

Simulasi Prediksi Cakupan Antena pada BTS

Binsar D. Purba*, * Imam Santoso*, Yuli Christyono**
Jurusan Teknik Elektro, Fakultas Teknik, Universitas Diponegoro,
Jln. Prof. Sudharto, Tembalang, Semarang, Indonesia

ABSTRACT

To establish wireless network to sending information can approximate from data rate, coverage area, network topology, network size, routing protocol and consumption power. Coverage area is one of aspect in wireless network, it's a signal distribution in a region.

This final project, predics coverage base station antenna on GSM (Global System for Mobile Communications) 900. The parameters that using to prediction coverage area such as: downlink frequency, antenna height, antennas type (Kathrein 730370, Kathrein 730376, Kathrein 739630, Kathrein 732691 and Kathrein 732967), and antenna location. Propagation models uses Okumura Hatta and Walfish Ikegami to forecast cell radius antenna and xdraw methode to analyze of viewshed.

The simulation result in this final project acquired that the largest coverage area in Walfish Ikegami propagation model in metropolitan area is 2,2 Km² using Kathrein 730370 placed 72 meters above earth surface, and in sub urban area is 7,47 Km² using Kathrein 730370 placed 72 meters above earth surface. The second propagation models is Okumura Hatta, shown that the largest coverage area in urban area is 36,36 Km² using Kathrein 730376 placed 72 meters above earth surface, in sub urban area is 63,3 Km² using Kathrein 732967 placed 72 meter above earth surface, and in rural area is 78,47 Km² using Kathrein 732967 placed 72 meters above earth surface.

Keywords : coverage area, propagation model, antenna height, and antenna location

1. PENDAHULUAN

Komunikasi seluler merupakan salah satu teknologi yang sangat memasyarakat di era sekarang ini, dengan perkembangan teknologi yang sangat pesat. Perkembangan komunikasi seluler dimulai dari *first generation* yaitu komunikasi seluler menggunakan menggunakan teknologi analog. Perkembangan berikutnya dari *first generation* adalah *second generation* yaitu telekomunikasi seluler menggunakan teknologi digital. Perkembangan komunikasi seluler berikutnya adalah *third generation*, dan saat ini masih dalam pengembangan adalah mengenai teknologi *fourth generation*.

Komunikasi seluler mempunyai beberapa faktor yang mempengaruhi antara lain *data rate*, area cakupan, topologi, ukuran jaringan, protokol perutingan, dan konsumsi daya. Salah satu faktor tersebut adalah area cakupan antena pada *Base Transceiver Station* (BTS). Area cakupan antena BTS adalah persebaran sinyal dari antena pada permukaan bumi. Aspek-aspek yang mempengaruhi area cakupan ialah jenis antena, tipe lingkungan, model propagasi, jari-jari sel dan anggaran daya.

Penelitian tentang cakupan yang telah dilakukan ialah perencanaan ulang *site outdoor coverage system* jaringan radio GSM 900 dan 1800 di Semarang. Merencanakan jumlah dan posisi *site* yang paling optimal berdasarkan peta demografi dan peta

topografi Kota Semarang sampai tahun 2014. Perencanaan cakupan dilakukan berdasar populasi penduduk Kota Semarang (Kurniawan, 2010).

Penelitian kali ini tentang simulasi prediksi area cakupan antena BTS pada kota Semarang. Dengan simulasi ini diharapkan dapat menampilkan hasil persebaran sinyal antena BTS dengan skenario perubahan parameter-parameter dalam prediksi cakupan antena dengan memperhatikan parameter-parameter yang mempengaruhi prediksi area cakupan antena BTS, baik pada *mobile station*, *base station*, model perambatan, dan informasi ketinggian permukaan Kota Semarang.

Tujuan Tugas Akhir ini adalah untuk mensimulasikan prediksi cakupan antena BTS di Semarang pada jaringan radio GSM berdasarkan spesifikasi teknis antena, model propagasi dan topografi kota Semarang untuk mendapatkan gambaran persebaran sinyal dan antena yang paling optimal.

Dalam penulisan tugas akhir ini pembahasan masalah memiliki batasan pada permasalahan berikut :

- 1) Analisis perhitungan jari-jari sel menggunakan jaringan radio GSM 900.
- 2) Model perambatan yang digunakan ialah model perambatan ruang bebas Okumura Hatta dan Walfish Ikegami.

* Mahasiswa Teknik Elektro Universitas Diponegoro

** Dosen Teknik Elektro Universitas Diponegoro

- 3) Simulasi ini menggunakan lima tipe antena Kathrein seri 730376, 739630, 730370, 732691, dan 732967.
- 4) Simulasi menggunakan frekuensi *downlink* untuk memodelkan prediksi persebaran sinyal.
- 5) Analisis visibilitas yang digunakan pada simulai ini menggunakan metode *x-draw*.
- 6) Tidak membahas mengenai perencanaan frekuensi dan pengaruh interferensi terhadap kuat sinyal.
- 7) Tidak membahas mengenai pengaruh kecondongan antena terhadap perambatan gelombang.

2. ANTENA DAN MODEL PROPAGASI

2.1 Antena

Antena adalah suatu perangkat yang berfungsi untuk memancarkan dan menerima gelombang elektromagnetik. Antena yang dipakai pada simulasi ini ialah antena tipe Kathrein, seri 730370, seri 730376, seri 739630, seri 732691, dan seri 732967. Data teknis antena Kathrein ditunjukkan pada tabel 1

Tabel 1 Data teknis antena Kathrein

Type No	730 370	730 376	739630	732 691	732 967
Frequency range (MHz)	870 – 960	870 – 960	870 – 960	806 – 960	806 – 960
Polarization	Vertical	Vertical	Vertical	Vertical	Vertical
Gain (dBi)	14	18,5	18	15,5	15,5
Half-power beam width	H-plane: 90°	H-plane: 65°	H-plane: 65°	H-plane: 65°	H-plane: 90°
	E-plane: 13°	E-plane: 6,5°	E-plane: 7°	E-plane: 13°	E-plane: 8,5°
Front-to-back ratio (dB)	>23	25	>30	>25	>23
VSWR	<1.3	<1.3	<1.3	<1.3	<1.3
Intermodulation IM3 (2 x 43 dBm carrier)	< -150	< -150	< -150	< -150	< -150
Max. power	500 W	500 W	600 W	500 W	500 W
Input	7-16 female	7-16 female	7-16 female	7-16 female	7-16 female
Connector position	Bottom	Rearside	Bottom	Bottom	Bottom
Weight (kg)	6	12	19	6	9

2.2 Model Propagasi Outdoor Okumura Hatta

Model Okumura-Hatta adalah model propagasi yang paling dikenal dan sesuai untuk memprediksi median pelemahan sinyal radio untuk lingkungan makrosel. Model Okumura-Hatta merupakan model empiris, yang mana ini berarti model yang didasarkan pada pengukuran dilapangan. Awalnya Okumura melakukan pengukuran lapangan di Tokyo dan mempublikasikan hasilnya dalam bentuk grafik, sedangkan Hatta mengubah bentuk grafik tersebut kedalam persamaan. Berikut ini merupakan persamaan untuk menghitung jari-jari sel: Daerah Urban

$$d = 10^{\frac{(MAPL-69.55-26.16\log f+13.82\log h_{BTS}+a(h_{MS}))}{44.9-6.55\log h_{BTS}}}$$

Daerah Sub urban

$$d = 10^{\frac{(MAPL-69.55-26.16\log f+13.82\log h_{BTS}+P)}{44.9-6.55\log h_{BTS}}}$$

Dengan

$$P = a(h_{MS}) + 2(\log f / 28)^2 + 5.4$$

Daerah Rural

$$d = 10^{\frac{(MAPL-69.55-26.16\log f+13.82\log h_{BTS}+Q)}{44.9-6.55\log h_{BTS}}}$$

Dengan

$$Q = a(h_{MS}) + 4.78(\log f)^2 - 18.33\log f + 35.94$$

$a(h_{MS})$ adalah faktor koreksi antena *mobile* yang nilainya untuk kota kecil dan menengah sebagai berikut:

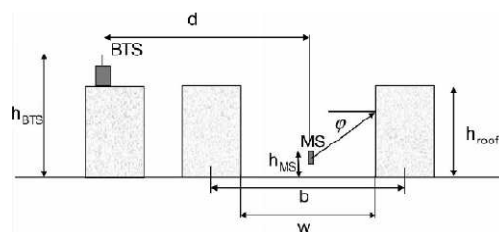
$$a(h_{MS}) = (1,1\log(f) - 0,7)h_{MS} - (1,56\log(f) - 0,8)\text{dB}$$

Keterangan :

MAPL = *Maximal Allowable Path Loss* (dB), d= Jari-jari sel (Km), h_{BTS} = Tinggi efektif antena BTS (m), h_{MS} = Tinggi efektif antena MS (m)

2.3 Model Propagasi Outdoor Walfish Ikegami

Model Walfish-Ikegami adalah model propagasi empiris yang dapat digunakan baik untuk makrosel maupun mikrosel. Parameter-parameter yang berhubungan dengan model walfish-ikegami dapat diilustrasikan pada gambar dibawah ini.



Gambar 1. Model Walfish-Ikegami.

$$d = \log^{-1} \left(\frac{Lu - Lrts - 32,4 - Lmsd' - a(h) - 20 \log f}{38} \right)$$

Dengan

$$L_{msd'} = -18 \log_{10}(1+h_{BTS}-h_{MS}) + 54 + k_f \cdot \log_{10} f - 9 \log_{10} b$$

$$a(h) = - \{ (1,1 \log_{10} (f) - 0,7) h_{MS} - (1,56 \log_{10} (f) - A) + 20 \log_{10} (h_{roof} - h_{MS}) - 20 \log_{10} (h_{roof} - 3,5) \}$$

Dengan

$$A = 1,56 \log_{10} (f) - 3,5(1,1 \log_{10} (f) - 0,7)$$

Keterangan :

b = Jarak antar bangunan (m), w = Lebar jalan (m), ϕ = Sudut orientasi jalan (deg), h_{roof} = Tinggi rata-rata bangunan (m)

2.4 Analisis Link budget

Link budget merupakan perhitungan anggaran daya baik uplink maupun downlink. Tujuan dari *link budget* adalah untuk menghitung nilai redaman lintasan maksimum yang masih bisa ditolerir atau MAPL (*Maximum Allowable Path Loss*) dalam propagasi gelombang radio GSM yang ditandai dengan kuat sinyal MS dengan kualitas yang cukup untuk melakukan komunikasi. Dalam perencanaannya

sel diusahakan untuk selalu seimbang antara daya yang dipancarkan untuk *uplink* (MS ke BS) dan *downlink* (BS ke MS) agar interferensi yang terjadi minimal.

$$MAPL_{UL} = (Pout_{MS} - Lbody) - (BTSsens + SFM + IM + LFK_{onBTS} - GA_{BTS} - Gd_{BTS} - Glna_{BTS}) \dots \dots \dots (11)$$

$$MAPL_{DL} = (Pout_{BTS} - LFK_{onBTS} - LIsoKomFil_{BTS} + Gamp_{BTS} + GA_{BTS}) - (MSsens + SFM + IM + LBody) \dots \dots \dots (12)$$

Keterangan

$Pout_{MS}$, $Pout_{BTS}$ = daya pancar MS dan BTS (dBm), $MSsens$, $BTSsens$ = sensitivitas MS dan BTS (dBm), SFM = cadangan fading lambat (dB), IM = cadangan penurunan interferensi (dB), LFK_{onBTS} = rugi Kabel dan Konektor (dB), GA_{BTS} = penguatan antenna BTS (dBi), Gd_{BTS} = penguatan diversitas (dB), $Glna_{BTS}$ = penguatan LNA (dB), $Gamp_{BTS}$ = penguatan amplifier (dB), $Lbody$ = rugi badan (dB)

3. PERANCANGAN SIMULASI

Dalam prediksi persebaran sinyal pada antenna GSM, terdapat proses-proses yang dilakukan dari awal peta dipilih, hingga akhirnya prediksi persebaran sinyal dapat ditampilkan pada peta. Secara garis besar, proses-proses tersebut dikelompokkan pada lima proses utama yaitu:

- 1) Memilih citra yang berupa citra peta digital
- 2) Menambahkan BTS dan menambahkan antenna.
- 3) Memilih BTS dan antenna yang akan disimulasikan.
- 4) Melakukan perhitungan anggaran daya dan perhitungan rugi-rugi perambatan untuk mendapatkan kuat sinyal.
- 5) Melakukan perhitungan visibilitas untuk memprediksi persebaran sinyal pada peta.
- 6) Menampilkan hasil perhitungan kuat sinyal dan perhitungan visibilitas pada objek peta.

Parameter masukan yang digunakan pada simulasi yang didefinisikan perancang.

Tabel 2 Parameter masukan

Parameter	Tipe			
	M	U	SU	R
Daya Pancar BTS (dB)	26	26	26	26
Rugi Kabel+konektor (dB)	2,5	2,5	3	4
Rugi Isolator +Kombiner+filter(dB)	3	3	3	3
Power Amplifier (dB)	0	0	0	3
Rugi badan Manusia (dB)	4	4	4	4
Cadangan penurunan Interfensi (dB)	4	4	3	3
Cadangan fading lambat (dB)	6	6	7	7

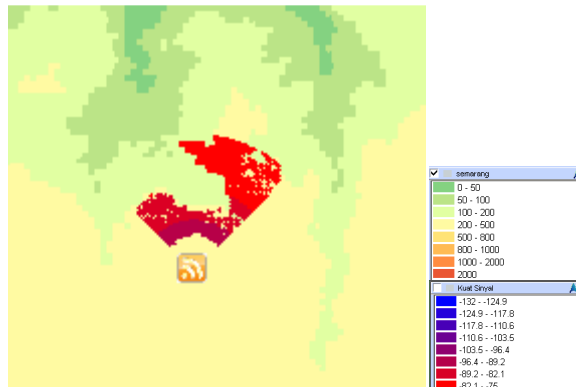
M=Metropolitan, U=Urban, SU=Sub Urban, R=Rural

4. ANALISIS DAN PEMBAHASAN

Program simulasi prediksi cakupan antenna pada BTS ini dibuat menggunakan model Propagasi Okumura Hatta dengan tipe daerah urban, sub urban, dan rural serta Walfish Ikegami dengan tipe daerah metropolitan dan sub urban. Tipe antenna Kathrein seri 730370, 730376, 739630, 732691, dan 732967. Antena ditempatkan pada ketinggian 42, 52 dan 72 meter. Parameter yang diatur antara lain lokasi antenna dengan koordinat latitude sebesar 7,06527028 dan koordinat longitude 116,38582553 dengan tinggi permukaan tanah 257 meter dari permukaan laut dan antenna dihadapkan ke arah sudut 0 derajat atau menghadap utara. Frekuensi yang digunakan dalam simulasi ialah 935 MHz.

4.1 Program Simulasi berdasarkan Model Propagasi Walfish Ikegami

Contoh tampilan hasil simulasi dengan model propagasi Walfish Ikegami dengan tipe daerah metropolitan pada antenna Kathrein seri 730370 untuk ketinggian antenna 42 meter ditunjukkan pada gambar 3.



Gambar 3. Tampilan hasil simulasi antenna Kathrein 730370 dengan tipe daerah metropolitan untuk ketinggian 42 meter

Tabel 3 Hasil simulasi antenna Kathrein 730370

Tipe Daerah	h_{Ant} (m)	Kathrein seri 730370			
		d (m)	Lb (km ²)	Ls (Km ²)	Vis (%)
M	42	2111	3,5	1,277	36,49
	52	2338	4,293	1,536	35,77
	72	2732	5,862	2,2	37,52
SU	42	4214	13,947	4,153	29,78
	52	4668	17,114	5,073	29,64
	72	5453	23,354	7,47	31,79

Tabel 4 Hasil simulasi antenna Kathrein 730376

Tipe Daerah	h_{Ant} (m)	Kathrein seri 730376			
		d (m)	Lb (km ²)	Ls (Km ²)	Vis (%)
M	42	2773	4,36	0,86	19,8
	52	3071	5,35	0,77	14,48
	72	3588	7,3	0,66	9,03
SU	42	5536	17,38	2,8	16,11
	52	6123	21,33	3,85	18,07
	72	7163	29,1	7,2	24,73

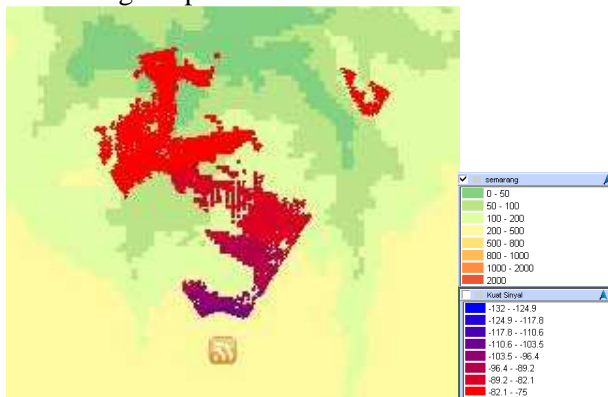
Tabel 5 Hasil simulasi antena Kathrein 739630

Tipe Daerah	h_{Ant} (m)	Kathrein seri 739630			
		d (m)	Lb (Km ²)	Ls (Km ²)	Vis (%)
M	42	2690	4,1	0,9	21,85
	52	2980	5,04	0,92	18,3
	72	3481	6,87	0,76	11,05
SU	42	5370	16,36	2,91	17,82
	52	5949	20,07	3,92	19,51
	72	6949	27,39	7,11	25,98

Keterangan:

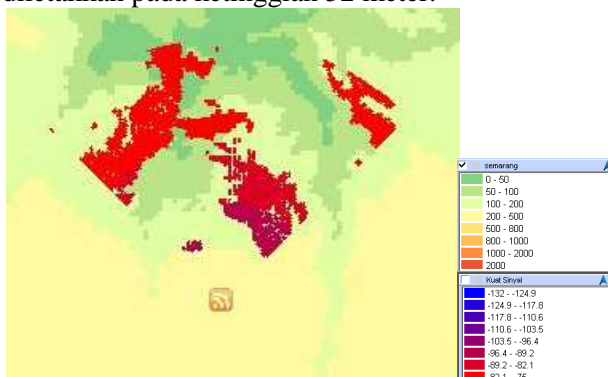
M=Metropolitan, SU=Sub Urban, R=Rural, h_{Ant} =Tinggi antena, d=jari-jari sel, Lb=Luas berkas,Ls=luas cakupan sinyal,Vis=Rasio visibilitas.

Contoh tampilan hasil simulasi dengan antena Kathrein seri 732691 terlihat seperti ditunjukkan gambar 4. Antena diletakkan pada ketinggian 52 meter dengan tipe daerah sub urban.



Gambar 4. Tampilan hasil simulasi antena Kathrein 732691 dengan tipe daerah sub urban untuk ketinggian 52 meter

Contoh tampilan hasil simulasi lainnya ialah menggunakan antena Kathrein 732967 seperti ditunjukkan pada gambar 5. Pada simulasi ini antena diletakkan pada ketinggian 52 meter.



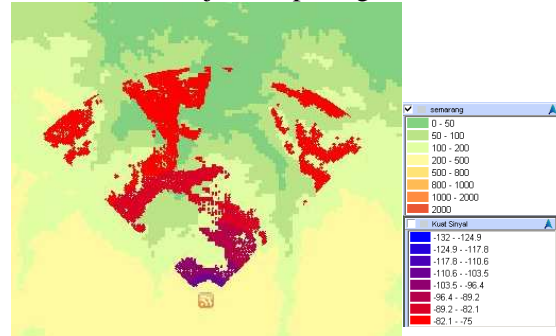
Gambar 5. Tampilan hasil simulasi antena Kathrein 732967 dengan tipe daerah sub urban untuk ketinggian 52 meter

Berdasar parameter masukan yang sama yaitu dengan memvariasikan ketinggian, seri antena dan tipe daerah pada satu lokasi untuk semua seri antena maka terlihat nilai luas cakupan sinyal terbesar dengan tipe daerah metropolitan adalah antena Kathrein seri 730370 pada ketinggian 72 meter yaitu 2,2 Km² dan dengan tipe daerah sub urban adalah

antena Kathrein 730376 pada ketinggian 72 meter 7,47 Km².

4.1 Program Simulasi berdasarkan Model Propagasi Okumura Hatta

Contoh tampilan hasil simulasi dengan model propagasi Okumura Hatta dengan tipe daerah urban pada antena Kathrein seri 730370 untuk ketinggian antena 42 meter ditunjukkan pada gambar 6.



Gambar 6. Tampilan hasil simulasi antena Kathrein 730370 dengan tipe daerah urban untuk ketinggian 42 meter

Tabel 6 Hasil simulasi antena Kathrein 730370

Tipe Daerah	h_{Ant} (m)	Kathrein seri 730370			
		d (m)	Lb (Km ²)	Ls (Km ²)	Vis (%)
U	42	6417	32,34	9,01	27,87
	52	7244	41,21	13,12	31,82
	72	8790	60,68	18,64	30,72
SU	42	8944	62,83	14,85	23,63
	52	10157	81,02	21,75	26,85
	72	12443	121,6	52,63	43,28
R	42	37293	1.092,3	87,94	8,05
	52	43459	1.483,37	71,35	4,81
	72	55472	2.416,78	78,47	3,25

Tabel 7 Hasil simulasi antena Kathrein 730376

Tipe Daerah	h_{Ant} (m)	Kathrein seri 730376			
		d (m)	Lb (Km ²)	Ls (Km ²)	Vis (%)
U	42	8683	42,77	9,12	21,32
	52	9856	55,1	13,78	25,01
	72	12063	82,54	35,36	42,84
SU	42	12102	83,08	31,75	38,22
	52	13819	108,32	45,01	41,55
	72	17076	165,40	53,57	32,39
R	42	50460	1.444,29	47,14	3,26
	52	59125	1.982,91	51,81	2,61
	72	76127	3.287,29	52,95	1,61

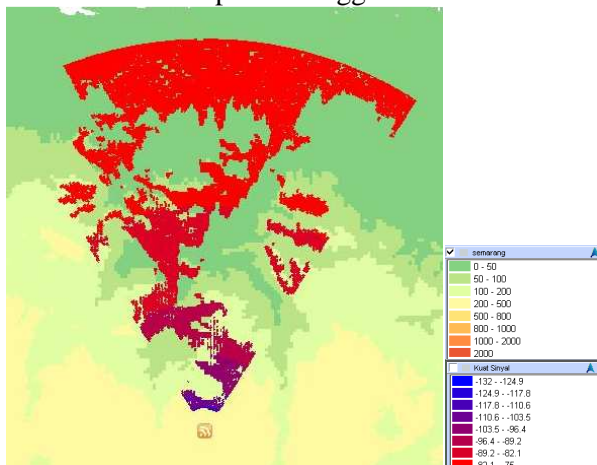
Tabel 8 Hasil simulasi antena Kathrein 739630

Tipe Daerah	h_{Ant} (m)	Kathrein seri 739630			
		d (m)	Lb (Km ²)	Ls (Km ²)	Vis (%)
U	42	8396	39,99	9,13	22,84
	52	9524	51,45	12,65	24,59
	72	11646	76,93	31,46	40,89
SU	42	11702	77,67	27,88	35,9
	52	13354	101,15	43,31	42,82
	72	16486	154,17	54,12	35,11
R	42	48793	1.350,44	47,57	3,52
	52	57137	1.851,81	50,02	2,7
	72	73496	3.064	53,51	1,75

Keterangan:

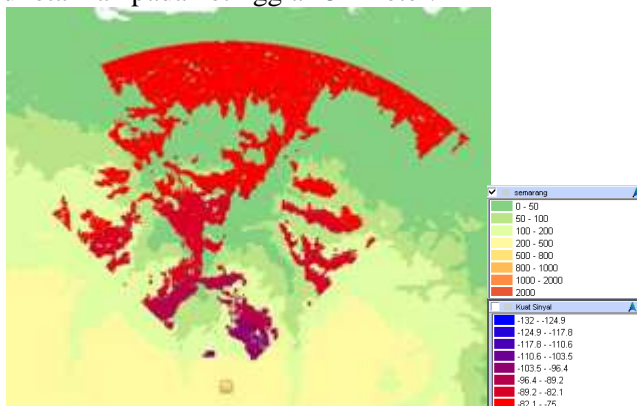
U=Urban, SU=Sub Urban, R=Rural, h_{Ant} =Tinggi antenna, d =Jari-jari sel, L_b =Luas Berkas, L_s =Luas Cakupan Sinyal, Vis =Rasio visibilitas.

Contoh tampilan hasil simulasi propagasi Okumura Hatta dengan antenna Kathrein 732691 seperti ditunjukkan pada gambar 7. Pada simulasi ini antenna diletakkan pada ketinggian 52 meter



Gambar 7. Tampilan hasil simulasi antenna Kathrein 732691 dengan tipe daerah sub urban untuk ketinggian 52 meter

Contoh tampilan hasil simulasi lainnya ialah menggunakan antenna Kathrein 732967 seperti ditunjukkan pada gambar 8. Pada simulasi ini antenna diletakkan pada ketinggian 52 meter.



Gambar 8. Tampilan hasil simulasi antenna Kathrein 732967 dengan tipe daerah sub urban untuk ketinggian 52 meter

5. PENUTUP

5.1 KESIMPULAN

Nilai luas cakupan sinyal paling besar pada model propagasi Walfish Ikegami dengan daerah metropolitan adalah 2,2 Km² untuk ketinggian 72 meter pada tipe antenna Kathrein seri 730370, sedang nilai terkecil 0,66 Km² dengan antenna Kathrein 730376 untuk ketinggian 72 meter. Pada tipe daerah sub urban sebesar 7,47 Km² untuk ketinggian 72 meter pada tipe antenna seri 730370, sedangkan nilai terkecil 2,8 Km² untuk ketinggian 42 meter dengan antenna Kathrein seri 730376. Nilai luas cakupan sinyal berdasar model propagasi Okumura Hatta dengan tipe

daerah urban adalah 35,36 Km² untuk ketinggian 72 meter pada tipe antenna Kathrein seri 730376, sedang nilai terkecil 7,95 Km² dengan antenna Kathrein 732691 untuk ketinggian 42 meter. Hasil simulasi dengan tipe daerah sub urban sebesar 63,3 Km² untuk ketinggian 72 meter pada tipe antenna seri 732967, sedangkan nilai terkecil 14,28 Km² untuk ketinggian 42 meter dengan antenna Kathrein seri 732691. Hasil simulasi dengan tipe daerah rural luas cakupan terbesar 76,78 Km² pada antenna Kathrein 732967 untuk ketinggian 72 meter, sedangkan untuk luas cakupan terkecil 47,14 Km² dengan antenna Kathrein 730376 untuk ketinggian 42 meter.

Dari data hasil simulasi terlihat jari-jari sel dipengaruhi oleh tinggi antenna dan jenis antenna, semakin tinggi dan semakin besar gain antenna akan menghasilkan jari-jari yang besar. Nilai jari-jari sel dan sudut HPBW akan mempengaruhi nilai cakupan sinyal yang terjadi. Pada model propagasi Walfish Ikegami terlihat antenna Kathrein seri 730370 memiliki cakupan sinyal yang besar jika berada pada ketinggian 72 meter dan pada model propagasi Okumura Hatta terlihat antenna Kathrein seri 732967 memiliki cakupan sinyal yang besar jika berada pada ketinggian 72 meter dengan tipe daerah tempat berdirinya BTS ialah daerah sub urban.

5.2 SARAN

Beberapa saran yang bisa diberikan untuk penelitian selanjutnya antara lain, Untuk penelitian selanjutnya dapat ditambahkan analisis mengenai perambatan gelombang yang lain seperti *reflection*, *diffraction* dan *scattering*. Penelitian selanjutnya diharapkan menambahkan frekuensi *uplink*, analisis interferensi, dan *tilt* antenna sehingga simulasi prediksi area cakupan dapat lebih lengkap untuk kemudian dapat digunakan saat perencanaan. Perlu dilakukan penelitian lanjutan untuk menggunakan peta yang lain sehingga prediksi area cakupan untuk daerah lain dapat diwujudkan.

DAFTAR PUSTAKA

- [1] Dirjen Postel, Persyaratan Teknis Alat Dan Perangkat Jaringan Global System for Mobile (GSM) 900 MHz / Digital Communication System (DCS) 1800 MHz, Jakarta, 2004.
- [2] ETSI, Digital cellular telecommunications system (Phase 2+); Radio network planning aspects (GSM 03.30 version 8.3.0 Release 1999), http://pda.etsi.org/exchangefolder/tr_101362v080400p.pdf, Desember 2009.
- [3] ETSI, *Digital cellular telecommunications system Radio transmission and reception (GSM 05.05 version 8.5.1 Release 1999)*, http://pda.etsi.org/exchangefolder/en_300910v080501p.pdf, Desember 2009.

- [4] GIS Consortium Aceh Nias, *Modul Pelatihan ArcGis Tingkat Dasar*, Badan Rehabilitasi dan Rekonstruksi, Nias, 2007.
- [5] Hämäläinen, J., *Cellular Network Planning and Optimization Part IV: Antennas*, Communications and Networking Department, www.comlab.hut.fi/studies/3275/Cellular_network_planning_and_optimization_part4.pdf, April 2009.
- [6] Kraus, D. J., *Antennas*, 2nd ed., McGraw-Hill International Edition, New Delhi, 1997.
- [7] Kurniawan, P., *Perencanaan Site Jaringan Radio GSM 900 dan 1800 Di Kota Semarang*, Skripsi S-1, Universitas Diponegoro, Semarang, 2010.
- [8] Lempiäinen, J., M. Manninen, *Radio Interface System Planning for GSM/GPRS/UMTS*, Kluwer Academic Publishers, New York, Boston, Dordrecht, London, Moscow, 2002.
- [9] Rappaport, T. S., *Wireless Communications Principles and Practice*, Prentice-Hall, Inc., New Jersey, 1996.
- [10] Wardana, S. N., *Simulasi Pengaruh Tinggi Muka Bumi Terhadap Coverage Sel GSM Menggunakan Arc View 3.3*, Skripsi-S1, Universitas Gadjah Mada, Yogyakarta, 2006.
- [11] Wibisono, G., U. Kurniawan., G. D. Hantoro, *Konsep Teknologi Seluler*, Informatika, Bandung, 2008
- [12] ---, Beamwidth Antena, http://learn-antenna.blogspot.com/2010/07/beamwidth_antenna.html, [diakses April 2011]
- [13] ---, Kathrein Scala Pattern & Download Library, http://www.kathrein-scala.com/library/patterns/index.php?path=Archival_Patterns%2Fcommunications%2F Acrobat, [diakses Juli 2011]
- [14] ---, MapWinGis Open Source ActiveX Control Project, <http://mapwingis.codeplex.com>, [diakses Agustus 2011]
- [15] --, *PetaDigital*, http://alitsrmap.com/index.php?option=com_content&view=article&id=19&Itemid=27, [diakses April 2011]
- [16] ---, Using Viewshed and Observer Points for visibility analysis, [http:// help.arcgis.com/en/arcgisdesktop/10.0/help/index.html#/009z000000v8000000.htm](http://help.arcgis.com/en/arcgisdesktop/10.0/help/index.html#/009z000000v8000000.htm), [diakses Agustus 2011]
- [17] ---, Viewshed Analysis, <http://geoinformatics.sut.ac.th/sut/student/GISpresent/2003-2/viewshed.pdf>, [diakses Agustus 2011]
- [18] ---, 790 – 3800 MHz Base Station Antennas for Mobile Communications, <http://www.verdinrete.it/ondakiller/kathrein.pdf>, [diakses Juli 2011]

BIODATA



Binsar D Purba, lahir di Bontang, 6 Maret 1984. Menempuh pendidikan di SD II Yayasan Pupuk Kaltim, SLTP Yayasan Pupuk Kaltim, SMU Yayasan Pupuk Kaltim, dan Diploma III Universitas Diponegoro. Saat ini masih menyelesaikan studi Strata-1 di Jurusan Teknik Elektro Fakultas Teknik Universitas Diponegoro

Semarang, dengan mengambil konsentrasi Elektronika Telekomunikasi.

Menyetujui dan Mengesahkan,

Pembimbing I

Imam Santoso, S.T., M.T.
NIP. 19701203 199702 1001

Pembimbing II

Yuli Christyono, S.T., M.T.
NIP. 19680711 199702 1001