

SIMULASI *LINK BUDGET* PADA SEL FEMTO TEKNOLOGI TELEKOMUNIKASI LTE (*LONG TERM EVOLUTION*)

Budi Utomo ^{*)}, Imam Santoso, and Ajub Ajulian Z

Jurusan Teknik Elektro, Universitas Diponegoro Semarang
Jl. Prof. Sudharto, SH, Kampus UNDIP Tembalang, Semarang 50275, Indonesia

^{*)}E-mail: *utomobudi26@gmail.com*

Abstrak

Teknologi sel femto pada LTE (*Long Term Evolution*) dapat meningkatkan kualitas sinyal di dalam ruangan karena penempatan stasiun pemancar sel femto yang berada di dalam ruangan. Dengan berkurangnya jarak antara stasiun pemancar, dalam hal ini yaitu FAP (*Femtocell Access Point*) dengan UE (*User Equipment*) maka kualitas sinyal di dalam ruangan diharapkan membaik. Namun, dengan digunakannya sel femto, timbul fenomena *interferens* antara sel makro dan sel femto, juga *interferens* antar sel femto. Kualitas sinyal (SINR) pada pengguna (*downlink*) baik dari sel femto atau sel makro akan dikaji berdasarkan perhitungan *link budget* dengan memperhitungkan fenomena *interferens* yang mungkin terjadi menggunakan perangkat lunak LabView2009. Dari hasil simulasi rugi propagasi *indoor* sel femto memiliki nilai yang lebih rendah dari sel makro sebesar 85,8137dB sedangkan sel makro 144,4035dB. Nilai SINR sel femto *downlink* ketika tidak ada pengaruh dari sel makro, nilai SINR maksimum adalah 36,0838 dB dan nilai SINR terkecil adalah 20,0865 dB dan ketika terdapat sebuah sel makro dan FAP yang melayani pengguna berada di ruang lingkup sel makro tersebut maka nilai SINR terbesar menjadi hanya 23,3947 dB sedangkan SINR terkecil adalah 20,0863dB.

Kata kunci: femtocell, LTE, link budget, interferens, SINR.

Abstract

Femtocell LTE (*Long Term Evolution*) technology can increase signal coverage at indoor environment because the deployment of the femtocell base station is in the building. With a distance reduction between a femtocell base station (usually called FAP, *Femtocell Access Point*) with a user equipment (UE), the signal quality hopefully will be better. But, the deployment of femtocell emerges interference phenomenon between macrocell and femtocell, also interference between femtocells itself. Quality cues (SINR) at the user (*downlink*) from both femto cell or macro cell will be assessed by taking into account the link budget calculation possible interference phenomena using software LabView2009. From the results of simulations of indoor propagation loss femto cells have a lower value than the macro cells at 85.8137 144.4035 dB dB while the macro cell. Value SINR *downlink* femto cell when there is no influence of the macro cell, the maximum value is 36.0838 dB SINR and SINR value and the smallest is 20.0865 dB when there is a macro cell and FAP serving users are in the scope of the macro cell, the value SINR largest being only 23.3947 dB while the smallest SINR is 20.0863 dB.

Keywords: femtocell, LTE, link budget, interference, SINR.

1. Pendahuluan

Teknologi sel femto pada LTE (*Long Term Evolution*) dapat meningkatkan jangkauan sinyal di dalam ruangan karena penempatan stasiun pemancar sel femto yang berada di dalam ruangan. Dengan berkurangnya jarak antara stasiun pemancar, dalam hal ini yaitu FAP (*Femtocell Access Point*) dengan UE (*User Equipment*) maka kualitas sinyal di dalam ruangan diharapkan membaik. Namun, dengan digunakannya sel femto,

timbul fenomena *interferens* antara sel makro dan sel femto, juga *interferens* antar sel femto.

Mayoritas dari penelitian tentang teknologi telekomunikasi LTE hanya melakukan analisis, sebelumnya telah dilakukan penelitian yang membahas tentang analisis perhitungan cakupan *sel pico* pada teknologi telekomunikasi LTE (Putri, 2006) dan analisis tekno-ekonomi perencanaan teknologi LTE di kota Tasikmalaya (Hesti, 2011).

Berdasarkan penelitian tersebut, penelitian ini membahas tentang simulasi perhitungan *link budget* pada sel femto teknologi telekomunikasi LTE dengan memperhatikan berbagai parameter yang mempengaruhinya. Penelitian ini ditekankan pada *interferens* yang terjadi ketika sejumlah sel femto LTE dioperasikan pada suatu lingkungan berada pada ruang lingkup sel makro LTE. Kualitas sinyal (SINR) pada pengguna (*downlink*) baik dari sel femto atau sel makro akan dikaji berdasarkan perhitungan *link budget* dengan memperhitungkan fenomena interferens yang mungkin terjadi menggunakan perangkat lunak LabView2009..

Tujuan dari penelitian ini adalah membuat suatu simulasi *link budget* untuk mengetahui kualitas sel femto pada teknologi telekomunikasi LTE menggunakan perangkat lunak *labview 2009*.

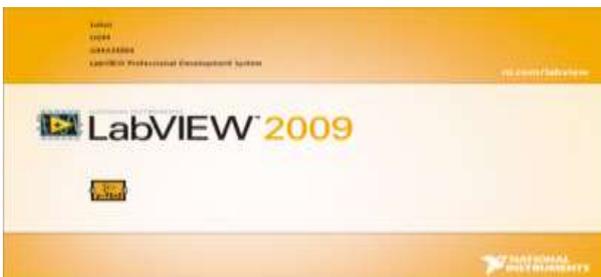
Berdasarkan perumusan masalah di atas, maka dibuat batasan-batasan masalah yang dikaji dan dibahas. Batasan-batasan masalah itu adalah sebagai berikut.

- 1) Perhitungan dilakukan pada satu lingkup sel makro yang di dalamnya terdapat sejumlah sel femto yang beroperasi. Perhitungan dilakukan terutama untuk arah *downlink*.
- 2) Parameter-parameter sel makro dan sel femto yang digunakan dalam perhitungan menggunakan parameter standar yang dikeluarkan oleh 3GPP.
- 3) Perhitungan menggunakan perangkat lunak *LabView 2009*.

2. Metode

a. Perancangan Sistem

Perancangan simulasi perhitungan *link budget* ini bertujuan membuat simulasi untuk perhitungan *link budget* untuk mengetahui kualitas sel femto dan sel makro pada teknologi telekomunikasi LTE (*long term evolution*)

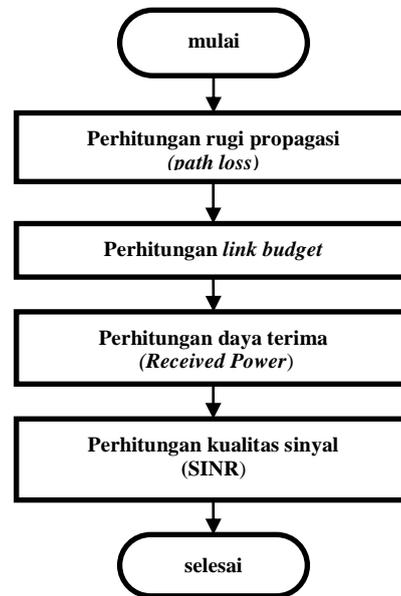


Gambar 1. Perangkat Lunak LabVIEW 2009 (*LabVIEW 2009*)

b. Diagram Alir Perangkat Lunak

Pada bagian ini dijelaskan diagram alir dari perangkat lunak yang dirancang sehingga memudahkan untuk memahami proses dan tahapan-tahapan dalam perhitungan-perhitungan yang dilakukan. Gambar 2

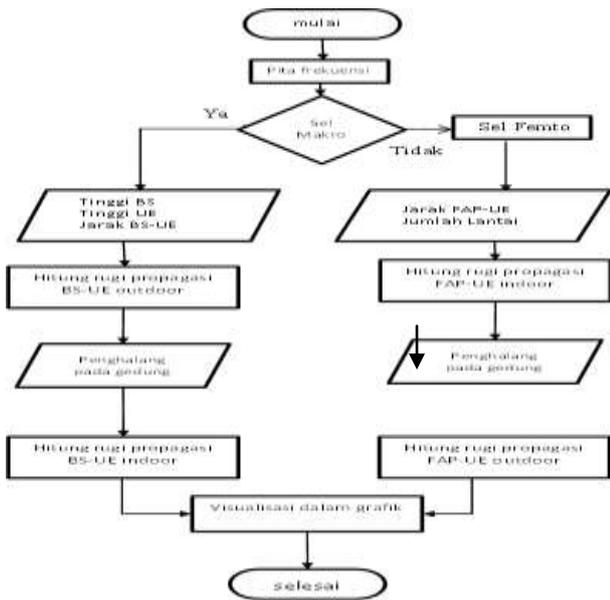
menunjukkan diagram alir untuk perhitungan pada perangkat lunak yang dirancang secara keseluruhan. Antara bagian yang satu dan yang lainnya saling terkait sehingga proses perhitungan dilakukan secara berurutan dimulai dari perhitungan rugi propagasi hingga ke perhitungan kualitas sinyal.



Gambar 2. Diagram alir perhitungan pada perangkat lunak yang dirancang

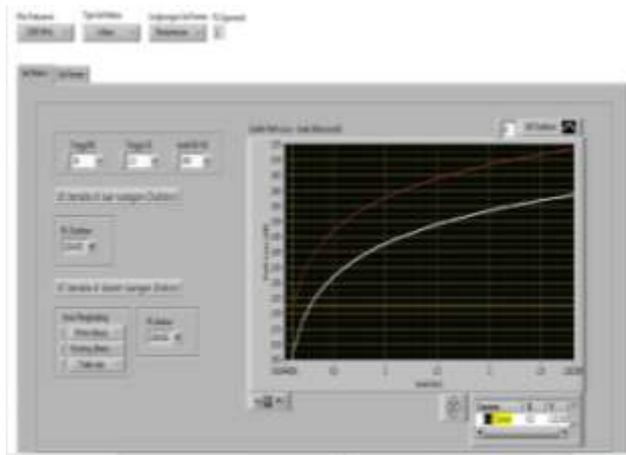
c. Perhitungan Rugi propagasi

Kalkulasi perhitungan rugi propagasi dibagi menjadi 2 bagian, sel makro dan sel femto, karena keduanya memiliki parameter yang berbeda. Namun secara umum proses perhitungan keduanya sama, adalah menghitung rugi propagasi pada UE yang berada di luar ruangan dan UE yang berada di dalam ruangan. Agar terlihat perbedaan rugi propagasi antara UE *indoor* dan *outdoor* maka dibuat grafik yang memvisualisasikan perbedaan keduanya. Diagram alir perhitungan rugi propagasi ditunjukkan pada gambar 3. Pada panel rugi propagasi, antar muka dibagi menjadi 2 bagian, adalah untuk perhitungan rugi propagasi sel makro dan sel femto. Pengguna dapat mengubah konfigurasi dan parameter yang ada, dan juga dapat mengamati grafik yang dihasilkan dari hasil perhitungan.

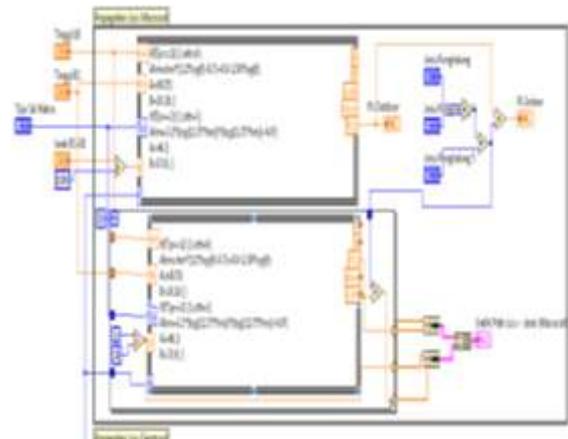


Gambar 3. Diagram alir perhitungan rugi propagasi

Halaman muka sel makro parameter utama di bagian atas adalah pita frekuensi, tipe sel makro dan lingkungan sel femto dapat diubah-ubah. Parameter sel makro pada panel sel makro seperti tinggi BS, tinggi MS, jarak, dan jenis penghalang ditunjukkan gambar 4 dan blok diagram ditunjukkan pada gambar 5.



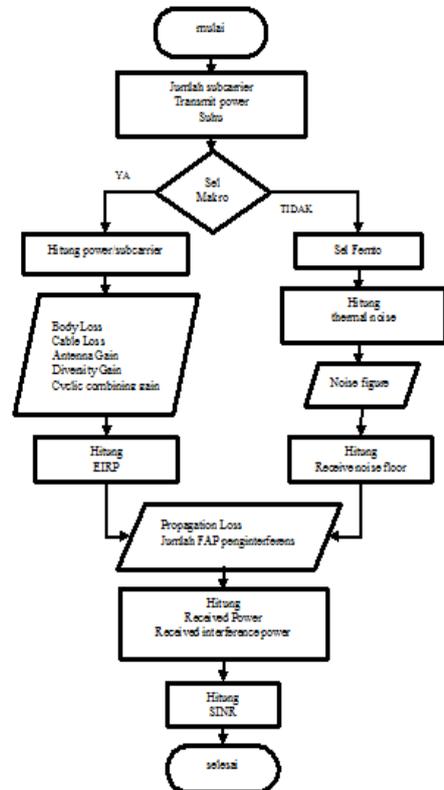
Gambar 4. Antar muka pengguna untuk halaman rugi propagasi sel makro dan femto.



Gambar 5. Blok diagram rugi propagasi sel makro

d. Perhitungan *Link Budget*

Perhitungan *link budget* ini mewakili proses perhitungan untuk *downlink* sel makro dan *downlink* sel femto karena proses perhitungannya keempat bagian dalam perhitungan *link budget* ini secara garis besar sama. Diagram ini berperan dalam menghitung besar EIRP yang digunakan untuk menghitung daya yang diterima dan interferensi dari terminal lain, dan juga derau yang digunakan untuk parameter SINR. Diagram alir perangkat lunak link budget ditunjukkan pada gambar 6.

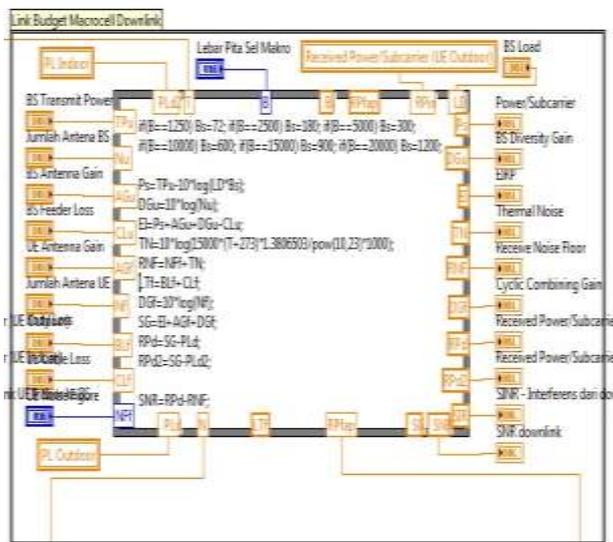


Gambar 6. Diagram alir perhitungan *link budget*

Pada perhitungan *link budget*, antar muka pengguna untuk bagian *downlink* sel makro ditunjukkan pada Gambar 7 dan blok diagram ditunjukkan pada gambar 8. Di bagian kiri panel terdapat konfigurasi untuk pengirim, di bagian tengah adalah konfigurasi untuk penerima, sedangkan di bagian paling kanan terdapat perhitungan hasil untuk daya yang diterima



Gambar 7. Antar muka pengguna untuk halaman *link budget* saat *downlink*



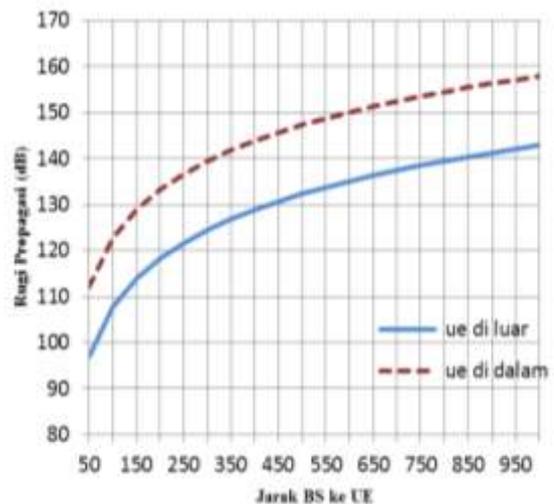
Gambar 8. Blok diagram untuk link budget saat *downlink*

3. Hasil Dan Pembahasan

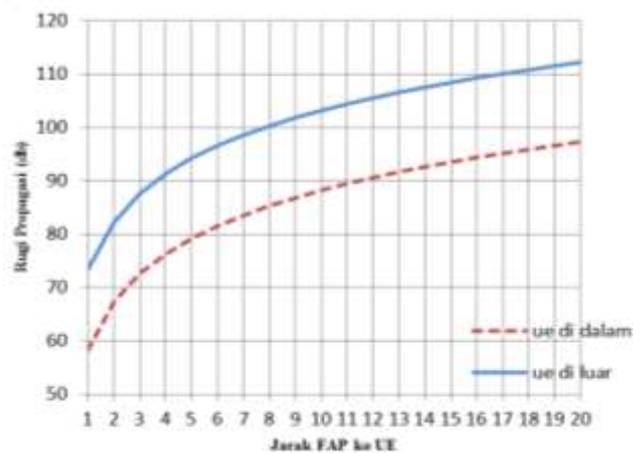
a. Perhitungan Rugi Propagasi

Perhitungan rugi propagasi pada sel makro dilakukan dengan jarak antara BS dan UE adalah 50 meter hingga 1 km, pita frekuensi pada 2,3 GHz dan tipe sel makro adalah urban. Model propagasi yang digunakan adalah model propagasi Okumura-Hata dengan konfigurasi

tinggi BS 30 meter dan tinggi UE 1,5 meter. Jenis penghalang yang membedakan UE di dalam ruangan dan di luar ruangan adalah berupa dinding bata berjendela dan sebuah pintu yang memberikan total rugi penetrasi sebesar 15 dB (3GPP, 2009). Hasil perhitungan rugi propagasi sel makro untuk dalam ruangan dan luar ruangan diperlihatkan pada Gambar 9 dan 10.



Gambar 9. Hubungan rugi propagasi terhadap jarak untuk sel makro



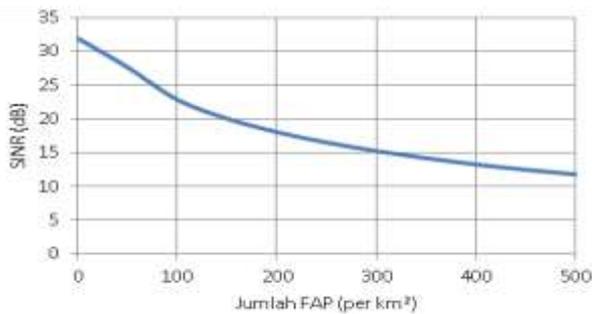
Gambar 10. Hubungan rugi propagasi terhadap jarak untuk femto

b. Perhitungan Link Budget

Dari perhitungan *link budget* pada sel makro dan sel femto pada perangkat lunak kalkulasi yang dibuat, dapat dihasilkan nilai-nilai EIRP dan juga derau (*thermal noise*). Dengan menggunakan hasil perhitungan rugi propagasi pada bagian sebelumnya dapat diperoleh nilai daya yang diterima oleh penerima, daya yang diterima UE dari BS atau FAP (arah *downlink*). Berdasarkan daya

yang diterima penerima tersebut, daya interferens terhadap UE (arah *downlink*) dapat diperoleh. Parameter interferens inilah yang akan mempengaruhi kualitas Kualitas sinyal pada sistem yang diperlihatkan oleh nilai SINR

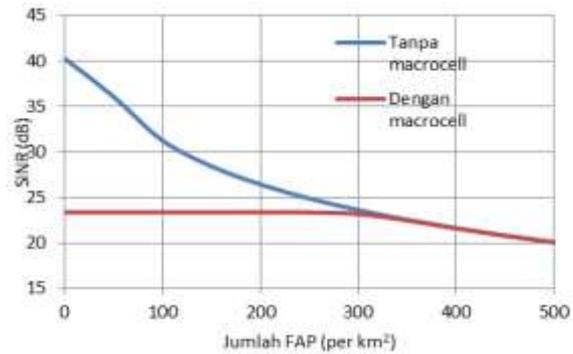
Pengujian ini bertujuan untuk mengetahui pengaruh dari penggunaan sejumlah FAP pada suatu lingkup sel makro terhadap kualitas isyarat *downlink* yang diperoleh oleh suatu UE yang dilayani oleh BS sel makro. Dari perhitungan daya terima oleh pengguna pada bagian sebelumnya, dapat dihitung nilai SINR dengan memperhitungkan interferens dari FAP ke UE yang dilayani oleh sel makro. Gambar 11 memperlihatkan Kualitas sinyal pada *downlink* sel makro pada UE ketika sejumlah FAP diaktifkan pada wilayah jangkauan dari sel makro.



Gambar 11. Pengaruh dari jumlah FAP terhadap SINR *downlink* sel makro

Gambar 12 memperlihatkan hasil perhitungan nilai SINR pada arah downlink FAP ke pengguna yang dilayani oleh FAP tersebut. Jumlah FAP pada ruang lingkup sel makro divariasikan dari mulai 50 hingga 500 FAP per km². Dan pengujian dilakukan pada dua kondisi, adalah ketika tidak ada pengaruh dari sel makro dan ketika ada pengaruh dari sel makro.

Ketika tidak ada pengaruh dari sel makro, dengan kata lain hanya terdapat sejumlah FAP pada suatu area, nilai SINR maksimum adalah 40,2882 dB dan nilai SINR terkecil adalah 20,0865 dB untuk *downlink* dari suatu FAP ke pengguna yang dilayani. Ketika terdapat sebuah sel makro dan FAP yang melayani pengguna berada di ruang lingkup sel makro tersebut maka nilai SINR terbesar menjadi hanya 23,3947 dB sedangkan SINR terkecil adalah 20,0863.



Gambar 12. Pengaruh sel makro terhadap SINR sel femto

4. Penutup

Berdasarkan penelitian mengenai perhitungan *link budget* pada *femtocell* menggunakan program perangkat lunak LabView 2009 diperoleh beberapa kesimpulan adalah :

Rugi lintasan untuk sistem sel femto memiliki nilai yang lebih rendah 58.2346 dB daripada rugi propagasi pada sistem sel makro 122.021 dB untuk pengguna di dalam ruangan. Dengan menggunakan sel femto, jangkauan di dalam ruangan/gedung meningkat yang diindikasikan oleh nilai daya terima pengguna dari sel femto -56.8079 sampai -95.8388 dB lebih besar daripada nilai daya terima pengguna dari sel makro -82.7923 sampai dengan 128.621 dB.

Semakin banyak jumlah FAP yang berada dalam suatu ruang lingkup sel makro, maka nilai kualitas isyarat (SINR) dan pesat data yang diperoleh pengguna yang dilayani suatu sel femto dan sel makro akan berkurang karena terdapat interferens dari FAP lain. Dengan adanya sel makro pada suatu wilayah yang terdapat sejumlah sel femto, maka nilai kualitas isyarat (SINR) dan pesat data yang diperoleh pengguna yang dilayani suatu sel femto akan berkurang drastis pada jarak yang relatif dekat dengan BS sel makro (kurang dari 200 meter).

Berdasarkan hasil pengamatan terhadap pengujian terhadap program *link budget* diharapkan dilakukan penelitian selanjutnya yaitu dengan menghitung kalkulasi kapasitas kanal dan kapasitas jaringan dan untuk perencanaan kedepannya untuk penggunaan sel femto dalam suatu gedung, misal kampus, sekolah atau perkantoran.

Refrensi

- [1]. Bocuzzi, J., 2010, Femtocell - Design and Application, McGraw Hill, New York.
- [2]. Bouaziz, A., 1996, Analytical Evaluation of LTE Femtocells Capacity and Indoor Outdoor Coexistence Issues, 3rd European Wireless Technology Conference, Paris.
- [3]. Chandrasekhar, V., J. G. Andrews, 2008, Femtocell Networks : A Survey, IEEE Communications Magazine September 2008, hal 59-67.
- [4]. Clausen, H., 2008, An Overview of the Femtocell Concept, Alcatel-Lucent white paper.
- [5]. FemtoForum, 2011, Regulatory Aspects of Femtocells – Second Edition, FemtoForum.
- [6]. Kim, S.C., 2008, Femtocell/Macrocell Interference Analysis for Mobile WiMAX System, Universitas Nasional Seoul.
- [7]. Lopez, D., 2009, OFDMA Femtocells: A Roadmap on Interference Avoidance, IEEE Communications Magazine September 2008, hal 41-48.
- [8]. Mishra, A., 2007, Advanced Cellular Network Planning and Optimisation 2G.5G3G - Evolution to 4G, John Wiley and Son Ltd., London.
- [9]. [9] Myung, H.G., 2008, Technical Overview of 3GPP LTE, IEEE documentation.
- [10]. Namegeol, O., 2010, System Capacity and Coverage Analysis of Femtocell Networks, WCNC 2010 proceedings.
- [11]. Pirinen, P., 2010, Co-Channel Co-Existence Study Of Outdoor Macrocell And Indoor Femtocell Users, European Wireless Conference (EW) 2010, IEEE proceeding.
- [12]. Putri, D., 2006, Perhitungan Cakupan Sel pada Teknologi LTE, Skripsi S1, Jurusan Teknik Elektro dan Teknologi Informasi FT UGM. Tidak dipublikasikan.
- [13]. Sismek, M., 2010, An LTE-Femtocell Dynamic System Level Simulator, 2010 International ITG Workshop on Smart Antennas (WSA 2010).
- [14]. Song, L., J. Shen, 2011, Evolved Cellular Network Planning and Optimization for UMTS and LTE, Auerbach Book, New York.
- [15]. Vivier, G., 2010, Femtocell-based Network Enhancement by Interference Management and Coordination of Information for Seamless Connectivity, ICT-248891 STP FREEDOM, Seventh Framework Programme.
- [16]. Zhang, J., 2007, Femtocell - Technologies and Deployment, John Wiley and Son Ltd., London.
- [17]. Zhang, L., 2010, Network Capacity, Coverage Estimation and Frequency Planning of 3GPP Long Term Evolution, master thesis, Institut Teknologi Linköpings.
- [18]. 3GPP, 2009, Home Node B Radio Frequency (RF) Requirements, 3GPP Technical Report 25.967 v8.0.1.