

RADIASI DI SEKITAR MENARA *BASE TRANSCEIVER STATION* DI BANDUNG DAN JAKARTA

RADIATION AROUND THE BASE TRANSCEIVER STATION IN BANDUNG AND JAKARTA

Athena*, Miko Hananto

Pusat Teknologi Intervensi Kesehatan Masyarakat, Badan Litbangkes, Kemenkes RI, Jl. Percetakan Negara No. 29 Jakarta, Indonesia

*Korespondensi penulis: athenafb@yahoo.com

Submitted : 08-07-2013; Revised : 15-08-2013; Accepted : 13-11-2013

Abstrak

Telah dilakukan penelitian Pengaruh Medan Elektromagnetik Terhadap Kesehatan Masyarakat Di Sekitar Menara Pemancar Telepon Seluler (BTS) di Jakarta dan Bandung bertujuan untuk mengetahui besar pajanan medan elektromagnetik yang berasal dari menara telepon seluler (BTS) dan kondisi kesehatan (kecemasan) masyarakat yang bermukim di sekitar BTS. Disain penelitian adalah cross-sectional dengan jumlah sampel di masing-masing lokasi adalah 10 (7 BTS dengan sistem GSM dan 3 BTS dengan sistem CDMA) yang dipilih secara purposif. Pengumpulan data dilakukan dengan cara pengukuran rapat daya di 16 titik di sekeliling BTS (setiap 22,5° sudut penjuruan) pada jarak 100 meter. Berdasarkan hasil pengukuran tersebut, pada arah dengan rapat daya paling besar, pengukuran dilanjutkan pada jarak 50, 150, 200, 250, dan 300 meter. Alat ukur yang digunakan adalah Radio Frequency Electromagnetic Field Strength Meters SPECTRAN® HF-2025E. Data hasil pengukuran medan elektromagnetik akan dipetakan berdasarkan titik pengukuran di masing-masing BTS, dan dibandingkan dengan peraturan yang ada. Hasil: Pada jarak 100 meter dari BTS, rapat daya frekuensi 900 MHz berkisar antara tidak terdeteksi sampai 396 $\mu\text{W}/\text{cm}^2$ dengan modus 2 $\mu\text{W}/\text{cm}^2$. Pada frekuensi 1800 MHz berkisar antara tidak terdeteksi sampai 282 $\mu\text{W}/\text{cm}^2$ dengan modus 0,4 $\mu\text{W}/\text{cm}^2$ dan pada frekuensi 2200 MHz antara tidak terdeteksi sampai 140 $\mu\text{W}/\text{cm}^2$ dengan modus 13 $\mu\text{W}/\text{cm}^2$. Berdasarkan jarak pengukuran, rapat daya pada frekuensi 900 MHz paling tinggi terukur pada jarak 250 meter dari BTS, sebesar 700 $\mu\text{W}/\text{cm}^2$; frekuensi 1800 MHz, paling tinggi 540 $\mu\text{W}/\text{cm}^2$ terukur pada jarak 100 meter; pada frekuensi 2200 MHz paling tinggi 570 $\mu\text{W}/\text{cm}^2$ terukur pada jarak 250 meter. Kesimpulan: Secara umum radiasi di sekitar BTS telah melampaui masih di bawah nilai yang direkomendasikan oleh WHO dan ITU maupun Keputusan Ditjen Parpostel tahun 2007, tetapi di beberapa titik pengukuran telah melampaui nilai yang direkomendasikan oleh peraturan tersebut. Mengingat efek yang ditimbulkan oleh pajanan radiasi ini bersifat kronis, maka perlu adanya pemantauan besaran radiasi maupun kondisi kesehatan masyarakat di sekitar BTS.

Kata Kunci: Menara telepon seluler, radiasi, medan elektromagnetik

Abstract

Research of Health Effect of Electromagnetic Fields to People around the Base Transceiver Station (BTS) in Jakarta and Bandung. The aim of the research is to study the health effects of BTS existence and BTS radiation exposure to the community who lives near the stations. The research design was cross-sectional with the number of samples in each location was 10 (7 BTSs with GSM system and 3 BTSs with CDMA system). The samples were chosen purposively. Data collection was performed by measuring the power density in 16 points with a radius of 100 meters around the BTS (every 22,5° angle). According to these measurement results, a further measurement was performed for every 50, 150, 200, and 300 meters in the direction where the largest power density was found. The measuring tool used was Radio Frequency Electromagnetic Field Strength Meters SPECTRAN® HF-2025E. Afterwards, electromagnetic field measurement data was mapped based on the measurement points in each BTS and compared with the existing regulations. Result: At a distance of 100 meters from BTS, the power density of 900 MHz wave was ranged from undetected to 396 $\mu\text{W}/\text{cm}^2$ with a modus value of 2 $\mu\text{W}/\text{cm}^2$. For the 1800 MHz wave, the power density was ranged from undetected to 282 $\mu\text{W}/\text{cm}^2$ with a modus value of 0,4 $\mu\text{W}/\text{cm}^2$. Meanwhile, the 2200 MHz wave was found to be ranged from undetected to 140 $\mu\text{W}/\text{cm}^2$ with a modus value of 13 $\mu\text{W}/\text{cm}^2$. Based on the measurement distance, the highest power density of 900 MHz wave was measured at around 700 $\mu\text{W}/\text{cm}^2$ in 250 meters radius from BTS. Conclusion: It can be concluded that generally, the radiation around BTS was still below the threshold recommended by

WHO and ITU, as well as Decree of Director General of Resources and Devices of Post and Informatics year 2007; but there were some points which had radiation value far above the threshold. Considering the effects of exposure to radiation which are chronic, it is necessary to monitor the magnitude of both the radiation and the health of community living near BTS.

Keywords: Base Transceiver Station, radiation, electromagnetic field

Pendahuluan

Menurut Ketua Asosiasi Telekomunikasi Selular Indonesia (ATSI), sekitar 80% masyarakat di Indonesia telah menggunakan telepon seluler. Pesatnya pertumbuhan alat komunikasi tersebut, diikuti dengan maraknya pembangunan *Base transceiver station* (BTS); yaitu bagian dari peralatan yang memfasilitasi komunikasi tanpa kabel antara pengguna peralatan komunikasi dengan jaringannya. Jaringan tersebut merupakan teknologi komunikasi tanpa kabel, dengan sistem *global system for mobile communication* (GSM), atau *code division multiple access* (CDMA). Menara telekomunikasi (BTS) sebagai bagian dari kelengkapan jaringan telekomunikasi sangat diperlukan guna meningkatkan kehandalan cakupan frekuensi telekomunikasi. Pada umumnya BTS berada di pucuk menara yang berfungsi menerima dan meneruskan sinyal melalui gelombang elektromagnetik. Hasil survei Nielsen Company Indonesia menunjukkan bahwa dalam kurun waktu 5 tahun (2005 sampai tahun 2010), pengguna telepon seluler di Indonesia meningkat hampir 3 kali lipat.¹ Hal ini memberi konsekuensi maraknya pembangunan infrastruktur (BTS) untuk memfasilitasi komunikasi tersebut. Pesatnya pembangunan BTS menimbulkan kekhawatiran di masyarakat terhadap kemungkinan terjadinya kecelakaan akibat runtuhnya menara maupun pengaruh radiasi yang ditimbulkannya. Untuk mengatasi munculnya 'hutan menara', pemerintah telah mengeluarkan kebijakan dengan merekomendasikan multi provider dalam satu menara, yaitu dalam satu menara dapat digunakan oleh beberapa provider. Kebijakan tersebut ternyata menambah kekhawatiran masyarakat akan meningkatnya radiasi frekuensi radio yang pada akhirnya dapat memberi dampak buruk terhadap kesehatan, disamping runtuhnya menara.

Di Indonesia, sistem komunikasi selular menggunakan GSM yang bekerja pada frekuensi 1800 MHz, dan 2200 MHz serta sistem CDMA yang bekerja pada frekuensi 900 MHz. Ketika menjalankan fungsinya, yaitu mengirimkan pesan

yang berupa sinyal gelombang elektromagnetik, perangkat komunikasi termasuk BTS akan memancarkan radiasi. Radiasi yang dipancarkan termasuk ke dalam radiasi non pengion, yang meliputi medan listrik (V/m), medan magnet (A/m²) dan rapat daya (W/m²). Apabila medan elektromagnetik tersebut melewati suatu medium ke medium lainnya, medan tersebut akan direfleksikan, direfraksikan, ditransmisikan, atau diabsorpsi; tergantung dari konduktivitas objek yang terpajan dan frekuensi medan. Pada umumnya energi tersebut dapat berubah menjadi energi panas, walaupun tidak semua efek medan elektromagnetik yang diserap akan dikonversikan menjadi panas dan mempengaruhi mekanisme biofisik.² Penelitian/kajian tentang pajanan radiasi maupun dampak kesehatan akibat pajanan medan elektromagnetik yang berasal dari BTS masih sangat terbatas. Hasil penelitian di luar negeri masih memberi hasil yang belum konsisten, tetapi para ahli menyarankan untuk terus dilakukan penelitian mengingat dampak yang ditimbulkan bersifat kronis sehingga memerlukan waktu yang cukup lama untuk timbulnya dampak.^{3,4} Untuk mengantisipasi dampak kesehatan yang mungkin timbul, Pusat Penelitian Ekologi dan Status Kesehatan yang berganti nama menjadi Pusat Teknologi Intervensi Kesehatan Masyarakat melakukan Penelitian dengan judul "Pengaruh Medan Elektromagnetik Terhadap Kesehatan Masyarakat Di Sekitar Menara Pemancar Telepon Seluler (BTS) di Jakarta dan Bandung", dengan tujuan untuk mengetahui pengaruh pajanan medan elektromagnetik (radiasi) yang berasal dari menara telepon seluler (BTS) terhadap kesehatan (termasuk kecemasan) masyarakat yang bermukim di sekitar BTS. Tulisan ini merupakan bagian dari penelitian tersebut yang membahas tentang besar radiasi (rapat daya) dan gangguan kesehatan yang sering dikeluhkan masyarakat di sekitar menara BTS.

Metode

Penelitian ini dilakukan di DKI Jakarta dan Kota Bandung. Dipilihnya kedua lokasi tersebut

dengan pertimbangan bahwa kepadatan menara BTS maupun tingkat kepadatan penduduknya cukup tinggi. Populasi studi adalah seluruh BTS yang ada di DKI Jakarta dan Bandung. Sebagai sampel, dari masing-masing lokasi akan diambil sejumlah 10 BTS (7 BTS dengan sistem GSM dan 3 BTS dengan sistem CDMA). Pemilihan BTS dilakukan secara purposif dengan mempertimbangkan asal operator/provider dan kepadatan penduduk di sekitar BTS. Data lokasi BTS di masing-masing kota diperoleh dari Dinas Tata Ruang dan Cipta Karya Provinsi Jawa Barat dan DKI Jakarta. Dengan mempertimbangkan proporsi jumlah BTS setiap operator di masing-masing kota, terpilih sampel BTS dengan sistem GSM PT Indosat (sebanyak 3 BTS), PT Telkomsel (2 BTS), PT Satelindo (1 BTS), dan PT Exelcomindo Pratama (1 BTS). Untuk BTS sistem CDMA, masing-masing operator diambil sampel 1 BTS yaitu PT. Telkom, dan PT Mobile-8.

Untuk mendapat gambaran rapat daya paling kuat/besar, dilakukan dengan cara melakukan pengukuran di 16 titik sekeliling BTS pada jarak 100 meter (setiap $22,5^\circ$ sudut penjuruan angin). Setiap titik pengukuran diukur medan elektromagnetiknya pada frekuensi 900 MHz, 1800 MHz, dan 2200 Mhz. Berdasarkan hasil pengukuran tersebut, pada arah dengan rapat daya paling besar, pengukuran dilanjutkan pada jarak 50, 150, 200, dan 300 meter (Gambar 1). Alat ukur yang digunakan adalah *Radio Frequency Electromagnetic Field Strength*

Meters SPECTRAN® HF-2025E (Gambar 2). Pengukuran dilakukan oleh peneliti dan litkayasa Pusat Penelitian dan Pengembangan Ekologi Kesehatan, Badan Litbang Kesehatan bekerjasama dengan Pusat Penelitian Tenaga Listrik dan Mekatronika dan Pusat Penelitian Elektronika dan Telekomunikasi LIPI Bandung. Data hasil pengukuran medan elektromagnetik dipetakan berdasarkan titik pengukuran di masing-masing BTS, dan dibandingkan dengan peraturan yang berlaku. Batas pajanan radiasi medan elektromagnetik menurut standar yang dikeluarkan WHO (*World Health Organization*) dan ITU (*The International Telecommunications Union*) masing-masing $4,5 \text{ Watt/m}^2$ atau $450 \mu\text{Watt/cm}^2$ untuk perangkat yang menggunakan frekuensi 900 MHz dan 9 Watt/m^2 atau $900 \mu\text{Watt/cm}^2$ untuk 1.800 MHz. Standar yang dikeluarkan IEEE C95.1-1991 sedikit lebih tinggi yaitu 6 Watt/m^2 atau $600 \mu\text{Watt/cm}^2$ untuk frekuensi 900 MHz dan 12 Watt/m^2 atau $1200 \mu\text{Watt/cm}^2$ untuk perangkat berfrekuensi 1.800 MHz (*IEEE Standards Association*, 1991). Peraturan Direktur Jenderal Pos dan Telekomunikasi nomor 066/Dirjen/2007 tentang Persyaratan Teknis Alat dan Perangkat Telekomunikasi *Base Station Broadband Wireless Access (BWA) Nomadic* menyatakan bahwa batas pajanan radiasi pada frekuensi tersebut sebesar 1 Watt/m^2 atau $100 \mu\text{Watt/cm}^2$



Gambar 1. Pola Pemetaan Rapat Daya dan Pengukuran Arah Pancaran Terbesar di Lokasi BTS, 2009



Gambar 2. Alat Ukur Rapat Daya, 2009

Untuk mengetahui gangguan kesehatan masyarakat di sekitar BTS, dilakukan dengan wawancara menggunakan kuesioner. Sebagai unit analisis gangguan kesehatan (termasuk kecemasan) adalah penduduk/individu di rumah tangga. Populasi adalah seluruh anggota rumah tangga yang bertempat tinggal di sekitar BTS, sedangkan sebagai sampel adalah masyarakat terpilih yang bertempat tinggal di sekitar BTS dalam radius 50-300 meter. Jumlah sampel yang diambil di sekitar masing-masing BTS di setiap jarak pengukuran adalah 6 orang atau 30 orang/BTS. Jumlah sampel seluruhnya adalah 30 orang x 20 BTS = 600 orang. Responden adalah salah satu anggota rumah tangga (ART) dewasa berusia antara 17 sampai 56 tahun yang paling sering berada di rumah dan mengetahui kondisi rumah tangga.

Hasil

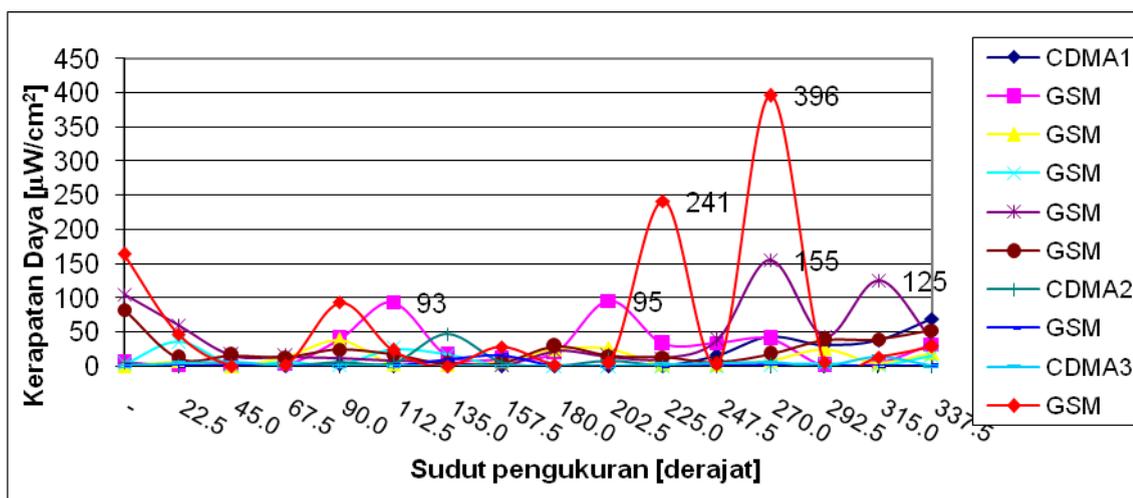
Pengukuran rapat daya di Jakarta dilakukan di 10 lokasi yaitu: Pal Batu, Jl. 20 Des Cengkareng, Jl. Pramuka (CDMA), Kembangan Utara, Kampung Baru, Rawasari, Jl Warakas, Pal Batu VI, Kramat Jati dan Condet (GSM). Untuk Bandung adalah BTS yang berada di Jl Pasir Impun, Jl Sadangserang, Jl Gegerkalong (CDMA), Jl Sukaharja, Jl Sarijadi, Jl Siliwangi, Jl Pasir Honje, Jl Jati Handap, Rancabolang, dan Jl Cisitu (GSM). Dari seluruh BTS yang disurvei menunjukkan bahwa rapat daya yang terukur berada dalam rentang yang cukup lebar, yaitu mulai dari tidak terdeteksi sampai dengan ratusan $\mu\text{W}/\text{cm}^2$. Hal ini berarti bahwa rapat daya yang terukur, secara statistik tidak mengikuti distribusi normal. Untuk kepentingan pengolahan data dan penyajian hasil pengukuran akan ditampilkan dalam bentuk rentang, dan mode (mode). Rapat daya pada jarak 100 meter frekuensi 900 MHz terukur mulai dari 0,1 $\mu\text{W}/\text{cm}^2$ sampai 396 $\mu\text{W}/\text{cm}^2$, pada frekuensi 1800 MHz adalah mulai dari 0,2 $\mu\text{W}/\text{cm}^2$ sampai 540 $\mu\text{W}/\text{cm}^2$ dan pada 2300 MHz mulai tidak terdeteksi sampai 140 $\mu\text{W}/\text{cm}^2$. Rapat daya pada frekuensi 900 MHz paling tinggi terukur di sekitar BTS dengan sistem GSM di Bandung sebesar 396 $\mu\text{W}/\text{cm}^2$, median sebesar 18 $\mu\text{W}/\text{cm}^2$ dan mode 2 $\mu\text{W}/\text{cm}^2$. Untuk frekuensi 1800 MHz paling tinggi terukur di sekitar BTS dengan sistem GSM di Jakarta sebesar 540 $\mu\text{W}/\text{cm}^2$, dengan median 29 $\mu\text{W}/\text{cm}^2$ dan mode 15 $\mu\text{W}/\text{cm}^2$. Rapat daya pada frekuensi 2200 MHz terukur di BTS di Jakarta sebesar 140 $\mu\text{W}/\text{cm}^2$ median 11,5 $\mu\text{W}/\text{cm}^2$ dan mode 13,0 $\mu\text{W}/\text{cm}^2$ (Tabel 1).

Tabel 1. Rentang dan Nilai Mode Rapat Daya Berdasarkan Frekuensi Pada Jarak 100 Meter Dari BTS di Bandung dan Jakarta, 2009

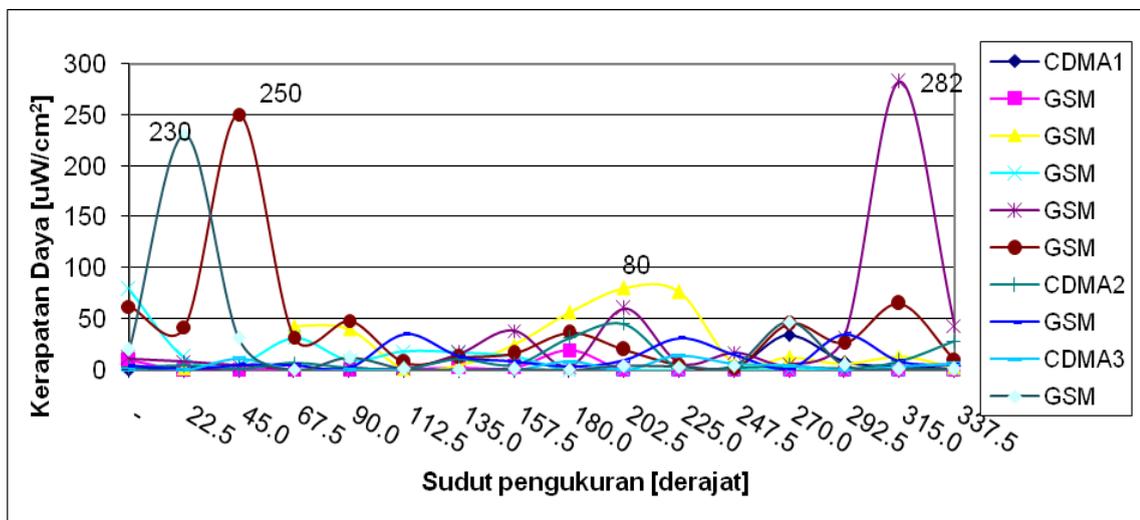
Lokasi/ Sistem BTS	Rapat daya ($\mu\text{W}/\text{cm}^2$) 900 MHz		Rapat daya ($\mu\text{W}/\text{cm}^2$) 1800 MHz		Rapat daya ($\mu\text{W}/\text{cm}^2$) 2200 MHz	
	Rentang	Mode	Rentang	Mode	Rentang	Mode
Bandung						
CDMA1	0,07 - 69	0,07	0,4 - 34	3	0,03 - 5	0,1
CDMA2	0,1 - 47	1,1	0,9 - 45	0,9	tt - 1,2	tt
CDMA3	tt -14	0	tt - 11	0	tt	tt
GSM1	1 -95	1	0,1 - 19	0,1	tt - 4	tt
GSM2	1,5 - 38	3	1 - 80	6	0,1 - 1	0,2
GSM3	1- 36	2	6 - 79	6	0,7 - 16	2
GSM4	0,9 - 155	11	0,4 - 282	0,4	tt - 23	tt
GSM5	3 -82	13	0,9 - 250	0,9	2 -25	16
GSM6	0,1 - 16	0,5	0,6 - 35	5	tt - 17	tt
GSM7	0,2 - 396	2	0,09 - 230	1	tt - 57	tt

Lanjutan Tabel 1.

Lokasi/ Sistem BTS	Rapat daya ($\mu\text{W}/\text{cm}^2$) 900 MHz		Rapat daya ($\mu\text{W}/\text{cm}^2$) 1800 MHz		Rapat daya ($\mu\text{W}/\text{cm}^2$) 2200 MHz	
	Rentang	Mode	Rentang	Mode	Rentang	Mode
Jakarta						
CDMA1	0,6 - 220	0,6	2 - 121	2	0,22 - 40	11
CDMA2	0,4 - 174	23	1 - 180	4	tt	tt
CDMA3	0,6 - 175	0,6	15 - 540	15	1 - 20	8
GSM1	0,1 - 80	0,11	0,3 - 31,9	0,3	0,1 - 14,2	0,09
GSM2	0,1 - 25	3	0,2 - 20	1,2	0,1 - 25	0,4
GSM3	0,8 - 84	16	1,04 - 66,4	19	0,2 - 140	13
GSM4	3 - 300	5	2 - 107	6	tt - 15	4
GSM5	1 - 270	16	2 - 125	5	3 - 23	3
GSM6	2 - 200	10	0,5 - 40	2	0,2 - 34	1
GSM7	0,1 - 140	4	0,4 - 88	3	0,4 - 15	1



Gambar 3. Rapat Daya Frekuensi 900 Mhz Pada Jarak 100 Meter dari BTS, Bandung, 2009



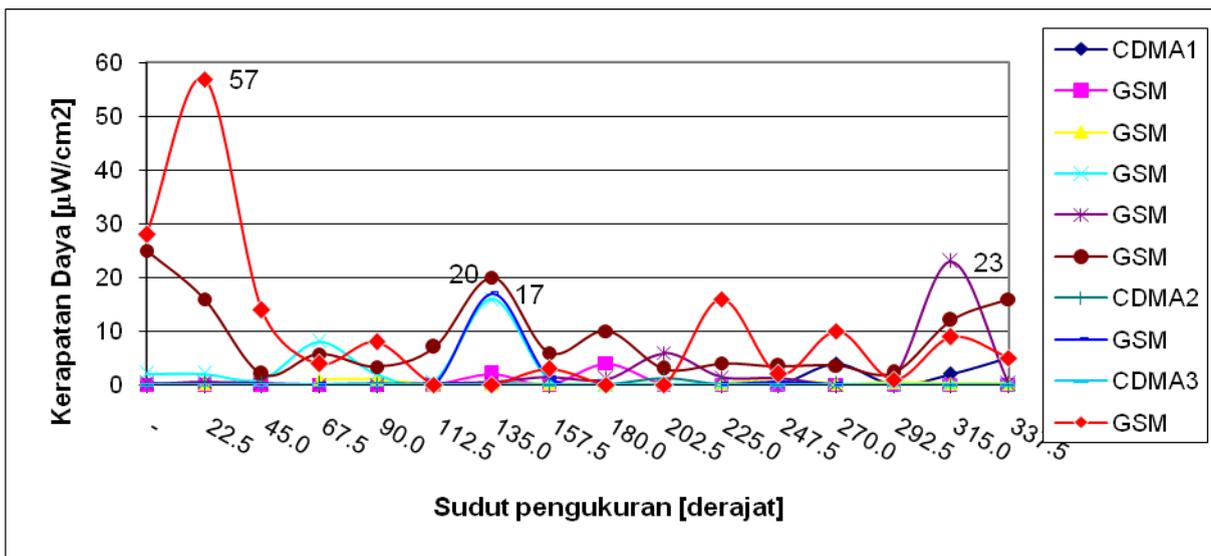
Gambar 4. Rapat Daya Frekuensi 1800 Mhz Pada Jarak 100 Meter dari BTS, Bandung, 2009

Apabila hasil pengukuran pada berbagai posisi (sudut tertentu dari BTS) dipetakan, dapat terlihat bahwa besar pajanan (rapat daya) mengarah pada arah tertentu dengan besaran sudut bervariasi. Hasil pengukuran di Bandung pada seluruh BTS yang bekerja pada frekuensi 900 MHz, rapat daya maksimum mengarah diantara sudut 180° sampai 270° atau berada di kuadran 3 dalam lingkaran BTS (Gambar 3).

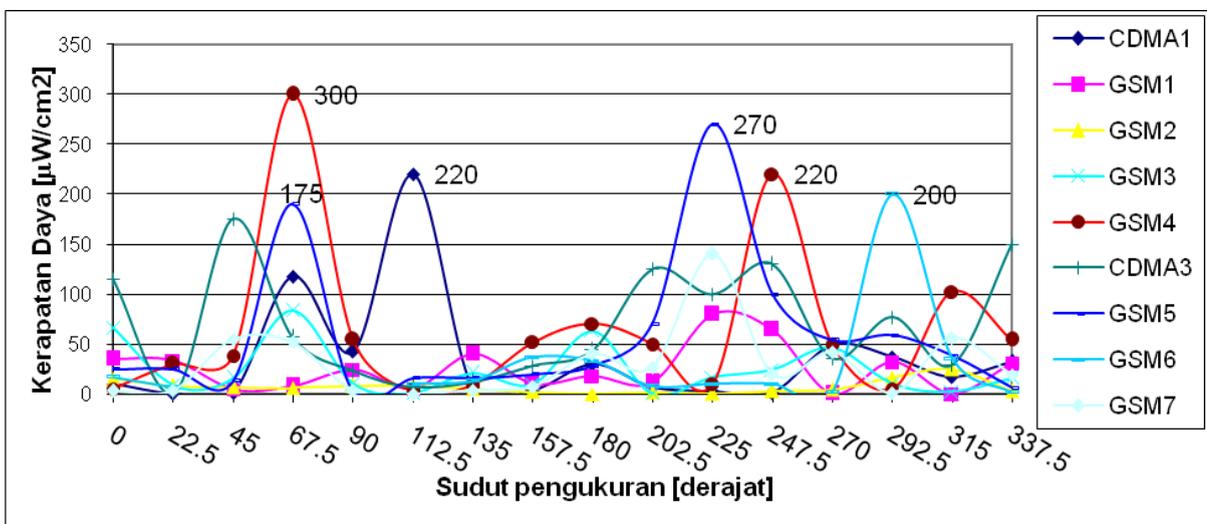
Demikian juga pada seluruh BTS yang bekerja pada frekuensi 1800 MHz dan 2200 MHz,

pola distribusi rapat daya mengarah pada satu arah; yaitu diantara sudut 270° sampai $67,5^{\circ}$ atau berada di diantara kuadran 4 dan 1 dalam lingkaran BTS (Gambar 4 dan 5).

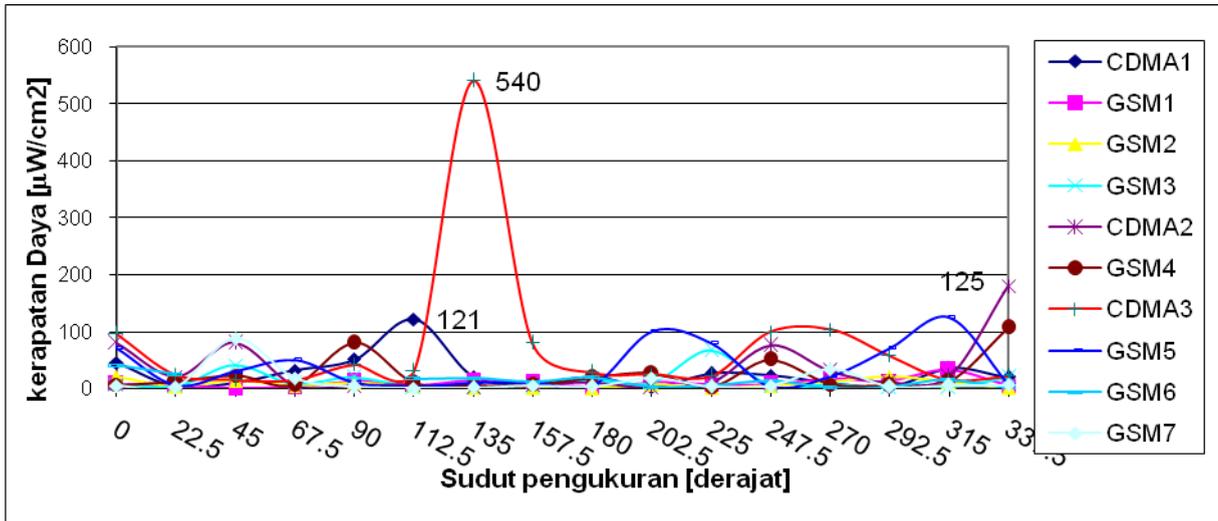
Hasil pengukuran di Jakarta pada seluruh BTS yang bekerja pada frekuensi 900 MHz, rapat daya maksimum mengarah diantara sudut 45° sampai 135° atau berada di kuadran dan $202,5^{\circ}$ sampai $292,5^{\circ}$ atau kuadran 3 dalam lingkaran BTS (Gambar 6).



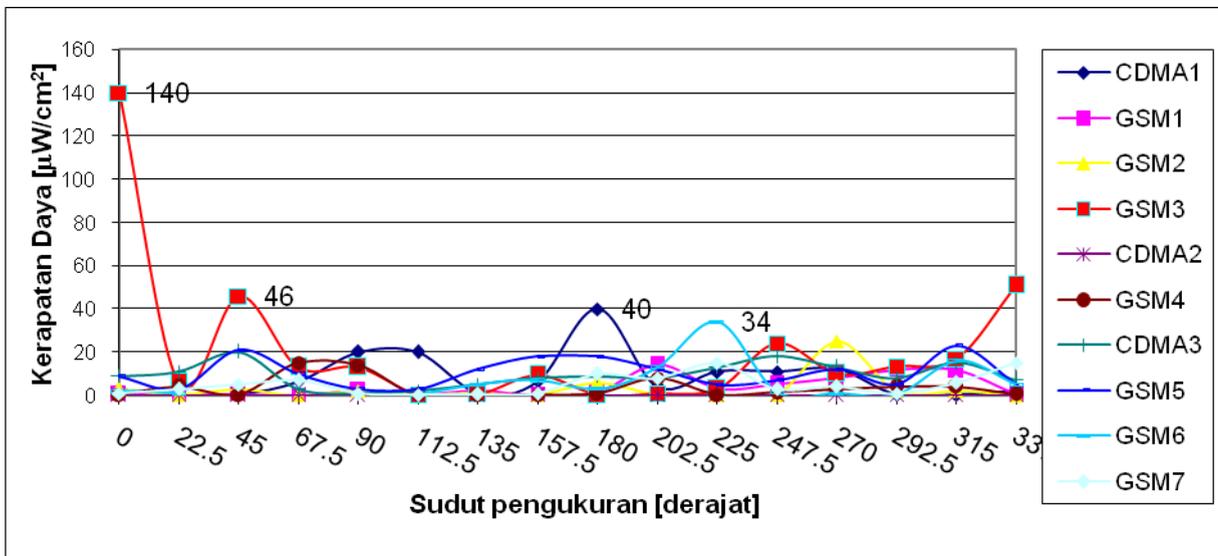
Gambar 5. Rapat Daya Frekuensi 2200 MHz pada Jarak 100 meter dari BTS Bandung, 2009



Gambar 6. Rapat Daya Frekuensi 900 Mhz Pada Jarak 100 meter dari BTS, Jakarta, 2009



Gambar 7. Rapat Daya Frekuensi 1800 MHz pada Jarak 100 meter dari BTS, Jakarta, 2009



Gambar 8. Rapat Daya Frekuensi 2200 MHz pada Jarak 100 meter dari BTS, Jakarta, 2009

Pada seluruh BTS yang bekerja pada frekuensi 1800 MHz, pola distribusi rapat daya mengarah pada satu arah; yaitu diantara sudut $112,5^{\circ}$ sampai $157,5^{\circ}$ atau berada di diantara kuadran 2 dan 1 dalam lingkaran BTS (Gambar 7).

Pada seluruh BTS yang bekerja pada frekuensi 2200 MHz, pola distribusi rapat daya mengarah pada 3 arah; yaitu diantara sudut 0° sampai $67,5^{\circ}$ atau berada di diantara kuadran 1 dan diantara sudut $157,5^{\circ}$ sampai $247,5^{\circ}$ atau kuadran 2 dan 3 dalam lingkaran BTS (Gambar 8).

Berdasarkan jenis sistemnya, hasil pengukuran Bandung maupun di Jakarta pada frekuensi 900, 2200 MHz rapat daya yang terukur di BTS dengan sistem GSM (masing-masing sebesar $396 \mu\text{W}/\text{cm}^2$, $140 \mu\text{W}/\text{cm}^2$) lebih tinggi dari CDMA (masing-masing sebesar $220 \mu\text{W}/\text{cm}^2$, $40 \mu\text{W}/\text{cm}^2$). Hasil pengukuran pada frekuensi 1800 MHz di Jakarta, rapat daya maksimum di sekitar BTS sistem CDMA lebih tinggi ($540 \mu\text{W}/\text{cm}^2$) daripada GSM ($180 \mu\text{W}/\text{cm}^2$).

Hasil pengukuran rapat daya pada berbagai jarak (50 m, 100 m, 150 m, 200 m, 250 m, dan 300m dapat dilihat pada Tabel 2. Rapat daya pada frekuensi 900 MHz paling tinggi terukur pada jarak 250 meter dari BTS, sebesar $700 \mu\text{W}/\text{cm}^2$ dengan median sebesar $136 \mu\text{W}/\text{cm}^2$ dan modus $136 \mu\text{W}/\text{cm}^2$. Apabila dilihat dari nilai modus (nilai yang sering muncul) maupun median (nilai tengah), yang paling tinggi adalah $136 \mu\text{W}/\text{cm}^2$. Hal ini berarti bahwa rapat daya yang terukur pada jarak 250 m pada frekuensi 900 MHz pada umumnya tidak lebih dari $136 \mu\text{W}/\text{cm}^2$. Untuk frekuensi 1800 MHz, rapat daya paling tinggi $540 \mu\text{W}/\text{cm}^2$ terukur pada jarak 100 m dengan median sebesar $80 \mu\text{W}/\text{cm}^2$ dan modus $14 \mu\text{W}/\text{cm}^2$. Rapat daya pada frekuensi 2200 MHz paling tinggi terukur $570 \mu\text{W}/\text{cm}^2$ dengan median sebesar $6 \mu\text{W}/\text{cm}^2$ dan modus $1 \mu\text{W}/\text{cm}^2$. Rapat daya pada frekuensi 2200 MHz cenderung rendah jika dibandingkan dengan hasil pengukuran pada frekuensi 900 MHz maupun 1800 MHz.

Apabila dibandingkan dengan nilai standar yang ada, rapat daya frekuensi 900 MHz pada beberapa titik pengukuran 50 m dan 250 m telah melampaui nilai standar sebesar yang direkomendasikan oleh WHO dan ITU) sebesar $4,5 \text{ W}/\text{m}^2$, maupun nilai yang direkomendasikan Peraturan

Dirjen Postel 066/Dirjen/2007 sebesar $1 \text{ W}/\text{m}^2$. Untuk rapat daya pada frekuensi 1800 MHz, hasil pengukuran pada berbagai jarak tidak ada yang melebihi nilai yang ditetapkan oleh WHO yang menyatakan bahwa rapat daya tidak melebihi $9 \text{ W}/\text{m}^2$ atau $900 \mu\text{W}/\text{cm}^2$; tetapi telah melampaui batas radiasi yang ditetapkan oleh Peraturan Dirjen Postel 066/Dirjen/2007. Nilai tertinggi terukur pada jarak 100 meter, sampai $540 \mu\text{W}/\text{cm}^2$ meter atau 5 kali peraturan tersebut. Untuk frekuensi 2200 MHz, rapat daya yang terukur pada jarak 250 meter dan 300 meter dari BTS telah melebihi standar yang diusulkan oleh peraturan Dirjen Postel 066/Dirjen/2007. Nilai tertinggi terukur pada jarak tersebut sampai $700 \mu\text{W}/\text{cm}^2$ atau 7 kali nilai yang direkomendasikan peraturan tersebut.

Gambaran Kesehatan Masyarakat Di Sekitar BTS

Dari hasil wawancara menunjukkan bahwa 35,2% responden di Bandung dan 42,2% responden di Jakarta tidak mempunyai keluhan tentang kesehatannya. Dari sekitar 60% responden baik di Bandung maupun di Jakarta yang mempunyai keluhan kesehatan sekitar 19% mengeluh sering mengalami pusing/sakit kepala. Keluhan lainnya adalah batuk dan demam (20% responden di

Tabel 2. Rapat Daya Berdasarkan Jarak dan Frekuensi BTS di Kedua Lokasi Penelitian, 2009

Jarak dari BTS	Rapat daya 900 ($\mu\text{W}/\text{cm}^2$)			Rapat daya 1800 ($\mu\text{W}/\text{cm}^2$)			Rapat daya 2200 ($\mu\text{W}/\text{cm}^2$)		
	Rentang	Med	Mod	Rentang	Med	Mod	Rentang	Med	Mod
Bandung									
50 m	3 – 600	136	136	2 – 212	52,5	80	3 – 58	9	15
100 m	14 – 446,2	116	14	14 – 540	84	14	2 – 360	16	15
150 m	3 – 150	14,5	20	0,7 – 417	5,55	1	1 -130	5	3
200 m	0,7 – 270	40	3	2 – 300	14,25	2	1,5 – 235	5	4
250 m	1,5 - 700	9	1,5	0,6 45	4	1	1 – 570	6	1
300 m	0,74 – 151	16	19	0,7 – 15	6	6	0,6 – 531	4,5	4
Jakarta									
50 m	tt – 600	236	300	2 – 212	25,5	80	0 – 30	8	15
100 m	16,5 – 600	157	-	20 – 540	97,5	-	14,2 – 140	20	2
150 m	tt – 550	14,5	20	tt – 417	7	4	tt -130	2	3
200 m	tt – 185	21,4	42	tt – 300	7,8	34	tt – 50	1,6	tt
250 m	tt - 56	5,5	-	tt - 15	2,6	4	tt – 21	0,3	1
300 m	tt – 19,0	5,4	19	tt– 15	5,5	6	tt– 15	1,1	15

Bandung dan 15,7% responden di Jakarta). Sekitar 5% menderita penyakit degeneratif seperti darah tinggi, stroke, dan diabetes mellitus (DM). Keluhan kesehatan lainnya adalah rheumatik, pegal, termasuk asam urat (responden di Bandung: 10,4% , reponden di Jakarta 8,1%). Terdapat 0,6% (2 orang) responden di Jakarta menyatakan ada anggota rumah tangga yang menderita tumor, sedangkan di Bandung tidak ditemukan responden yang menderita tumor. Dari 64,8% responden di Bandung dan 57,8% responden di Jakarta yang mengalami gangguan kesehatan lebih dari 40% berobat ke pelayanan kesehatan (Tabel 3).

Gangguan kesehatan yang dirasakan responden dalam 3 bulan terakhir, proporsi responden di Bandung yang mengalami gangguan lebih tinggi dari pada di Jakarta. Dalam hal gangguan sulit tidur, 31,5% responden di Bandung dan 24,9 % di Jakarta mengalami sulit tidur. Proporsi responden yang mengalami sakit kepala dalam 3 bulan terakhir di Bandung (47,3%) lebih tinggi daripada di Jakarta (40,1%). Dalam hal merasa cemas, 34,5% responden di Bandung dan 20,4% responden di Jakarta sering merasa cemas dalam 3 bulan terakhir. Lebih dari 30,0 % responden baik di Bandung (39,9%) maupun di Jakarta (30,0%) sering merasa khawatir terhadap lingkungan sekitarnya (Tabel 3.).

Tabel 3. Gangguan Kesehatan Yang Sering Dirasakan Responden

Parameter	Bandung (n=298)		Jakarta (n=357)	
	n	%	n	%
Gangguan kesehatan yang seringdirasakan				
1. Batuk, demam	62	20,8	56	15,7
2. Rheumatik, pegal , asam urat	31	10,4	29	8,1
3. Pusing, skt kepala	59	19,8	67	18,8
4. Darah tinggi,jantung stroke, DM	13	4,4	19	5,3
5. Infeksi ginjal	4	1,3	0	0,0
6. Kulit (gatal-gatal)	1	0,3	0	0,0
7. Saluran pernafasan (bronchitis)	5	1,7	10	2,8
8. Pencernaan	12	4,0	12	3,4
9. Kesemutan	2	0,7	3	0,8
10. Tumor	0	0,0	2	0,6
11. Batuk, demam, dan pusing	1	0,3	3	0,8
12. Demam dan gangg sal nafas	0	0,0	1	0,3
13. Demam dan gangg pencernaan	0	0,0	1	0,3
14. <i>Stress</i>	0	0,0	1	0,3
15. Pegal-pegal dan sakit kepala	3	1,0	1	0,3
Total	193	64,8	206	57,8
Barobat ke yankes				
1. Tidak	101	52,3	176	57,5
2. Ya	92	47,7	130	42,5
Gangguan kesehatan dalam 3 bulan				
A. Sulit tidur				
1. Tidak	204	68,5	268	75,1
2. Ya	94	31,5	89	24,9
B. Sakit kepala				
1. Tidak	177	53,7	214	59,9
2. Ya	141	47,3	143	40,1
C. Merasa cemas				
1. Tidak	195	65,5	284	80,6
2. Ya	103	34,5	73	20,4
D. Khawatir thd lingkungan				
1. Tidak	179	60,1	250	7,0
2. Ya	119	39,9	107	30,0

Pembahasan

Rapat daya di sekitar BTS terukur dengan rentang yang cukup lebar, mulai dari beberapa $\mu\text{Watt}/\text{cm}^2$ sampai beberapa ratus $\mu\text{Watt}/\text{cm}^2$. Apabila dipetakan, hasil pengukuran rapat daya di sekeliling BTS menunjukkan adanya rapat daya lebih besar pada arah tertentu. Hasil pengukuran pada jarak 100 meter baik di Bandung maupun di Jakarta menunjukkan bahwa rapat daya pada frekuensi 900 MHz, 1800 MHz, maupun 2200 MHz terukur sampai beberapa ratus $\mu\text{W}/\text{cm}^2$ (masing-masing 136 $\mu\text{W}/\text{cm}^2$, 540 $\mu\text{W}/\text{cm}^2$ dan 360 $\mu\text{W}/\text{cm}^2$); akan tetapi modus (besar rapat daya yang paling sering terukur) paling tinggi berada pada nilai tidak terdeteksi sampai dengan 16 $\mu\text{W}/\text{cm}^2$ (Tabel 1). Hanya pada lokasi dan arah tertentu rapat daya terukur cukup tinggi, hal ini terjadi karena biasanya provider (perusahaan yang menyediakan berbagai layanan) telepon seluler mengarahkan antenna hanya ke salah satu arah. Sesuai dengan fungsi BTS, yaitu menjembatani perangkat komunikasi pengguna dengan jaringan menuju jaringan lain; maka setiap provider mengarahkan antenanya ke arah sasarannya (pengguna) agar sinyal yang besar diterima oleh sasaran yang diinginkan. Konsekuensinya besaran radiasi (rapat daya) yang dipancarkannya akan maksimum pada arah tertentu sesuai dengan arah antena atau pengguna terbanyak. Apabila rapat daya hasil pengukuran dibandingkan dengan nilai yang direkomendasikan oleh WHO dan ITU yang menyatakan bahwa rapat daya pada 900 MHz sebaiknya tidak melebihi 4,5 W/m^2 atau 450 $\mu\text{W}/\text{cm}^2$, maka beberapa titik pengukuran baik yang berjarak cukup dekat maupun yang jauh; telah melampaui nilai yang direkomendasikan oleh WHO dan ITU walaupun secara nilai modus rapat daya yang terukur masih jauh di bawah nilai yang direkomendasikan peraturan tersebut. Beberapa negara termasuk Indonesia sudah mulai memperketat besar maksimum pancaran yang diperbolehkan, seperti Canada dengan batas pancaran 3 W/m^2 , *New Zealand* 2 W/m^2 , Italia 0,16 W/m^2 dan negara lain semakin memperketat batas pancaran (*IEEE Standards Association*, 1991), sedangkan China merupakan salah satu negara di Asia yang sudah menetapkan standar untuk batas pancaran sebesar 2 W/m^2 . Indonesia menetapkan batas radiasi medan elektromagnetik (rapat daya) sebesar 1 W/m^2 atau 100 $\mu\text{W}/\text{cm}^2$. Apabila hasil pengukuran pada penelitian ini dibandingkan dengan standar tersebut, beberapa titik yang terukur telah me-

lampau standar yang ditetapkan; tetapi nilai secara modus masih lebih kecil. Untuk rapat daya pada frekuensi 1800 MHz, WHO merekomendasikan rapat daya tidak melebihi 9 W/m^2 atau 900 $\mu\text{W}/\text{cm}^2$. Rapat daya pada frekuensi 1800 MHz yang terukur pada penelitian ini tidak ada yang melebihi nilai tersebut. Apabila dibandingkan dengan standar yang lebih ketat seperti Austria, Polandia, Itali, Selandia Baru, Kanada maupun Indonesia; beberapa titik pengukuran pada penelitian ini telah melampaui nilai yang direkomendasikan standar tersebut. Apabila dibandingkan dengan hasil penelitian Anies tahun 2009, yang menunjukkan bahwa radiasi pada frekuensi 1800 di sekitar BTS sebesar 0,55 W/m^2 atau 55 $\mu\text{W}/\text{cm}^2$; hasil pengukuran pada penelitian ini sedikit lebih tinggi (nilai modus tertinggi sebesar 80 $\mu\text{W}/\text{cm}^2$). Untuk frekuensi 2200 MHz, hanya Indonesia yang telah mengatur batas radiasi pada frekuensi ini; yaitu sebesar 1 W/m^2 atau 100 $\mu\text{W}/\text{cm}^2$. Apabila dibandingkan dengan peraturan tersebut, beberapa titik pada penelitian ini telah melampaui batas radiasi yang ditetapkan. Demikian juga apabila dibandingkan dengan pengukuran yang dilakukan oleh WHO, yang mendeteksi rapat daya sebesar 0,1 W/m^2 atau 100 $\mu\text{W}/\text{cm}^2$ (tidak menyebutkan frekuensinya); beberapa titik pengukuran pada penelitian ini terukur lebih besar (rapat daya paling tinggi hampir 4 kalinya). Berdasarkan frekuensi pengukuran, terlihat adanya penurunan rapat daya seiring dengan besarnya frekuensi. Semakin besar frekuensi, rapat daya yang terukur semakin kecil. Kondisi ini kemungkinan disebabkan karena frekuensi 2200 MHz adalah frekuensi relatif baru yang dipergunakan untuk 3G, penggunaannya belum sebanyak GSM ataupun CDMA sehingga pancaran medan elektromagnetiknya tidak sebesar kedua provider dengan frekuensi 900 atau 1800 MHz. Berdasarkan jarak pengukuran, tidak terlihat adanya pola yang jelas antara jarak pengukuran dengan besaran rapat daya. Rapat daya pada frekuensi 900 MHz paling tinggi terukur pada jarak 250 meter dari BTS (700 $\mu\text{W}/\text{cm}^2$), pada frekuensi 1800 MHz rapat daya paling tinggi (540 $\mu\text{W}/\text{cm}^2$) terukur pada jarak 100 m, dan pada frekuensi 2200 MHz paling tinggi terukur pada jarak 250 meter (540 $\mu\text{W}/\text{cm}^2$). Hal ini disebabkan karena terdapat faktor lain seperti ketinggian menara, besarnya daya pancar, dan kemiringan antenna disamping jarak. Arah dan kemiringan antenna untuk setiap BTS berbeda dan dapat berubah setiap saat tergantung dari sasaran dari provider yang bersangkutan, biasanya

ditujukan pada penduduk yang paling padat. Ketentuan teknis untuk perangkat BTS (arah, ketinggian, besar pancaran, dan lain-lain) telah ditetapkan melalui peraturan Dirjen Postel 066/Dirjen/2007. Setiap provider dapat mengkombinasikan beberapa ketentuan dalam peraturan tersebut, seperti arah antenna dengan ketinggian dan kemiringan tertentu sesuai dengan tujuan sasarnya.

Dampak radiasi gelombang radio terhadap kesehatan manusia, tidak lepas dari energi yang dihasilkan oleh perangkat tersebut. Pancarannya selalu mengikuti kaidah pancaran radiasi gelombang elektromagnetik sesuai dengan spektrum elektromagnetik yang dikelompokkan berdasarkan panjang gelombang, frekuensi, serta efeknya. Di samping efek radiasi, pemancar berfrekuensi tinggi ini juga menghasilkan efek termal di sekitar pemancarnya. Semakin tinggi frekuensi suatu pemancar, semakin tinggi pula panas yang dihasilkan. Sebagai contoh, pemancar berfrekuensi 1.900 MHz dapat menghasilkan panas sampai 200°C dalam radius dua meter. Dalam penelitian ini, gambaran kesehatan responden di sekitar BTS diperoleh dengan menanyakan gangguan kesehatan yang sering dirasakan dan gangguan kesehatan yang dirasakan oleh anggota rumah tangga dalam 3 bulan terakhir. Hasil menunjukkan bahwa sekitar 60% responden baik di Bandung maupun di Jakarta mempunyai keluhan kesehatan yang bersifat umum seperti pusing/sakit kepala, batuk dan demam, menderita penyakit degeneratif seperti darah tinggi, stroke, dan diabetes mellitus (DM). Keluhan tersebut sulit dikaitkan dengan pajanan medan elektromagnetik yang berasal dari BTS, karena selain tidak spesifik juga belum diketahui target organ dari pajanan medan elektromagnetik. Hasil penelitian ini sesuai dengan hasil penelitian tentang dampak radiasi maupun efek termal dari BTS sebelumnya yang masih kontroversial. Hasil penelitian di beberapa negara menyebutkan bahwa tidak ada hubungan antara paparan gelombang elektromagnetik yang berasal dari BTS GSM atau CDMA dengan penyakit kanker dan beberapa gangguan fisik dan kognitif.⁵ Hasil *workshop* WHO tahun 2005 tentang pajanan dan konsekuensi kesehatan dari BTS yang meliputi studi efek termal dari medan elektromagnetik yang berasal dari BTS, studi tentang hipersensitif karena medan elektromagnetik dari BTS, studi epidemiologi kriteria dosis untuk pajanan dari BTS menunjukkan bahwa hasil-hasil penelitian maupun

kajian tersebut masih belum konsisten.^{4,5} Tetapi penelitian lain menyatakan bahwa diantara anggota rumah tangga di sekitar BTS mempunyai riwayat tumor.⁶ Goel, Aaruni dkk menyatakan bahwa pajanan medan elektromagnetik dari telepon selular termasuk BTS perlu diperhatikan karena mempunyai efek termal yang dapat berpengaruh terhadap kesehatan.⁷ Masih kontroversialnya hasil-hasil penelitian tentang pengaruh radiasi dari BTS, tidak berarti bahwa hal tersebut tidak menimbulkan masalah kesehatan; karena konsensus *International Scientific Community*⁶ menyebutkan bahwa energi dari BTS sangat kecil kemungkinannya untuk menimbulkan risiko kesehatan sepanjang tidak kontak secara langsung; tetapi dalam konsensus tersebut juga disebutkan bahwa hal tersebut perlu diwaspadai karena BTS mempunyai energi dan karakteristik yang sangat bervariasi.

Kesimpulan

- Besar pancaran radiasi medan elektromagnetik yang terukur di kedua lokasi penelitian berada dalam rentang yang cukup lebar, mulai dari beberapa $\mu\text{Watt}/\text{cm}^2$ sampai beberapa ratus $\mu\text{Watt}/\text{cm}^2$.
- Pada jarak pengukuran 100 meter dari BTS, rapat daya frekuensi 900 MHz tertinggi sebesar $396 \mu\text{W}/\text{cm}^2$ dengan modus $2 \mu\text{W}/\text{cm}^2$. Pada frekuensi 1800 MHz tertinggi sebesar 282 dengan modus $0,4 \mu\text{W}/\text{cm}^2$ dan pada frekuensi 2200 MHz tertinggi sebesar 140 dengan modus $13 \mu\text{W}/\text{cm}^2$. Rapat daya maksimum mengarah pada arah tertentu.
- Berdasarkan jarak pengukuran, rapat daya pada frekuensi 900 MHz paling tinggi terukur pada jarak 250 meter dari BTS ($700 \mu\text{W}/\text{cm}^2$), pada frekuensi 1800 MHz rapat daya paling tinggi ($540 \mu\text{W}/\text{cm}^2$) terukur pada jarak 100 m, dan pada frekuensi 2200 MHz paling tinggi terukur pada jarak 250 m ($540 \mu\text{W}/\text{cm}^2$)
- Rapat daya paling tinggi pada ketiga frekuensi (900, 1800, maupun 2200 MHz) terukur di sekitar BTS dengan sistem GSM.
- Apabila dibandingkan dengan peraturan yang berlaku (WHO maupun Keputusan Ditjen Parpostel tahun 2007), nilai modus radiasi di sekitar BTS pada umumnya masih di bawah nilai yang direkomendasi-

kan oleh peraturan tersebut; tetapi untuk nilai maksimum, di beberapa titik pengukuran telah jauh melampaui nilai dari peraturan tersebut.

Ucapan Terimakasih

Penulis mengucapkan terima kasih kepada Bapak Kepala Badan Litbang Kesehatan dan Bapak Kepala Pusat Teknologi Intervensi Kesehatan Masyarakat yang telah memberikan masukan dalam pelaksanaan penelitian/pengembangan ini. Tidak lupa penulis ucapkan terima kasih kepada tim dari Lembaga Ilmu Pengetahuan Indonesia (LIPI) Bandung yang telah memberikan saran dan masukan serta membantu dalam pelaksanaan pengukuran.

Daftar Pustaka

1. <http://www.nielsen.com/us/en/insights/press-room/2012/nielsen-announces-pricing-of-secondary-common-stock-offering.html/>
2. World Health Organization. Environmental Health Criteria 137: Electromagnetic Fields (3 kHz to 300 GHz). WHO, Geneva; 1993.
3. World Health Organization. Base Stations and Wireless Networks: Exposures and Health Consequences. *Proceedings International workshop on Base Stations and Wireless Networks*. Milan; 2007: 1- 163
4. Hartanto, A. Pengaruh Medan Elektromagnetik Pada Manusia. Makalah Seminar Radiasi Non Pengion. Lembaga Penelitian Indonesia. Bandung; 2005.
5. Gezondheidsraad. Mobile Telephones: An Evaluation of Health Effects. The Minister of Housing, Spatial Planning and The Environment. Health Council of The Netherlands; 2002: 41-60
6. Ng Kwan-Hoong. Radiation, Mobile Phones, Base Stations and Your Health. Malaysian Communications and Multimedia Commission. Malaysia; 2007: 1 – 19
7. Goel, Aaruni dkk. Cellular Phones: The Solution or the Pollution. *International Journal of Computer Science and Telecommunications*; 2012, (3):11- 13