

ANALISA PERENCANAAN JARINGAN 4G LTE PADA GEDUNG A FAKULTAS TEKNIK UNIVERSITAS JEMBER MENGGUNAKAN RADIOWAVE PROPAGATION SIMULATOR 5.4

Farah Oktauliah, Dodi Setiabudi, Bambang Supeno

Jurusan Teknik Elektro, Fakultas Teknik, Universitas Jember

Jln. Kalimantan 37, Jember 6812

Email: farahoktauliah@gmail.com, gbdoydist@gmail.com, bambangsupeno@gmail.com

Abstrak -- Kondisi gedung yang memiliki banyak ruangan juga terdapat banyak redaman yang mengakibatkan pelemahan sinyal sehingga diperlukan adanya perencanaan jaringan nirkabel. Tulisan ini membahas perencanaan jaringan 4G LTE pada Gedung A Fakultas Teknik Universitas Jember yang kemudian disimulasikan oleh perangkat lunak Radiowave Propagation Simulator (RPS) 5.4 dengan variasi pengambilan data berupa jenis antenna dan letak ketinggian Femtocell Access Point (FAP). Perencanaan jaringan 4G LTE menggunakan metode propagasi indoor COST 231 Multi Wall diperoleh jumlah FAP yang dibutuhkan pada Lantai 1 sebesar 2 FAP, Lantai 2 sebesar 4 FAP, dan Lantai 3 sebesar 4 FAP. Analisa cakupan yang efektif pada perencanaan jaringan 4G LTE indoor diperoleh saat FAP menggunakan jenis isotropic antenna dan letak ketinggian FAP 2 meter dari permukaan lantai seperti pada Lantai 1 saat ketinggian FAP 2 meter dan menggunakan dipole antenna diperoleh mean level daya sebesar -88,04 dBm dan isotropic antenna diperoleh mean level daya sebesar -87,89 dBm, sedangkan saat FAP 3,5 meter menggunakan dipole antenna diperoleh mean level daya sebesar -88,89 dBm dan isotropic antenna diperoleh mean level daya sebesar -88,33 dBm. Perencanaan jaringan 4G LTE menggunakan RPS 5.4 dan metode COST 231 Multi Wall dapat diterapkan pada Gedung A Fakultas Teknik Universitas Jember.

Kata Kunci: Cakupan, Femtocell, LTE, Propagasi Indoor COST 231 Multi Wall, Radiowave Propagation Simulator 5.4

Abstract -- The condition of the building has many rooms there are also a lot of attenuation resulting in signal attenuation, so that the necessary planning wireless networks. In this research, doing the 4G LTE network planning of Gedung A Fakultas Teknik Universitas Jember, then simulated by software Radiowave Propagation Simulator (RPS) 5.4 with a variety of data about antenna type and Femtocell Access Point (FAP) height. From planning LTE 4G network using indoor propagation method COST 231 Multi Wall obtained the required number of FAP on the 1st floor need 2 FAP, 2nd floor need 4 FAP, and the 3rd floor need 4 FAP. Analysis on the effective coverage 4G LTE network planning indoor obtained when using isotropic antenna and FAP height of 2 meters from the floor as the first floor when the elevation is FAP 2 meters and a dipole antenna using the mean of -88.04 dBm power level and the mean isotropic antenna at -87.89 dBm power level, whereas when FAP 3.5 meter dipole antenna using the mean level of -88.89 dBm power and isotropic antenna the mean power level of -88.33 dBm. 4G LTE network planning and methods of using the RPS 5.4 COST 231 Multi Wall can be applied to Building A Faculty of Engineering, University of Jember.

Key Word: COST 231 Multi Wall Indoor Propagation, Coverage, Femtocell, LTE, Radiowave Propagation Simulator 5.4

PENDAHULUAN

Perkembangan teknologi telekomunikasi disesuaikan dengan kebutuhan manusia untuk dapat mengirimkan dan menerima data dengan kecepatan yang tinggi dan juga efisien dalam kondisi dimanapun dan kapanpun. Sehubungan dengan kondisi tersebut, penyedia layanan komunikasi harus melakukan peningkatan terhadap kemampuan jaringan nirkabelnya.

Penyediaan layanan kebutuhan telekomunikasi baik dalam area *outdoor* maupun *indoor* merupakan salah satu hal penting dalam peningkatan kemampuan jaringan nirkabelnya (Lien *et. al.*, 2016). Aktivitas komunikasi paling banyak dilakukan saat berada di lingkup *indoor* sehingga dapat mengakibatkan terjadinya pelemahan sinyal. Pelemahan sinyal disebabkan oleh beberapa faktor antara lain cakupan

jaringan nirkabel pada *outdoor* tidak mencakup seluruh area *indoor* seperti gedung bertingkat pada perkantoran, pusat perbelanjaan, rumah sakit, dan hotel. Selain itu, gedung yang memiliki banyak ruangan terdapat banyak redaman barang-barang di dalam gedung dan redaman dinding yang menyusun gedung tersebut. Oleh karena itu, untuk memperbaiki dan meningkatkan kualitas sinyal pada lingkup *indoor* perlu dilakukan adanya perencanaan jaringan nirkabel sehingga diharapkan dapat melakukan komunikasi dengan baik walaupun berada di lingkup *indoor* sekalipun (Su *et. al.*, 2017).

Perencanaan jaringan nirkabel dapat dilakukan dengan menggunakan perhitungan *link budget* dimana parameter standart perhitungan jaringan berdasarkan standart yang dikeluarkan oleh 3GPP (Lien *et. al.*, 2016) (Utomo, Santoso, & Ajulian, 2013). Perhitungan *link budget* digunakan untuk mengestimasi maksimum pelemahan sinyal yang diperbolehkan antara *mobile antenna* dan *base station antenna*. Nilai maksimum pelemahan sinyal ini yang disebut *Maximum Allowable Pathloss* (Triaoktora, Usman, & Munadi, 2015). Dalam suatu perencanaan jaringan juga membutuhkan adanya model propagasi guna menghitung rugi propagasi yang terjadi. Terdapat beberapa model propagasi *indoor* salah satunya adalah COST 231 Multi Wall yang diterapkan pada penelitian ini. Model propagasi tersebut digunakan untuk perhitungan *pathloss* dengan mempertimbangkan faktor jarak, frekuensi, informasi tentang banyaknya dinding pemisah ruangan, jenis material, dan ketebalannya sehingga model propagasi ini efektif untuk menentukan jumlah *Femtocell Access Point* (FAP). *Femtocell Access Point* (FAP) dalam penelitian ini menggunakan teknologi jaringan 4G LTE (*Long Term Evolution*) (Singh and Singh, 2016) (Budiyanto, 2014) (Yu *et. al.*, 2013). *Femtocell* atau *Home NodeB* adalah pengembangan dari konsep arsitektur BTS di jaringan selular yang menggunakan level daya rendah dan memiliki cakupan yang lebih kecil dibandingkan dengan sel makro (BTS).

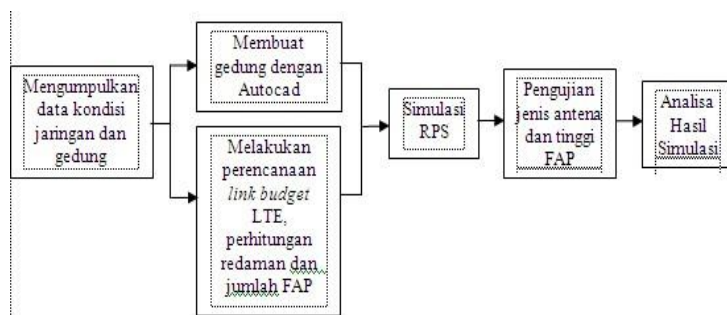
Penggunaan *femtocell* berupa perangkat *Femtocell Access Point* (FAP) yang diletakkan di dalam gedung untuk meningkatkan cakupan dan kapasitas pada jaringan terutama di dalam lingkup *indoor*.

Sebelumnya telah ada beberapa penelitian mengenai simulasi perencanaan jaringan nirkabel tetapi kebanyakan dari penelitian sebelumnya hanya membahas besar cakupan sinyal di dalam gedung dan tidak membahas analisa dari perangkat *transmitter* maupun *receiver*-nya. Oleh karena itu, dalam penelitian kali ini melakukan perencanaan jaringan 4G LTE pada Gedung A Fakultas Teknik Universitas Jember menggunakan perangkat lunak *Radiowave Propagation Simulator* (RPS) melalui perhitungan *link budget* (Hikmaturokhan *et. al.*, 2016). Adapun penelitian ini divariasikan dalam letak ketinggian dari *Femtocell Access Point* (FAP) dan jenis antenna yang digunakan oleh *Femtocell Access Point* (FAP) karena keduanya berpengaruh terhadap kualitas sinyal yang dipancarkan. Letak ketinggian dalam pemasangan FAP diberikan jarak 2 meter dan 3,5 meter. Variasi antenna disini nantinya menggunakan jenis antenna berupa *isotropic antenna* dan *dipole antenna* dengan masing-masing pemberian gain sebesar 3 dBi. Dan kemudian hasil yang dicapai adalah besar cakupan sinyal (dBm) dari masing-masing pengujian.

METODOLOGI PENELITIAN

Dalam metodologi penelitian ini dijelaskan mengenai hal pokok yang dikaji secara garis besar alur penelitian melalui diagram blok seperti Gambar 1.

Beberapa aktifitas awal dilakukan pada penelitian ini, seperti pengumpulan data kondisi dan jaringan gedung, serta pembuatan gedung dengan AutoCad dan perencanaan link budget LTE. Setelah itu, dilakukan simulasi serta pengujian jaringan antenna dan tinggi FAP. Bagian akhir adalah menganalisa hasil simulasi dan pengujian system.



Gambar 1. Diagram Blok Penelitian

Kondisi Gedung A Fakultas Teknik

Kondisi Gedung A Fakultas Teknik Universitas Jember diperoleh dari bagian perlengkapan Fakultas Teknik Universitas Jember berupa denah lokasi. Denah lokasi ini menginformasikan detail ukuran ruangan dan banyak ruangan per lantai. Pada denah gedung A Lantai 1 tersedia 12 ruangan yaitu ruangan akademik, ruangan keuangan, ruangan arsip, ruangan bagian umum, ruangan KTU, ruangan kemahasiswaan, gudang, auditorium, ruangan kontrol, ruangan panel, dan dua toilet. Untuk denah gedung A Lantai 2 terdiri dari 14 ruangan yaitu ruangan jurusan Teknik Mesin, ruangan jurusan Teknik Elektro, ruangan jurusan Teknik Sipil, ruangan rapat fakultas, musholla, ruangan Pembantu Dekan 1, ruangan Pembantu Dekan 2, ruangan Pembantu Dekan 3, ruangan sekretaris dekanat, ruangan dekan, ruangan panel, dan tiga toilet. Pada gedung A Lantai 3 terdiri dari 14 ruangan yaitu 5 ruangan kuliah, 3 ruangan ujian atau seminar, laboratorium teknologi informasi, ruang baca, kantor, ruangan panel, dan dua toilet.

Permasalahan Pada Jaringan Nirkabel di Gedung A Fakultas Teknik

Permasalahan mengenai jaringan nirkabel yang melayani komunikasi data di Gedung Fakultas Teknik Universitas Jember diantaranya, adalah:

- Bentuk ruangan yang berkumpul dan berhadapan sehingga banyak dinding pemisah dapat menyebabkan pelemahan sinyal.
- Pengguna aktif paling padat terdapat pada gedung A Lantai 2.

Pengumpulan Data

Data Persiapan Perencanaan

Data perencanaan merupakan data yang dibutuhkan dalam melakukan perencanaan. Data yang dibutuhkan ini berupa denah lokasi Gedung A Fakultas Teknik Universitas Jember, material penyusun gedung tersebut, perhitungan *link budget*, dan data perhitungan jumlah *Femtocell Access Point* (FAP).

Data Hasil Perencanaan

Data hasil perencanaan merupakan data yang diperoleh setelah melakukan perencanaan. Data tersebut antara lain hasil perhitungan *link budget*, data perhitungan jumlah *Femtocell Access Point* (FAP) dan *coverage* dari hasil simulasi perencanaan menggunakan perangkat lunak RPS 5.4.

Perhitungan Link Budget

Dalam perhitungan radio *link budget* ada beberapa parameter penting yang berlaku pada LTE, adalah sebagai berikut (Wang *et.al.*, 2016):

- Interference Margin*: diperlukan untuk mengantisipasi *loading* dari *cell* (*load of factor*). Semakin besar *loading* maka semakin besar *margin* yang dibutuhkan sehingga *coverage*-nya membesar. Biasanya besar *interference margin* adalah 1,0 – 3,0 dB atau *loading* 20 – 50 %.
- Fast Fading Margin (Power Control Headroom)*: terdapat pada *mobile station* untuk mengantisipasi *fast fading* yang terjadi ketika pergerakan MS lambat (*pedestrian*). Umumnya sekitar 2,0 – 5,0 dB.
- Soft Handover Gain*: terjadi akibat penambahan penguatan *macro diversity* yang timbul karena menurunnya kebutuhan *Eb/No relative* terhadap satu *radio link*. Besarnya sekitar 2,0 – 3,0 dB.

Untuk parameter lainnya sama seperti perhitungan *link budget* pada umumnya dimana terdapat beberapa parameter untuk *transmitter* dan *receiver*. Hasil akhir dari perhitungan ini adalah *Maximum Allowable Propagation Loss* (MAPL). Berikut data radio *link budget* untuk arah *uplink* pada Tabel 1 dan radio *link budget* untuk arah *downlink* seperti pada Tabel 2. Selain parameter tersebut, juga terdapat parameter umum lainnya mengenai nilai maksimum yang dibutuhkan oleh suatu perangkat seperti pada Tabel 3 (Utomo, Santoso, & Ajulian, 2013).

Tabel 1. Parameter *Link Budget* dari Arah *Uplink*

| Transmitter (Mobile Station) | Tanda |
|--|---|
| Daya Pancar MS (dBm) | a |
| Gain Antena MS (dBi) | b |
| Rugi-Rugi (dB) | c |
| Equivalent Isotropic Radiated Power (EIRP) (dBm) | $d = a + b - c$ |
| Receiver (Base Station) | Tanda |
| Thermal Noise Density (dBm/Hz) | $e = 10 \log (1,38 \times 10^{-23} \times 290) = -204 \text{ dBW} = -174 \text{ dBm}$ |
| Receiver Noise Figure (dB) | f |
| Receiver Noise Density (dBm/Hz) | $g = e + f$ |
| Receiver Noise Power (dBm), dihitung untuk nilai 3,84 Mbps | $h = g + 10 \log (3,84 \times 10^6)$ |
| Interference Margin (dB) | i |
| Noise And Interference (dBm) | $j = h + i$ |
| Processing Gain (dB) | k |
| Eb/No yang dibutuhkan (dB) | l |
| Receiver Sensitivity (dBm) | $m = l - j + k$ |
| Gain Antena BS (dBi) | n |
| Fast Fading Margin (dB) | o |
| Rugi-rugi Penetrasi Gedung (dB) | p |
| Soft Handover Gain (dB) | q |
| Maximum Allowable Propagation Loss (MAPL) (dB) | $r = d - m + n - o - p + q$ |

Tabel 2. Parameter *Link Budget* dari Arah *Downlink*

| Transmitter (Base Station) | | Tanda |
|--|---|---------------|
| Daya Pancar BS (dBm) | | a |
| Gain Antena BS (dBi) | | b |
| Rugi-Rugi (dB) | | c |
| Equivalent Isotropic Radiated Power (EIRP) (dBm) | | d = a + b - c |
| Receiver (Mobile Station) | | Tanda |
| Thermal Noise Density (dBm/Hz) | e = 10 log (1,38 x 10 ⁻²³ x 290) = -204 dBW = -174 dBm | |
| Receiver Noise Figure (dB) | f | |
| Receiver Noise Density (dBm/Hz) | g = e + f | |
| Receiver Noise Power (dBm), dihitung untuk nilai 3,84 Mbps | h = g + 10 log (3,84 x 10 ⁶) | |
| Interference Margin (dB) | i | |
| Noise And Interference (dBm) | j = h + i | |
| Processing Gain (dB) | k | |
| Eb/No yang dibutuhkan (dB) | l | |
| Receiver Sensitivity (dBm) | m = l - j + k | |
| Gain Antena BS (dBi) | N | |
| Fast Fading Margin (dB) | O | |
| Rugi-rugi Penetrasi Gedung (dB) | P | |
| Soft Handover Gain (dB) | Q | |
| Maximum Allowable Propagation Loss (MAPL) (dB) | r = d - m + n - o - p + q | |

Tabel 3. Parameter-Parameter Umum 3GPP Release 9

| Perangkat | Parameter Nilai | Satuan |
|--------------------------|-----------------------------|--------|
| Macrocell | Max Power Transmit | 43 dBm |
| | Transmit Cable /Feeder Loss | 2 dB |
| Femtocell User Equipment | Transmit Antenna Gain | 15 dB |
| | Max Power Transmit | 20 dBm |
| | Max Power Transmit | 23 dBm |

Redaman Material

Perhitungan terhadap redaman material 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. Besar *loss material* untuk *glass* (kaca) sebesar 2,8 dB, *plasterboard* 4 dB, dan *concrete* (beton) 8 dB (Hikmaturokhan, Berlianti, & Pamungkas, 2015).

Model Propagasi Yang Digunakan

Menentukan jumlah *Femtocell Access Point* (FAP) berdasarkan *coverage* terlebih dahulu menghitung radius sel dengan menggunakan persamaan COST 231 Multi Wall dengan rumus sebagai berikut (Hikmaturokhan, Berlianti, & Pamungkas, 2015):

$$LFSL = 20 \log f \text{ (MHz)} + 20 \log d \text{ (Km)} + 32,5 \quad (1)$$

Dimana:

LFSL = *loss free space*

F = frekuensi operasi (MHz)

d = jarak antara pengirim dan penerima (km)

Dengan *indoor loss*:

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

$$LT_{MultiwallModel} = LFSL + LC + \sum_{i=1}^M nwi \cdot Lwi + nf \left[\frac{nf+2}{nf+1} - b \right] Lf \quad (3)$$

Dimana:

LC = *loss constanta* (nilai mendekati nol)

Lwi = *wall type loss*

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*

Untuk luas area sel,

$$L = 2,6 \times d^2 \quad (4)$$

Sehingga didapatkan jumlah *Femtocell Access Point* (FAP) yang dibutuhkan dengan menggunakan persamaan:

$$Jumlah \ FAP = \frac{Luas \ Area \ Yang \ Direncanakan}{Luas \ Cakupan \ Sel} \quad (5)$$

DATA DAN PEMBAHASAN

Hasil MAPL Uplink Dan MAPL Downlink Jaringan 4G LTE

Tujuan melakukan perhitungan *link budget* adalah untuk mendapatkan nilai MAPL arah *uplink* dan MAPL arah *downlink* sebagaimana perhitungan *link budget* itu sendiri digunakan untuk mengestimasi maksimum pelemahan sinyal yang diperbolehkan antara *mobile antenna* dan *base station antenna*. Nilai maksimum pelemahan sinyal inilah yang disebut sebagai *Maximum Allowable Pathloss* (Triaktora, Usman, & Munadi, 2015).

MAPL Gedung A Lantai 1

Dari hasil perhitungan *link budget* jaringan 4G LTE gedung A Lantai 1 didapat MAPL arah *uplink* sebesar 110,05 dB dan MAPL arah *downlink* sebesar 107,28 dB. Selisih antara nilai MAPL *uplink* dan *downlink* didapat sebesar 2,77 dB. Dengan demikian perencanaan ini layak untuk diterapkan pada Lantai 1 karena selisih keduanya kurang dari 5 dB.

MAPL Gedung A Lantai 2

Dari hasil perhitungan *link budget* jaringan 4G LTE gedung A Lantai 2 didapat MAPL arah *uplink* sebesar 78,05 dB dan MAPL arah *downlink* sebesar 73,28 dB. Selisih antara nilai MAPL *uplink* dan *downlink* sebesar 2,77 dB. Dengan demikian perencanaan ini layak untuk diterapkan pada Lantai 2 karena selisih keduanya kurang dari 5 dB.

MAPL Gedung A Lantai 3

Dari hasil perhitungan *link budget* jaringan 4G LTE gedung A Lantai 3 didapat MAPL arah *uplink* sebesar 82,05 dB dan MAPL arah *downlink* sebesar 79,28 dB. Selisih antara nilai MAPL *uplink* dan *downlink* sebesar 2,77 dB. Dengan demikian perencanaan ini layak untuk diterapkan pada Lantai 3 karena selisih keduanya kurang dari 5 dB.

Hasil Perhitungan Redaman Indoor

Kondisi gedung A Fakultas Teknik Universitas Jember memiliki struktur dan material gedung yang berbeda-beda tiap lantainya sehingga diperlukan perencanaan jaringan nirkabel secara per lantai. Pada gedung A Lantai 1 didapatkan hasil total *loss* sebesar 134,8 dB, gedung A Lantai 2 sebesar 166,8 dB, dan gedung A Lantai 3 sebesar 162,8 dB

Hasil Perhitungan Jumlah FAP

Perhitungan jumlah FAP pada penelitian ini hanya dilakukan berdasarkan *coverage* saja tanpa memperhitungkan banyak pengguna yang aktif melakukan komunikasi dan paket data karena pengguna aktif pada gedung ini tidak konstan atau berubah-ubah jumlahnya.

FAP Gedung A Lantai 1

Perhitungan model propagasi COST 231 Multi Wall mencari radius sel terlebih dahulu dimana radius sel ini adalah diameter daerah cakupan sinyal yang dari perhitungan sebesar 18,28 meter sehingga diketahui luas selnya sebesar 868,81 m². Dari sinilah dapat dicari jumlah FAP yang dibutuhkan untuk dapat mencakup seluruh area gedung Lantai 1. Berdasarkan dari perhitungan luas daerah cakupan (luas gedung Lantai 1 yaitu 1512 m²) dibagi dengan luas sel didapatkan jumlah FAP yang dibutuhkan sebanyak 2 FAP.

FAP Gedung A Lantai 2

Perhitungan model propagasi COST 231 Multi Wall mencari radius sel terlebih dahulu dimana radius sel ini adalah diameter daerah cakupan sinyal yang dari perhitungan sebesar 11,53 meter sehingga diketahui luas selnya sebesar 345,65 m². Dari sinilah dapat dicari jumlah FAP yang dibutuhkan untuk dapat mencakup seluruh area gedung Lantai 2. Berdasarkan dari perhitungan luas daerah cakupan (luas gedung Lantai 2 yaitu 1512 m²) dibagi dengan luas sel didapatkan jumlah FAP yang dibutuhkan sebanyak 4 FAP.

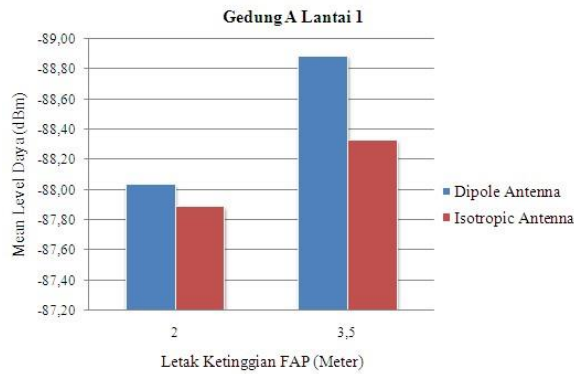
FAP Gedung A Lantai 3

Perhitungan model propagasi COST 231 Multi Wall mencari radius sel terlebih dahulu dimana radius sel ini adalah diameter daerah cakupan sinyal yang dari perhitungan sebesar 11,53 meter sehingga diketahui luas selnya sebesar 345,65 m². Dari sinilah dapat dicari jumlah FAP yang dibutuhkan untuk dapat mencakup seluruh area gedung Lantai 3. Berdasarkan dari perhitungan luas daerah cakupan (luas gedung Lantai 3 yaitu 1512 m²) dibagi dengan luas sel didapatkan jumlah FAP yang dibutuhkan sebanyak 4 FAP.

ANALISA HASIL SIMULASI

Pada hasil simulasi terdiri dari dua analisa, untuk analisa pertama bertujuan mengetahui hasil *coverage area* dari penggunaan jenis antenna dengan gain 3 dBi, dan analisa kedua bertujuan mengetahui *coverage area* dari letak ketinggian FAP. Data grafik hasil simulasi berupa diagram batang *mean level* daya (dBm) yang ditunjukkan oleh sumbu y dan letak ketinggian FAP yang ditunjukkan oleh sumbu x. Sedangkan diagram batang warna biru menunjukkan jenis antena yang digunakan berupa *dipole antenna* dan diagram batang warna merah menggunakan jenis *isotropic antenna*. Pada hal ini terdapat perbandingan level daya (dBm) yang dipancarkan oleh FAP antara ketinggian FAP dengan jenis antena yang digunakan. Mengenai grafik hasil simulasi gedung A Lantai 1 ditunjukkan pada Gambar 2, Lantai 2 pada Gambar 3, dan Lantai 3 pada Gambar 4.

Pada Lantai 1, Gambar 2 saat letak ketinggian FAP 2 meter dan menggunakan *dipole antenna* diperoleh *mean level* daya sebesar -88,04 dBm sedangkan *isotropic antenna* diperoleh *mean level* daya sebesar -87,89 dBm.



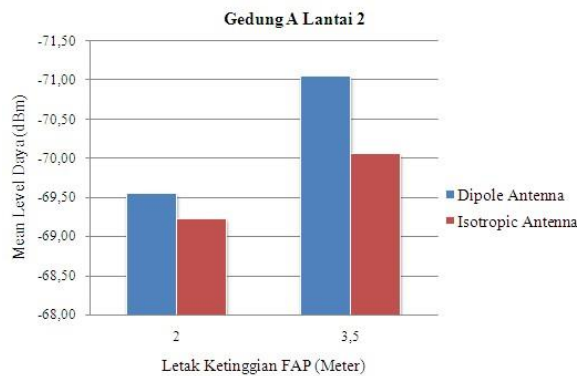
Gambar 2. Grafik Perbandingan Level Daya Gedung A Lantai 1

Saat letak ketinggian FAP 3,5 meter dan menggunakan *dipole antenna* diperoleh *mean level daya* sebesar -88,89 dBm dan *isotropic antenna* diperoleh *mean level daya* sebesar -88,33 dBm.

Pada Lantai 2 grafik Gambar 3 saat letak ketinggian FAP 2 meter dan menggunakan *dipole antenna* diperoleh *mean level daya* sebesar -69,55 dBm sedangkan *isotropic antenna* diperoleh *mean level daya* sebesar -69,23 dBm. Sedangkan saat letak ketinggian FAP 3,5 meter dan menggunakan *dipole antenna* diperoleh *mean level daya* sebesar -71,05 dBm dan

isotropic antenna diperoleh *mean level daya* sebesar -70,06 dBm.

Pada Lantai 3 grafik Gambar 4 saat letak ketinggian FAP 2 meter dan menggunakan *dipole antenna* diperoleh *mean level daya* sebesar -70,41 dBm sedangkan *isotropic antenna* diperoleh *mean level daya* sebesar -70,33 dBm. Sedangkan saat letak ketinggian FAP 3,5 meter dan menggunakan *dipole antenna* diperoleh *mean level daya* sebesar -72,37 dBm dan *isotropic antenna* diperoleh *mean level daya* sebesar -71,87 dBm.



Gambar 3. Grafik Perbandingan Level Daya Gedung A Lantai 2



Gambar 4. Grafik Perbandingan Level Daya Gedung A Lantai 3

Dari hasil simulasi inilah dapat disimpulkan bahwa cakupan yang lebih efektif pada perencanaan jaringan 4G LTE *indoor* saat FAP menggunakan jenis *isotropic antenna* dibandingkan dengan *dipole antenna* dimana menggunakan *gain* yang sama besar yaitu 3 dBi. Jika dibandingkan dengan penggunaan jenis antena antara *dipole* dan *isotropic* saat diberikan *gain* yang sama dari kuat tidaknya pancaran maupun baik buruknya penerimaan sinyal tidak menunjukkan perbedaan yang jauh berdasarkan nilai hasil simulasi. Untuk pola radiasi *dipole antenna* itu sendiri berdasarkan dari landasan teori *omnidirectional antenna* dimana pola radiasinya bergerak tegak lurus dari kedua sisi antena sedangkan *isotropic antenna* bergerak menyebar ke segala arah dan membagikan daya sama besar. Selain dari jenis antena, letak ketinggian FAP juga perlu diperhatikan seperti pada penelitian ini cakupan yang lebih efektif diperoleh jika FAP diletakkan dengan tinggi 2 meter dari permukaan lantai karena semakin tinggi letak akses point pada lingkup *indoor* maka redaman yang diperoleh semakin banyak. Berdasarkan dari hasil simulasi tersebut menunjukkan perencanaan jaringan 4G LTE pada gedung Dekanat Fakultas Teknik Universitas Jember menggunakan RPS 5.4 dan metode COST 231 Multi Wall dapat diterapkan dan mendapatkan *coverage area* yang efektif sehingga didalam gedung *user* dapat melakukan komunikasi dengan baik.

KESIMPULAN

Setelah melakukan perencanaan jaringan dan diterapkan pada simulasi yang kemudian dilanjutkan melakukan pengujian dan analisa data, maka dari hasil tersebut didapatkan beberapa kesimpulan.

Pertama, perencanaan jaringan 4G LTE menggunakan metode COST 231 Multi Wall diperoleh jumlah FAP yang dibutuhkan pada Lantai 1 sebesar 2 FAP, Lantai 2 sebesar 4 FAP, dan Lantai 3 sebesar 4 FAP. Banyaknya FAP disesuaikan dengan kondisi redaman material pada tiap lantainya dimana Lantai 2 dengan *loss* material 166,8 dB dan Lantai 3 dengan *loss* material 162,8 dB memiliki redaman material yang paling besar dibandingkan dengan Lantai 1 yang memiliki *loss* material 134,8 dB.

Kemudian, analisa cakupan yang efektif pada perencanaan jaringan 4G LTE *indoor* diperoleh saat FAP menggunakan jenis *isotropic antenna* dan letak ketinggian FAP 2 meter dari permukaan lantai seperti pada Lantai 1 saat ketinggian FAP 2 meter dan menggunakan *dipole antenna* diperoleh *mean* level daya sebesar -88,04 dBm dan *isotropic antenna* diperoleh *mean*

level daya sebesar -87,89 dBm, sedangkan saat FAP 3,5 meter menggunakan *dipole antenna* diperoleh *mean* level daya sebesar -88,89 dBm dan *isotropic antenna* diperoleh *mean* level daya sebesar -88,33 dBm. Perencanaan jaringan 4G LTE menggunakan RPS 5.4 dan metode COST 231 Multi Wall dapat diterapkan pada Gedung A Fakultas Teknik Universitas Jember.

Setelah melakukan penelitian mengenai perencanaan jaringan 4G LTE dan analisa *coverage area* dari hasil perencanaan tersebut menggunakan simulasi RPS 5.4 dan metode COST 231 Multi Wall ini terdapat beberapa kekurangan dan berikut saran yang diperlukan untuk pengembangan selanjutnya :

1. Menggunakan metode selain COST 231 Multi Wall sebagai model propagasi yang diperlukan dalam perencanaan jaringan nirkabel *indoor*.
2. Perencanaan jaringan nirkabel dapat menggunakan teknologi yang paling terbaru setelah 4G LTE dimana teknologi telekomunikasi merupakan salah satu teknologi yang cepat berkembang seiring berjalannya waktu.
3. Dapat menggunakan lokasi perencanaan *outdoor* maupun *indoor* dan *software radioplan* lainnya dilengkapi fitur yang lebih lengkap sehingga dapat mendeteksi struktur gedung yang lebih kompleks dan detail.
4. Penelitian dapat dilanjutkan dengan memperkirakan interferensi yang terjadi antara sel femto (FAP) pada lingkup *indoor* dengan sel makro (BTS) pada lingkup *outdoor*.
5. Pada penelitian ini memiliki kualitas sinyal dengan daya pancar yang kurang baik sehingga untuk penelitian selanjutnya diperlukan sebuah optimalisasi dengan penambahan dan posisi strategis peletakan *access point*.

REFERENSI

- Budiyanto, S. Penggunaan LTE sebagai Media Interoperabilitas Penggunaan LTE Sebagai Media Interoperabilitas Antar Generasi Komunikasi Nirkabel Yang Berbeda. *SINERGI*. 2014; 18 (3): 180-185.
- Hikmaturokhman, Alfin., Berlianti, L., & Pamungkas, W. Analisa Model Propagasi Cost 231 Multi Wall Pada Perancangan Jaringan Indoor Femtocell HSDPA Menggunakan Radiowave Propagation Simulator. *Prosiding Seminar Nasional Aplikasi Teknologi Informasi (SNATI2015)*, Yogyakarta, Juni 2015: 31-36.
- Hikmaturokhman, Alfin., Solichah Larasati, Eka Setia Nugraha. Analysis Cost 231 MultiWall

- Model on 4G LTE FDD 1800 and 900 Mhz Femtocell Network Planning. *Journal of Applied Information and Communication Technologies (JAICT)*. 2016; 1 (1): 1-8.
- Lien, S. Y., Chien, C. C., Tseng, F. M. and Ho, T. C. 3GPP device-to-device communications for beyond 4G cellular networks. *IEEE Communications Magazine*. 2016; 54 (3): 29-35.
<http://dx.doi.org/10.1109/MCOM.2016.7432168>
- Singh, Rakesh Kumar and Ranjan Singh. 4G LTE Cellular Technology: Network Architecture and Mobile Standards. *International Journal of Emerging Research in Management & Technology*. 2016; 5 (12): 1-6.
- Su, X., Wang, Y., Choi, D. et al. Channel allocation and power control schemes for cross-tier 3GPP LTE networks to support multimedia applications. *Multimed Tools Applications*. 2017; 1-17.
<http://dx.doi.org/10.1007/s11042-016-4320-3>
- Triaktora, M. H., Usman, I. M., & Munadi, I. D. Analisa Perencanaan Jaringan Long Term Evolution Indoor Di Stasiun Gambir. *Universitas Telkom*. 2015: 1-8.
- Utomo, B., Santoso, I., & Z. A. Ajulian. Simulasi Link Budget Pada Sel Femto Teknologi Telekomunikasi LTE (Long Term Evolution). *TRANSMISI*. 2013; 15 (1): 11-18.
<http://dx.doi.org/10.12777/transmisi.15.1.13-18>.
- Wang, H. R., W. T. Liu, C. Y. Hsu, C. H. Peng and T. S. Kuo. The Study of Enhance the 4G LTE-A Mobile Network Deployment Efficiency. *International Conference on Networking and Network Applications (NaNA)*. Hakodate, 2016: pp. 222-226.
<http://dx.doi.org/10.1109/NaNA.2016.54>
- Yu, Y., F. Jolani and Z. Chen. A Wideband Omnidirectional Horizontally Polarized Antenna for 4G LTE Applications. *IEEE Antennas and Wireless Propagation Letters*. 2013; 12: 686-689.
<http://dx.doi.org/10.1109/LAWP.2013.2264545>