

ANALISIS TINGKAT EMISI RADIASI MEDAN ELEKTROMAGNETIK DARI BTS (BASE TRANSCEIVER STATION) TERHADAP STANDAR IEEE C95.1 DI KOTA TANGERANG SELATAN

Analysis of Electromagnetic Radiation Emission of The Base Transceiver Station (BTS) in Tangerang Selatan Compared to IEEE C95.1 Standard

**Wuwus Ardiatna, Aditia Nur Bakti, Hutomo Wahyu Nugroho,
Siddiq Wahyu Hidayat, Junaid Sadrach dan Sri Kadarwati**

Pusat Penelitian Sistem Mutu dan Teknologi Pengujian
Lembaga Ilmu Pengetahuan Indonesia, Kawasan Puspitek Gedung 410
e-mail : wuwus.ardiatna@lipi.go.id; srikadarwati84@yahoo.co.id

Diterima: 25 Januari 2013, Direvisi: 31 Mei 2013, Disetujui: 3 Juni 2013

Abstrak

Pengukuran paparan radiasi gelombang elektromagnetik dari BTS perlu dilakukan, untuk memberikan informasi seberapa aman radiasi tersebut bagi masyarakat khususnya warga di wilayah Tangerang Selatan yang berada di sekitar menara BTS. Tujuan penelitian ini adalah untuk mengetahui besarnya radiasi elektromagnetik yang diterima pada radius 10 m dari titik pusat yang dipancarkan oleh sebuah BTS dan kesesuaiannya dengan standar IEEE C95.1-2005. Pengukuran besarnya radiasi tersebut dilakukan setiap 10 derajat mengitari menara dengan pembacaan koordinat lokasi dan sudut pengukuran untuk menentukan besarnya tingkat radiasi yang ditimbulkan oleh BTS. Nilai tersebut kemudian dikonversikan dalam besaran Power Density yang terhitung dan kemudian dibandingkan dengan batas ambang standar. Hasil pengukuran menyatakan bahwa radiasi masih berada dibawah nilai batas yang dipersyaratkan dengan nilai terbesar sebesar -4.419dBm/m^2 untuk posisi antena vertikal, sedangkan untuk posisi antena horizontal, sebesar -7.031 dBm/m^2 pada frekuensi yang sama 947 MHz.

Kata Kunci : Radiasi Elektromagnetik, Power Density, BTS

Abstract

Measurement of exposure to radiation of electromagnetic waves of the BTS needs to be done, to provide information how safe the radiation to the community, especially residents at the South Tangerang who stay around the BTS tower. The objective of this research is to measure the electromagnetic radiation level at 10 m from the center of BTS and its conformity to IEEE C95.1-2005 standard. Measurement method of this project done by sweeping every 10 degrees around the tower and read the coordinates of the location as well as the angle of measurements to determine the level of electromagnetic radiation emitted by BTS. The values are then converted into the level of power density and compared to the standard limit. The measurement results show the electromagnetic radiation is below the limit standard value, with the highest value -4.419dBm/m^2 for vertical antenna position, while for the horizontal antenna position -7.031 dBm/m^2 at the same frequency 947 MHz.

Keywords : Electromagnetic radiation , Power Density, BTS

1. PENDAHULUAN

1.1 Latar Belakang

Radiasi frekuensi tinggi pada level tertentu dapat memberi pengaruh bagi kesehatan. Antena pemancar BTS yang bekerja pada frekuensi 900 dan 1800 MHz juga memancarkan energi gelombang elektromagnetik dengan daya yang cukup besar pada frekuensi tinggi.

Menurut Bagian Pengelola Teknologi Informasi Pemerintah Kota Tangerang Selatan, 2012, Di Tangerang Selatan yang terdiri dari tujuh kecamatan, tersebar beberapa antena BTS yang memancarkan gelombang elektromagnetik. Selain itu Tangerang Selatan merupakan daerah pemekaran yang mulai berkembang, sehingga

banyak pula BTS yang dibangun dan tersebar di tujuh wilayah kecamatan tersebut.

Peraturan pemerintah mengenai radiasi gelombang elektromagnetik yang dipancarkan oleh BTS di Indonesia belum dikeluarkan. Namun pemerintah sudah mulai mengatur tentang penggunaan bersama menara telekomunikasi melalui Peraturan Menteri Pekerjaan Umum No.07/PRT/M/2009, Peraturan Menkominfo No.19/PER/M.KOMINFO/03/2009 dan Peraturan Kepala Badan Koordinasi Penanaman Modal No.3/P/2009 mengenai pedoman Pembangunan dan Penggunaan Menara bersama Telekomunikasi ("Peraturan Bersama").

Di Indonesia tidak ditemukan referensi yang membahas tentang pengukuran radiasi

BTS. Banyak pula masyarakat yang belum mengetahui tentang keamanan dan radiasi BTS di sekitarnya. Karena itu perlu dilakukan pengukuran radiasi BTS yang disesuaikan dengan standar yang berlaku secara internasional.

1.2 Tujuan

Tujuan penelitian ini adalah untuk mengetahui apakah emisi radiasi dari BTS di Tangerang Selatan, pada radius 10 m, masih sesuai dengan standar IEEE C95.1. Data yang diperoleh, diharapkan dapat menjadi acuan bagi pemegang kebijakan dalam membuat regulasi tentang pembangunan menara yang berada di sekitar perumahan penduduk.

2. TINJAUAN PUSTAKA

2.1 Radiasi BTS (Base Transceiver Station)

Meningkatnya penggunaan komunikasi dengan menggunakan telepon selular berdampak pada pembangunan menara BTS, bahkan pembangunannya berdekatan dengan rumah, sekolah, rumah sakit dan kawasan padat penduduk.

Hal ini menimbulkan kekhawatiran publik mengenai keselamatan penduduk terhadap radiasi tersebut. Banyak penelitian telah dilakukan dan sedang berjalan mengenai efek biologis dan termal serta potensi medan elektromagnetik GSM. Kanker, hyperthermia, syaraf dan tingkah laku manusia terhadap efek radiasi GSM, saat ini sedang dipelajari.

Interaksi medan elektromagnetik GSM dan manusia harus mencakup semua bagian "sistem" dengan mempertimbangkan hal-hal berikut:

- "Material" (tubuh manusia) memiliki sifat nilai elektromagnetik yang sangat tidak biasa: permitivitas, konduktivitas listrik.
- Tidak mengenal dan tergantung pada kegiatan orang.
- Merupakan bahan aktif pada skala sel.
- Dalam kebanyakan kasus, merupakan efek sampingan dari efek termal: efek termal adalah salah satu efek utama dan itu dipengaruhi oleh sirkulasi darah.
- Bentuk ruang dan jaringan tubuh manusia adalah lingkungan yang kompleks dan harus diperhitungkan (Nicolas Laurent, 2003).

Di sisi lain, pihak terkait, ICNIRP (International Committee of Non Ionizing Radiation Protection) dan IEEE (Institute of Electrical and Electronics Engineers) telah menetapkan pedoman untuk membatasi paparan medan

elektromagnetik. Ada dua kategori yang ditetapkan oleh standar internasional, yaitu :

- Batasan dasar – yang berhubungan dengan pembatasan waktu paparan yang bervariasi terhadap pengaruh medan elektromagnetik terhadap kesehatan. Pada frekuensi GSM yang digunakan untuk mengukur batasan tersebut adalah SAR (*Specific Absorption Rate*).
- Tingkat referensi - digunakan untuk mengetahui dan memprediksi apakah tingkat radiasi yang ditimbulkan sesuai dengan batas yang ditetapkan. Dan dinyatakan dalam satuan listrik atau intensitas medan magnet (Ibrani-Pillan, 2008).

2.2 Standar Yang Mengatur Batasan Radiasi Frekuensi BTS

Di Indonesia belum ada peraturan yang mengatur tentang batasan besarnya radiasi, mengutip dari CSR-File, bahwa draf peraturan menteri nantinya akan memuat regulasi menara telekomunikasi mencakup, larangan interferensi, kewajiban koordinasi, beban maksimal menara serta batas aman antar antena masing-masing operator di menara. Pemerintah juga akan mengatur batas maksimum radiasi, jarak menara dari perumahan, luas minimal lahan, standar konstruksi dan hal-hal teknis maupun non teknis lainnya serta perizinan. Direktorat Jenderal Pos dan Telekomunikasi telah mengadakan pertemuan dengan Departemen Pekerjaan Umum, pemerintah daerah, operator dan vendor untuk persiapan draf. Pada pertemuan terakhir 23 Juni 2012 lalu, pemerintah memaparkan alternatif jarak aman menara (TEMPO, 2006)

Sedangkan di kota Tangerang Selatan pemerintah kota telah mengeluarkan Perwal no.17 tahun 2012 tentang Penataan, Pembangunan dan Penggunaan Menara Telekomunikasi Bersama di Kota Tangerang Selatan, namun tidak disinggung tentang batasan radiasinya.

Namun secara internasional, khususnya lembaga internasional sangat ketat dalam membatasi radiasi tersebut. Salah satunya adalah IEEE, C95.1-2005, *Standard for Safety Levels with Respect to Human Exposure to Radio Frequency Electromagnetic Fields, 3 kHz to 300 GHz*. Standar ini mengatur tentang batasan radiasi yang dipancarkan oleh BTS untuk lingkungan khusus yang perlu pengawasan dan untuk area publik yang tanpa pengawasan.

Tabel 1 Batasan radiasi berdasarkan rentang frekuensi yang digunakan untuk kawasan umum tanpa pengawasan

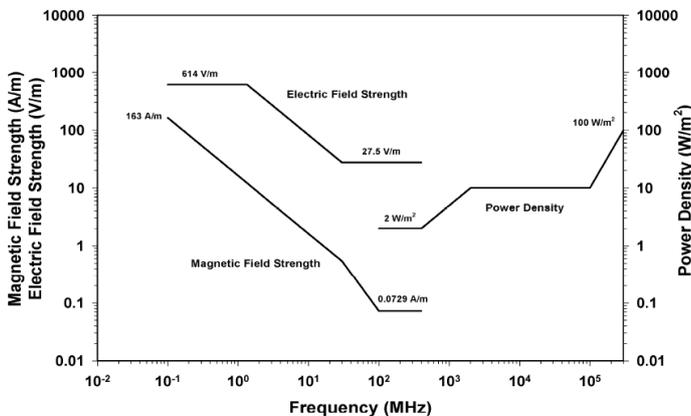
Frequency Range (MHz)	RMS electric field strength (E) ^a (V/m)	RMS magnetic field strength (H) ^a (A/m)	RMS power density (S) E-Field, H-field (W/m ²)	Averaging time ^b E ² , H ² or S (min)	
0.1—1.34	614	16.3/f _M	(1000, 100 000/f _M ²) ^c	6	6
1.34—3	823.8/f _M	16.3/f _M	(1800/f _M ² , 100 000/f _M ²)	f _M ² /0.3	6
3—30	823.8/f _M	16.3/f _M	(1800/f _M ² , 100 000/f _M ²)	30	6
30—100	27.5	158.3/f _M ^{1.668}	(2,9 400 000/f _M ^{3.336})	30	0.0636f _M ^{1.337}
100—400	27.5	0.0729	2	30	30
400—2000	-	-	f _M /200	30	
2000—5000	-	-	10	30	
5000—30 000	-	-	10	150/f _G	
30 000—100 000	-	-	10	25.24/f _G ^{0.476}	
100 000—300 000	-	-	(90f _G -7000)/200	5048/[(9f _G -700)f _G ^{0.476}	

NOTE—f_M is the frequency in MHz, f_G is the frequency in GHz.

Sumber : IEEE C95.1-2005

Batasan radiasi tersebut, diklasifikasikan berdasarkan frekuensi yang digunakan oleh pemancar antenna BTS dan batasan tersebut berdasarkan kekuatan medan listrik, medan magnet, kerapatan daya pancar, dan waktu paparan.

BTS memancarkan frekuensi sinyal telepon seluler, dengan frekuensi GSM 900 dan 1800MHz, sehingga pada Tabel 1 ditunjukkan bahwa batasan untuk frekuensi tersebut, berada pada range 400-2000 MHz.



Sumber : IEEE C95.1-2005

Gambar 1 Grafik representasi batasan tingkat radiasi pada Tabel 1

2.3 Pengukuran Kerapatan Daya Pancar BTS

Pada sistem telekomunikasi antenna kolinier dipasang pada menara BTS secara vertikal untuk meningkatkan gain keseluruhan dan meningkatkan kemampuan antenna untuk memusatkan energi pada arah tertentu. (WNDW: Antena dan pola radiasi, 2009).

Secara matematis, besarnya kerapatan daya yang dipancarkan pada jarak tertentu oleh antenna kolinier dapat dihitung dengan menggunakan persamaan 1.

$$S = P_t G / 4 \pi R^2 \quad 1)$$

dengan :

146

S : Kerapatan daya pada jarak R (W/m² atau dBm/m²)

P_t : Daya yang dipancarkan oleh antenna atau EIRP (W/ dBm)

G : Gain antenna

R : Jarak pengukuran dengan antenna BTS (m)

Sedangkan perhitungan jarak pengukuran dilakukan dengan persamaan *Harversine*. persamaan ini digunakan untuk mengubah koordinat titik pengukuran terhadap koordinat BTS, sehingga diperoleh besarnya jarak antara titik pengukuran dengan antenna BTS. Dalam

penelitian ini satuan Watt dikonversikan menjadi dBm dengan menggunakan persamaan 2. (AHSsystem Inc,-----)

$$\text{dBm} = 10\log(W) + 30 \quad 2)$$

Persamaan *Harversine* tersebut adalah sebagai berikut :

$$d = R.c$$

$$c = 2.\text{atan}2(\sqrt{a}, \sqrt{1-a})$$

$$a = \sin^2(\Delta\phi/2) + \cos(\phi_1).\cos(\phi_2).\sin^2(\Delta\lambda/2)$$

dengan

ϕ_1, ϕ_2 : latitude posisi 1 dan 2

λ_1, λ_2 : longitude posisi 1 dan 2

d : jarak BTS dengan titik pengukuran

R : Radius bumi = 6.371 km

(Veness. Chris, 2002)

Koordinat titik pengukuran diperoleh dari deteksi menggunakan *GPS tracking, Garmin GPS 60*. Data pengukuran yang diperoleh kemudian dinormalisasi pada jarak 10 m dengan menggunakan persamaan 3, yang nantinya akan dibandingkan dengan nilai dari hasil perhitungan dengan persamaan 1.

$$E_{10} = E_x + n.20 \text{ Log} \left(\frac{D}{10} \right) \quad 3)$$

dengan E_{10} = nilai pada jarak 10 m

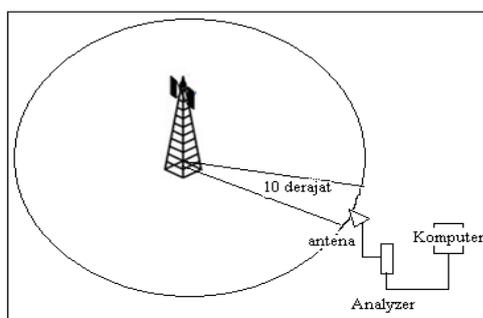
E_x = nilai pada jarak D m

n = faktor yang diambil dari tabel 2 berikut

Tabel 2 Faktor koreksi jarak pengukuran

Frequency range (MHz)	N
0.15 - 0.4	1,8
0.4 - 1.6	1,65
1.6 - 110	1,2
110 - 1000	1

Sumber : BSEN 50121-2 : 2006



Gambar 2 Metode pengukuran

3. METODE PENELITIAN

Pengambilan data pengukuran dilakukan di 12 tempat di wilayah kota Tangerang Selatan, secara random dengan jenis menara telekomunikasi bersama dan dilakukan di kawasan pemukiman penduduk atas ijin dan kerjasama dengan Dinas Komunikasi dan Informasi Kota Tangerang Selatan.

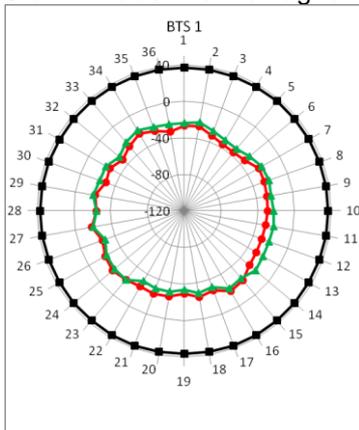
Metode pengambilan data pengukuran dilakukan dengan cara diambil sampel 36 titik mengitari menara, dengan perbedaan sudut 10 derajat, dari titik awal pengukuran Jarak pengambilan data disesuaikan dengan kondisi BTS di lapangan, hasil pengukuran akan dinormalisasi menggunakan persamaan (3).

Pengukuran radiasi gelombang elektromagnetik yang dipancarkan oleh menara BTS ini dilakukan dengan menggunakan peralatan antenna, *Hyperlog*, yang kemudian diterima oleh *receiver, spectran Aaronia 4080* dan diolah dengan menggunakan *Spectrum PC analyzer Software, LCS for HF V.2.0.0.0 (free download* dari www.spectran.com) (Aaronia AG, 2005). Pengukuran dilakukan dengan posisi antenna secara vertikal dan horizontal. Dalam proses pengukuran pencatatan, sudut kemiringan antenna, suhu dan kelembaban juga dilakukan.

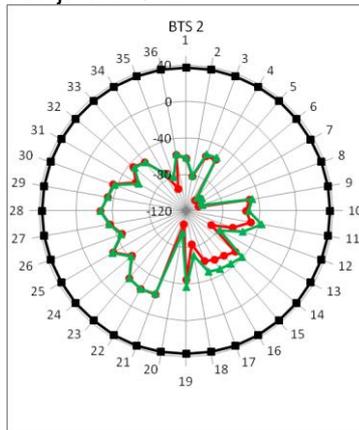
4. HASIL DAN PEMBAHASAN

Hasil pengukuran di lapangan dihitung dengan menggunakan persamaan 3 untuk memperoleh nilai normalisasi pada jarak 10 meter. Kemudian hasil normalisasi dianalisa dengan cara membandingkan dengan hasil perhitungan yang didapat dari persamaan 1, dari hasil perhitungan tersebut dianalisis berdasarkan ketentuan standar IEEE C95.1-2005. Hasil analisa dari perbandingan antara hasil pengukuran dan perhitungan terhadap standar untuk radiasi sinyal BTS secara vertikal ditunjukkan dalam grafik berikut

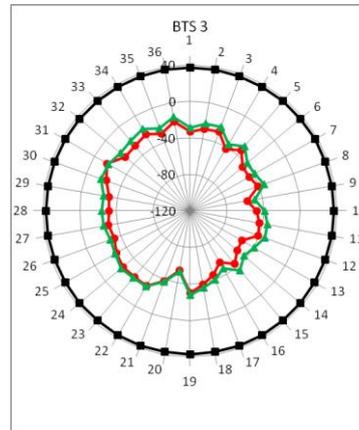
Grafik Radiasi Elektromagnetik pada jarak 10 m



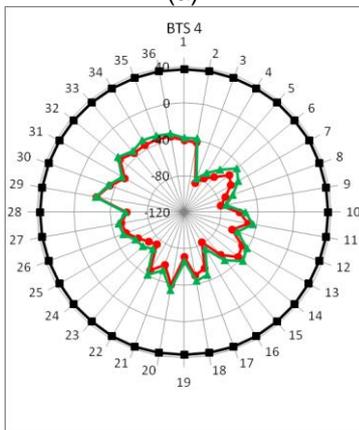
(a)



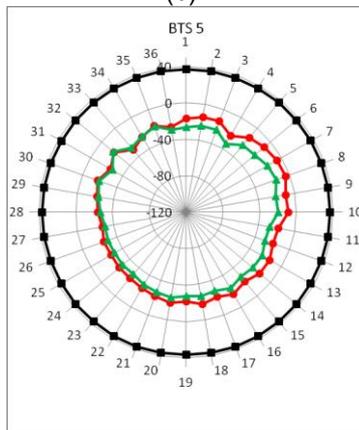
(b)



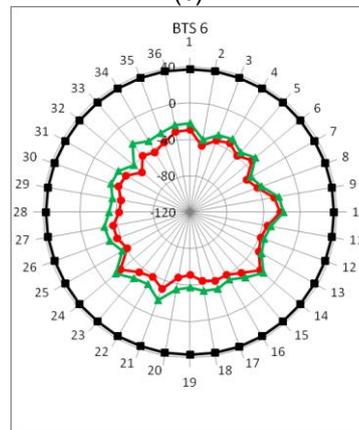
(c)



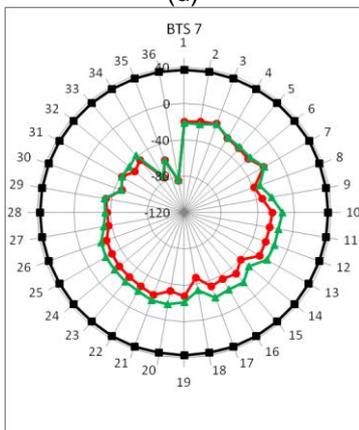
(d)



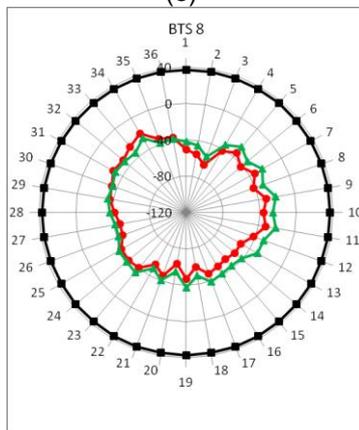
(e)



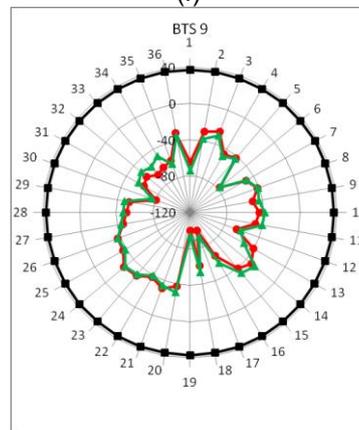
(f)



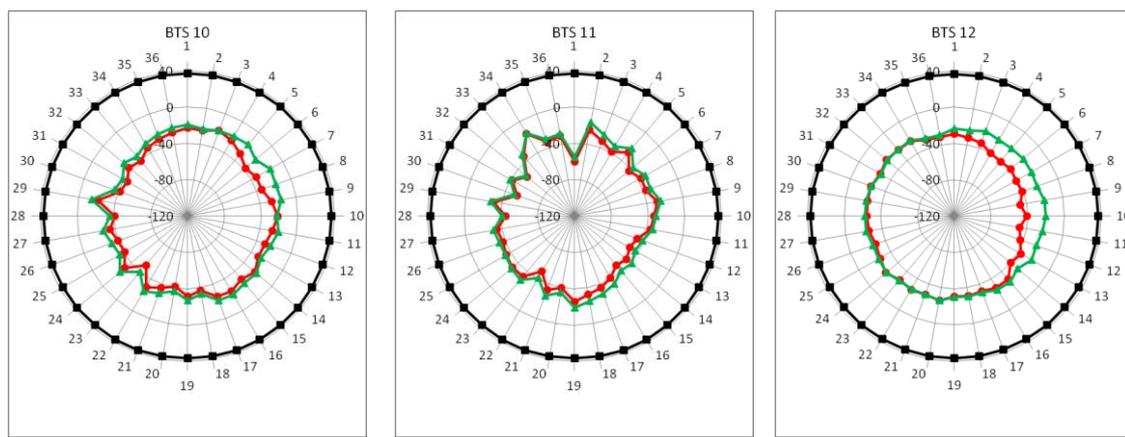
(g)



(h)



(i)



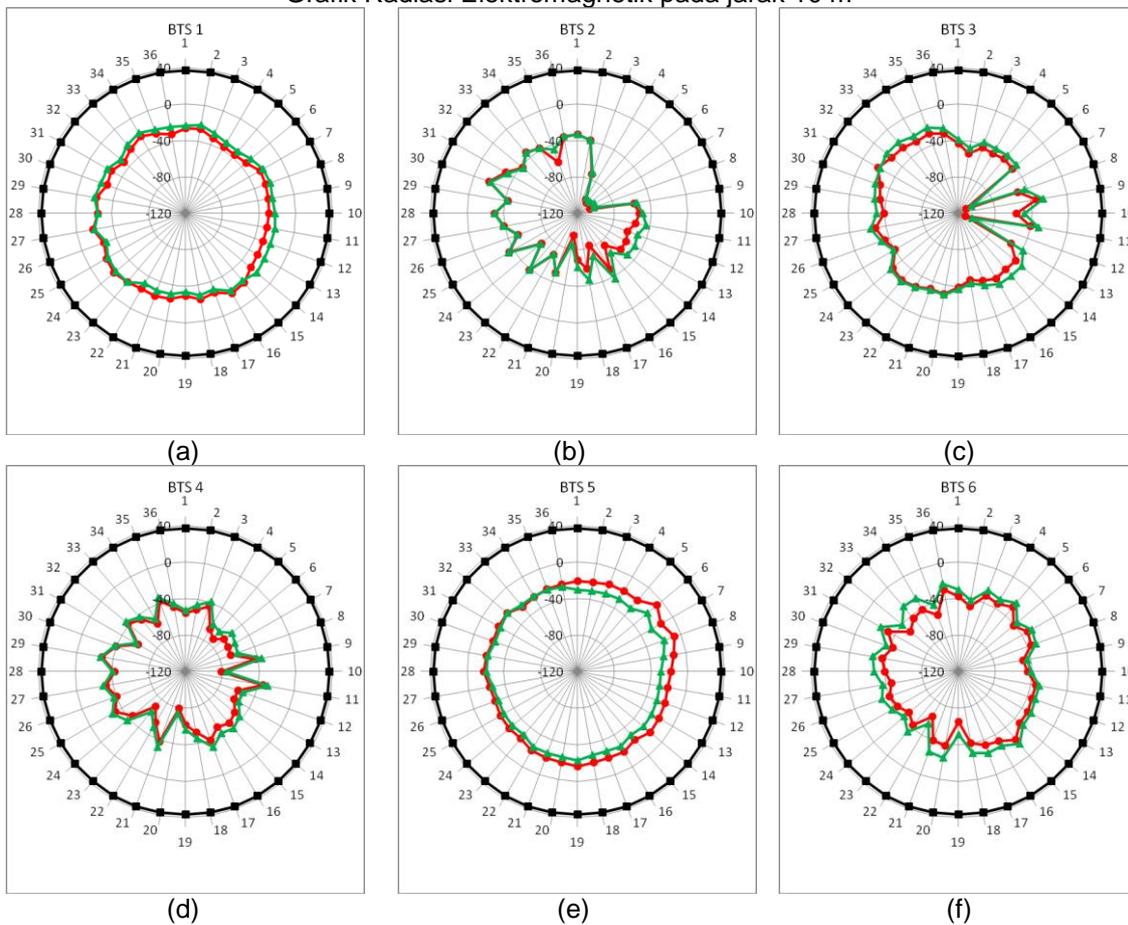
(j) Besarnya radiasi berdasarkan pengukuran Besarnya radiasi berdasarkan perhitungan
 Batasan Standar IEEE

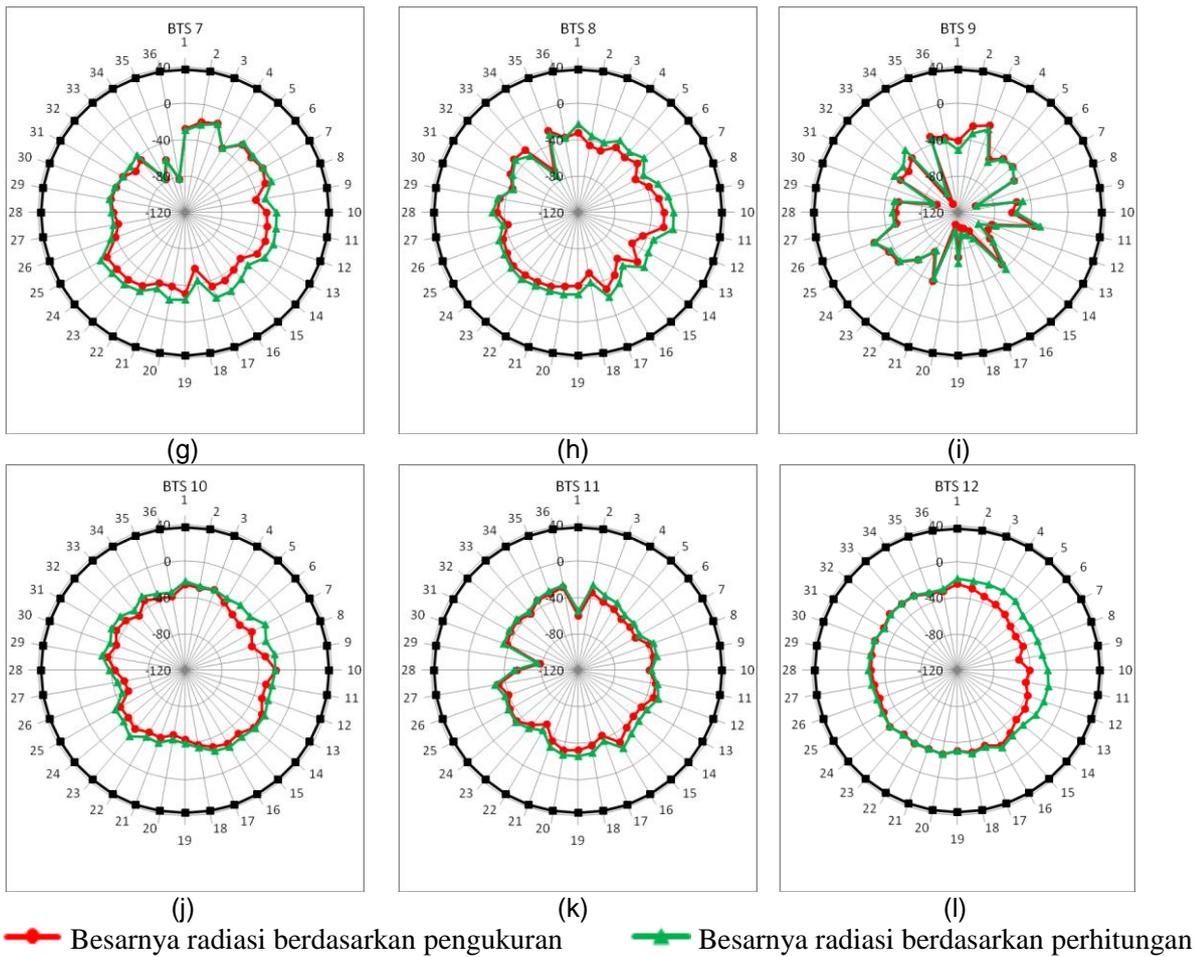
Gambar 3 Hasil pengukuran BTS dengan posisi antenna vertical (dBm/m^2)

Gambar tersebut menunjukkan bahwa radiasi yang dipancarkan oleh BTS 1 sampai dengan 12 berada dibawah batasan standar IEEE. Sedangkan hasil pengukuran radiasi BTS pada

posisi horizontal ditunjukkan pada gambar 4 (a) sampai dengan (f), sebagai berikut.

Grafik Radiasi Elektromagnetik pada jarak 10 m





Gambar 4 Hasil pengukuran BTS dengan posisi antenna Horisontal (dBm/m²)

Gambar 4 (a) sampai dengan (l) menunjukkan hasil analisa dari perbandingan antara hasil pengukuran dan perhitungan terhadap standar untuk radiasi sinyal BTS secara horisontal, besarnya radiasi yang dipancarkan oleh BTS berada dibawah nilai batasan standar.

Dari perhitungan data hasil pengukuran, dengan menggunakan persamaan 1, maka besar radiasi elektromagnetik yang dipancarkan pada oleh BTS masih dibawah batas yang disyaratkan oleh standar IEEE C95.1 - 2005, yaitu sebesar $f/200 \text{ W/m}^2$ atau 36 dBm/m^2 , yang diperoleh dari hasil konversi dengan menggunakan persamaan 2.

Jika gambar 3 dan 4 dibandingkan, maka besar radiasi EM terukur oleh BTS pada jarak 10m dan hasil perhitungan, menunjukkan bahwa rata-rata besarnya EM terukur lebih kecil dibandingkan dengan hasil perhitungan. Dimana pada jarak tersebut, merupakan jarak terdekat dari menara BTS, terkait jarak titik menara dengan garis batas lahan atau batas bangunan tetangga adalah minimal 1/8 tinggi menara (Mendagri, 2009). Pada BTS 1 dan 5 mempunyai

sedikit perbedaan, dimana besarnya radiasi terukur lebih besar dari pada hasil perhitungan, hal ini bisa dipengaruhi oleh besarnya daya yang dipancarkan oleh antenna.

Hasil pengukuran tersebut, kemudian dapat ditentukan nilai tertinggi dan terendah dari radiasi medan elektromagnetik yang dipancarkan oleh BTS, dan ditunjukkan pada Tabel 2. Dari 12 BTS, nilai radiasi EM tertinggi yang diterima oleh antenna untuk posisi vertikal berada pada frekuensi 947 MHz sebesar -4.419 dBm/m^2 sedangkan untuk posisi antenna horisontal, sebesar -7.031 dBm/m^2 pada frekuensi 947 MHz. Pada beberapa gambar terdapat nilai hasil pengukuran yang sangat kecil, hal tersebut bisa saja terjadi karena pada saat pengukuran dilakukan tidak ada data yang terekam pada posisi tersebut.

Dari hasil penelitian ini, besarnya radiasi elektromagnetik yang diperoleh diharapkan dapat dijadikan pertimbangan bagi pemegang kebijakan dalam penyusunan standar nasional, khususnya yang mengatur tentang batas radiasi dan jarak aman menara BTS terhadap pemukiman warga.

Tabel 2 Radiasi EM BTS tertinggi yang diterima oleh antena

BTS	Vertikal		Horisontal	
	Freq (MHz)	Level (dBm/m ²)	Freq (MHz)	level (dBm/m ²)
1	947	-17.883	945	-17.956
2	946	-20.795	946	-18.160
3	959	-15.983	953	-19.515
4	947	-23.124	947	-27.426
5	947	-4.419	947	-7.031
6	942	-20.486	942	-22.350
7	959	-16.090	959	-16.023
8	947	-19.605	946	-24.830
9	948	-25.185	958	-17.966
10	947	-20.221	947	-21.084
11	945	-15.951	945	-27.265
12	948	-22.774	948	-22.774

5. KESIMPULAN

Dari penelitian ini dapat disimpulkan bahwa nilai atau besarnya radiasi elektromagnetik yang diterima pada radius 10m dari beberapa menara BTS di Tangerang Selatan masih sesuai dengan persyaratan yang ditetapkan oleh standar IEEE C.91.2005. Dilihat dari hasil pengukuran dan perhitungan untuk posisi vertikal radiasi elektromagnetik paling besar berada pada frekuensi 947 MHz sebesar -4.419dBm/m², sedangkan untuk posisi antena horizontal, sebesar -7.031 dBm/m² pada frekuensi 947 MHz.

Mengingat sampai dengan saat ini belum ada SNI yang mengatur tentang paparan radiasi elektromagnetik yang diijinkan bagi manusia, maka untuk mencegah gangguan kesehatan masyarakat akibat radiasi ini, perlu dibuat SNI tentang hal tersebut dengan mengacu pada standar IEEE C95.1.

UCAPAN TERIMAKASIH

Pada kesempatan ini penulis menyampaikan rasa terimakasih kepada Program PKPP Kementerian Ristek yang telah mendanai penelitian ini, Kepala Puslit P2SMTP-LIPI, dan Dinas Komunikasi dan Informasi Kota Tangerang Selatan, yang telah memfasilitasi dan bekerjasama dalam penelitian ini. Serta tak lupa pula disampaikan untuk teman-teman Lab EMC P2SMTP LIPI yang telah membantu dalam proses pengukuran dilapangan.

DAFTAR PUSTAKA

- Aaronia AG, (2005), Spectran : Die ersten LowCost HandHeld Spectrumanalysstoren der Welt. Firmware VI.0.D-54597, Strickscheid, Denmark.
- AHSystem Inc, (-----), Typical Conversion Formulas. 9710 Cozycroft AV, Chatsworth, CA 91311
- Bagian Pengelola Teknologi Informasi Pemerintah Kota Tangerang Selatan. (2012), Web Portal Resmi Pemerintah Kota Tangerang Selatan, <http://tangerangselatankota.go.id/main/pag e/template>
- BSEN, (2006), EN 50121-2 Railway Applications-Electromagnetic Compatibility, Part 2: Emission of The Whole Railways System to The Outside World, European Committee for Electrotechnical Standardization.
- GNU Free, (2009), Speedy Wiki, *WNDW: Antena dan pola radiasi*, http://opensource.telkomspeedy.com/wiki/index.php/WNDW:_Antena_dan_pola_radiasi, diakses pada tanggal 23 September 2012
- Ibrani-Pillan, (2008), *Mimoza Human exposure assessment in the vicinity of 900 MHz GSM base station antena*, *Wseas Transactions On Communications*, Issue 4, Volume 7, April 2008 Issn: 1109-2742, 229-234

- IEEE-SA Boards, (2005), *Standard for Safety Levels with Respect to Human Exposure to Radio Frequency Electromagnetic Fields, 3 kHz to 300 GHz*, Institute of Electrical & Engineering Inc.
- Mendagri, (2009), Peraturan Bersama Menteri Dalam Negeri, Menteri Pekerjaan Umum, Menteri Komunikasi Dan Informatika Dan Kepala Badan Koordinasi Penanaman Modal, Nomor: 3/P/2009, Tentang Pedoman Pembangunan Dan Penggunaan Bersama Menara Telekomunikasi
- Nicolas Laurent, (2003), Interactions between Electromagnetic Fields and Biological Tissues: Questions, Some Answers and Future Trends, Cegely Ecole Centrale De Lyon, France, ICS Newsletter July 2003, Vol. 10, No. 2
- Veness. Chris, (2002), Calculate distance, *Bearing And More Between Latitude/Longitude Points*, Movable Type Scripts. scripts-geo@movable-type.co.uk
- , (2006), Pemerintah Ajak Publik Bahas Menara Telekomunikasi, Senin, 26 Juni 2006 16:15 WIB, TEMPO Interaktif, Jakarta
<http://corpsocialresp.blogspot.com/2007/06/radiasi-btsmenara-seluler-aman-bagi.html>.