

Analisa Model Propagasi Cost 231 Multi Wall pada Perancangan Jaringan Indoor Femtocell HSDPA menggunakan Radiowave Propagation Simulator

Alfin Hikmaturokhman

Program Studi S1 Teknik Telekomunikasi
Sekolah Tinggi Teknologi Telematika Telkom Purwokerto
Purwokerto, Indonesia
alfin@st3telkom.ac.id

Lita Berlianti

Program Studi S1 Teknik Telekomunikasi
Sekolah Tinggi Teknologi Telematika Telkom Purwokerto
Purwokerto, Indonesia
lita.berlianti@gmail.com

Wahyu Pamungkas

Program Studi S1 Teknik Telekomunikasi
Sekolah Tinggi Teknologi Telematika Telkom Purwokerto
Purwokerto, Indonesia
wahyu_pamungkas@hotmail.com

Abstrak—Memuaskan pelanggan pengguna jasa telekomunikasi yang berada di dalam gedung dengan layanan jaringan yang bagus dan berkualitas merupakan hal yang sangat penting. Penulisan Penelitian ini akan melakukan perancangan jaringan indoor HSDPA dan melakukan simulasi dari rancangan tersebut dengan menggunakan perangkat lunak yang berupa *Radiowave Propagation Simulator* (RPS). Sedangkan untuk menganalisa hasil perancangan maka dilakukan studi kasus yang berlokasi di gedung baru Kampus ST3 Telkom Purwokerto. Berdasarkan hasil analisa dan implementasi yang telah didapat hasil penelitian yang telah dilakukan maka jumlah FAP berdasarkan perhitungan kapasitas yaitu sebanyak 2 FAP. Sedangkan berdasarkan perhitungan cakupan (*coverage*) menggunakan Model Propagasi Cost 231 Multi Wall menghasilkan jumlah FAP sebanyak 2 FAP juga. Namun, dari kedua jenis perhitungan tersebut, perhitungan berdasarkan kapasitas lebih dipilih dari pada perhitungan berdasarkan cakupan untuk perancangan jaringan *indoor* di ST3 Telkom. Hal itu dikarenakan, perhitungan dengan kapasitas memperhitungkan jumlah pengguna yang jumlahnya lebih padat yaitu untuk ruangan kelas T7. Jenis FAP yang digunakan pada penelitian ini ialah USC 5310 dengan daya pancar sebesar 20 dBm. Sehingga didapatkan *Maximum Allowable Path Loss* nya ialah 248,12 dB dari arah *uplink* dan 244,12 dB dari arah *downlink*. Sedangkan hasil dari *composite coverage* untuk skenario 1 adalah -27,25 dB, lalu pada skenario 2 menghasilkan *composite coverage* sebesar -26,60 dBm, dan hasil dari *composite coverage* pada skenario 3 yaitu -25,81 dBm. Sehingga dari hasil *composite coverage* yang didapat, maka skenario yang dipilih adalah skenario ke 3.

Kata Kunci—Jaringan *indoor*; HSDPA; *Radiowave Propagation Simulator*, *Femtocell*, *Model Propagasi Cost 231 Multi Wall*

I. PENDAHULUAN

Pesatnya kondisi kebutuhan terhadap komunikasi membuat permintaan terhadap layanan komunikasi mengalami peningkatan. Hal tersebut membuat penyedia jaringan telekomunikasi untuk berinovasi dan berusaha meningkatkan kemampuan pada jaringannya. Kebutuhan terhadap komunikasi tidak hanya berlaku pada pengguna jaringan telekomunikasi yang berada di luar area (*outdoor*) saja tetapi juga pada area *indoor*, seperti gedung, perkantoran, sekolah, rumah sakit, tempat parkir di *basement*, serta pusat perbelanjaan. Hal ini mengakibatkan banyak terjadi redaman terhadap sinyal komunikasi yang mengalami gangguan, maka untuk memperbaiki dan meningkatkan kualitas sinyal di dalam gedung tersebut perlu dibangun jaringan seluler *indoor* atau dapat disebut *in building coverage system* agar kebutuhan kualitas sinyal, cakupan (*coverage*), atau pun kapasitas trafiknya dapat terlayani dengan maksimal.

In building coverage system merupakan suatu sistem dengan perangkat pemancar dan penerima yang dipasang di dalam gedung dengan tujuan agar dapat melayani kebutuhan akan telekomunikasi dalam gedung tersebut,

untuk membuat rancangan jaringan *indoor* maka menggunakan perangkat Lunak *Radiowave Propagation Simulator* (RPS). RPS adalah program aplikasi desktop yang berfungsi untuk menganalisis propagasi gelombang radio atau prediksi *coverage* BTS telekomunikasi. Sehingga berdasarkan latar belakang yang telah dijelaskan tersebut, penulis mengambil topik penelitian mengenai “Analisa Model Propagasi Cost 231 Multi Wall pada Perancangan Jaringan

Indoor Femtocell HSDPA menggunakan Radiowave Propagation Simulator”.

A. Sistem Komunikasi Seluler *Indoor*

Komunikasi jaringan *indoor* merupakan suatu sistem yang diterapkan dalam gedung untuk mendukung sistem di luar gedung (makro sel dan mikro sel *outdoor*) dalam memenuhi layanan seluler dan *wireless*. Perencanaan sel dalam gedung (*Indoor coverage*) meliputi perencanaan area cakupan sesuai dengan komitmen area, kapasitas trafik sesuai kebutuhan, kualitas sinyal yang memuaskan pelanggan, dan dengan interferensi yang kecil. Prosedur dari perencanaan sel antara lain adalah cakupan dan analisa interferensi, perhitungan trafik, perencanaan frekuensi, dan parameter sel. Beberapa hal yang harus diperhatikan di dalam membuat suatu perencanaan sel adalah cakupan, kapasitas, dan kualitas.

Sistem dalam gedung sangat berbeda dengan sistem luar gedung, hal yang paling mendasar adalah model perancangan sistem radio dan distribusi antenanya harus disesuaikan dengan karakteristik gedung tempat sel tersebut terpasang. Pada sistem sel dalam gedung dibutuhkan teknik khusus untuk mengatasi kondisi propagasi dalam ruangan. Tidak sama dengan area ruang kosong, sistem dalam gedung mengalami banyak rugi seperti kepadatan material dalam gedung, konstruksi gedung, kepadatan orang dalam gedung, dan terbatasnya celah antar ruangan seperti jendela dan pintu. Karakteristik sel dalam gedung yaitu area cakupan sel kecil, sinyalnya terbatas sampai pada sisi gedung, daya pemancar yang digunakan rendah, antena dipasang di dalam gedung ukuran antena kecil.

1) Mekanisme Dasar Propagasi^[2]

a) Refleksi (Pemantulan)

Proses terjadinya refleksi yaitu saat gelombang mengenai suatu penghalang yang ukurannya agak lebih besar dibandingkan dengan panjang gelombang sinyal.

b) *Scattering* (Penghamburan)

Terjadinya penghamburan atau *scattering* yakni bahwa propagasi melewati objek yang kecil dan atau kasar sehingga karena itu akan menyebabkan banyaknya timbul pantulan ke berbagai arah yang berbeda.

c) Difraksi

Penyebab terjadinya difraksi (*diffraction*) yaitu pada saat suatu gelombang radio menabrak suatu objek tertentu. Sehingga berakibat pada gelombang radio dapat berbelok saat mengenai suatu objek dan menimbulkan efek yang disebut dengan “*waves going around corners*”.

2) Perencanaan Seluler *Indoor*^[10]

Dalam perencanaan sistem jaringan seluler *indoor* yang harus dilakukan yaitu :

a) Informasi Gedung

Setiap gedung memiliki karakteristik yang berbeda – berbeda, yang dipengaruhi oleh desain gedung tersebut.

b) Menentukan Sistem Antena

Menentukan sistem antena meliputi proses memaksimalkan cakupan desain antena sesuai dengan area yang direncanakan (*coverage desain*), membuat skema

desain (*schematik desain*). Untuk perencanaan di dalam ruangan, biasanya dipakai dua jenis antena seperti antena *omnidirectional* dan antena *directional*. sendiri ditempatkan di atas ruangan sedangkan antena *directional* untuk pemasangan di dinding.

c) Mekonfigurasi Antena

Konfigurasi antena untuk sistem antena *indoor* dapat dibedakan ke dalam empat kategori, yaitu antena terintegrasi, distribusi antena dengan.

d) *Coverage Desain*

Cakupan area (*Coverage area*) jelas akan mempengaruhi jumlah antena dan material pendukung lainnya. Untuk penentuan area cakupan sistem yang akan dipasang, dibutuhkan plot area untuk memutuskan area mana yang akan dicakupi. *Design RF* untuk Sistem Jaringan *Indoor*

3) Model Propagasi *Indoor* (*Indoor Propagation Modeling*)^[2]

Dalam perancangan jaringan *indoor* terdapat beberapa model propagasi yang dapat digunakan, yang terdiri dari :

a) *One Slope Model*

Pada *One Slope Model* hal yang diperhatikan yaitu parameter– parameter yang mempengaruhi perhitungan seperti *pathloss* eksponen. Pada perhitungan *pathloss* tersebut, eksponen model dikalibrasikan untuk masing-masing skenario. Dengan catatan bahwa dinding dan elemen-elemen gedung yang lainnya tidak berpengaruh pada model *One Slope* ini.

b) *Keenan Motley Model*

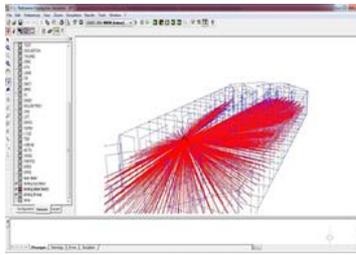
Model propagasi *Keenan Motley* memperhitungkan seluruh dinding yang ada pada sebuah bangunan pada bidang vertikal diantara *transmitter* dan *receiver*, dengan nilai attenuasi yang sama untuk seluruh lantainya. Selain itu jenis dinding dan material lain yang terdapat di suatu bangunan juga dapat diperhitungkan.

c) COST 231 *Multi-Wall Model*

Pada model propagasi COST 231 *Multi-Wall* seluruh dinding pada bidang vertikal antara *transmitter* dengan *receiver* akan dipertimbangkan, Sedangkan untuk masing-masing dinding dengan *properties* materialnya diperhitungkan juga, bertambahnya dinding yang akan dilewati sinyal akan membuat *attenuasi* dinding menjadi berkurang sehingga pada model COST 231 MWM ini hasil yang didapatkan akan sesuai dengan kondisi ruangan. Oleh karena itu, pada penulisan Penelitian ini model propagasi yang digunakan adalah COST 231 *Multi-Wall Model*.

4) *Radiowave Propagation Simulator*^[4]

Radiowave Propagation Simulator (RPS) merupakan sebuah perangkat lunak buatan dari organisasi *development software*. RPS adalah program aplikasi *desktop* yang berfungsi untuk analisis propagasi gelombang radio atau prediksi *coverage* BTS telekomunikasi. Gambar 1 berikut ini adalah tampilan GUI RPS.



Gambar 1 Tampilan GUI RPS

5) Konsep Femtocell^[13]

Femtocell merupakan *access point* nirkabel dengan berdaya rendah yang menggunakan spektrum frekuensi berlisensi saat beroperasi. Dengan kata lain, femtocell dapat didefinisikan sebagai *Base Transceiver Station* (BTS) yang berukuran mini dengan ditempatkan di wilayah yang bersinyal rendah, sehingga dapat meningkatkan ketersediaan, konektivitas, mobilitas, serta kinerja layanan jaringan dengan kebutuhan daya yang rendah. Dengan menghubungkan telepon selular ke sebuah jaringan operator selular menggunakan koneksi DSL atau koneksi pita lebar kabel. Tujuan dari diciptakannya femtocell ialah sebagai alternatif solusi untuk operator selular dalam rangka memperluas jaringan aksesnya hingga ke perkantoran, perumahan, pusat perbelanjaan, atau di gedung lainnya. Femtocell dapat dijadikan sebagai solusi dari keterbatasan jaringan *Base Transceiver Station* (BTS) yang tidak dapat menjangkau *user* yang berada di area *indoor*.

B. Perhitungan Link Budget^[2]

1) Menentukan Jumlah Access Point

Proses menentukan jumlah *access point* yang diperlukan dalam perancangan jaringan *indoor* ini dibagi dan dikategorikan menjadi dua macam, yakni analisis berdasarkan kapasitas dan analisis berdasarkan cakupan wilayah (*coverage*).

2) Analisis Berdasarkan Kapasitas

Tujuan dari analisis kapasitas ini yaitu untuk menentukan jumlah *user* yang dapat dicakup dalam satu *cell*. Dengan menggunakan rumus perhitungan kapasitas seperti berikut ini.

$$\eta UL = (1+i) \sum_{j=1}^N L_j = (1+i) \sum_{j=1}^N \frac{1}{1 + \left[\frac{Eb}{No} \cdot R_j \cdot v_j \right]} \quad (1)$$

Dimana dengan nilai :

ηUL = beban faktor

i = perbandingan antara interferensi sel lain dengan interferensi sel yang ada pada penulis.

Eb/No = sinyal energi per bit dibagi *noise*

R_j = bit rate

v_j = aktivitas faktor *user*

W = chiprate WCDMA

N = jumlah *user* yang ingin ditentukan/jumlah *user* dalam sel

Selanjutnya menentukan jumlah *access point* yang dibutuhkan dalam perencanaan dengan cara 1 sel = 1 *access point* dengan menggunakan persamaan rumus untuk menghitung jumlah sel sebagai berikut:

$$\text{Jumlah FAP} = \frac{\text{Jumlah User}}{\text{Jumlah User tiap sel}} \quad (2)$$

a) Analisis Berdasarkan Coverage

Menentukan jumlah *Femtocell Access Point* (FAP) berdasarkan *coverage* terlebih dahulu menghitung radius sel dengan menggunakan persamaan rumus sebagai berikut:

$$L_p = FSL = 32,45 + 20 \log f + 20 \log d \quad (3)$$

Dimana:

F = frekuensi operasi (MHz)

d = jarak antara pengirim dan penerima (km)

Kemudian menghitung radius dengan menggunakan persamaan :

$L_{TMultivallModel}$:

$$LT = LFSL + LC \sum_{i=1}^M nwi \cdot Lwi + nf \left[\frac{nf+2}{nf+1} - b \right] Lf \quad (4)$$

Keterangan :

LFSL = *loss free space*

LFSL = $20 \log f \text{MHz} + 20 \log d \text{Km} + 32,5$

LC = *constant loss*

Lwi = *wall type loss*

$Lw1$ = *L light wall*

$Lw2$ = *L heavy wall*

Lf = *loss per floor*

b = *empirical parameter* (0,46)

M = *number of wall type*

nf = *number of floors crossed by the path*

nwi = *number of wall crossed by the direct path*

Dimana

indoor loss :

$$\sum_{i=1}^M nwi \cdot Lwi + nf \left[\frac{nf+2}{nf+1} - b \right] \cdot Lf \quad (5)$$

dan Luas area sel, $L = 2,6 \times d^2$ (6)

Sehingga didapatkan jumlah femtocell yang dibutuhkan dengan menggunakan persamaan :

$$\text{Jumlah FAP} = \frac{\text{Luas area yang direncanakan}}{\text{Luas cakupan sel}} \quad (7)$$

2) Menentukan Link Budget

Perhitungan *link budget* dilakukan untuk menjaga keseimbangan *gain* dan *loss* agar mencapai SNR yang diinginkan disisi penerima. Parameter – parameter dalam perhitungan *linkbudget* yaitu:

a. Propagasi Free Space Loss

Redaman ruang bebas atau *free space loss* yakni penurunan daya gelombang radio selama merambat di ruang bebas. Besarnya redaman ruang bebas yaitu:

$$L_p = FSL = 32,45 + 20 \log f + 20 \log d \quad (8)$$

b. Perhitungan Effective Isotropic Radiated Power (EIRP)

EIRP adalah besaran yang menyatakan kekuatan daya pancar suatu antenna, dapat dihitung dengan rumus sebagai berikut:

$$EIRP = P_{tx} + G_{tx} - L_{tx} \quad (9)$$

c. Perhitungan Receive Signal Level (RSL)

RSL ialah level sinyal yang diterima disisi penerima dan nilainya harus lebih besar dari sensitivitas perangkat

redaman. Nilai RSL dapat dihitung dengan persamaan sebagai berikut:

$$RSL = EIRP - L_{propagasi} + G_{rx} - L_{rx}(10)$$

II. METODOLOGI PENELITIAN

A. Instrumen Penelitian

Penelitian ini dilakukan dengan berdasarkan pengukuran di gedung baru kampus ST3 Telkom Purwokerto melalui perhitungan *link budget* dan simulasi RPS untuk mengetahui unjuk kerja layanan HSDPA pada lingkungan dalam gedung tersebut. Instrumen penelitian ini memerlukan sebuah laptop yang telah terinstal perangkat lunak *Radiowave Propagation Simulator*, serta peta atau denah lokasi yang diamati (*map info*).

B. Metode Penelitian

Metode penelitian yang digunakan dalam penelitian ini adalah metode simulasi perancangan jaringan. Adapun langkah – langkah dalam perancangan tersebut adalah:

1. Pengumpulan data berupa denah, lokasi, luas gedung kampus ST3 Telkom, dan material komponen gedung.
1. Menentukan spesifikasi perangkat yang sesuai untuk digunakan pada perancang tersebut.
2. Melakukan perhitungan *link budget*, dan *coverage* antena.
3. Melakukan proses simulasi menggunakan RPS.
4. Menganalisa hasil yang didapatkan dari proses simulasi.

C. Pengumpulan Data

Pengumpulan data pada penelitian ini menggunakan dua kali pengumpulan data, yakni meliputi data untuk persiapan perancangan dan data hasil perancangan atau penelitian.

1) Data Persiapan Perancangan

Data persiapan perancangan merupakan data yang dibutuhkan sebelum dapat merancang jaringan HSDPA *indoor*. Data tersebut meliputi data tentang gedung yang akan dianalisa, data berdasarkan BTS *indooryang* akan digunakan, dan data dari partisi bahan material pada gedung yang dianalisa. Parameter pada penelitian penelitian ini yakni perhitungan trafik, perhitungan kapasitas, distribusi antena, perhitungan radius dan perhitungan *link budget* serta data-data bahan dan jenis tembok (Tabel 1 Jenis Bahan dan Ketebalan Bahan)

2) Data Hasil Perancangan

Data hasil perancangan merupakan data yang terkait dengan hasil rancangan berupa hasil perhitungan. Data tersebut diperoleh melalui uji coba dengan menggunakan formulasi perhitungan.

3) Rencana Kerja

Rencana kerja dalam penyelesaian penelitian digambarkan dan dijelaskan pada Gambar 2.



Gambar 2 Blok Diagram Rencana Kerja Penelitian

Tabel 1 Jenis Bahan dan Ketebalan Bahan

Penggunaan	Luas	Material	Ketebalan (cm)
Laboratorium Switching	15m x 10m	-Rabat Beton	12
		-Alumunium	9,8
Ruang kelas T-7	10m x 10m	-Rabat Beton	12
		-Alumunium	9,8
Ruang Wadir 2	4m x 10m	-Rabat Beton	12
		-Alumunium	9,8
Ruang Wadir 3	4m x 10m	-Rabat Beton	12
		-Alumunium	9,8
		-Papan Tripleks	12
Ruang Akademik	15m x 10m	-Rabat Beton	12
		-Alumunium	9,8
		-Papan Tripleks	12
Kafetaria	10m x 10m	-Rabat Beton	12
		-Alumunium	9,8

III. ANALISIS PERANCANGAN DAN HASIL SIMULASI

Perhitungan pada perencanaan jaringan *indoor* tersebut menggunakan persamaan *Cost 231 Multiwall Model*. Hasil yang diperoleh berdasarkan simulasi menggunakan *Radiowave Propagation Simulator* (RPS) didapatkan grafik yang menunjukkan nilai dari *composite coverage*. Gambaran umum dari pengerjaan penelitian ini yaitu setelah melakukan proses perhitungan lalu dilanjutkan dengan simulasi menggunakan *software* RPS dan menambahkan analisa berkaitan dengan hasil simulasi tersebut.

A. HASIL PERHITUNGAN

Berikut ini dijelaskan mengenai perhitungan dalam rangkai perencanaan jaringan *indoor*.

1) Link Budget

Tabel 2 Perhitungan MAPL Dari Arah *Uplink*

<i>Transmitter (Mobile Station)</i>			
a.	<i>Maximum mobile Tx power (dBm)</i>	27	
b.	<i>Mobile antenna gain (dBi)</i>	0	
c.	<i>Body/orientation loss (dB)</i>	3	
d.	<i>EIRP (dBm)</i>	24	(d = a+b-c)
e.	<i>Thermal noise density (dBm/Hz)</i>	-174	$KT_B = (1,38 \times 10^{-23} \times 290) = -240$ dBW = -174
f.	<i>BS receiver noise figure (dB)</i>	8	
g.	<i>Receiver noise density (dBm/Hz)</i>	-166	(g = e+f)
h.	<i>Receiver noise power (dBm)</i>	-214,42	(h = g + 10log (14,4x 10 ⁻⁶))
i.	<i>Interference margin (dB)</i>	3	
j.	<i>Noise & interference (dBm)</i>	-211,42	(j = h+i)
k.	<i>Processing gain (dB)</i>	15,7	(k = 10 log(14,4 Mbps/384))
l.	<i>Required Eb/No</i>	1	Data 384 kbps
m.	<i>Receiver sensitivity (dBm)</i>	-226,12	(m = l - k + j)
n.	<i>Base station antenna gain (dBi)</i>	0	
o.	<i>Fast fading margin</i>	2	
p.	<i>Maximum path loss (dB)</i>	248,12	(q = d - m + n - o)

Perhitungan *link budget* dilakukan untuk menghitung area cakupan sel dengan mengetahui nilai *Maximum Allowable Path Loss* (MAPL) dalam sistem agar saling berkomunikasi. *Link budget* merupakan perhitungan sejumlah daya yang didapat oleh penerima berdasarkan daya keluaran dari pemancar dengan mempertimbangkan *gain* dan *loss* sepanjang jalur transmisi radio dari pemancar ke penerima. Pada sistem komunikasi bergerak, perhitungan *link budget* dilakukan dari dua arah yaitu dari *Mobile Station (MS)* ke *Base Station (BS)* yang disebut arah *uplink* dan dari *Base Station (BS)* ke *Mobile Station (MS)* yang disebut arah *downlink*. Proses perhitungan MAPL tersebut menggunakan parameter data 384 kbps, dengan demikian didapatkan MAPL untuk arah *uplink* sebesar

248,12 dB. Kemudian pada arah *downlink* pun dilakukan perhitungan MAPL nya, dengan menjadikan *Base Station (BS)* sebagai

<i>Transmitter (Base Station)</i>			
a.	<i>Maximum mobile Tx power (dBm)</i>	20	
b.	<i>Mobile antenna gain (dBi)</i>	0	
c.	<i>Body / orientation loss (dB)</i>	0	
d.	<i>EIRP (dBm)</i>	20	(d = a+b-c)
<i>Receiver (Mobile Station)</i>			
e.	<i>Thermal noise density (dBm/Hz)</i>	-174	
f.	<i>MS receiver noise figure (dB)</i>	4	
g.	<i>Receiver noise density (dBm/Hz)</i>	-170	(g = e+f)
h.	<i>Receiver noise power (dBm)</i>	-214,42	(h = g + 10log (14,4x 10 ⁻⁶))
i.	<i>Interference margin (dB)</i>	3	
j.	<i>Noise & interference (dBm)</i>	-211,42	(j = h+i)
k.	<i>Processing gain (dB)</i>	15,7	(k = 10 log(14,4 Mbps/384))
l.	<i>Required Eb/No</i>	1	Data 384 kbps
m.	<i>Receiver sensitivity (dBm)</i>	-226,12	(m = l - k + j)
<i>Receiver (Mobile Station)</i>			
n.	<i>Base station antenna gain (dBi)</i>	0	
o.	<i>Fast fading margin</i>	2	
p.	<i>Maximum Path loss (dB)</i>	244,12	(q = d - m + n - o)

Tabel 5 Perhitungan MAPL Dari Arah *Downlink*

<i>Transmitter (Base Station)</i>			
a.	<i>Maximum path loss (dB)</i>	244,12	
b.	<i>Log normal fading margin</i>	5,5	

c.	Soft handover gain multicell (dB)	3	
d.	Indoor loss (dB)	93,2	
e.	Allowed propagation loss for cell range (dB)	148,42	(e=a-b+c-d)
f.	Maximum mobile Tx power (dBm)	20	
g.	Mobile antenna gain (dBi)	0	
h.	Body / orientation loss (dB)	0	
i.	EIRP (dBm)	20	(d = a+b-c)

Dari hasil perhitungan MAPL dari arah *downlink* diperoleh nilai sebesar 244,12 dB, dengan demikian selisih antara nilai MAPL *uplink* dengan *downlink* adalah 248,12 – 244,12 = 4 dB. Dengan demikian dari hasil selisih antara nilai *uplink* dan *downlink* bahwa 4 dB < 5 dB sehingga perencanaan itu masih layak dan dapat diterapkan.

2) Redaman indoor

Dilakukannya perhitungan terhadap redaman *indoor* bertujuan untuk mendapatkan seberapa besar hasil dari *loss wall material*, yaitu redaman yang muncul karena diakibatkan oleh partisi material bangunan seperti jenis dinding, lantai, sekat antar ruangan, kaca, dan lain – lain. Seperti yang ditunjukkan pada Tabel 4, bahwa di Gedung Sekolah Tinggi Teknologi Telematika Telkom Purwokerto material penyusunnya terdiri dari kaca (*glass*), dinding beton (*concrete*), lantai ubin (*tile*), dan sekat berupa *plaster inner wall*.

Dari Tabel 4 didapatkan bahwa total keseluruhan dari *loss wall material* pada gedung Sekolah Tinggi Teknologi Telematika Telkom Purwokerto ialah sebesar 120,2 dB dengan memperhitungkan segala *loss* dari berbagai material bangunan yang ada di setiap ruang. Setelah didapatkan redaman dari material partisi bangunan, selanjutnya ialah memperhitungkan propagasi yang diizinkan setelah melewati *loss* dinding seperti yang terdapat dalam Tabel 5 .

Tabel 6 Loss Wall Material

Type loss wall	dB	Jumlah	Total (dB)
Kaca (<i>glass</i>)	2,8	9	25,2
Dinding Beton (<i>concrete</i>)	8	7	56
Plaster inner wall (sejenis papan kayu 2	4	3	12

lembar 3/8 inc)			
Loss Penghalang			93,2

3) Analisis Jumlah Access Point

Analisis untuk menentukan jumlah *access point* yang dibutuhkan pada perancangan ini terbagi berdasarkan 2 kategori, yaitu analisis berdasarkan kapasitas, dan analisis berdasarkan *coverage*.

A. Analisis Berdasarkan Kapasitas

Tujuan dari dilakukannya analisis berdasarkan kapasitas yaitu untuk menentukan jumlah *user* yang dapat dicakup dengan menggunakan perhitungan :

$$\eta UL = (1+i) \sum_{j=1}^N L_j = (1+i) \sum_{j=1}^N \frac{1}{1 + \left[\frac{W}{E_b/N_0 R_j} \right]}$$

Dengan nilai bahwa ηUL ialah beban faktor sebesar 80% = 0,8. Sedangkan i merupakan minimum nilai untuk *femtocell* yaitu sebesar 25% = 0,25. W merupakan nilai dari *chip rates* sebesar 3,84 mcps = 3,84 x 10⁶ cps. Nilai untuk parameter E_b/N_0 ialah 1 dB (384 kbps) = 1,25 dalam numerik. Untuk Bit rate yang digunakan sebesar 3,6 Mbps. Dan aktifitas faktor *user* adalah 1 (untuk data). Jumlah *user* yang ingin ditentukan.

$$0,8 = (1+0,25)^N \frac{1}{1 + \left(\frac{3840000}{1,25 \times 3600000 \times 1} \right)}$$

$N = 1$ *user* untuk setiap 1 sel.

Kemudian setelah mendapatkan jumlah *user* yang dapat dicakup dalam satu sel berikutnya ialah menentukan jumlah *accesspoint*.

$$\text{Jumlah FAP} = \frac{\text{Jumlah User}}{\text{Jumlah User tiap sel}}$$

Dengan asumsi jumlah *user* secara keseluruhan pada gedung baru Sekolah Tinggi Teknologi Telematika Telkom Purwokerto lantai 1 merupakan hasil perhitungan ketika semua *user* berada di ruangan lantai 1 dan dalam kondisi aktif. Dengan mengasumsikan bahwa pengguna yang aktif tersebut adalah 60 % dari jumlah penghuni di setiap ruangan. Maka hasil rata – rata jumlah FAP yang dibutuhkan untuk diimplementasikan pada lantai 1 yaitu sebanyak 2 buah *Femtocell Access Point*.

Tabel 7 Jumlah FAP Berdasarkan Cakupan (*Coverage*)

Lantai 1		
a.	Luas area yang direncanakan (Luas pada lantai 1)	500m ²
b.	Luas area sel	138,17m ²
	(a ÷ b)	3,61
c.	Area potensial 60%	2,166
	Jumlah FAP	2

B. Analisis Berdasarkan Cakupan

Untuk menentukan jumlah FAP terlebih dahulu menghitung radius sel dengan menggunakan persamaan rumus seperti berikut.

$$L_{FSL} = 20 \log (2100) + 20 \log d \text{ (km)} + 32,5$$

$$L_{FSL} = 98,94 + 20 \log d \text{ (km)}$$

Selanjutnya mencari radius dari persamaan rumus 4

$L_{TMultiwallModel}$:

$$LT = L_{FSL} + LC \sum_{i=1}^M nwi. Lwi + nf^{\frac{nf+2}{nf+1}-bi} Lf$$

Pada Tabel 4 telah didapatkan hasil dari *indoor loss* =

$$\sum_{i=1}^M nwi. Lwi + nf^{\frac{nf+2}{nf+1}-bi} Lf \text{ yaitu } 93,2\text{dB,}$$

Maka,

$$L_{Tmultiwall model} = LF \sum_{i=1}^M nwi. Lwi + nf^{\frac{nf+2}{nf+1}-bi} Lf$$

$$93,2 = 98,94 + 20 \log d(\text{km}) + 37$$

$$93,2 = 135,94 + 20 \log d(\text{km})$$

$$93,2 - 135,94 = 20 \log d(\text{km})$$

$$-42,74 = 20 \log d(\text{km})$$

$$-2,137 = \log d(\text{km})$$

$$d = 7,29 \times 10^{-3} \text{ km}$$

$$d = 7,29 \text{ m}$$

Untuk luas area sel nya,

$$L = 2,6 \text{ d}^2$$

$$L = 2,6 \times 7,29^2$$

$$L = 138,17 \text{ m}^2$$

Maka didapatkan untk luas area yang dapat dicakup oleh FAP ialah 138,17 m².

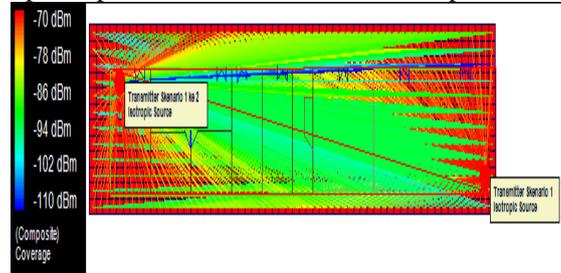
4) Analisis Simulasi Radiowave Propagation Simulator (RPS)

Hasil perhitungan dengan kapasitas yang telah didapatkan selanjutnya akan disimulasikan menggunakan *Radiowave Prpagation Simulator*. Jumlah *Femtocell Access Point* yang didapatkan dari perhitungan ialah berjumlah 2 FAP. FAP tersebut kemudian akan diimplementasikan di lantai 1 gedung ST3 Telkom. Agar mendapatkan hasil yang optimal maka

secara penempatan FAP tersebut harus benar dan sesuai sehingga semua ruangan dapat dijangkau oleh FAP. Karena itu, dibuat 3 jenis skenario yang dilakukan untuk mendapatkan hasil yang baik dari penempatan FAP. Dari ke-3 skenario yang dibuat pada RPS tersebut akan dipilih salah satu yang terbaik hasilnya.

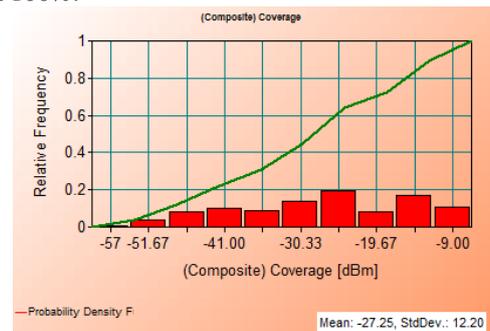
a) Penempatan FAP diletakan menyudut disudut ruangan

Pada skenario yang pertama, penempatan FAP dalam posisi menyudut di sudut ruangan lantai 1 dengan FAP melekat pada tembok. Tinggi FAP diatur menjadi 4 meter. Sehingga pada Gambar 3 merupakan hasil yang didapat dari simulasi penempatan FAP skenario 1 secara tampilan 2D.



Gambar 3 Simulasi Penempatan FAP Skenario 1 Tampilan 2D

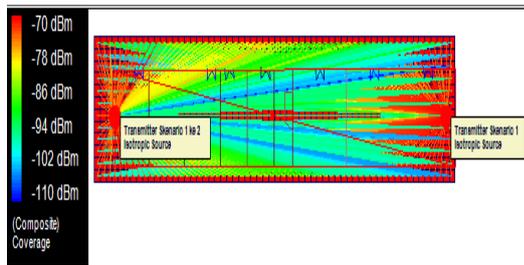
Gambar hasil dari skenario 1 pada simulasi RPS yang menjelaskan bahwa berdasarkan penempatan FAP dengan posisi menyilang dan menyudut tersebut didapatkan nilai dari *relative frequency* terhadap seberapa banyak kemunculan nilai cakupan (*coverage*). Pada sumbu horizontal nilai level daya yang paling menonjol adalah -27,25 dBm, sedangkan disumbu vertikal nilai *relative frequency* nya ialah 0,2. Dengan demikian dapat diartikan bahwa pengguna yang menerima level daya sinyal -27,25 dBm itu terdapat 20 % dari total seluruhnya 100%.



Gambar 4 Hasil *Composite Coverage* Skenario 1

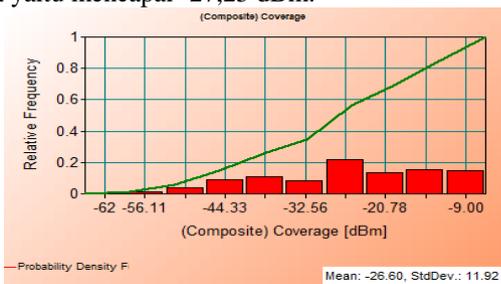
b) Penempatan FAP diletakan sejajar

Skenario penempatan FAP yang ke-2 yakni berupa antara FAP yang 1 dengan FAP yang lainnya diletakan sejajar. Dengan ketinggian antenna FAP tidak berubah dari skenario yang pertama. Ketinggian FAP diposisikan menjadi 4 meter. Hasil dari simulasi skenario ke-2 ditampilkan pada Gambar 5, seperti berikut ini.



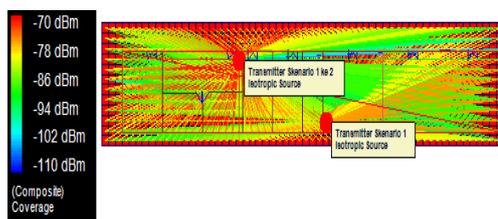
Gambar 5 Simulasi Penempatan FAP Skenario 2 Tampilan 2D

Penempatan letak FAP yang dibuat sejajar pada skenario ke-2 ini akan menghasilkan nilai *composite coverage* seperti yang tertera pada Gambar 6 yaitu sebanyak 21 % pengguna yang mendapatkan level daya – 26,60 dBm. Hasil yang diperoleh pada skenario ke-2 nilai level daya pancaran sinyalnya lebih kecil dibandingkan dengan skenario yang pertama yaitu mencapai -27,25 dBm.



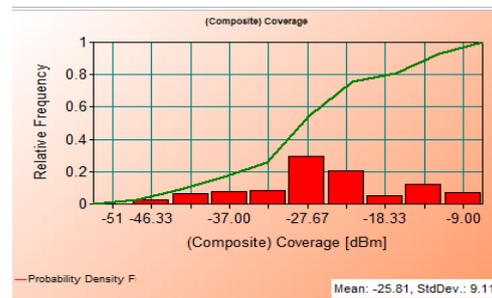
Gambar 6 Hasil *Composite Coverage* Skenario 2

c) Penempatan FAP diletakkan menyilang ditengah–tengah
 Skenario penempatan FAP yang ke-3 yakni serupa dengan skenario 1 yaitu FAP diletakkan menyudut dan menyilang, namun perbedaannya dari skenario 1 adalah pada skenario ke -3 ini FAP diletakkan ditengah–tengah. Ketinggian antenna FAP diposisikan setinggi 4 meter. Gambar 7 menampilkan hasil simulasi posisi FAP dalam tampilan 2D



Gambar 7 Penempatan FAP Skenario 3 Tampilan 2D

Hasil simulasi pada skenario 3 yang letak FAP nya diposisikan menyudut serta menyilang dan berada ditengah menghasilkan nilai rata – rata *composite coverage* yaitu sebesar 25,81 dBm. Dari persentase 100 %, terdapat 30% pengguna yang menerima level daya sinyal yang dipancarkan FAP dengan level daya nya sebesar -25,81 dBm. Hasil dari *composite coverage* untuk skenario 3 seperti yang ditampilkan pada Gambar 8 berikut ini.



Gambar 8 Hasil *Composite Coverage* Skenario 3

Pada skenario 1 rata–rata level daya penerima yang dihasilkan dari bentuk penempatan FAP yang menyudut yaitu sebesar -27,25 dBm, sedangkan hasil penempatan FAP skenario 2 dengan peletakan FAP yang sejajar menghasilkan rata – rata level daya penerima yaitu -26,60 dBm. Berikutnya dari simulasi RPS didapatkan persentase dari level daya yang dapat diterima oleh pengguna berdasarkan skenario 3 menunjukan nilai dari *relative frequency* terhadap seberapa banyak kemunculan nilai cakupannya (*coverage*). Pada sumbu horizontal nilai cakupan yang paling menonjol adalah -25,81 dBm, sedangkan disumbu vertikal nilai *relative frequency* nya ialah 0,3. Dengan demikian dapat diartikan bahwa pengguna yang menerima level daya sinyal -25,81 dBm itu terdapat 30 % dari total seluruhnya 100%. Sehingga hal ini membuktikan bahwa penempatan dari jumlah antenna yang tepat untuk lantai 1 dalam perencanaan jaringan *indoor* pada gedung baru Sekolah Tinggi Teknologi Telematika Telkom Purwokerto dapat diterapkan.

IV. KESIMPULAN DAN SARAN

A. Kesimpulan

Dengan berdasarkan dari penelitian perencanaan jaringan *indoor* HSDPA di gedung baru Kampus ST3 Telkom Purwokerto, maka dapat disimpulkan bahwa :

- 1) Terdapat 3 simulasi skenario penempatan FAP pada RPS yang telah dilakukan. Ketiga penempatan FAP tersebut sudah dapat menjangkau seluruh ruangan di lantai 1 gedung baru Kampus Sekolah Tinggi Teknologi Telematika Telkom Purwokerto. Hasil *composite coverage* yang didapatkan dari ketiga skenario yaitu untuk skenario 1 sebesar -27,25 dBm, kemudian hasil *composite coverage* skenario 2 yaitu -26,60, dan untuk skenario 3 *composite coverage* yang dihasilkan adalah -25,81 dBm
- 2) Dalam perhitungan berdasarkan kapasitas didapatkan jumlah FAP yang dapat ditempatkan yaitu sebanyak 2 FAP. Sedangkan berdasarkan perhitungan cakupan (*coverage*) menghasilkan jumlah FAP sebanyak 2 FAP. Namun, dari kedua jenis perhitungan tersebut, perhitungan berdasarkan kapasitas lebih dipilih dari pada perhitungan berdasarkan cakupan untuk perancangan jaringan *indoor* di ST3 Telkom. Hal itu dikarenakan, perhitungan dengan kapasitas memperhitungkan jumlah pengguna yang jumlahnya lebih padat yaitu untuk ruangan kelas T7.

3) Jenis FAP yang digunakan pada penelitian ini ialah USC 5310 dengan daya pancar sebesar 20 dBm. Sehingga didapatkan *Maximum Allowable Path Loss* nya ialah 248,12 dB dari arah *uplink* dan 244,12 dB dari arah *downlink*.

4) Nilai dari *relative frequency* pada skenario yang terpilih yaitu skenario 3 terhadap seberapa banyak kemunculan nilai cakupannya yakni dari persentase 100 %, terdapat 30% pengguna yang menerima level daya sinyal yang dipancarkan FAP dengan level daya nya sebesar -25,81 dBm.

B. Saran

Penelitian yang telah dilakukan ini tidak terlepas dari kekurangan, oleh karena itu terdapat beberapa hal yang dapat diperhatikan untuk meningkatkan perbaikan penelitian ini dimassa yang akan datang.

- 1) Gedung yang dijadikan studi kasus dapat diperluas, tidak hanya pada gedung baru Sekolah Tinggi Teknologi Telematika Telkom Purwokerto.
- 2) Jumlah lantai yang dianalisa lebih diperbanyak.
- 3) Pemilihan tipe FAP untuk perancangan jaringan *indoor* tidak hanya menggunakan FAP tipe USC 5310.

DAFTAR PUSTAKA

- [1] Akhmad, M.A.(t.thn). Perencanaan Jaringan HSDPA *Outdoor* pada Daerah Urban Menggunakan Aplikasi GENEX U-NET. Makalah Seminar Tugas Akhir. Semarang: Universitas Diponegoro.
- [2] Chevallier, C. (2006). WCDMA UMTS *Deployment Handbook : Planning and Optimization Aspects*. England : JohnWiley and Sons, Ltd.
- [3] Cisco. Universal Small Cell 5000 Series Data Sheet. Cisco.
- [4] Guide, R.U.(t.thn). *Mobilecommlab Crew*. Diambil kembali dari <http://www.mobilecommlab.or.id>.
- [5] Hariri Holma, A.T.(2006). HSDPA/HSUPA *for UMTS: High Speed Radio Access for Mobile Communications*. England : John Wiley and Sons, Ltd.
- [6] In Building Coverage System (Indoor Project).(2004). Tripatra Engineering.
- [7] Jaana Laiho, A.W. (2006). *Radio Network Planning and Optimization for UMTS*. England : John Wiley and Sons, Ltd.
- [8] Noorhayati, F.(2009). Analisis Performansi Sistem *Load Sharing* pada Jaringan HSDPA. Bandung : Institut Teknologi Telkom.
- [9] Rachmawan, H.(2007). Simulasi Cakupan Sistem *In Building Coverage (IBC)* pada Komunikasi GSM. Jurusan Teknik Elektro. Semarang: Universitas Diponegoro.
- [10] Radio Network Dimensioning Overview. (1999). The Ericson GSM System R7.
- [11] Sajangi, M.K.(2014). *3G Femtocell Coverage Area Planning Analysis Case Study At Buah Batu Apartmen*. Bandung : Telkom University.
- [12] Simanjutak, K. (2011). Analisis Perhitungan *Link Budget Indoor Penetration Wideband Code Division Multiple Access (WCDMA)* dan *High Speed Downlink Packet Access (HSDPA)*. Tugas Akhir. Sumatera Utara: Universitas Sumatera Utara.

- [13] Sirajuddin, A.F. (2013). Perencanaan Sistem *Electronic Road Pricing* Dengan Metode *Femtocell* Oleh PT. Telekomunikasi Selular. Jurusan Teknik Elektro. Semarang : Universitas Diponegoro.
- [14] Surjati, I.(t.thn). Analisis Perhitungan *Link Budget Indoor Penetration Wideband Code Division Multiple Access (WCDMA)* dan *High Speed Downlink Packet Access (HSDPA)*. Universitas Trisakti.