ruang publik, tetapi sebaliknya bila kemiringan VRP antenna BTS ditambah maka paparan radiasi akan bertambah di *level ground* pada ruang publik (ITU-T K.70, 2007).



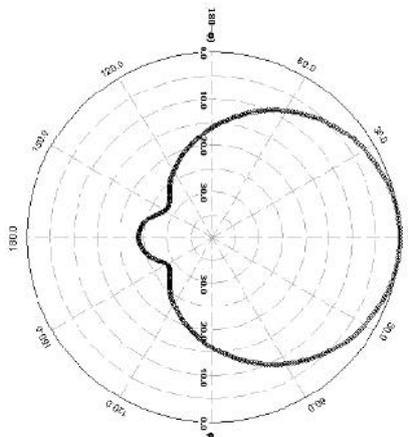
Gambar 4. Vertical Radiation Plane Antena BTS/BSC

Menambah Penguatan (Gain) Antena

Penguatan antenna mempunyai korelasi yang kuat dengan arah rambat gelombang medan elektromagnetik yang dipancarkan antenna BTS, jika penguatan ditambah maka sudut azimutnya akan berubah atau berkurang pada daerah yang sama, akibatnya daerah yang semula memiliki *power density* yang besar akan berkurang dan ini memiliki kaitan dengan HRP. Sedangkan secara VRP, bertambahnya penguatan antenna akan mempersempit *beam* yang dipancarkan antenna akibatnya *power density* dekat antenna pada daerah yang sama akan berkurang.

Merubah HRP Antena

Merubah HRP antenna BTS (Gambar 5.) dari *beam horizontal* yang lebar dengan *beam horizontal* yang sempit akan mengurangi tingkat *power density* pada daerah yang sama yang tadinya terpapar menjadi berkurang paparannya tetapi tidak mengurangi daerah cakupan (*coverage area*).



Gambar 5. Horizontal Radiation Plane antenna BTS/BSC

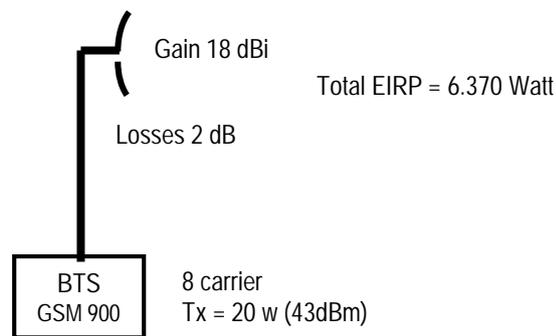
Melakukan beberapa metoda secara simultan

Dalam beberapa kasus dapat dilakukan dan diterapkan lebih dari satu metode untuk mengurangi tingkat paparan radiasi. Semua metode yang dijelaskan di atas adalah independen dan dalam banyak kasus metoda tersebut dapat diterapkan secara bersamaan.

HASIL DAN PEMBAHASAN

Umumnya antenna BTS (*macrocell*) di kota Medan memiliki 3 sektor, masing-masing sektor memiliki maksimum 8 frekuensi carrier (Rika, 2007). Apabila daya yang dipancarnya oleh pemancar (Tx) sebesar 20 Watt (43 dbm) dan losses pada saluran disepanjang antenna sebesar 2 dB, sedangkan penguatan antenna 18 dBi (Gambar 6) , maka besarnya EIRP yang dipancarkan antenna untuk 1 carrier adalah :

$$\begin{aligned} 10 \text{ Log } P_{\text{out}}/20 &= (18-2) \text{ dB} \\ 10 \text{ Log } P_{\text{out}}/20 &= 16 \text{ dB} \\ P_{\text{out}} &= 20 \times 10^{1,6} = 796 \text{ Watt} \\ \text{sehingga total EIRP} &= 8 \times 796 \text{ Watt} = 6.370 \text{ Watt} \end{aligned}$$



Gambar 6. EIRP yang dipancarkan oleh antenna BTS

Pada jarak 15 meter dari antenna dengan tinggi antenna 20 meter dan tinggi manusia 2 m, maka $h'' = 20 - 2 = 18$ meter sehingga diperoleh besarnya *power density* (P_D) sebagai berikut :

$$\text{Dari persamaan 3 diperoleh besarnya harga } \theta = \tan^{-1} \frac{18}{15} = 50,194^\circ$$

$$\text{Dari persamaan 4 diperoleh besarnya harga } F(\theta) = \frac{\cos \frac{\pi}{2} \sin 50,194}{\cos 50,194} = 2,438$$

Dengan memasukkan harga $F(\theta)$ yang diperoleh di atas ke persamaan 2, maka diperoleh besarnya *power density* adalah sebagai berikut :

$$\begin{aligned} P_D &= \frac{2,56}{4\pi} F(\theta) \frac{EIRP}{X^2 + h''^2} \\ P_D &= \frac{2,56}{4\pi} 2,438 \frac{6.370}{15^2 + 18^2} = 5,762 \text{ Watt/m}^2 \end{aligned}$$

Besar *power density* tersebut telah melampaui pajanan yang ditetapkan oleh ICNIRP yaitu sebesar 4,5 Watt/m² sehingga antenna BTS tersebut harus memiliki jarak lebih besar dari 15 meter (minimal 20 meter) dari ruang publik khususnya rumah sakit dan sekolah, dan untuk lebih amannya disyaratkan agar ruang publik memiliki jarak 10 sampai 20 kali dari batas pajanan, yang dalam hal ini harus memiliki minimal 10 kali 20 = 200 meter. Apabila ada 3 buah antenna BTS dengan tipe yang sama berada dalam jarak yang dekat atau berada pada satu menara bersama maka paparan yang terjadi akan menjadi kumulatifnya (ITU-T K70, 2007), sehingga antenna BTS dari ruang publik

tersebut menjadi harus lebih besar dari 45 meter. Bila alternatif untuk memindahkan antenna pada jarak yang aman tidak memungkinkan, maka metoda-metoda mitigasi dapat dilakukan sebagai berikut :

Mengurangi daya pemancar

Pajanan *power density* ICNIRP adalah 4,5 Watt/m² untuk frekuensi 900 MHz. sehingga daya pemancar untuk satu carrier adalah :

$$P_D = \frac{2,56}{4\pi} 2,438 \frac{EIRP}{15^2 + 18^2} = 4,5 \text{ Watt/m}^2$$

$$EIRP = 621,5 \text{ Watt per carrier}$$

$$\text{Daya pada pemancar sebesar } 15,6 \text{ Watt}$$

Dengan daya pemancar 15,6 Watt maka besarnya *power density* pada jarak 15 meter dari antenna BTS adalah sebesar 4,5 Watt/m². Mengurangi daya pemancar BTS akan mengakibatkan berkurangnya jarak area cakupan (*coverage area*) dari antenna BTS tersebut, sehingga diperlukan sel yang lebih banyak dan sebagai konsekuensinya penggunaan frekuensi *reuse* akan lebih banyak. Oleh sebab itu mitigasi dengan melakukan pengurangan daya pemancar antenna BTS dilakukan sebagai alternatif terakhir bila metoda lain tidak memungkinkan untuk digunakan. Berdasarkan kondisi ini, maka antenna BTS dengan spesifikasi yang sama dilarang untuk dibangun di atas maupun disekitar rumah sakit, sekolah, dan tempat-tempat lain yang sensitif terhadap paparan radiasi gelombang EMF.

Meninggikan Antena pemancar BTS

Antena BTS ditinggikan menjadi 35 meter sehingga $h'' = 35 - 2 = 33$ meter, besaran-besaran tersebut dimasukkan ke dalam rumus 2 maka besarnya *power density* pada jarak 15 meter dari antenna BTS adalah :

$$P_D = \frac{2,56}{4\pi} 2,438 \frac{6.370}{15^2 + 33^2} = 2,4 \text{ Watt/m}^2$$

Dengan dinaikkan tinggi antenna dari 20 meter menjadi 35 meter, maka pada titik x yang sama terjadi penurunan *power density* sebesar $5,762 - 2,4 = 3,362 \text{ Watt/m}^2$. *Power density* tersebut telah berada di bawah pajanan *power density* yang telah ditetapkan oleh ICNIRP untuk frekuensi 900 MHz. Konsekuensi dinaikkannya tinggi antenna akan merubah kontruksi antenna dan ketinggiannya tidak boleh melebihi ketentuan penerbangan di kota Medan.

Mengurangi Kemiringan VRP

Bila kemiringan VRP dikurangi, ini sama artinya bila sudut elevasi dikurangi, pengurangan sudut elevasi sebesar 10⁰ akan mengurangi *power density* pada jarak yang sama dari antenna BTS (15 meter) sebesar 1,72 Watt/m² (5,762 dikurangi 4,042) dengan perhitungan berikut :

$$\theta = 40,194^0$$

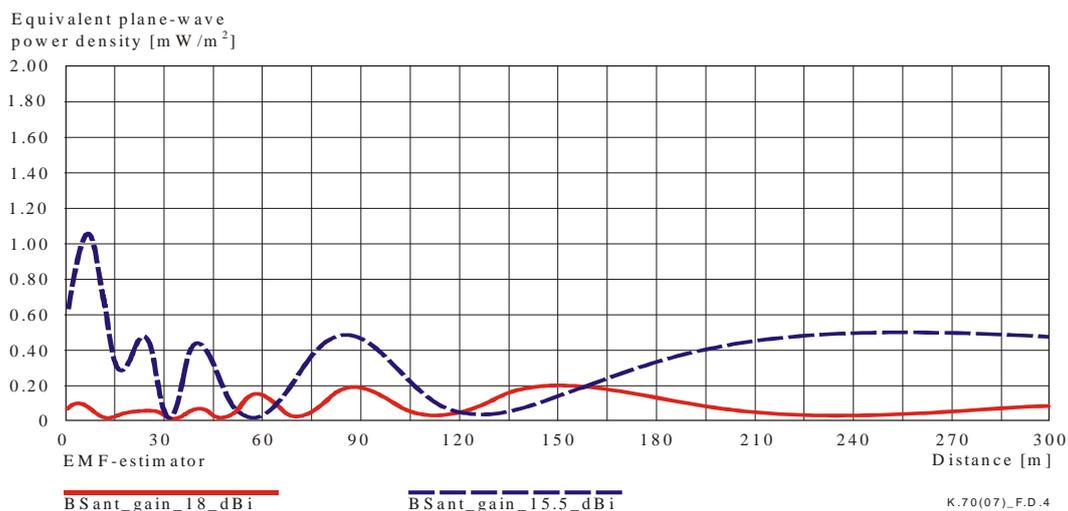
$$F_{\theta} = \frac{\cos \frac{\pi}{2} \sin 40,194^2}{\cos 40,194} = 1,71$$

$$P_D = \frac{2,56}{4\pi} 1,71 \frac{6.370}{15^2 + 18^2} = 4,042 \text{ Watt/m}^2$$

Dengan mengurangi sudut elevasi sebesar 10⁰ pada kasus di atas, maka *power density* pada jarak 15 meter dari antenna BTS yang semula sebesar 5,762 Watt/m² (melampaui pajanan ICNIRP) menjadi sebesar 4,042 (tidak melebihi pajanan ICNIRP).

Menambah Penguatan (Gain) Antena

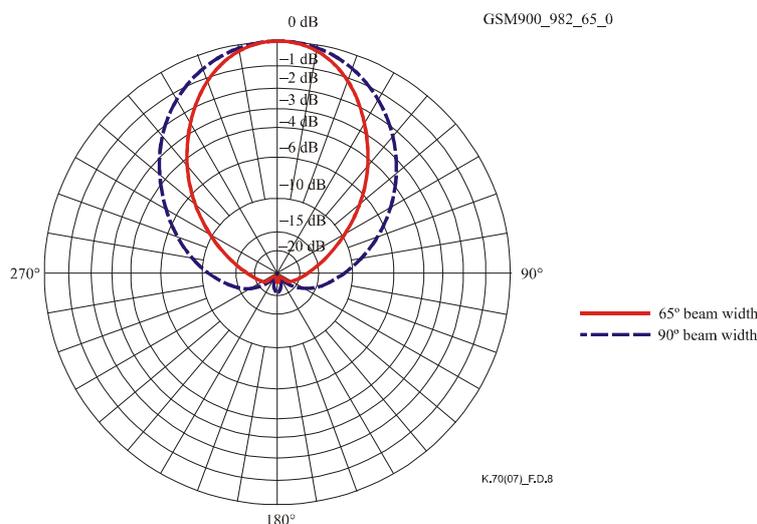
Penguatan (*Gain*) antena memiliki kaitan yang erat dengan direktiviti antena, semakin besar penguatan antena maka paparan radiasi akan semakin lurus ke arah horizontal akibatnya paparan radiasi akan berkurang pada arah yang lain, artinya paparan yang tadinya besar pada arah yang dekat dengan ruang publik akan menjadi berkurang karena berubahnya arah paparan. Antena BTS yang memiliki tinggi 35 meter dengan daya pemancar sebesar 50 Watt, Gain sebesar 15,5 dB, EIRP sebesar 1038 Watt, frekuensi 947,5 MHz. dan total *losses* pada saluran antena sebesar 2,34 dB. Bila penguatan antena di tambah menjadi 18 dB, maka *power density* pada daerah yang sama akan berkurang, hal ini dapat dilihat pada Gambar 7. hasil simulasi dengan menggunakan perangkat lunak EMF Estimator yang dikeluarkan oleh ITU.



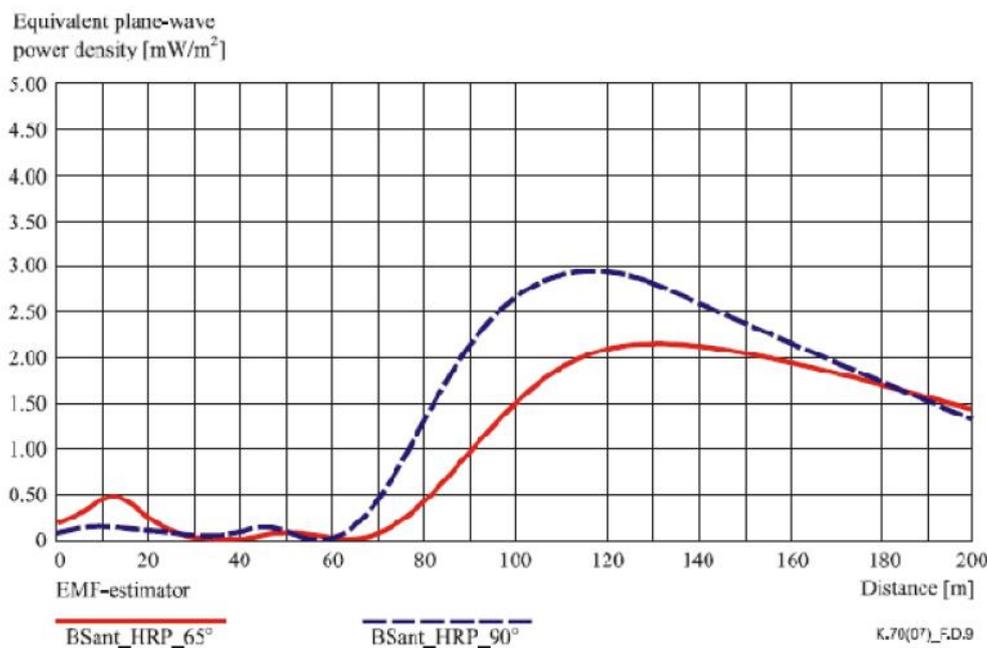
Gambar 7. Perbandingan Distribusi Power Density pada Antena BTS dengan Gain 18 dB dan 15 dB

Merubah HRP Antena

Merubah HRP identik dengan merubah sudut azimut dari antena BTS yang mengakibatkan berubahnya sudut *beam* dari paparan gelombang EMF yang dipancarkan. Bila sebuah pola radiasi antena BTS memiliki HRP dengan sudut lebar *beam* 90⁰ dirubah menjadi sudut lebar *beam* 65⁰ maka paparan radiasi pada daerah antara 65⁰ sampai dengan 90⁰ akan berkurang bahkan dapat hilang sama sekali seperti pada Gambar 8. dan Gambar 9.



Gambar 8. HRP dengan Lebar *Beam* 65⁰ dan 90⁰



Gambar 9. Power Density sebagai Fungsi Jarak dari Menara BTS dengan Lebar Beam HRP 90⁰ dan 65⁰

Kelima metoda mitigasi di atas dapat dilakukan secara simultan pada kondisi lokasi tertentu untuk menghasilkan paparan radiasi gelombang EMF yang seminimal mungkin, sehingga resiko efek negatif terhadap lingkungan hidup dapat dikurangi.

KESIMPULAN

Kebijakan pemerintah melalui Permenkominfo RI No. 02/Per/M.Kominfo/3/2008 yang menerapkan menara bersama untuk semua penyelenggara telepon seluler menimbulkan efek paparan radiasi gelombang EMF yang lebih besar terhadap lingkungan karena semua antenna BTS dari semua operator berada pada lokasi dan titik koordinat yang sama. Demikian juga Peraturan pemerintah dan Perda kota Medan tentang RTRW yang tidak memasukkan perlindungan lingkungan hidup dari efek negatif gelombang EMF dari BTS telepon seluler membuat semua operator penyelenggara telepon seluler tidak memasukkan faktor perlindungan lingkungan hidup terhadap paparan radiasi EMF yang bersumber dari antenna BTS sehingga penempatan pembangunan menara BTS tidak mempertimbangkan keberadaan tempat-tempat publik yang berdampak negatif terhadap paparan radiasi EMF khususnya Rumah Sakit, Sekolah-sekolah, dan tempat-tempat lainnya. Sementara jarak pemancar BTS dari rumah sakit, sekolah, maupun habitat unggas dan hewan lainnya minimal harus memiliki jarak 200 meter dari menara BTS. Sesuai dengan kondisi saat ini di kota Medan maka implementasi mitigasi pemancar BTS telepon seluler harus dilakukan di kota Medan dengan metoda yang sesuai dengan kondisi pada daerah sekitar lokasi menara pemancar BTS di kota Medan.

SARAN

Perlu dilakukan pendataan, perencanaan, dan simulasi seluruh antenna BTS yang ada di kota Medan untuk menata kembali agar BTS-BTS tersebut berbasis kepada kepentingan lingkungan hidup, untuk itu perlu diterbitkan regulasi pada perda kota Medan yang mengatur hal tersebut serta memasukkan rencana pengembangan dan pembangunan menara pemancar BTS dalam RTRW kota Medan. Sebelum hal ini dilakukan maka perlu dilakukan mitigasi terhadap seluruh pemancar BTS yang berada dekat dengan rumah sakit, sekolah, dan tempat lain yang memiliki resiko yang tinggi terhadap efek gelombang EMF.

DAFTAR PUSTAKA

- Adey WR, Byus CV, Cain CD, Higgins RJ, Jones RA, Kean CJ, Kuster N, MacMurray A, Stagg RB, Zimmerman G, Phillips JL, Haggren W, "Spontaneous and nitrosourea-induced primary tumors of the central nervous system in Fischer 344 rats chronically exposed to 836 MHz modulated microwaves". Radiat Res 152 (1999):293-302.
- Anies. "Mengatasi Gangguan Kesehatan Masyarakat Akibat Radiasi Elektromagnetik Dengan Manajemen Berbasis Lingkungan." Pidato Pengukuhan, UNDIP (2007).
- Anu Karinen, Sirpa Heinävaara, Reetta Nylund and Dariusz Leszczynski. "Mobile Phone Radiation Might Alter Protein Expression In Human Skin." BMC Genomics, 9 (2008) : 77
- Asosiasi Telekomunikasi Seluler Indonesia (ATSI). Menara Telekomunikasi Menjamur Tahun Ini. dalam <http://fokus.news.viva.co.id/news/read/279808-menara-bts-menjamur-di-tahun-ini>, 2012
- Clin Smith, Daniel Collins. 3G Wireless Networks. McGraw-Hill Telecom, 2007
- Girish Kumar. Better Radiation Norms for Cell Phones/ell Towers. Presentasi Lokakarya di ASSOCHAM EMF, New Delhi, 7 Februari 2012, gkumar@ee.iitb.ac.in
- Gholamali Jelodar, Saeed Nazifi, Milad Nuhraresh. "Effect of electromagnetic field generated by BTS on hematological parameters and cellular composition of bone marrow in rat." Journal Comparative Haematology International - Comp Haematol Int. 19, 4 (2011) : 1-5
- Hruby R, Neubauer G, Kuster N, Frauscher M. "Study on potential effects of "902-MHz GSM-type Wireless Communication Signals" on DMBA-induced mammary tumours in Sprague-Dawley rats." Mutat Res. 649(2008 Jan 8) : 34-44.
- International Telecommunication Union (ITU). ICT Facts and Figures, Geneva-Switzerland, February 2013.
- International Agency for Research on Cancer (IARC). Interphone Study Report on Mobile Phone Use and Brain Cancer Risk. WHO : Press Realease N^o 200 : 17 May 2010
- International Commission On Non-Ionizing Radiation Protection (CNIRP) Guidelines ."For Limiting Exposure To Time-Varying Electric, Magnetic and Electromagnetic Fields (Up To 300 GHz.)" Health Physics 74 (4) 1998 : 494-522
- International EMF Project, Information Sheet. "Electromagnetic Field and Public Health Effects of EMF on Enviroment." February 2005. <http://www.who.int/peh-emf/project/en/>
- India. Ministry of Communications and Information Technology Department of Telecommunications. Report of The Inter-Ministerial Committee on EMF Radiation. Bombay, India, 2010
- International EMF Alliance. "Workshop on Risk Communication – Electromagnetic Fields and Human Health". Brussel, 20 February 2013
- Institut of Electrical and Electronics Engineers (IEEE). "IEEE Standard for Safety Level with Respect to Human Exposure to Radio Frequency Electromagnetic Field, 3 kHz to 300 GHz." Std C95.1, 1999 Edition
- Indonesia. Kementrian Informasi dan Informatika Indonesia. Permenkominfo RI No. 02/Per/M.Kominfo/3/2008 tentang Pedoman Pembangunan dan Penggunaan Menara Bersama Telekomunikasi. Jakarta : Kominfo, 2008.
- Indoensia. Pemerintah Kota Medan. Perda Kota Medan No. 13 Tahun 2011 tentang Rencana Tata Ruang Wilayah Kota Medan Tahun 2011 – 2031. Medan : Pemko Medan, 2011.
- Indonesia. Dirjen Pos dan Telekomunikasi. Keputusan Direktur Jenderal Pos dan Telekomunikasi No. 193/Dirjen/2005 tentang persyaratan teknis alat dan perangkat komunikasi radio microwave link. Jakarta : Dirjen Pos dan Telkom, 2005.
- Independent Expert Group on Mobile Phone (IEGMP). "Mobile Phones and Health," Report of Stewart Group (May 2000) : 120-121.
- International Telecommunication Union (ITU). Mitigation Technique to Limit Human Exposure to EMFs in The Vicinity of Radiocommunication Stations. Recommendation K70, 06/2007.
- Janice Hamilton ." Electromagnetic Interference Can Cause Hospital Device to Malfunction, McGill Group Warns." Can Med Assoc Journal. 154(3)1996 : 373-375.
- Linnet MS, Hatch EE, Kleinerman RA, Robison LL, Kaune WT, Friedman DR, Severson RK, Haines CM, Hartsock CT, Niwa S, Wacholder S, Tarone RE."Residential exposure to magnetic fields and acute lymphoblastic leukemia in children." N Engl J Med. 337(1997 Jul 3) : 1-7.
- Neha Kumar, Girish Kumar. "Biological Effect of Cell Tower Radiation on Human Body". ISMOT (2009) : 1365 – 1368.
- Neha Kumar. "Biological Effect of Electromagnetic Radiation". <http://www.slideshare.net/nehakumar01/biological-effects-of-emr>, 2011
- Reyes C., Ramos B. "Mitigation of Radiation Levels for Base Transceiver Stations based on ITU-T Recommendation K.70" World Academy of Science, Engineering and Technology 45 (2010) : 743 – 749.

Rika Sustika “Analisis Aspek-Aspek Perencanaan BTS pada Sistem Telekomunikasi Seluler Berbasis CDMA”
Jurnal INKOM 1 (2007) : 31-38.

The International EMF Project. Electromagnetic Field and Public Health. Fact Sheet N181, May 1998

Zook BC, Simmens SJ. “The Effects of 860 MHz Radiofrequency Radiation on the Induction or Promotion of
Brain Tumors and Other Neoplasms in Rats”. Radiat Res 155(2001):572-583.