

## Pengukuran Model Propagasi *Outdoor* dan *Indoor* Sistem WiMAX 2.3GHz di Lingkungan Kampus ITB

Arsyad Ramadhan Darlis, Trasma Yunita, Joko Suryana

Program Master Sekolah Teknik Elektro dan Informatika – ITB

Gedung Achmad Bakrie, Labtek VIII Lantai 2

Jl. Ganesha No.10 Bandung 40132, Indonesia

Telepon : +62-22-2502260. Fax : +62-22-2534222

arsyad\_anime@yahoo.com, trasma\_yunita@yahoo.com, joko@radar.ee.itb.ac.id

### ABSTRAK

Dewasa ini teknologi di bidang telekomunikasi telah mengalami perkembangan yang sangat pesat. Hal ini ditandai dengan banyaknya produk dan teknologi yang dikembangkan di bidang ini oleh beberapa negara, salah satu diantaranya adalah WiMAX (*Worldwide Interoperability for Microwave Access*). Sama halnya seperti teknologi nirkawat yang dikembangkan sebelumnya, teknologi ini juga tidak dapat dipisahkan dengan faktor redaman (*loss*) sehingga terdapat berbagai model perhitungan redaman propagasi, seperti model propagasi SUI (*Stanford University Interim*). Model propagasi ini dibuat karena kondisi geografis dari setiap negara yang berbeda – beda. Dalam penelitian ini dilakukan pengukuran model propagasi dengan menggunakan frekuensi 2.3GHz, yang dipakai pada teknologi WiMAX. Pengukuran ini terdiri dari pengukuran *outdoor* dan *indoor* di lingkungan kampus Institut Teknologi Bandung (ITB). Penelitian ini merupakan kajian awal bagi perkembangan WiMAX di Indonesia umumnya dan ITB khususnya. Pengukuran menggunakan perangkat *network analyzer* 2.3GHz dan antena monopole  $\lambda/4$  di sisi pengirim serta *spectrum analyzer* dan antena monopole  $\lambda/4$  di sisi penerima. Data *pathloss* hasil pengukuran dibandingkan dengan perhitungan *pathloss* model propagasi SUI (*Stanford University Interim*) dan diharapkan dapat menjadi acuan bagi berbagai pihak terkait dan dapat diolah lebih lanjut untuk penelitian berikutnya.

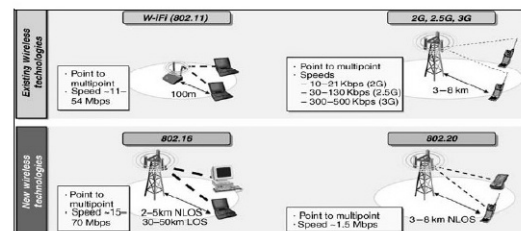
**Kata Kunci:** WiMAX 2.3GHz, *pathloss*, propagasi

### 1. PENDAHULUAN

Teknologi jaringan tanpa kabel yang awalnya hanya digunakan pada daerah-daerah yang tidak terjangkau kabel kini dapat bersaing dengan teknologi kabel. Teknologi ini terus dikembangkan hingga muncul *broadband wireless access* (BWA) yang menjanjikan koneksi dengan *data rate* tinggi dengan menggunakan gelombang radio untuk mengirim dan menerima data secara langsung dari dan ke pengguna dimana saja mereka membutuhkan. BWA adalah sistem *point-to-multipoint* yang terdiri dari *base station* dan *subscriber equipment*. *Broadband wireless* mampu bersaing atau saling mengisi dengan *wireline broadband* tergantung dari kasus bisnis dan target pasar.

Perkembangan teknologi untuk bekerja pada kondisi *Non Line of Sight* (NLOS) pun turut berkembang. Oleh karena itu, hadirnya WiMAX (*Worldwide Interoperability for Microwave Access*) yang merupakan suatu jaringan BWA standar IEEE

802.16 dengan jarak jangkauan yang mampu mencapai 50 km (tergantung dari frekuensi yang digunakan) dan menangani kecepatan data sampai 75Mbps. Teknologi ini dapat bekerja pada kondisi *Line of Sight* (LOS) dan *Non Line of Sight* (NLOS).



Gambar 1.1. Teknologi jaringan nirkawat

Sebagaimana kondisi yang biasa terjadi pada transmisi gelombang *wireless*, faktor redaman menjadi suatu hal yang tidak dapat dihilangkan. Oleh karena itu beberapa pihak yang terkait, khususnya para peneliti yang tergabung dalam sebuah organisasi,

membuat sebuah solusi dalam bentuk persamaan untuk menghitung seberapa besar nilai redaman yang diperoleh berdasarkan kondisi geografis suatu daerah. Model propagasi yang sering digunakan untuk WiMAX adalah SUI.

Dan penelitian ini merupakan tahap awal dari pemodelan kanal propagasi WiMAX di Indonesia. Karena jika hanya menggunakan SUI yang memiliki tiga tipe daerah, sepertinya tidak dapat mencakup berbagai daerah di Indonesia. Untuk itu perlu dilakukan penelitian khusus untuk membuat sebuah model kanal Indonesia.

## 2. TEORI

### 2.1 Alokasi Frekuensi Teknologi WiMAX di Indonesia

Saat ini terdapat dua kategori spektrum frekuensi, yaitu *licensed* dan *unlicensed*. Untuk pemakaian spektrum frekuensi yang dikategorikan *licensed*, kompetitor harus membeli alokasi spektrum yang akan mereka pakai. Penggunaan alokasi frekuensi *licensed* memiliki keuntungan yaitu akan terlindungi dari pengaruh interferensi. Sedangkan pada spektrum *unlicensed*, kompetitor tidak perlu membeli lisensi alokasi frekuensi yang akan digunakan, namun kemungkinan untuk terjadinya interferensi akan sangat tinggi. *Unlicensed spectrum* untuk WiMAX direkomendasikan oleh WiMAX Forum pada 2.4 GHz dan 5.8 GHz.

Alokasi frekuensi yang direkomendasikan oleh WiMAX Forum dan sesuai dengan alokasi frekuensi yang dikeluarkan oleh DITJEN POSTEL, DEPKOMINFO, november 2006 untuk wilayah Indonesia, diantaranya:

- pita frekuensi 2.3 GHz (2300 - 2450 MHz)
- pita frekuensi 3.3 GHz (3300 - 3400 MHz)
- pita frekuensi 3.5 GHz (3400 - 3700 MHz)
- pita frekuensi 5 GHz (5150 - 5350 MHz)

Akan tetapi pada tahun 2009, Direktorat Pengelolaan Spektrum Frekuensi Radio Kementerian Kominfo telah menjamin pita frekuensi radio 2360 - 2390 MHz akan steril dan siap digunakan untuk uji coba perangkat WiMAX.

### 2.2 Kondisi Non Line of Sight (NLOS)

Sinyal yang dikirimkan pada kondisi NLOS (dapat dilihat pada gambar 2.1) akan sampai pada penerima melalui pemantulan (*reflections*), pemencaran (*scattering*), dan pembiasan (*diffractions*). Sinyal yang akan diterima merupakan gabungan dari *direct path*, *multiple reflected paths*, *scattered energy*, dan *diffracted propagation paths*. Kondisi *multipath* ini akan memberikan perbedaan

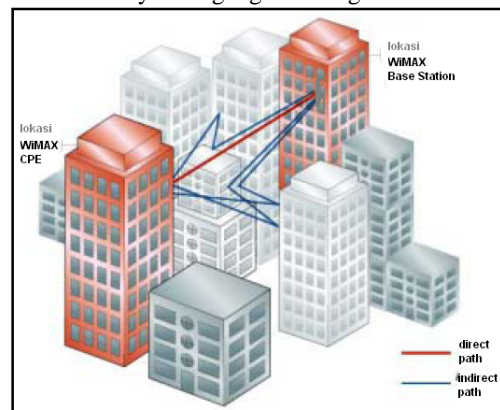
polarisasi, redaman, *delay* pancaran, dan ketidakstabilan dibandingkan dengan sinyal yang diterima secara langsung melalui *direct path*.

Teknologi NLOS memungkinkan teknologi WiMAX untuk menggunakan *indoor Customer Premise Equipment (CPE)*. Terdapat dua jenis tantangan yang dihadapi *indoor CPE*, yaitu:

- a. menanggulangi *penetration losses* yang diakibatkan oleh bangunan-bangunan, dan
- b. meng-cover jarak yang layak dengan daya kirim dan *gain* antenna yang rendah.

### 2.3 Antena Monopole $\lambda/4$

Salah satu bagian penting dari suatu stasiun radio adalah antenna, ia adalah sebatang logam yang berfungsi menerima getaran listrik dari transmitter dan memancarkannya sebagai gelombang radio.



Gambar 2.1 Propagasi NLOS [2]

Ita berfungsi pula sebaliknya ialah menampung gelombang radio dan meneruskan gelombang listrik ke receiver.

Kuat tidaknya pancaran kita yang sampai di pesawat lawan bicara, sebaliknya baik buruknya penerimaan kita tergantung dari beberapa faktor. Faktor pertama adalah kondisi propagasi, faktor kedua adalah posisi stasiun (posisi antenna) beserta lingkungannya, faktor ketiga adalah kesempurnaan antenna. Untuk pancaran ada faktor ke-empat ialah kelebaran bandwidth pancaran kita dan faktor kelima adalah power.

Sebatang logam yang panjangnya  $1/4$  Lambda ( $\lambda$ ) akan beresonansi dengan baik bila ada gelombang radio yang menyentuh permukaannya. Jadi bila pada ujung coax bagian inner kita sambung dengan logam sepanjang  $1/4 \lambda$  dan outer-nya di ground, ia akan menjadi antenna. Antena semacam ini hanya mempunyai satu pole dan disebut monopole (mono artinya satu).

Cepat rambat gelombang sama dengan cahaya ialah 300.000.000 meter/detik, sedangkan gelombang

tersebut bergetar sejumlah  $f$  cycle/detik ( $f =$  frekuensi).

$$\lambda = \frac{c}{f} \dots\dots\dots(2.1)$$

Sedangkan untuk daya terima di suatu tempat dapat menggunakan pendekatan berikut:

$$RSL = Ptx + Gtx + Grx - Ltot \dots\dots\dots(2.2)$$

Untuk gain antenna monopole  $\lambda/4$ , digunakan nilai yang telah ada yaitu sebesar 5.2 dBi (directivity = 3.28)<sup>[krauss]</sup>. Nilai tersebut didapat dari perhitungan sebagai berikut:

$$D = \frac{4\pi Aem}{\lambda^2} \dots\dots\dots(2.3)$$

$$Aem = \frac{V^2}{4PR_r} \dots\dots\dots(2.4)$$

dimana  $V = \frac{E_0 \lambda}{\pi}$  ;  $P = \frac{E_0^2}{120\pi}$  ;  $R_r = \frac{73}{2} \Omega = 36.5 \Omega$

$$Aem = \frac{\left(\frac{E_0 \lambda}{\pi}\right)^2}{4 \left(\frac{E_0^2}{120\pi}\right) \left(\frac{73}{2}\right)} = \frac{\lambda^2 \times 120}{\pi \times 2 \times 73} = 0.2616 \lambda^2$$

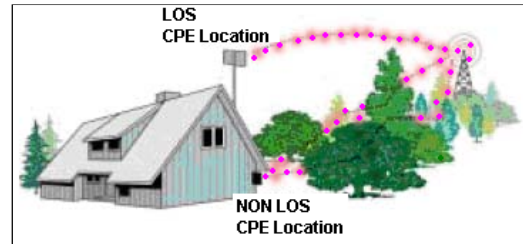
$$D = \frac{4\pi \times 0.2616 \lambda^2}{\lambda^2} = 3.28$$

Dengan asumsi nilai efisiensi antenna adalah 100%, maka gain akan bernilai sama dengan direktivitas. Sehingga diperoleh gain monopole  $\lambda/4 = 5.16 \approx 5.2$  dB.

$$L_{fs} = 20 \log \left( \frac{4\pi d}{\lambda} \right) \dots\dots\dots(2.5)$$

#### 2.4 Model Propagasi Stanford University Interim (SUI)

Stanford University Interim (SUI) model diperoleh dari percobaan AT&T wireless service pada sejumlah area di United States. Model ini menyertakan perhitungan path loss yang dipengaruhi oleh faktor jarak antara transmitter dan receiver, ketinggian antenna, frekuensi carrier, dan terrain type. Ilustrasi perangkat model tersebut dapat dilihat dari gambar 2.2 berikut.



Gambar 2.2 Transmisi pada kondisi LOS dan NLOS SUI [2]

Dalam aplikasinya model ini dibagi menjadi tiga kategori, yaitu:

- a. Kategori A - *Hilly/moderate to heavy tree density*
- b. Kategori B - *Hilly/light tree density or flat / moderate-to-heavy tree density*
- c. Kategori C - *Flat/light tree density*

Kategori terrain yang sederhana di atas dapat memperhitungkan path loss dari RF channel pada kondisi NLOS. Model ini diperuntukkan untuk mentaksir nilai path loss sebelum perencanaan sebenarnya dimulai.

Persamaan model SUI adalah:

$$LP = A_0 + 10 \gamma \log_{10} \left( \frac{d}{d_0} \right) + X_f + X_h + s \dots\dots (2.6)$$

keterangan:

1. LP = Path loss dari antenna pengirim ke penerima untuk kondisi NLOS.
2.  $A_0 = 20 \log_{10} (4\pi d_0 / \lambda) \dots\dots\dots (2.7)$
3.  $\gamma = a - bh_b + c / h_b \dots\dots\dots (2.8)$   
 $h_b$  : tinggi base station (antara 10 meter <  $h_b$  < 80 meter)  
 $\lambda$  : panjang gelombang (m)  
 $s$  : shadowing margin (nilai berbeda untuk tiap tipe terrain)  
 $a, b$  dan  $c$ : konstanta berdasarkan terrain type, lihat pada tabel 2.7  
 $d_0$  : referensi jarak (ditetapkan sebesar 100m)  
 $d$  : jarak udara dari BS ke SS (m)
4. Faktor koreksi frekuensi

$$X_f = 6 \log(f / 2000) \dots\dots\dots (2.9)$$

f dalam Mhz

- Koreksi tinggi antenna user (>2 meter)

- untuk terrain A dan B

$$X_h = -10.8 \log(h_{CPE} / 2) \dots\dots\dots (2.10)$$

- untuk terrain C

$$X_h = -20 \log(h_{CPE} / 2) \dots\dots\dots (2.11)$$

**Tabel 2.2** Tipe Terrain model SUI

Model Parameter	Terrain Type A	Terrain Type B	Terrain Type C	shadowing margin (dB)
a	4.6	4	3.6	10,6
b	0.0075	0.0065	0.005	9,4
c	12.6	17.1	20	8,2

### 3. HASIL DAN PEMBAHASAN

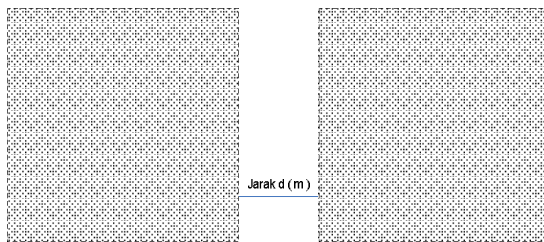
#### 3.1 Persiapan Pengukuran

Sebelum melakukan pengukuran, diperlukan peralatan yang harus dipersiapkan, yaitu :

1. Antena Monopole  $\lambda/4$ .
2. Kabel simirigid (2m) yang telah terpasang connector SMA (male) pada kedua ujungnya.
3. Spectrum Analyzer dengan frekuensi maksimum 8 GHz.
4. Network Analyzer sebagai pembangkit frekuensi 2,3GHz dengan daya pancar 10 dBm.

#### 3.2 Prosedur Pengukuran

Gambar di bawah ini menunjukkan blok diagram pengukuran yang digunakan baik pada kondisi *Outdoor* maupun *Indoor*.



**Gambar 3.1** Blok diagram pengukuran

Pada penelitian ini, jarak antara *transmitter* dan *receiver* tidak terlalu jauh karena keterbatasan daya pancar dari pemancar. Dan antena pemancar yang digunakan adalah antena omnidireksional, *monopole*  $\lambda/4$ . Sehingga, untuk membandingkan data hasil pengukuran dengan perhitungan propagasi SUI tidak dapat dilakukan secara langsung. Akan tetapi, diperlukan faktor koreksi *pathloss* data pengukuran terhadap jarak agar relevan dengan standar SUI, yaitu  $> d_0$  ( $d_0 = 100$  meter).

Adapun site yang digunakan pada pengukuran ini terlihat pada gambar 3.2.



**Gambar 3.2** Site pengukuran di lingkungan ITB

Setelah melakukan pengukuran berdasarkan blok diagram diatas, maka didapat hasil sebagai berikut :

**Tabel 3.1** Level daya terima pada pengukuran *outdoor*

Jarak (m)	12.6	12.7	24.34	26.3
Level Daya Terima (dBm)	-67.69	-78.17	-79.47	-80.53
	-69.51	-79.33	-76.09	-79.33
	-70.93	-74.88	-77.2	-80.55
	-71.51	-76.51	-77.97	-79.23
	-70.72	-72.28	-75.19	-79.44
	-73.87	-76.52	-75.07	-79.97
	-71.02	-75.13	-74.63	-79.82
	-72.23	-78.33	-76.04	-80.15
	-73.8	-79.34	-76.5	-78.33
	-73.36	-74.44	-76	-80.65
ket.	LOS	shadowing	LOS	blocking

Akan tetapi, karena keterbatasan waktu pengukuran maka pengukuran belum dilakukan secara sempurna, dimana seharusnya dilakukan pengukuran level daya terima pada jarak yang sama tetapi berbeda koordinat/derajat dari pemancar. Hal ini bertujuan untuk memperoleh nilai daya terima yang dapat mewakili berbagai titik di sekitar site.

Sedangkan pada penelitian ini baru dilakukan pengukuran untuk mengambil sejumlah sampel (10 data) pada jarak/titik yang sama di area site, meskipun dilakukan di dua kondisi berbeda yaitu *outdoor* dan *indoor*.

**Tabel 3.2** Level daya terima pada pengukuran *indoor*

Jarak (m)	8	10	12
Level Daya Terima (dBm)	-68.21	-76.54	-81.52
	-72.48	-72.63	-80.46
	-74.09	-77.3	-80.03
	-68.2	-77.41	-80.57
	-71.95	-72.74	-79.05
	-72.72	-74.49	-79.87
	-71.68	-73.69	-80.16
	-72.72	-73.42	-80.39
	-75.67	-73.09	-79.88
	-71.3	-75.48	-81.93
ket.	blocking	blocking	blocking

Data pengukuran yang didapatkan pada tabel 3.1 dan 3.2 dimasukkan kedalam persamaan 2.2, dengan Gain Antena = 5,2 dB dan Daya Pancar = 10 dBm. Maka didapatkan *Pathloss* totalnya seperti pada tabel 3.3.

**Tabel 3.3** Hasil Perhitungan *Pathloss* Total dari Hasil Pengukuran

Kondisi	Jarak (m)	Path Loss (dB)									
Outdoor	12.6	88.09	89.91	91.33	91.91	91.12	94.27	91.42	92.63	94.2	93.76
	12.7	98.57	99.73	95.28	96.91	92.68	96.92	95.53	98.73	99.74	94.84
	24.34	99.87	96.49	97.6	98.37	95.59	95.47	95.03	96.44	96.9	96.4
	26.3	100.93	99.73	100.95	99.63	99.84	100.37	100.22	100.6	98.73	101.05
Indoor	8	88.61	92.88	94.49	88.6	92.35	93.12	92.08	93.12	96.07	91.7
	10	96.94	93.03	97.7	97.81	93.14	94.89	94.09	93.82	93.49	95.88
	12	101.92	100.9	100.43	100.97	99.45	100.27	100.56	100.8	100.28	102.33

Dengan menggunakan persamaan 2.5, maka didapatkan hasil perhitungan *free space loss* seperti pada tabel 3.4.

**Tabel 3.4** Hasil Perhitungan *Free space loss*

Jarak (m)	12.6	12.7	24.34	26.3	8	10	12
Lfs (dB)	61.686	61.7547	67.405	68.0778	57.7404	59.6786	61.2622

**Tabel 3.5** Data Hasil Pengurangan *Pathloss* total dengan *Free space loss* (L)

Kondisi	Jarak (m)	Pengurangan pathloss total dengan free space loss (dB)										Rata2
Outdoor	12.6	26.404	28.22	29.644	30.224	29.43	32.584	29.734	30.94	32.514	32.074	33.4294
	12.7	36.815	37.98	33.525	35.155	30.93	35.165	33.775	36.98	37.9853	33.0853	38.93683
	24.34	32.465	29.09	30.195	30.965	28.19	28.065	27.625	29.04	29.495	28.995	32.3605
	26.3	32.852	31.65	32.872	31.552	31.76	32.292	32.142	32.47	30.6522	32.9722	35.18742
Indoor	8	30.87	35.14	36.75	30.86	34.61	35.38	34.34	35.38	38.3296	33.9596	38.39456
	10	37.261	33.35	38.021	38.131	33.46	35.211	34.411	34.14	33.8114	36.2014	38.78154
	12	40.658	39.6	39.168	39.708	38.19	39.008	39.298	39.53	39.0178	41.0678	43.42558

Dengan mengacu kepada rumus/persamaan SUI yang mengandung faktor koreksi, maka dilakukan beberapa langkah, yaitu:

1. Setelah mengetahui bahwa total *pathloss* merupakan gabungan dari *free space loss* dan *pathloss* yang ditimbulkan oleh kondisi lain

(asumsi: blocking, shadowing, kondisi lokasi pengukuran), maka diperoleh:

$$PL = FSL + L + C \dots \dots \dots (3.1)$$

Ket. PL: *pathloss*, FSL: *free space loss*, L: *loss* faktor lain, C: faktor koreksi blocking, shadowing.

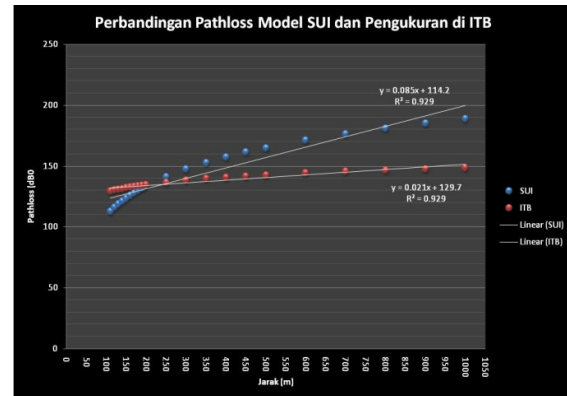
2. Dengan menggunakan data pada jarak Tx dan Rx yang sama ( $\pm 12$  meter), diperoleh nilai koreksi untuk pengukuran.

$$C_s = 38.9368 - 33.4294 = 5.50743 \text{ dB}$$

$$C_b = 43.4256 - 33.4294 = 9.99618 \text{ dB}$$

Cs: faktor koreksi akibat shadowing, C<sub>b</sub>: faktor koreksi akibat blocking.

3. Terakhir, dilakukan perbandingan hasil perhitungan *pathloss* dari pengukuran terhadap hasil perhitungan SUI, yaitu dengan cara menggunakan persamaan 3.1 dan menyesuaikan besaran jarak antara transmitter dan receiver standar SUI, > 100 meter. Dalam hal ini diambil nilai jarak dari 110m – 1000m.



**Gambar 3.3** Grafik perbandingan hasil perhitungan model propagasi SUI dengan hasil pengukuran di ITB



Tabel 3.6 Perbandingan *pathloss* hasil perhitungan SUI dengan hasil pengukuran di ITB yang telah dikoreksi

Jarak (m)	log (d/100)	SUI	ITB
110	0.041392685	112.9189	129.4351047
120	0.079181246	115.90524	130.1908759
130	0.113943352	118.6524	130.886118
140	0.146128036	121.19588	131.5298117
150	0.176091259	123.5638	132.1290761
160	0.204119983	125.77884	132.6896506
170	0.230448921	127.85956	133.2162294
180	0.255272505	129.82131	133.7127011
190	0.278753601	131.67696	134.182323
200	0.301029996	133.43741	134.6278509
250	0.397940009	141.09597	136.5660511
300	0.477121255	147.35348	138.1496761
350	0.544068044	152.64412	139.4886118
400	0.602059991	157.22709	140.6484508
450	0.653212514	161.26955	141.6715012
500	0.698970004	164.88565	142.586651
600	0.77815125	171.14315	144.170276
700	0.84509804	176.4338	145.5092118
800	0.903089987	181.01676	146.6690507
900	0.954242509	185.05922	147.6921011
1000	1	188.67533	148.607251

#### 4. KESIMPULAN

Dari data hasil pengukuran yang telah diperoleh dapat diambil beberapa kesimpulan, antara lain:

- 1) Setelah mempelajari tipe terrain model propagasi SUI, ternyata agak sedikit membingungkan untuk mengklasifikasikan daerah di lokasi kampus ke dalam salah satu tipe terrain SUI.
- 2) Dari hasil pengukuran diperoleh data level daya terima (RSL) pada site *outdoor* lebih besar daripada site *indoor*, dengan kata lain *pathloss* site *indoor* lebih besar daripada *outdoor*.
- 3) Dari hasil pengukuran diperoleh data bahwa level daya terima pada kondisi LOS lebih besar daripada pada saat kondisi terdapat obstacle, shadowing maupun blocking.
- 4) Dari hasil perhitungan *pathloss* berdasarkan hasil pengukuran, semakin besar jarak transmitter dan receiver maka semakin besar juga nilai *pathloss*.
- 5) Setelah membandingkan hasil pengolahan data *pathloss* dari pengukuran dengan jarak yang

sama, diperoleh faktor koreksi sementara sebagai berikut:

$$C_s = 5.50743 \text{ dB}$$

$$C_b = 9.99618 \text{ dB}$$

Dimana  $C_s$  merupakan selisih data *pathloss* shadowing dengan LOS, dan  $C_b$  adalah selisih data *pathloss* blocking dengan LOS.

- 6) Setelah dilakukan perhitungan *pathloss* pada hasil pengukuran, kemudian dibandingkan dengan perhitungan model SUI dengan menggunakan jarak yang sama sesuai standar SUI, maka diperoleh selisih 2dB – 40 dB.

#### 5. SARAN

- 1) Sebaiknya dilakukan kembali pengukuran untuk memperoleh data yang lebih banyak agar hasilnya lebih akurat.
- 2) Untuk pengukuran selanjutnya lebih diperhatikan lagi standar-standar pengukuran yang baik.
- 3) Dapat dilakukan di berbagai tipe daerah di Indonesia untuk menghasilkan model kanal propagasi Indonesia.

#### DAFTAR REFERENSI

- [1] DITJEN POSTEL, Penataan Spektrum Frekuensi Radio Layanan Akses Pita Lebar Berbasis Nirkabel (BWA), DEPKOMINFO. Jakarta, Nopember 2006.
- [2] Krauss, John D, dkk. Antennas for All Applications 3<sup>rd</sup> edition, Mc Graw Hill. New York, 2002.
- [3] Supono, Yokie Yusnika. ANALISIS PERFORMANSI *LINK* WiMAX STANDAR IEEE 802.16d TERHADAP PENGGUNAAN TEKNIK MODULASI ADAPTIF. Institut Teknologi Nasional, Bandung, 2007.