

# Pengukuran Coverage *Outdoor Wireless LAN* dengan Metode Visualisasi Di Universitas Islam Negeri Sunan Gunung Djati Bandung

**Eki Ahmad Zaki Hamidi, Nanang Ismail, Ramadhan Syahyadin**

Jurusan Teknik Elektro Fakultas Sains dan Teknologi

Universitas Islam Negeri Sunan Gunung Djati Bandung

Jl. AH. Nasution No. 105 Bandung

ekiahmadzaki@uinsgd.ac.id, nanang.is@uinsgd.ac.id, elektro.sgd@gmail.com

**Abstrak** – Universitas Islam Negeri Sunan Gunung Djati Bandung merupakan salah satu instansi pendidikan yang memanfaatkan *wireless LAN* sebagai media pembelajaran dan informasi, namun banyaknya penggunaan frekuensi dan channel pada *wireless LAN* dapat menyebabkan overlap hingga terjadi interferensi sinyal. Agar mendapatkan coverage jaringan yang baik pada perangkat *outdoor wireless LAN*, diperlukan suatu perencanaan dalam penempatan posisi antena dan perhitungan *Link Budget* yang terdiri dari *free space loss*, *effective isotropically radiated power*, *received signal level* dan *system operating margin*. Selain itu perhitungan dilakukan secara simulasi dengan menggunakan software *Radio Mobile* untuk melihat hasil coverage area secara visual. Pengukuran jaringan yang dilakukan terdiri dari 1 antena *Server* dan 3 *access point* yang ditempatkan pada posisi yang telah ditentukan berdasarkan kondisi eksisting. Hasil rancangan jaringan yang dianalisis menggunakan perhitungan *Link Budget* secara teori maupun simulasi dengan nilai parameter *System Operating Margin (SOM)* terbesar pada server sebesar 47,26 dB, sedangkan pada *access point*#1 46,26 dB, *access point*#2 45,76 dB dan *access point*#3 39,5 dB dimana telah memenuhi batas perancangan sinyal yang baik.

**Kata kunci:** *Outdoor Wireless LAN, Coverage, Link Budget, Visualisasi, System Operating Margin*

## 1. Pendahuluan

Jaringan Lokal tanpa kabel atau yang sering disebut dengan *Wireless LAN* adalah suatu jaringan area lokal tanpa kabel dimana media transmisinya menggunakan frekuensi radio (RF) dan *infrared (IR)*, untuk memberi sebuah koneksi jaringan ke seluruh pengguna dalam area disekitar. Jaringan *Wireless LAN* dapat dimanfaatkan sebagai media untuk menunjang pembelajaran dilihat dari beberapa keunggulannya. Dengan membangun jaringan *WLAN* di instansi pendidikan seperti Sekolah dan Universitas dapat memudahkan pelajar dalam mencari informasi untuk bahan pembelajaran di kelasnya masing-masing. Meskipun hal tersebut sudah dapat diimplementasikan akan tetapi, masih banyak prosedur proses penempatan posisi jaringan *Wireless LAN* yang kurang diperhatikan dengan benar, terutama penempatan diluar bangunan (*Outdoor*). Hal tersebut dapat berpengaruh pada kualitas jaringan yang dihasilkan [2].

Universitas Islam Negeri Sunan Gunung Djati Bandung yang merupakan salah satu instansi pendidikan, telah memanfaatkan jaringan *WLAN* sebagai sarana dalam menunjang media pembelajaran mahasiswa. Namun banyaknya akses jaringan *wireless* yang terdapat di area kampus UIN Sunan Gunung Djati Bandung dapat mempengaruhi kualitas jaringan, penumpukan sinyal RF yang disebabkan oleh banyaknya sinyal radio yang dipancarkan pada frekuensi dan *channel* yang sama akan mengakibatkan interferensi sinyal [5].

Oleh karena itu pada penelitian kali ini akan dibuat suatu perencanaan dalam pembangunan jaringan *Wireless Local Area Network* (WLAN) di area luar (*outdoor*) UIN Sunan Gunung Djati Bandung. Perancangan dilakukan dengan menggunakan metode visualisasi, sehingga hasil akhir yang didapat berupa tampilan cakupan jaringan *wireless LAN* yang sudah dioptimasi. Visualiasi cakupan jaringan dibuat dengan menggunakan *software Radio Mobile*, selain memuat tampilan cakupan jaringan dan *blank spot area* pada aplikasi tersebut juga memuat parameter *Link Budget* yang terdiri dari nilai *free space loss* (FSL), nilai *Effective Isotropically Radiated Power* (EIRP), *Received Signal Level* (RSL) dan nilai *System Operating Margin* (SOM). Nilai perhitungan berdasarkan simulasi tersebut dibandingkan dengan perhitungan *Link Budget* secara teori dalam kondisi pada propagasi *Line of Sight*, dengan tujuan untuk menentukan rancangan jaringan yang akan disimulasikan sesuai dengan perhitungan secara teori.

## 2. Landasan Teori

### 2.1. Wireless LAN

Jaringan lokal tanpa kabel atau WLAN adalah suatu jaringan area lokal tanpa kabel dimana media transmisinya menggunakan frekuensi radio (RF) dan *infrared* (IR), untuk memberi sebuah koneksi jaringan ke seluruh pengguna dalam area disekitarnya. WLAN menggunakan teknologi frekuensi radio sebagai media penyimpanan data dan memiliki berbagai kemudahan bagi pengguna penerapannya[1]. WLAN memiliki beberapa komponen dalam arsitektur jaringannya yaitu *access point* dan *wireless station/client*. *Federal Communications Commission* (FCC) mengatur penggunaan alat dari *wireless LAN* yang terdiri dari beberapa standarisasi pada tabel dibawah:

Tabel 1. Standarisasi *Wireless LAN* [1]

Spesifikasi	Kecepatan	Frekuensi Band	Cocok dengan
802.11b	11 Mb/s	~2.4 GHz	b
802.11a	54 Mb/s	~5 GHz	a
802.11g	54 Mb/s	~2.4 GHz	b, g
802.11n	100 Mb/s	~2.4 GHz	b, g, n

### 2.2. Frekuensi Radio (RF)

Frekuensi Radio adalah sinyal arus berfrekuensi tinggi yang berubah-ubah yang melewati konduktor tembaga yang panjang dan kemudian diradiasikan ke udara melalui sebuah antenna[1]. Sinyal RF memiliki beberapa sifat dan parameter dalam prinsip kerjanya yang merambat diudara, diantaranya yaitu:

#### 1. Gain

Merupakan besarnya tingkat penguatan pada sinyal RF pada saat proses pengiriman dan penerimaan. merupakan besarnya tingkat penguatan pada sinyal RF pada saat proses pengiriman dan penerimaan[9].

#### 2. Power Loss

Merupakan suatu tingkat dalam penurunan / kerusakan sinyal yang disebabkan oleh beberapa faktor, seperti resistansi dari kabel dan konektor menyebabkan kerusakan karena perubahan sinyal AC terlalu panas dan *Impedance* yang tidak seimbang pada kabel dan konektor dapat mengakibatkan *power* direfleksikan kembali ke sumber, yang mana dapat menyebabkan degradasi sinyal[2].

#### 3. Interferensi

Ada beberapa jenis interferensi radio yang dapat muncul selama pemasangan WLAN. Diantaranya *interferensi narrowband*, *interferensi all-band*, interferensi akibat pemakaian *channel* yang sama atau *channel* yang bersebelahan[1].

### 2.3. Antena Wireless Outdoor

Antena merupakan perangkat elektronik yang berperan sebagai media transmisi nirkabel/*wireless* yang memanfaatkan udara/ruang bebas sebagai media penghantar. Terdapat beberapa jenis antena yang biasa digunakan pada jaringan *wireless*, jenis-jenis antena tersebut akan dijelaskan sesuai dengan bentuk dan cara kerjanya sesuai dengan jenis antena yang digunakan pada penelitian ini[6].

#### 1. Antena *Omnidirectional*

Antena omni meradiasikan sinyal ke segala arah dengan polarisasi pancarnya ke arah horizontal, akan tetapi menunjukkan adanya direktivitas dalam arah vertikal, dengan mengonsentrasikan energinya ke dalam bentuk kue donat. Bentuk fisik antena omni dapat dilihat pada gambar dibawah.



Gambar 1. Antena *Omnidirectional*[6]

#### 2. Antena *Sectoral*

Antena *sectoral* umumnya memiliki penguatan (*Gain*) yang lebih tinggi dari antena omni sekitar 10-19 dBi. Sangat baik untuk memberikan cakupan jaringan di daerah dalam jarak 6-8 km. Bila pada antena omni radiasi sinyal dipancarkan ke segala arah maka pada antena *sectoral* pancaran radiasi sinyal dibatasi berdasarkan spesifikasinya masing-masing, namun yang sering digunakan radiasi pancaran sebesar 60°, 90°, dan 120°. Bentuk fisik antena *sectoral* dapat dilihat pada gambar dibawah.



Gambar 2. Antena *Sectoral*[6]

### 2.4. Link Budget

*Link budget* merupakan sebuah cara untuk menghitung mengenai semua parameter dalam transmisi sinyal, mulai dari *gain* dan *losses* dari Tx sampai Rx melalui media transmisi. Untuk menentukan kualitas daya pancar maupun daya terima pada jaringan *wireless* LAN, maka digunakan perhitungan *Link Budget* pada jaringan *wireless*. Adapun parameter-parameter yang berhubungan dengan *Link Budget* dalam merancang jaringan *outdoor wireless* terdiri dari[4].

#### 1. *Free Space Loss*

FSL merupakan model propagasi yang digunakan dengan mengkondisikan *transmitter* dan *receiver* berada pada lingkungan tanpa bangunan ataupun halangan lain yang dapat

menimbulkan *difraksi, refraksi, antenna* maupun *blocking*. Besar redaman ruang bebas secara matematis dapat dihitung dengan menggunakan persamaan[6]:

$$Lfs = 32,45 + 20\log d + 20 \log f \quad (1)$$

Keterangan:

$Lfs$  = *Free space loss* (dB)

$d$  = Jarak antara *transmitter* dan *receiver* (Km)

$f$  = Frekuensi (MHz)

### 2. *Effective Isotropically Radiated Power*

Merupakan total energy yang dikeluarkan oleh sebuah antenna maupun *access point*. Pada saat sebuah *access point* mengirim energinya ke antenna untuk dipancarkan, pengurangan besar energy akan terjadi didalam kabel, secara matematis dinyatakan pada persamaan berikut[4]:

$$EIRP = PTx - LTx + GTx \quad (2)$$

Keterangan:

$EIRP$  = *Effective Isotropic Radiated Power* (dBm)

$PTx$  = Daya pancar antenna pemancar

$LTx$  = *Loss* kabel (*cable loss*) di antenna pemancar

### 3. *Received Signal level*

Merupakan suatu tingkat sinyal yang diterima di perangkat penerima dan nilainya harus lebih besar dari sensitivitas perangkat penerima (*Received Sensitivity*). Agar nilai RSL dapat lebih besar dari *received Signal*, diperlukan pemilihan yang tepat. Jika *received Signal* lebih kecil nilainya dari sensitivitas penerima maka sinyal yang dipancarkan tidak dapat diterima dengan baik oleh perangkat penerima. Adapun persamaan RSL adalah sebagai berikut:

$$RSL = EIRP - FSL + GRx - LRx \quad (3)$$

Keterangan:

$EIRP$  = *Effective Isotropic Radiated Power* (dBm)

$RSL$  = *Reicived Level Signal* (dBm)

$FSL$  = *Free Space Loss* (dB)

$GTx$  = *Gain* Antenna sisi pengirim (dB)

$LRx$  = Redaman saluran transmisi (dB)

### 4. *System Operating Margin*

Merupakan salah satu parameter pada perhitungan *Link Budget* yang paling penting, karena yang akan menentukan sinyal tersebut dapat diakses ataupun tidak. Untuk mengalahkan efek *fading* dan menghasilkan koneksi jaringan yang baik, setiap *link* gelombang mikro membutuhkan ekstra sinyal diatas minimum *threshold receiver* yang disebut juga dengan SOM. ada pun rumus perhitungannya sebagai berikut[4]:

$$SOM = RSL - Rx \text{ Sensitivity} \quad (4)$$

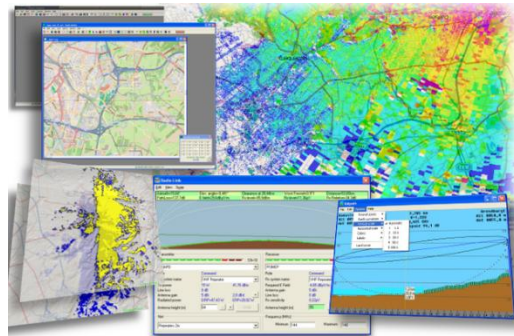
Keterangan:

$RSL$  = *Received Signal Level*

$Rx \text{ Sensitivity}$  = Sensitivitas antenna penerima

### 2.5. Software Radio Mobile

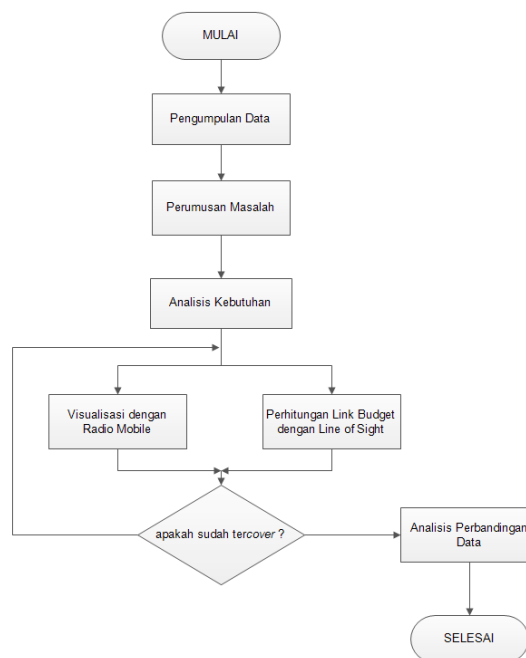
*Software Radio Mobile* merupakan salah satu aplikasi simulator propagasi yang disediakan gratis. *Software ini* Dilengkapi dengan peta digital dan *Geographical Information System (GIS)* sehingga memungkinkan untuk melihat kontur tanah yang sesungguhnya dan *SRTM (Space Shuttle Radar Terrain Mapping Mission)* merupakan sebuah aplikasi yang berfungsi untuk mendapatkan peta digital dengan ketinggiannya. Sering digunakan untuk merancang sistem komunikasi radio terutama untuk VHF (*Very High Frequency*) atau UHF (*Ultra High Frequency*) maupun untuk frekuensi 2.4 GHz, 3.3 GHz, 5.8 GHz atau lebih. *Software ini* beroperasi pada frekuensi 20MHz sampai 50 GHz[3].



Gambar 3. Tampilan *Radio Mobile*[7]

### 3. Perancangan Penelitian

Perancangan penelitian yang akan digunakan dalam penelitian ini diantaranya yaitu pengumpulan data dengan metode studi literatur dan observasi, kemudian tahap berikutnya identifikasi masalah hingga melakukan percobaan dengan menggunakan metode visualiasi untuk mendapatkan data yang dianalisis hingga mendapatkan suatu kesimpulan. Adapun tahapan dari proses penelitian ini dijabarkan pada diagram alir dibawah:



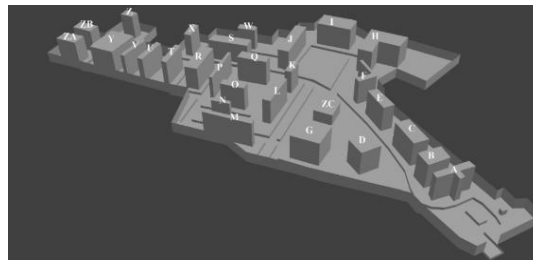
Gambar 4. Diagram Alir Metodologi Penelitian

3.1. Analisis Kebutuhan

Adapun data yang dibutuhkan yaitu:

1. Denah dan Titik koordinat obyek penelitian.

UIN Sunan Gunung Djati Bandung merupakan sebuah instansi pendidikan yang beralamat di Jalan A. Haji Nasution No. 105, Bandung, Jawa Barat 40614, yang berada pada titik koordinat 6°55'53"S 107°43'2"E. Berikut adalah denah kampus UIN Sunan Gunung Djati Bandung beserta keterangan tiap – tiap bangunan:



Gambar 5. Denah UIN Bandung

2. Spesifikasi Perangkat Jaringan (antenna / access point).

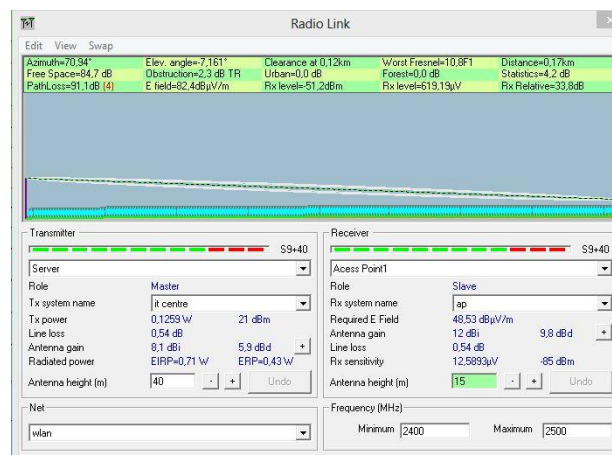
Pada penelitian perancangan simulasi jaringan wireless LAN ini akan dijabarkan spesifikasi dan parameter dari jenis dan perangkat wireless yang akan digunakan terdapat pada tabel dibawah:

Tabel 2. Nilai Spesifikasi Antena

Parameter	Nilai Spesifikasi	
	Sectoral	Omnidirectional
Transmit Power	21 dBm	20 dBm
Gain	15 dBi	12 dBi
Frekuensi	2400 MHz	2400 MHz
Rx Sensitivity	-85 dBm	-85 dBm
Sudut Pancar	120°	360°

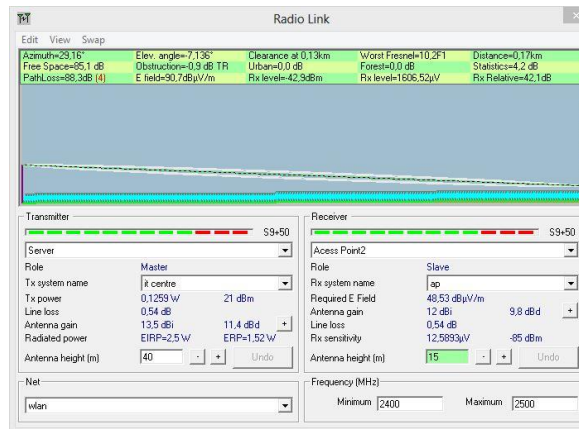
3.2. Simulasi Radio Mobile

Hasil perhitungan antara Server sebagai antenna Tx dengan Access point#1 sebagai antenna Rx, didapat parameter nilai Link Budget sebagai berikut:



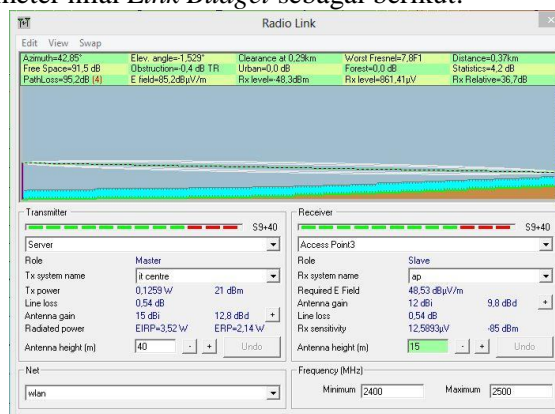
Gambar 6. Simulasi Tx Server ke Rx Ap#1

Hasil perhitungan antara Server sebagai antenna Tx dengan *Access point#2* sebagai antenna Rx, didapat parameter nilai *Link Budget* sebagai berikut:



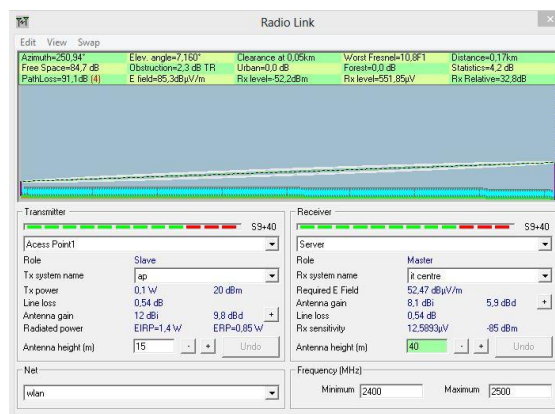
Gambar 7. Simulasi Tx Server ke Rx Ap#2

Pada hasil perhitungan antara Server sebagai antenna Tx dengan *Access point#3* sebagai antenna Rx, didapat parameter nilai *Link Budget* sebagai berikut:



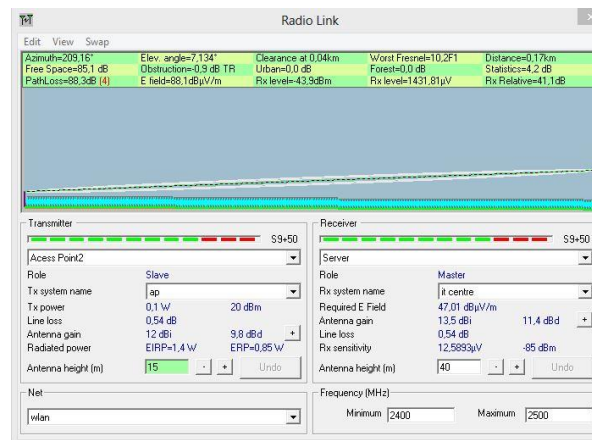
Gambar 8. Simulasi Tx Server ke Rx Ap#3

Pada hasil perhitungan antara *Access point#1* sebagai antenna Tx dengan Server sebagai antenna Rx, didapat parameter nilai *Link Budget* sebagai berikut:



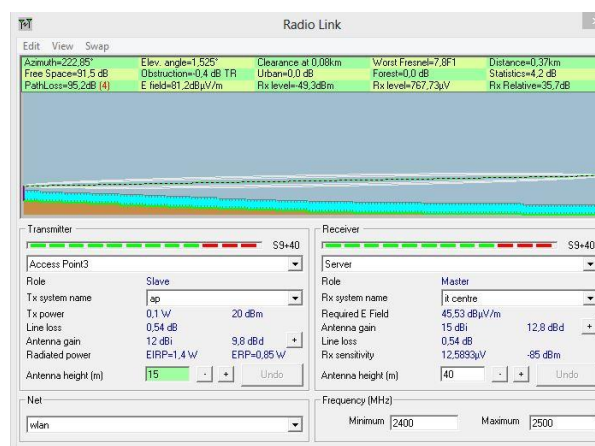
Gambar 9. Simulasi Tx Ap#1 ke Rx Server

Pada hasil perhitungan antara *Access point#2* sebagai antenna Tx dengan Server sebagai antenna Rx, didapat parameter nilai *Link Budget* sebagai berikut:



Gambar 10. Simulasi Tx Ap#2 ke Rx Server

Pada hasil perhitungan antara *Access point#3* sebagai antenna Tx dengan Server sebagai antenna Rx, didapat parameter nilai *Link Budget* sebagai berikut:



Gambar 11. Simulasi Tx Ap#3 ke Rx Server

## 4. Hasil dan Analisis

### 4.1. Perbandingan *Link Budget*

Hasil perhitungan *Link Budget* baik secara teori maupun dengan simulasi yang telah didapatkan kemudian dibandingkan untuk mengetahui perbedaan nilai yang dihasilkan berdasarkan dari parameter jaringan yang telah ditentukan. Adapun parameter perhitungan *Link Budget* yang dibandingkan adalah sebagai berikut:



### 1. Free Space Loss

Tabel 3. Perbandingan Nilai FSL

Jarak (km)	FSL (Perhitungan) dB	FSL (Simulasi) dB
0,17	84,66	84,7
0,18	85,16	85,1
0,37	91,42	91,5

Perbedaan yang dihasilkan dari kedua perhitungan disebabkan oleh perhitungan yang dihasilkan simulasi disertai dengan kontur tanah yang terdapat diseluruh area kampus UIN Sunan Gunung Djati Bandung serta hasil perhitungan pada simulasi yang hanya satu bilangan dibelakang koma sedangkan pada teori terdapat dua bilangan dibelakang koma.

### 2. Effective Isotropically Radiated Power

Tabel 4. Perhitungan Nilai EIRP

Pancaran Antenna	EIRP (Perhitungan) dBm	EIRP (Simulasi) dBm
Server ke Access Point#1	35,46	28,56
Server ke Access Point#2	35,46	33,96
Server ke Access Point#3	35,46	35,46
Access Point#1, Access Point#2, Access Point#3	31,46	31,46

Berdasarkan data perbandingan perhitungan *Effective Isotropically Radiated Power* dapat dilihat terdapat perbedaan nilai hasil perhitungan baik secara teori maupun simulasi, hal tersebut disebabkan karena pada perhitungan EIRP secara simulasi menghasilkan nilai *gain* pada antenna *sectoral* yang terhubung dengan *access point#1* dan *access point#2* berbeda sedangkan pada *access point#3* nilainya sesuai dengan yang telah ditentukan. Adapun untuk nilai EIRP terbesar ada pada antenna *Server* dengan nilai sebesar 35,46 dBm dan nilai tersebut masih dibawah batas penggunaan nilai EIRP maksimal.

### 3. Received Signal Level

Tabel 5. Perbandingan Nilai RSL

Receive Sensitivity (dBm)	RSL (Teori) dBm	RSL (Simulasi) dBm
Tx Server Rx Access Point#1	-37,74	-51,2
Tx Server Rx Access Point#2	-38,24	-42,9
Tx Server Rx Access Point#3	-44,5	-48,3
Tx Access Point#1 Rx Server	-31,46	-52,2
Tx Access Point#2 Rx Server	-39,24	-43,9
Tx Access Point#3 Rx Server	-45,5	-49,3

Berdasarkan data perbandingan perhitungan *Received Signal Level* dapat dilihat terdapat beberapa perbedaan nilai yang dihasilkan. Perbedaan nilai terdapat di seluruh hasil perhitungan baik secara teori maupun secara simulasi. Perbedaan hasil tersebut disebabkan karena penggunaan nilai FSL dengan nilai EIRP mengalami perbedaan nilai, sehingga hasil perhitungan pada *Received Signal Level* tentunya akan mengalami perbedaan nilai pula.

#### 4. System Operating Margin

Tabel 6. Perbandingan Nilai SOM

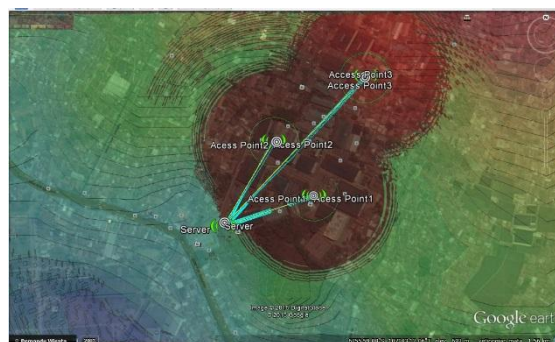
Pancaran Antenna	SOM (Perhitungan) dB	SOM (Simulasi) dB
Server ke <i>Access Point</i> #1	47,26	33,8
Server ke <i>Access Point</i> #2	46,76	42,1
Server ke <i>Access Point</i> #3	40,5	36,7
<i>Access Point</i> #1 ke Server	46,26	32,8
<i>Access Point</i> #2 ke Server	45,76	41,1
<i>Access Point</i> #3 ke Server	39,5	31,3

Perbedaan nilai terdapat di seluruh hasil perhitungan baik secara teori maupun secara simulasi. Perbedaan hasil tersebut disebabkan karena penggunaan nilai RSL mengalami perbedaan nilai, sehingga hasil perhitungan pada *System Operating Margin* tentunya akan mengalami perbedaan nilai pula. Berdasarkan data perbandingan perhitungan *System Operating Margin* baik pada perhitungan teori maupun simulasi nilai SOM berada diatas 20 dB yang berarti kualitas perancangan sinyal sudah baik.

#### 4.2. Visualisasi Coverage Jaringan

Pada tampilan *coverage* di *software Radio Mobile* terdapat beberapa symbol dan warna yang memiliki fungsinya masing-masing berdasarkan dari rancangan yang telah dibangun dan obyek penelitian. Pada *coverage* area yang telah ditampilkan, akan terlihat dengan penyebaran warna merah yang berasal dari antenna server maupun ketiga *access point*.

Berdasarkan analisis *coverage* sebelumnya sudah dapat diketahui bahwa pada antenna server jarak radius *coverage* sejauh 0,42 km dengan arah pancar menghadap ke *access point*#3, sedangkan pada ketiga *access point* memiliki jarak radius *coverage* sejauh 0,12 km. Adapun format tampilan *coverage* keseluruhan antenna yang ditampilkan di *Google Earth* sehingga wilayah obyek penelitian dapat terlihat jelas dengan *coverage area* yang dihasilkan:



Gambar 12. Hasil Coverage Seluruh Antena

Berdasarkan tampilan *coverage* area pada antenna server diatas dapat dilihat terdapat beberapa area luar bangunan yang ter-cover jaringan *wireless* LAN yang dihasilkan dari seluruh antenna yang terhubung dengan jaringan *outdoor wireless* LAN hampir memenuhi seluruh area kampus UIN Sunan Gunung Djati Bandung, hanya terdapat satu area terbuka strategis yang tidak ter-cover yaitu pada area taman Rektorat.

## 5. Kesimpulan dan Saran

### 5.1. Kesimpulan

Berdasarkan hasil pengolahan data, perhitungan secara teori maupun secara simulasi serta hasil analisis *Link Budget* pada perencanaan *Outdoor Wireless* LAN di kampus UIN Sunan Gunung Djati Bandung dapat ditarik kesimpulan sebagai berikut:

1. Hasil visualisasi jaringan *wireless* LAN dengan *coverage* area pada kondisi LOS yang ditampilkan mencapai radius pancaran dari server sebesar 0,43 km sedangkan dari *access point*#1, *access point*#2 dan *access point*#3 sebesar 0,12 km.
2. Perhitungan *Link Budget* dalam kondisi LOS menunjukkan beberapa hasil yang terdiri dari:
  - Semakin jauh jarak antar antenna pengirim (Tx) dengan antenna penerima (Rx) maka nilai FSL semakin besar.
  - Nilai EIRP pada seluruh antenna sudah memenuhi batas nilai pemakaian pada frekuensi 2,4 GHz baik pada ketiga *access point* maupun pada server.
  - Nilai RSL baik pada antenna server maupun pada ketiga *access point* lebih besar dari nilai *Rx Sensitivity* nya.
  - Nilai SOM baik pada server maupun ketiga *access point* telah melebihi batas perancangan sinyal sebesar 20 dB.
3. Hasil perhitungan pada simulasi *Radio Mobile* dengan perhitungan teori sebagian besar berbeda, karena pada simulasi mem- pertimbangkan nilai kontur tanah dan arah antenna yang akan mempengaruhi pola pancar sinyal, sedangkan pada teori hanya memuat perhitungan dengan rumus yang telah ditentukan secara matematis.

### 5.2. Saran

Saran-saran yang dapat diberikan dengan harapan penelitian tersebut dapat ditingkatkan kualitasnya terdiri dari:

1. Penggunaan *software* simulasi yang memperhitungkan efek *multipath* agar hasil analisis dari perencanaan *outdoor wireless* ini benar-benar nyata sesuai dengan keadaan pada area yang akan dibangun jaringan *wireless*.
2. Perlu dilakukannya peninjauan kapasitas akses jaringan *outdoor wireless* pada pengguna jaringan agar dapat diketahui kualitas akses jaringan yang telah dirancang dapat memenuhi kebutuhan akses internet.

## Daftar Pustaka

- [1] Budi Catur. 2014. "Analisa Performasi dan *Coverage Wireless Local Area Network* 802.11B/G/N Pada Pemodelan Sistem *E-Learning*".Paper. Institut Teknologi Bandung.
- [2] Eko Wisnu. 2014. "Pengaruh Multipath Fading terhadap Performasi Pada Downlink Jaringan CDMA 2000 1X EV\_DO Revision A". Paper. Universitas Brawijaya.
- [3] Korinta Agita. 2013. "Analisis Perhitungan *Fersnel Zone Wireless Local Area Network* (WLAN) dengan Menggunakan Simulator Radio Mobile".Paper. Universitas Sumatera Utara.
- [4] Manurung Fenni. 2014. "Analisis Link Budget Untuk Koneksi Radio *Wireless Local Area Networ* (WLAN) 802.11b Dengan Menggunakan Simulasi Radio Mobile (Studi Kasus Pada Jalan Kartini Siantar – Ambarisan)". Paper. Universitas Sumatera Utara.
- [5] Sujarit Indra. 2007. "Analisis sistem Jaringan Wifi dengan Jaringan GSM Indoor Pada Lantai Basement Balai Sidang Jakarta Convension Centre". Paper. Universitas Trisakti.

- 
- [6] Teddy Muhammad. 2009. “Rancang Bangun Antenna Eksternal Payung Bolik 2,4 GHz Untuk Komunikasi Wireless LAN”. Jurnal Publikasi. Universitas Sumatera Utara Medan.
- [7] Team *Radio Mobile*. Juni 2015. Tampilan antar muka *software Radio Mobile*. diakses pada di <http://radiomobile.pe1mew.nl/>.