

Analisis Pengaruh Penempatan *Femtocell* Terhadap Sel Makro Jaringan UMTS

K.T. Efendi¹, N.Indra², W. Setiawan³

¹ Mahasiswa Jurusan Teknik Elektro, Fakultas Teknik Universitas Udayana
^{2,3} Staff Pengajar Jurusan Teknik Elektro, Fakultas Teknik Universitas Udayana
Email: keziaefendi@gmail.com¹, indra@unud.ac.id², widyadi@ee.unud.ac.id³

Abstrak

Femtocell adalah teknologi *micro BTS* (*Base Transceiver Station*) yang menggunakan frekuensi berlisensi. Penelitian ini membahas pengaruh penerapan *Closed Subscriber Group Femtocell* untuk kelas daya maksimum 21 dBm terhadap makrosel UMTS dengan menggunakan parameter E_c/N_0 dan *Noise Rise*. Komunikasi antara makrosel dan usernya dapat terjadi tanpa terganggu oleh sinyal *femtocell* jika parameter *downlink* E_c/N_0 bernilai minimum -18 dB dan parameter *uplink* *Noise Rise* bernilai minimum 6 dB, jarak yang didapat untuk parameter tersebut berada pada jarak 267 m hingga 39 m. Hal ini menyatakan *femtocell* mempengaruhi kualitas sinyal dari dan ke makrosel.

Kata Kunci : *Closed Subscriber Group Femtocell UMTS, E_c/N_0 , Noise Rise.*

1. PENDAHULUAN

Jaringan komunikasi seluler sedang mengalami perubahan yang sangat cepat dari sisi teknologi maupun arsitekturnya. Pemicu utama dari perubahan tersebut adalah permintaan pelanggan yang sangat besar terhadap akses data bergerak (*mobile data acces*). [1]

Salah satu solusi yang berkembang untuk mengatasi paradigma pemenuhan permintaan akan akses data bergerak adalah dengan diterapkannya konsep *Femtocell*. *Femtocell Access Points* (FAPs) adalah teknologi *micro BTS* (*Base Transceiver Station*) yang menggunakan frekuensi berlisensi, FAPs menyediakan layanan broadband dan suara kepada pelanggan terutama dalam lingkungan rumah. FAPs menyediakan akses selular dalam rumah dan menyambungkan jaringan operator melalui sambungan *broadband* milik pelanggan. [1]

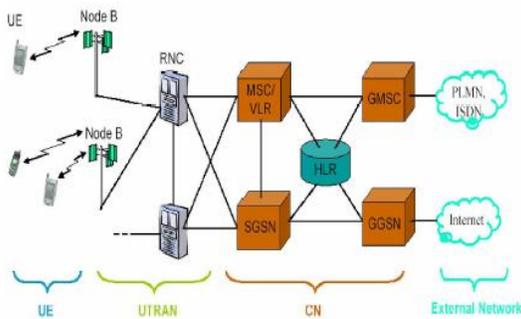
Femtocell Access Control yaitu *Open Subscriber Group* (OSG) dimana semua *mobile user* dapat mengakses jaringan *Femtocell* serta *Closed Subscriber Group* (CSG) dimana pada akses kontrol tertutup ini hanya *mobile user* yang sudah terdaftar sebelumnya yang dapat mengakses jaringan *Femtocell*. [2]

Pada penerapannya *Closed Subscriber Group* (CSG) maka dimungkinkan terjadinya sinyal interferensi yang mengganggu dari *Femtocell* terhadap makro sel jaringan UMTS. Dari permasalahan tersebut maka akan dianalisis bagaimana pengaruh penempatan *Femtocell* terhadap interferensi baik pada sisi *downlink* yaitu pengaruh interferensi terhadap *user* maupun pada sisi *uplink* yaitu interferensi terhadap makro sel sistem UMTS yang sudah ada, terutama untuk kondisi dimana *user* dan makro sel yang lokasinya berdekatan dengan *Femtocell*.

2. KAJIAN PUSTAKA

2.1 UMTS

Universal Mobile Telecommunication System (UMTS) adalah teknologi telekomunikasi *wireless* generasi ketiga (3G). *Universal Mobile Telecommunication System* merupakan suatu evolusi GSM dimana *interface* radionya adalah WCDMA, serta mampu melayani transmisi data dengan kecepatan yang lebih tinggi. Arsitektur jaringan WCDMA dapat dilihat pada Gambar 1.



Gambar 1. Arsitektur UMTS

2.2 Path Loss Model Outdoor to Indoor

Dalam penelitian ini dimana *macro* dan ditempatkan di luar ruangan untuk menjangkau *user* yang berada di dalam satu ruangan dengan *Femtocell*. Oleh karena itu digunakan perhitungan *path loss outdoor to indoor*, untuk memperkirakan redaman lintasannya. Model yang diberikan sebagai berikut:

$$\begin{aligned}
 PL(dB) = & 161.04 - 7.1 * \log_{10}(W) + 7.5 * \\
 & \log_{10}(h) - (24.37 - 3.7 * \\
 & \left(\frac{h}{h_{BS}}\right)^2) \log_{10}(h_{BS}) + (43.42 - \\
 & 3.1 * \log_{10}(h_{BS}))(\log_{10}(d) - 3) + \\
 & 20 * \log_{10}(f_c) - 3.2 * \\
 & (\log_{10}(11.75h_{UT}))^2 - 4.97) + \\
 & Wall\ loss \dots\dots\dots (1)
 \end{aligned}$$

Dimana $PL(dB)$ merupakan nilai total *path loss*, W adalah lebar jalan (5-50m), h adalah tinggi rata-rata bangunan (5-50m), h_{BS} adalah tinggi *Base Station* (10-150m), h_{UT} tinggi *User Terminal* (1-10m), d adalah jarak dalam meter (10-5000m), f_c Frekuensi (2-6GHz) dan *Wall loss* adalah *indoor penetration loss* yang diasumsikan dinding terbuat dari *concreate / beton* (10-15dB). Untuk nilai penggunaan *Wall loss* dapat dilihat pada Tabel 1.

Tabel 1. Wall Loss Berdasarkan Jenis Bahan

Bahan Dasar Dinding	Wall Loss	Frekuensi
Wooden / kayu	4 dB	1.8 - 2.6 GHz
Glass / kaca	2.2-3 dB	1.8 - 2.1 GHz
Concreate / beton	10-15 dB	1.8 - 2.1 GHz

2.3 Pathloss Model Indoor Femtocell

Berdasarkan model ITU-R M.2135 untuk keadaan *Femtocell* NLOS (*No Line of Sight*) perhitung *path loss* dapat dihitung menggunakan persamaan 2 sebagai berikut:

$$PL = 43.4 \log(d) + 11.5 + 20 \log(f_c) \dots\dots (2)$$

Dimana PL adalah *path loss Femtocell*, d adalah jarak antara transmitter dan receiver (m) dan f_c adalah frekuensi (MHz).

2.4 Maximum Allowable Path Loss (MAPL) Arah Uplink

Maximum Allowable Path Loss (MAPL) arah *uplink* diperlukan untuk menentukan nilai redaman propagasi maksimum yang diisyaratkan agar komunikasi dari *Mobile Station* ke *Base Station* pada sel yang bersangkutan dapat terjadi dengan baik.

$$\begin{aligned}
 MAPL_{Uplink} = & L_{pUplink} - T_{f1} - F_m - Body_A - \\
 & Building_A \dots\dots\dots (3)
 \end{aligned}$$

Dimana $MAPL_{Uplink}$ adalah *Loss* maksimum yang diperbolehkan, $L_{pUplink}$ adalah *Product Pathloss Uplink*, T_{f1} adalah *Total Feeder Loss*, F_m adalah *Fade Margin*, $Body_A$ adalah *Body Attenuation* dan $Building_A$ adalah *Building Attenuation*.

2.5 Maximum Allowable Path Loss (MAPL) Arah Downlink

Maximum Allowable Path Loss (MAPL) / arah *downlink* diperlukan untuk menentukan nilai redaman propagasi maksimum yang diisyaratkan agar *base station* masih dapat melayani keperluan komunikasi seluruh *mobile station* pada daerah cakupannya.

$$\begin{aligned}
 MAPL_{Downlink} = & L_{pDownlink} - T_{f1} - F_m - \\
 & Body_A - Building_A \dots\dots\dots (4)
 \end{aligned}$$

Dimana $MAPL_{Downlink}$ adalah *Loss* maksimum yang diperbolehkan, $L_{pDownlink}$ adalah *Product Pathloss Downlink*, T_{f1} adalah *Total Feeder Loss*, F_m adalah *Fade Margin*, $Body_A$ adalah *Body Attenuation* dan $Building_A$ adalah *Building Attenuation*.

2.6 Transmitted Power

Transmitted power adalah daya minimal yang dibutuhkan base station untuk mencapai jarak pengguna yang diinginkan.

$$P_{tx} = PL - G_{tot} + R \dots\dots\dots (5)$$

Dimana P_{tx} adalah Transmitted Power (dBm), PL adalah Pathloss (dB), G_{tot} adalah Total Gain (dB) dan R adalah Receiver Sensitivity (dBm).

2.7 Power Received

Power Received adalah level sinyal yang diterima di penerima dan nilainya harus lebih besar dari sensitivitas perangkat penerima. Power Received

$$P_r = P_{tx} + Gain - PL - Losses \dots\dots\dots (6)$$

Dimana P_r adalah Power Receive (dBm), P_{tx} adalah Power Trasmit (dBm), $Gain$ adalah total gain, $Losses$ adalah total Loss dan PL adalah Pathloss.

2.8 Parameter E_c/N_0 pada Sistem WCDMA

E_c/N_0 merupakan perbandingan dalam dB dari Energi chip dengan daya noise total yang diukur pada pilot channel. E_c/N_0 juga menunjukkan level daya minimum (threshold) dimana Mobile Station masih bisa melakukan suatu panggilan. Tetapan yang dituju oleh WCDMA untuk nilai E_c/N_0 minimum adalah -18 dB.

$$E_c/N_0 = RSCP - RSSI \dots\dots\dots (7)$$

Dimana $RSCP$ (Received Signal Code Power) adalah kuat sinyal penerimaan yang dinyatakan besarnya daya yang diterima oleh UE (User Equipment) dan $RSSI$ (Received Signal Strength Indicator) adalah nilai yang digunakan untuk mengukur kekuatan sinyal interferensi yang dapat dihitung dengan persamaan 7 sebagai berikut:

$$RSSI = kTW \times Nf + 3 \times P_j \dots\dots\dots (8)$$

Dimana k adalah tetapan Boltzman (1.38×10^{-23} J/K), T adalah suhu (K), W adalah Bandwith (Hz), Nf adalah Noise Figure dan P_j adalah Power Receieved oleh propagasi (W).

2.9 Parameter Noise Rise pada Sistem WCDMA

Noise Rise merupakan rasio dari received wideband power terhadap noise power. Semakin tinggi Noise Rise semakin besar kapasitas terhadap banyak user yang diperbolehkan dalam jaringan WCDMA, nilai minimum Noise Rise adalah 6 dB.

$$Noise Rise = -10 \log(1 - \eta) \dots\dots\dots (9)$$

Dimana η dapat dihitung menggunakan persamaan 10 sebagai berikut:

$$\Delta\eta = L_j = \frac{1}{1 + SIR_i \times R_i \times V_i} \dots\dots\dots (10)$$

Dimana W adalah Chiprate WCDMA (3,84 Mcps), V_i adalah Activity Factor (voice = 0,67 data = 1), R_i adalah Laju Data (voice = 12,2 Kbps, data = 64 Kbps) dan SIR_i adalah Signal to Interference Ratio dapat dihitung menggunakan persamaan 11 sebagai berikut:

$$SIR = \frac{P_r}{P_{interference}} \dots\dots\dots (11)$$

Dimana P_r adalah sinyal yang diinginkan serta $P_{interference}$ adalah sinyal interferensi.

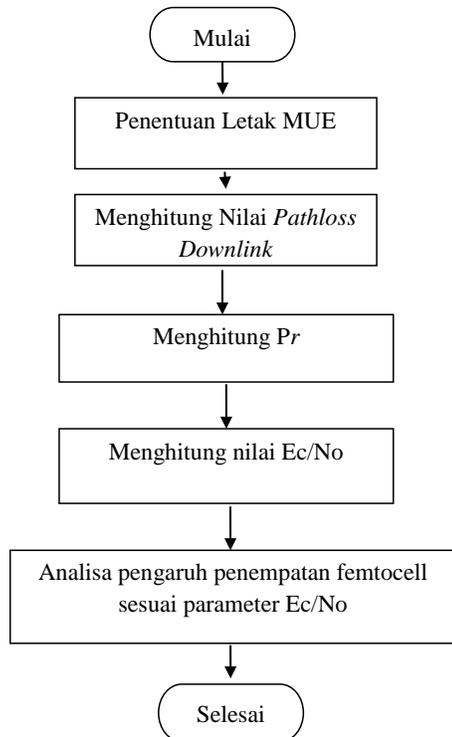
3. METODOLOGI PENELITIAN

Pada penelitian ini akan diamati dan dibandingkan interferensi yang terjadi pada Macrocell yang diakibatkan oleh Femtocell baik arah Uplink maupun Downlink.

3.1 Menghitung Interferensi Downlink dari Femtocell UMTS terhadap User Sel Makro UMTS

Pada skenario ini akan menentukan interferensi downlink, langkah pertama adalah menentukan jarak maksimum Macrocel User Equipment (MUE). Kondisi MUE akan berada di dalam ruangan yang sama dengan Closed Group Femtocell UMTS yang aktif. MUE akan diletakkan pada jarak yang berbeda-beda, yakni pada batas jarak terjauh dalam daerah cakupan makrosel dan kemudian akan semakin mendekat ke arah makrosel. Skenario ini digunakan untuk mengetahui bagaimana pengaruh interferensi dari femtocell terhadap MUE, diagram alir

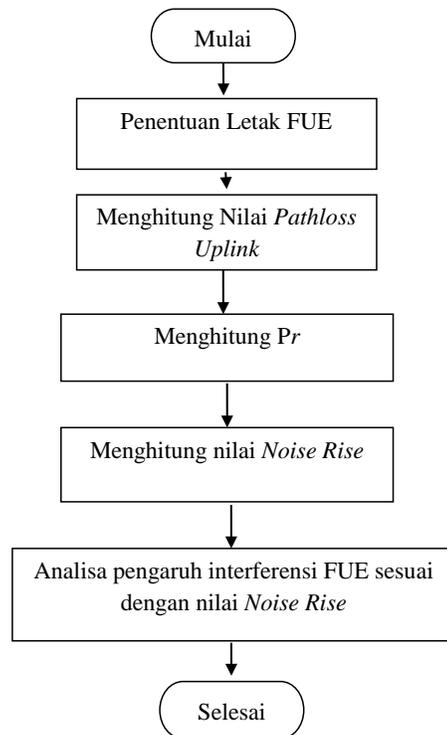
skenario dapat dilihat pada Gambar 2 dibawah ini.



Gambar 2. Diagram alir Downlink

3.2 Menghitung Interferensi Uplink dari Femtocell UMTS terhadap Macrocell UMTS

Skenario ini akan menghitung interferensi uplink yang di alami oleh Macrocell UMTS oleh sinyal Femtocell User Equipment (FUE). Dalam skenario ini Macrocell User Equipment (MUE), Femtocell User Equipment (FUE) dan Closed Group Femtocell berada dalam satu ruangan yang sama dan berada dalam daerah cakupan Macrocell UMTS. Posisi awal MUE, FUE dan Closed Group Femtocell berada pada jarak maksimum daerah cakupan Macrocell Downlink. Kemudian keadaannya akan berubah sesuai jarak yang akan semakin mendekat ke arah Macrocell UMTS. Dalam perhitungan ini akan diketahui bagaimana pengaruh sinyal Closed Group Femtocell uplink terhadap Makrosel UMTS. Diagram alir untuk scenario dapat dilihat pada Gambar 3 sebagai berikut:



Gambar 3. Diagram alir Uplink

4. HASIL DAN PEMBAHASAN

4.1 Perhitungan Daerah Cakupan/Radius Maksimum Macrocell

Perhitungan daerah cakupan Macrocell dilakukan dengan menggunakan parameter-parameter sesuai Tabel 2 sebagai berikut:

Tabel 2. Parameter Path Loss Macrocell

Parameter	Unit	Macro Base Station
Downlink Frequency	GHz	2,1
Uplink Frequency	GHz	1,98
BS Height	m	30
MS Height	m	1,5
Average Building Height	m	10
Street Width	m	10
Indoor Penetration Loss(Wall loss=Concrete)	dB	10

Dari hasil perhitungan menggunakan parameter Tabel 2 dan menggunakan persamaan 1 maka didapatkan bahwa jangkauan maksimum Macrocell ialah 569 meter.

4.2 Perhitungan Daerah Cakupan/Radius Maksimum Femtocell

Perhitungan daerah cakupan *Macrocell* dilakukan dengan menggunakan parameter-parameter sesuai Tabel 3 sebagai berikut:

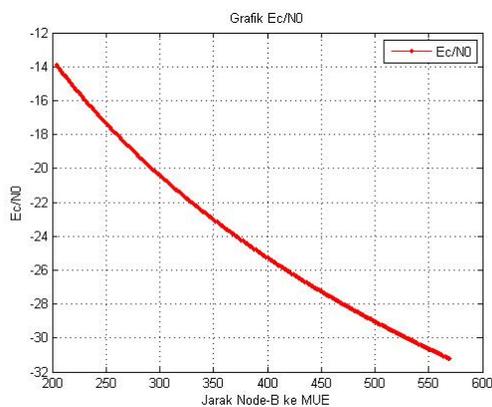
Tabel 3. Parameter Path Loss Femtocell

Parameter	Unit	Macro Base Station
Transmitted Power (P_{tx})	dBm	21
Total Gain (G_{tot})	dB	2
Receiver Sensitivity (R)	dBm	-97

Dari hasil perhitungan menggunakan parameter pada Tabel 3 di atas dan persamaan 2 didapatkan bahwa jangkauan maksimum *Femtocell* ialah 9,3 meter.

4.3 Analisis Hasil Perhitungan Parameter E_c/N_0

Berdasarkan perhitungan RSCP sesuai dengan persamaan 6 dan perhitungan RSSI sesuai dengan persamaan 8 maka hasil perhitungan parameter E_c/N_0 dapat dilihat pada Gambar 4 berikut ini:



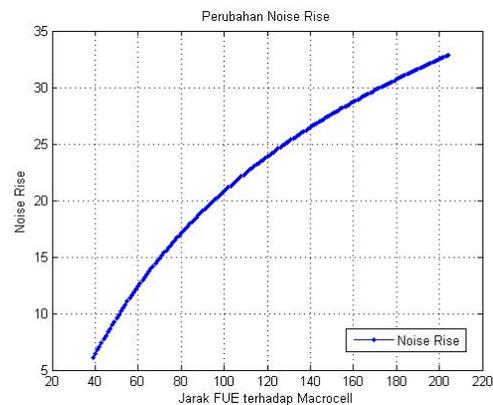
Gambar 4. Hasil Perhitungan Nilai E_c/N_0

Berdasarkan Gambar 4 dapat dilihat bahwa nilai E_c/N_0 akan semakin besar seiring dengan semakin dekatnya jarak *Macrocell Base Station* terhadap *Macrocell User Equipment* (MUE) yang berada dalam satu ruangan pada jarak yang dekat dengan *Femtocell*. Hal ini menunjukkan bahwa jarak *Macrocell Base Station* terhadap *Macrocell User Equipment* (MUE) yang berada dalam

satu ruangan dengan *Femtocell* sangat berpengaruh terhadap kualitas jaringan yang terjadi. Hal ini dikarenakan posisi MUE yang berada di dalam satu ruangan dan dekat dengan *Femtocell* yaitu 1m, sehingga sinyal yang seharusnya diterima oleh MUE dari *Macrocell Base Station* terganggu dengan adanya sinyal lain dari *Femtocell* tersebut.

4.4 Analisis Hasil Perhitungan Parameter Noise Rise

Berdasarkan perhitungan *Noise Rise* sesuai dengan persamaan 9 maka hasil dari perhitungan parameter *Noise Rise* dapat dilihat pada Gambar 5 berikut:



Gambar 5. Perhitungan Noise Rise

Berdasarkan Gambar 5 analisis hasil diperoleh bahwa jarak FUE terhadap *Macrocell* UMTS sangat berpengaruh terhadap nilai *Noise Rise*. Semakin mendekatnya jarak FUE terhadap *Macrocell* semakin kecil nilai *Noise Rise* yang dihasilkan. Hal ini menunjukkan bahwa semakin dekat jarak FUE terhadap UMTS dapat mengganggu komunikasi *Uplink* antara MUE dan *Macrocell* UMTS.

5. KESIMPULAN

Dari analisis hasil pengaruh penempatan *femtocell* terhadap sel makro jaringan UMTS maka dapat diambil simpulan sebagai berikut:

1. Dari hasil perhitungan *Pathloss Macrocell* UMTS *outdoor to indoor* didapatkan bahwa jarak maksimum untuk dapat terjadinya komunikasi *downlink* dan juga *uplink* adalah 569m.

2. Dari hasil perhitungan *Pathloss Femtocell* UMTS *indoor* NLOS untuk kelas daya maksimum transmitter yang direkomendasikan 3GPP didapatkan bahwa besar daerah cakupan *Femtocell* UMTS adalah 9,3m.
3. Nilai E_c/N_0 yang dituju yaitu -18 dB dapat terjadi saat jarak *Macrocell User Equipment* ke *Macrocell* UMTS adalah 267m.
4. Nilai *Noise Rise* yang dituju adalah 6 dB menunjukkan jarak minimum yang bisa ditoleransi oleh *Macrocell User Equipment* untuk bisa terjadinya komunikasi *Uplink* dari *Macrocell User Equipment* *Macrocell* nilai *Noise Rise* minimum akan tercapai pada jarak 39 meter.
5. Nilai E_c/N_0 dan *Noise Rise* menunjukkan jarak maksimum dan minimum yang bisa ditoleransi oleh *Macrocell User Equipment* untuk bisa terjadinya komunikasi dari *Macrocell* dalam kondisi downlink dan juga uplink yaitu berada antara 39 m hingga 267 m.

6. DAFTAR PUSTAKA

- [1] Femto Forum. 2008. *Interference Management in UMTS Femtocells*. Femto Forum, UK.
- [2] Ju Yong Lee, S. Jae Bae, Y. Min Kwon and M.Young Chung . 2011. *Interference Analysis for Femtocell Deployment in OFDMA Systems Based on Fractional Frequency Reuse*. *IEEE Communications Letters*, vol. 15, no.4.
- [3] C. Christophe, B. Christopher, G. Andrea, P. Kevin and R. Kenneth. 2006. *WCDMA (UMTS) Deployment Handbook Planning and Optimization Aspects*. All of QUALCOOM Incorporated California, USA.
- [4] 3rd Generation Partnership Project. 2009. *UTRAN architecture for 3G Home NodeB*. Technical Specification.
- [5] Morten Tolstrup. 2008. *Indoor Radio Planning: a practical guide for GSM, DCS, UMTS and HSPA*. John Wiley and Sons.