

Perancangan *Coverage Area Femtocell* di Gedung B Institut Teknologi Telkom

Diah Pangestu Maulita
Fakultas Elektro dan Komunikasi
IT Telkom, Bandung, Indonesia
ichbin_maulita@yahoo.co.id

Uke Kurniawan Usman
Fakultas Elektro dan Komunikasi
IT Telkom, Bandung, Indonesia
uku@ittelkom.ac.id

Budi Prasetya
Fakultas Elektro dan Komunikasi
IT Telkom, Bandung, Indonesia
bpy@ittelkom.ac.id

Abstract –This research is using simulation with RPS (*Radiowave Propagation Simulation*) software with indoor propagation model. COST 231 Multiwall propagation model is fit to use in the inishing of the research because it count in the wall's loss so that the result of the calculation close to a real condition. With link budget calculation we get maximum four femtocells that needed to covered B building in every floor.

Using the calculation of link budget there are 9 FAP that needed to cover B building in IT Telkom. And from the simulation we get where FAP should be placed covering almost all the area with a good signal quality, that is approximately -70 dBm. But these things causing the variety of SIR value, from 0dB to 40dB so there's a lot of interference happens. When FAP centralized only in one point, then only the areas near to FAP that received a good signal approximately -70dBm, but the value of SIR decreasing down until 0dB that causing a lot of interference.

Keyword: *femtocell, link budget, COST 231 multiwall, indoor*

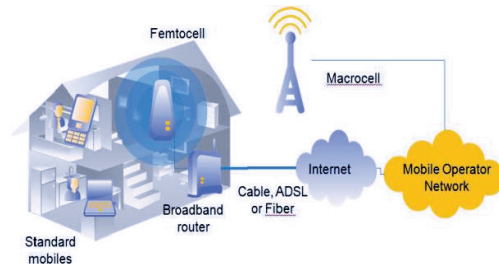
1. Pendahuluan

Makin banyaknya jumlah mahasiswa IT Telkom tiap tahunnya menyebabkan turunnya akses layanan data ataupun layanan suara di gedung B kampus IT Telkom. Di dalam gedung yang mempunyai banyak ruangan, sinyal dari BTS menurun drastis karena terhalang oleh dinding dan beton.

2. Konsep Dasar Femtocell

Femtocell merupakan *access point* nirkabel berdaya rendah yang beroperasi menggunakan spektrum frekuensi berlisensi untuk menghubungkan telepon seluler standar ke sebuah jaringan operator seluler menggunakan DSL atau koneksi pita lebar kabel di perumahan.

Kapasitas pelanggan per FAP adalah sekitar 4-8 pengguna secara simultan. Perangkat ini dapat dipasang di rumah-rumah dan gedung perkantoran, dimana pelanggan yang dilayani adalah yang sudah terdaftar dalam perangkat FAP tadi.

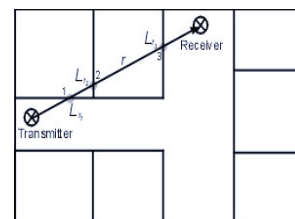


Gambar 1. Arsitektur LTE Femtocell

Dalam aplikasinya, sebuah *femtocell* dapat memiliki salah satu dari tiga metode akses yang ada. Ketiga metode akses tersebut adalah *private access, open access, dan hybrid access*. *Private access* memungkinkan layanan *femtocell* untuk digunakan oleh pengguna tertentu saja, yang biasanya adalah pemilik *femtocell*. Dengan metode akses ini, pengguna *femtocell* tidak akan berbagi *resource* dengan pengguna lain yang tidak diinginkan. Metode ini biasanya diterapkan di perumahan yang bersifat pribadi.

3. Model COST 231 Multi-Wall

Pada COST 231 Model seluruh dinding pada bidang vertikal antara *transmitter* dan *receiver* dipertimbangkan dan untuk masing-masing dinding dengan properties materialnya diperhitungkan juga. Dengan bertambahnya dinding yang dilewati sinyal maka attenuasi dinding berkurang, sehingga pada model COST 231 model ini akan mendapatkan hasil yang sesuai dengan kondisi ruangan.



Gambar 2. Prediksi dengan menggunakan Cost 231 Multiwall

Pada penelitian ini mempergunakan model propagasi Cost 231 Multiwall yang merupakan pengembangan dari model propagasi Cost 231 dimana

ikut memperhitungkan loss dari dinding serta loss dari bahan penyusun partisi pada setiap ruangan. Kelebihan dari model propagasi ini adalah akan didapatkan hasil yang sesuai dengan kondisi ruangan, bertambahnya dinding yang dilewati sinyal akan menyebabkan attenuasi dinding berkurang. Adapun rumus dari Cost 231 Multiwall adalah sebagai berikut :

$$L_t = L_{FSL} + L_C + \sum_{i=1}^M n_{wi} L_{wi} + n_f \left[\frac{n_f+2}{n_f+1} - b \right] L_f \dots (1)$$

- Perhitungan Kapasitas Jaringan LTE

Kapasitas suatu jaringan merupakan salah satu tolak ukur dalam perencanaan, sehingga *engineer* dapat memprediksi seberapa besar jaringan dapat menampung *user* dengan berbagai macam layanan. Sistem LTE yang menerapkan konsep multicarrier, tentunya mempunyai kapasitas yang lebih besar jika dibandingkan dengan teknologi sebelumnya. Berikut merupakan persamaan matematis untuk menghitung kapasitas jaringan LTE untuk tiap eNodeB nya:

$$Peak\ bit\ rate\ [Mbps] = \frac{bit}{Hz} \times N_{Subcarriers} \times \frac{N_{symbol\ per\ subframe}}{1\ ms} \dots (2)$$

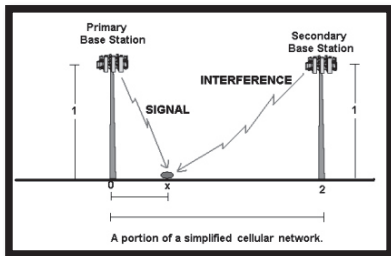
Tabel 1 Bandwidth terhadap berbagai modulasi

Bandwidth (Mhz)	Modulasi		
	QPSK	16 QAM	64 QAM
1.4	2.016 Mbps	4.032 Mbps	6.048 Mbps
3	5.04 Mbps	10.08 Mbps	15.12 Mbps
5	8.4 Mbps	16.8 Mbps	25.2 Mbps
10	16.8 Mbps	33.6 Mbps	50.4 Mbps
15	25.2 Mbps	50.4 Mbps	75.6 Mbps
20	33.6 Mbps	67.2 Mbps	100.8 Mbps

Perhitungan Signal to Interference Ratio (SIR)

SIR merupakan perbandingan antara sinyal yang diterima dengan interferensinya. Persamaan umum dari SIR dapat ditunjukkan sebagai berikut :

$$SIR = \frac{Level\ sinyal\ terima\ dari\ base\ station\ pertama}{Level\ sinyal\ terima\ dari\ base\ station\ kedua} \dots (3)$$



Gambar 3. Ilustrasi SIR

- Perhitungan Link Budget

Link budget ini digunakan untuk memperhitungkan seberapa jauh cakupan *femtocell* yang akan dijangkau. Perhitungan ini diawali dengan menentukan sensitivitas dari penerima, adapun rumusnya adalah sebagai berikut:

$$RS = KTB + NF + SINR + IM \dots (4)$$

Keterangan:

- k = konstanta Boltzman (1,38 x 10⁻²³ J/K)
- T = temperature (290 K)
- B = bandwidth (Hz)
- NF = Receiver noise figure (7 dB)
- SINR = Signal to noise ratio (dB)
- IM = Implementation margin (3 dB)

Dalam Penelitian ini digunakan modulasi QPSK dengan *code rate* sebesar 1/2 dan *bandwidth* 1,4 MHz, sehingga hasil perhitungan *sensitivity receiver* sebesar -111,54 dB.

Untuk QPSK 1/2 dan *bandwidth* 1,4 MHz

$$\begin{aligned} SR &= KTB + NF + SINR + IM \\ &= 10 \log (1,38 \times 10^{-23} \times 290 \times 1,08 \times 10^6) + 7 + 2,1 + 3 \\ &= -111,54 \text{ dB} \end{aligned}$$

Setelah didapatkan hasil dari *sensitivity receiver* maka selanjutnya bisa menentukan *loss* total dengan menggunakan persamaan :

$$SR = EIRP - L_T \dots (5)$$

Dimana EIRP merupakan jumlah daya yang dipancarkan oleh antena isotropik, dan L_T merupakan *loss* total.

$$\begin{aligned} SR &= EIRP - L_T \\ -111,54 &= 10 - L_T \\ L_T &= 10 + 111,54 \\ &= 121,54 \text{ dB} \end{aligned}$$

Dari perhitungan di atas didapatkan nilai dari *loss* total sebesar 121,54 dB. Lalu dari *loss* yang sudah didapatkan, ditambah lagi dengan *loss* feeder, *loss* splitter serta *loss* connector dimana *loss* tersebut didapatkan sesuai dengan datasheet Andrew dan perhitungan *loss* tambahan sebagai berikut :

$$\begin{aligned} Loss\ tambahan &= loss_{feeder\ 7/8} + loss_{splitter} + loss_{connector} \\ &= 0,0678 + 3 + 0,03 \\ &= 3,0978 \text{ dB.} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} Sehingga\ loss\ total &= L_T + loss\ tambahan \\ &= 121,54 + 3,0978 \\ &= 124,6378 \text{ dB.} \end{aligned}$$

Link budget ini digunakan untuk memperhitungkan seberapa jauh cakupan *femtocell* yang akan dijangkau. Perhitungan ini diawali dengan menentukan sensitivitas dari penerima, adapun rumusnya adalah sebagai berikut:

$$RS = KTB + NF + SINR + IM \dots (6)$$

Dalam penelitian ini digunakan modulasi QPSK dengan *code rate* sebesar 1/2 dan *bandwidth* 1,4 MHz,

sehingga hasil perhitungan *sensitivity receiver* sebesar -111,54 dB.

Untuk QPSK $\frac{1}{2}$ dan *bandwidth* 1,4 MHz

$$\begin{aligned} SR &= KTB + NF + SINR + IM \\ &= 10 \text{ Log } (1,38 \times 10^{-23} \times 290 \times 1,08 \times 10^6) + 7 + 2,1 \\ &\quad + 3 = -111,54 \text{ dB} \end{aligned}$$

Setelah didapatkan hasil dari *sensitivity receiver* maka selanjutnya bisa menentukan *loss* total dengan menggunakan persamaan :

$$SR = \text{EIRP} - L_T \quad \dots(7)$$

Dimana EIRP merupakan jumlah daya yang dipancarkan oleh antena isotropik, dan L_T merupakan *loss* total.

$$\begin{aligned} SR &= \text{EIRP} - L_T \\ -111,54 &= 10 - L_T \\ L_T &= 10 + 111,54 \\ &= 121,54 \text{ dB} \end{aligned}$$

Dari perhitungan di atas didapatkan nilai dari *loss* total sebesar 121,54 dB. Lalu dari *loss* yang sudah didapatkan, ditambah lagi dengan *loss* feeder, *loss* splitter serta *loss* connector dimana *loss* tersebut didapatkan sesuai dengan datasheet Andrew dan perhitungan *loss* tambahan sebagai berikut :

$$\begin{aligned} \text{Loss tambahan} &= \text{loss}_{\text{feeder } 7/8} + \text{loss}_{\text{splitter}} + \text{loss}_{\text{connector}} \\ &= 0,0678 + 3 + 0,03 \\ &= 3,0978 \text{ dB.} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \text{Sehingga } \text{loss total} &= L_T + \text{loss tambahan} \\ &= 121,54 + 3,0978 \\ &= 124,6378 \text{ dB.} \end{aligned}$$

- Menentukan Jumlah Femtocell

Untuk menentukan jumlah *femtocell* terlebih dahulu harus menghitung radius sel dengan menggunakan persamaan *free space loss* :

$$L_{FSL} = 20^{10} \text{ Log } f_{\text{Mhz}} + 20^{10} \text{ Log } d_{\text{km}} + 32,5 \quad \dots(8)$$

$$L_{FSL} = 98,94 + 20^{10} \text{ Log } d_{\text{km}} \quad \dots(9)$$

Diasumsikan bahwa ada 3 lantai yang melewati pengirim ke penerima serta ada 3 dinding yang menembus jalur langsung dari pengirim ke penerima. Sehingga dari persamaan (2.1) bisa didapatkan nilai d (radius sel).

$$\begin{aligned} L_T &= L_{FSL} + \sum_{i=1}^M n_{wi} L_{wi} + \\ &\quad n_f \left[\frac{n_f+2}{n_f+1} - b \right] L_f \\ 124,6378 &= 98,94 + 20^{10} \text{ Log } d_{\text{km}} + 3 (6,9) + \\ &\quad 3 \left[\frac{3+2}{3+1} - 0,46 \right] (18,3) \\ 124,6378 &= 163,229 + 20^{10} \text{ Log } d_{\text{km}} \\ 20^{10} \text{ Log } d_{\text{km}} &= 124,6378 - 163,229 \\ &= -38,5912 \\ 10^{10} \text{ Log } d_{\text{km}} &= -1,92956 \\ d &= 0,01176 \text{ km} = 11,76 \text{ m} \end{aligned}$$

Setelah mendapatkan nilai d , lalu hitung luas area yang bisa dicakup oleh *femtocell* tersebut dengan menggunakan persamaan :

$$\begin{aligned} L &= 2,6 d^2 \quad \dots(10) \\ L &= 2,6 d^2 \\ &= 2,6 \times (11,76)^2 \\ &= 359,62 \text{ m}^2 \end{aligned}$$

Didapatkan luas area yang bisa dicakup oleh *femtocell* adalah 359,62 m². Setelah diketahui jumlah area yang dapat dicakup oleh *femtocell*, maka bisa ditentukan berapa jumlah *femtocell* yang diperlukan dengan menggunakan persamaan :

$$N_{\text{femtocell BS}} = \frac{\text{Luas area yang akan direncanakan}}{\text{Luas cakupan femtocell}} \quad \dots(11)$$

Dengan luas area yang direncanakan 1051,74 m², yang termasuk ke dalam luas tersebut adalah 8 kelas besar serta 2 kelas kecil pada tiap lantainya, dengan rincian sebagai berikut:

$$\begin{aligned} \text{Luas ruang kelas besar} &= 13,8\text{m} \times 8,1\text{m} = 111,78\text{m}^2 \\ \times 8 \text{ ruang} &= 894,24\text{m}^2 \\ \text{Luas ruang kelas kecil} &= 10,5\text{m} \times 7,5\text{m} = \\ 78,75\text{m}^2 \times 2 \text{ ruang} &= 157,5\text{m}^2 \end{aligned}$$

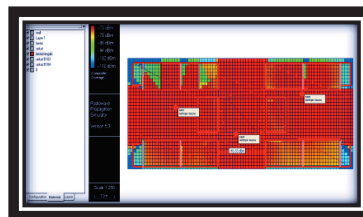
$$\begin{aligned} N_{\text{femtocell BS}} &= \frac{\text{Luas area yang akan direncanakan}}{\text{Luas cakupan femtocell}} = \\ \frac{1051,74}{359,62} &= 2,9245 \approx 3 \text{ femtocell BS.} \end{aligned}$$

Akhirnya didapatkan berapa banyak jumlah *femtocell* yang diperlukan untuk mencakup area gedung B, yaitu sebanyak 3 buah *femtocell* pada setiap lantainya.

4. Analisa Hasil Simulasi

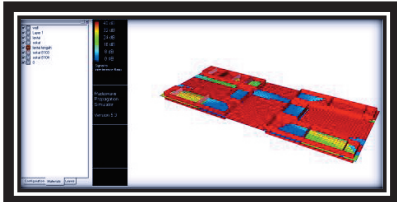
- Hasil Simulasi Lantai 1 Percobaan Pertama

Gambar 4. merepresentasikan penempatan *femtocell* yang berada di tengah taman sebelah selatan, di tengah-tengah gedung B serta di antara ruang kelas B101 dan B102. Gambar tersebut juga menggambarkan pola penyebaran cakupan area *femtocell* dalam 2 dimensi, area gedung B dapat tercakupi dengan baik karena pada kasus ini hampir seluruh area lantai 1 mendapatkan kuat sinyal mendekati -70dBm. Hanya beberapa ruang kelas mendapatkan sinyal di bawah -80dBm yaitu B105 dan sebagian B106, selebihnya ada juga yang mendapatkan sinyal buruk hanya sekitar -110dBm yaitu kamar mandi. Namun ini tidak menjadikan masalah besar karena diasumsikan ketika di kamar mandi pengguna jarang menggunakan layanan dari *femtocell* ini.



Gambar 4. Penyebaran Coverage 2D

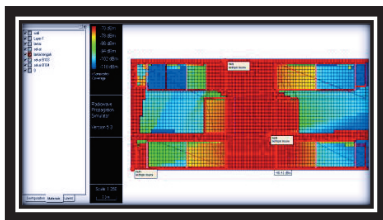
Gambar 5. merepresentasikan pola penyebaran perbandingan interferensi sinyal femtocell. Pola penyebarannya sangat beragam, namun di ruang kelas B109, B110, sebagian besar B106 dan B107 SIRnya bernilai 0dB ini mengartikan dalam ruangan ini lebih banyak interferensinya dibandingkan sinyalnya. Sedangkan di ruang B101 dan B104b nilai SIRnya hampir mendekati nilai 40dB, ini merupakan tempat yang paling baik karena lebih besar perbandingan nilai sinyal terhadap interferensinya.



Gambar5. Penyebaran Signal to Interference Ratio

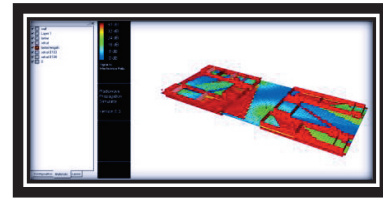
-Hasil Simulasi Lantai 1 Percobaan Kedua

Gambar 6 merepresentasikan penempatan femtocell yang berada di dekat kamar mandi sebelah ruang kelas B108, di luar dekat ruang kelas B103a serta di tengah-tengah gedung B. Serta pola penyebaran cakupan area femtocell dalam 2 dimensi. Berdasarkan gambar tersebut, area gedung B dapat tercakupi dengan cukup baik. Ini dikarenakan pola penyebaran warnanya sekitar 50% area mendapatkan kuat sinyal diatas -78dBm dan kuat sinyal mendekati -70dBm di sekitar tengah gedung B. Ini sangat baik karena mobilitas mahasiswa/i cukup banyak dalam area tersebut. Sedangkan ada juga ruang kelas yang mendapatkan sinyal kurang baik yaitu dibawah -100dBm yaitu ruang kelas B101, B104 dan B105.



Gambar 6. Penyebaran Coverage 2D

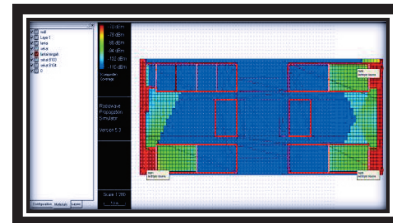
Gambar 7 merepresentasikan pola penyebaran perbandingan interferensi sinyal femtocell. Pola penyebarannya sangat beragam, hampir seluruh ruang kelas B101 dan seluruh B106 SIRnya mencapai 0dB yang mengindikasikan dalam ruangan ini lebih banyak interferensinya dibandingkan sinyal yang didapatkan. Sedangkan di ruang B102 dan B108 nilai SIRnya hampir mencapai 40dB, ini merupakan tempat yang paling baik karena interferensinya kecil. Di sekitar tengah gedung B perbandingan SIRnya berada pada nilai mendekati 8dB.



Gambar 7 Penyebaran Signal to Interference Ratio

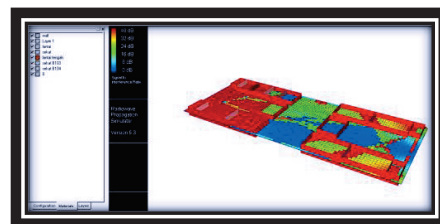
- Hasil Simulasi Lantai 1 Percobaan Ketiga

Gambar 8. merepresentasikan penempatan dua buah femtocell yang berada di setiap kamar mandi kecuali sebelah ruang kelas B104. Serta pola penyebaran cakupan area femtocell dalam 2 dimensi. Berdasarkan gambar tersebut, area gedung B tercakupi kurang baik karena hampir 75% mendapatkan kuat sinyal hanya -110dBm. Hal ini disebabkan karena semua femtocell diletakkan di pojok tiap kamar mandi, sehingga sisi tengah gedung B tidak tercakupi oleh femtocell.



Gambar 8. Penyebaran Coverage 2D

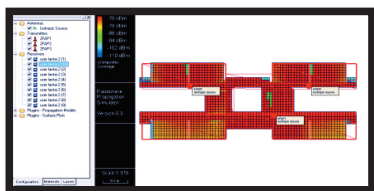
Gambar 9 merepresentasikan pola penyebaran perbandingan interferensi sinyal femtocell. Pada percobaan ini nilai interferensi sangat beragam, disekitar depan gedung B SIRnya bernilai 0dB yang mengindikasikan dalam ruangan ini banyak terjadi interferensi.



Gambar 9. Gambar Signal to Interference Ratio

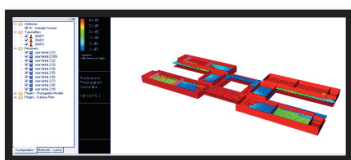
- Hasil Simulasi Lantai 2 dan 3 Percobaan Pertama

Gambar 10 merepresentasikan penempatan femtocell yang berada di tengah-tengah antara ruang kelas B2/301 dan B2/302, di tengah-tengah ruang kelas B2/303 dan B2/304, serta di sekitar tengah-tengah lantai 2 dan 3. Serta pola penyebaran cakupan area femtocell dalam 2 dimensi. Berdasarkan gambar tersebut, area gedung B dapat tercakupi dengan baik karena hampir seluruh lantai 2 dan 3 mendapatkan kuat sinyal mendekati -70dBm.



Gambar 10. Penyebaran Coverage 2D

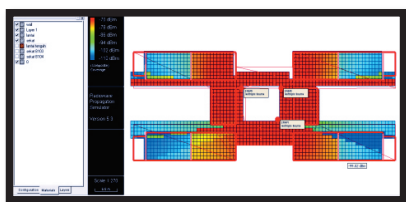
Gambar 11 merepresentasikan pola penyebaran perbandingan interferensi sinyal femtocell. Pada percobaan ini nilai interferensi paling minimum berada di ruang kelas B2/301, B2/302, B2/304 dan sebagian lorong sehingga nilai perbandingan sinyal terhadap interferensinya mencapai 40dB. Serta penerimaan sinyal paling buruk terjadi di sebagian besar ruang B2/310 dan B2/309 karena nilai SIR tidak lebih dari 5dB.



Gambar 11 Penyebaran Signal to Interference Ratio

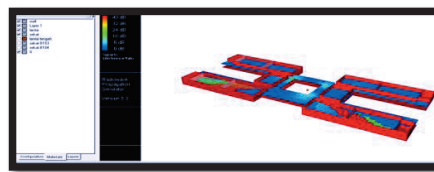
- Hasil Simulasi Lantai 2 dan 3 Percobaan Kedua

Gambar 12 merepresentasikan penempatan femtocell yang seluruhnya berada di tengah-tengah lantai dua atau tiga. Serta menggambarkan pola penyebaran cakupan area femtocell dalam 2 dimensi. Berdasarkan gambar tersebut, area gedung B tercakupi cukup baik karena hanya ruang kelas yang dekat dengan peletakan femtocell yang mendapatkan sinyal mendekati -70dBm sedangkan ruang kelas yang makin menjauhi peletakan femtocell maka mendapatkan kuat sinyal makin buruk.



Gambar 12. Penyebaran Coverage 2D

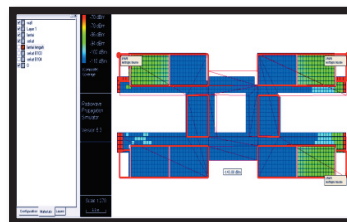
Gambar 13 merepresentasikan pola penyebaran perbandingan interferensi sinyal femtocell. Pada percobaan ini nilai SIR hampir kebanyakan mendekati nilai 0dB di setiap ruang kelas dan lorong, hal ini mengakibatkan ada banyaknya interferensi dibandingkan sinyal yang didapatkannya.



Gambar 13. Penyebaran Signal to Interference Ratio

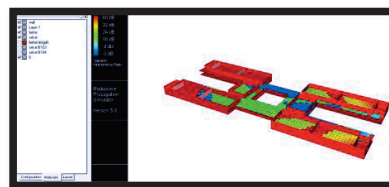
- Hasil Simulasi Lantai 2 dan 3 Percobaan Ketiga

Gambar 14 merepresentasikan penempatan femtocell di semua pojok tiap kamar mandi, kecuali kamar mandi sebelah ruang kelas B2/308 tersebar di seluruh lantai dua. Serta menggambarkan pola penyebaran cakupan area femtocell dalam 2 dimensi. Berdasarkan gambar tersebut, area gedung B tidak tercakupi dengan baik karena hampir seluruh ruang kelas tercover dengan kuat daya mendekati -110dBm.



Gambar 14. Penyebaran Coverage 2D

Gambar 15 merepresentasikan pola penyebaran perbandingan interferensi sinyal femtocell. Pada percobaan ini nilai interferensi paling besar berada di ruang kelas B209 dan B210 dimana nilai SIR mendekati 0dB sedangkan ruang kelas yang memiliki nilai SIR terbesar berada pada ruang B201 dan B204, yaitu mencapai 40dB.



Gambar 15. Penyebaran Signal to Interference Ratio

- Rekomendasi berdasarkan Hasil Analisa

Dalam konfigurasi dapat dilihat bahwa per lantai dibutuhkan 3 buah FAP dimana pada tiap FAP akan terhubung ke router dan diteruskan ke modem xDSL dengan menggunakan kabel UTP. Setelah melewati modem maka sinyal akan diteruskan ke cloud internet dan kemudian ke jaringan inti komunikasi seluler. Gambar 16 di bawah ini akan menunjukkan secara jelas letak dari FAP, serta modem xDSL di setiap lantainya.



Gambar16. Konfigurasi FAP di lantai 1

5. Kesimpulan

Dari penelitian perencanaan *coverage area* femtocell di gedung B Institut Teknologi Telkom diperoleh kesimpulan sebagai berikut :

- a. Penempatan FAP yang baik di gedung B saat didapatkan kuat sinyal mendekati -70dBm , nilai SIR mencapai 40dB dan delaynya 0 ns . Sehingga letak FAP yang paling baik untuk lantai 1 saat FAP berada di tengah taman sebelah selatan, di tengah-tengah gedung B serta di antara ruang kelas B101 dan B102. Untuk lantai 2 dan 3 saat berada di tengah-tengah antara ruang kelas B2/301 dan B2/302, di tengah-tengah ruang kelas B2/303 dan B2/304, serta di sekitar tengah-tengah lantai 2 dan 3.

- b. Gedung B memerlukan 9 FAP yang tersebar 3 buah pada setiap lantai, serta membutuhkan satu router ditiap lantai yang dihubungkan pada sebuah modem.
- c. Saat FAP ditempatkan dalam satu titik yang berdekatan maka hanya daerah yang dekat FAP saja yang mendapatkan kuat sinyal mendekati -70dBm , namun makin menjauhi FAP maka daerah tersebut memiliki kuat sinyal makin turun hingga mencapai -110dBm .
- d. Ketika FAP berada menyebar ke seluruh daerah yang akan dicakup, maka hampir semua area memiliki kuat sinyal bernilai -70dBm . Pada kasus ini, nilai interferensi juga beragam dari 0dB hingga 40dB .

DAFTAR PUSTAKA

- [1] Zhang, Jie. 2010. *Femtocells Technologies and Deployment*.
- [2] Santosa, Budi. 2011. *Analisa Optimalisasi Jaringan IBC Di Mall Taman Palem. Bandung. Indonesia*.
- [3] 3GPP TS 36.101 V9.4.0, Technical Specification Group Radio Access Network; Evolved Universal Terrestrial Radio Access (E-UTRA); User Equipment (UE) radio transmission and reception