

ANALISIS PERFORMANSI FEMTOCELL PADA JARINGAN HETEROGEN LTE-ADVANCED MENGGUNAKAN METODE ENHANCED INTER-CELL INTERFERENCE COORDINATION

PERFORMANCE ANALYSIS OF FEMTOCELL ON LTE-ADVANCED HETEROGENEOUS NETWORK USING ENHANCED INTER-CELL INTERFERENCE COORDINATION METHOD

Fahrudin Fajar Anggoro¹, Ir. Uke Kurniawan Usman M.T², Hurianti Vidyaningtyas S.T., M.T³

^{1,3}Prodi S1 Teknik Telekomunikasi, Fakultas Teknik Elektro, Universitas Telkom

²Prodi S1 Desain Komunikasi Visual, Fakultas Industri Kreatif, Universitas Telkom

³Prodi D3 Manajemen Pemasaran, Fakultas Ilmu Terapan, Universitas Telkom

¹fahrudinfajar17@gmail.com, ²ukeusman@telkomuniversity.ac.id,

³huriantividya@telkomuniversity.ac.id

Abstrak

Pada jaringan seluler, kapasitas jaringan menjadi masalah dengan terjadinya peningkatan user secara signifikan. 3GPP memperkenalkan solusi Heterogeneous Network (HetNet) pada salah satu releasenya yang diharapkan bisa untuk mengatasi permasalahan kapasitas yang ada.

Pada Tugas Akhir ini dilakukan simulasi dan analisis pada performansi jaringan heterogen LTE-Advanced dengan menggunakan femtocell sebagai small cell. Terdapat 3 skenario yang diujikan yaitu skenario dengan tidak menggunakan femtocell, menggunakan femtocell, dan menggunakan femtocell dengan metode eICIC. Semua skenario uji dilakukan menggunakan frekuensi 1800 MHz dengan parameter yang dianalisis yaitu signal level, CINR, user connected, dan throughput.

Setelah dilakukan simulasi didapatkan hasil pada parameter *signal level* terjadi peningkatan mencapai nilai 1.26 dBm, dari sisi parameter CINR terdapat peningkatan mencapai nilai 1.38 dB, dari parameter uji *user connected* terjadi peningkatan hingga mencapai 3.4 %, dan pada parameter *throughput* terjadi peningkatan mencapai 1.59 Mbps. Setelah diterapkan metode eICIC nilai parameter uji *signal level* dan CINR tidak terjadi peningkatan, sedangkan pada parameter uji *throughput* dan *user connected* terjadi *trade-off*. Nilai *user connected* meningkat sebesar 1.8% sedangkan nilai *throughput* turun sebesar 1.15 Mbps

Kata kunci : LTE-A, HetNet, eICIC, Femtocell

Abstract

On mobile networks, network capacity becomes a problem with significant user upgrades. 3GPP introduces the Heterogeneous Network (HetNet) solution to one of its releases that is expected to address the existing capacity issues.

In this final project, simulation and analysis on LTE-Advanced heterogeneous network performance using femtocell as small cell. There are 3 scenarios tested: a scenario with no femtocell, using femtocell, and using femtocell with eICIC method. All test scenarios were performed using 1800 MHz frequency with analyzed parameters are signal level, CINR, user connected, and throughput.

After the simulation, the signal level parameter increased to the value of 1.26 dBm, in terms of CINR parameters there is an increase reaching the value of 1.38 dB, from user connections test parameters there is increase up to 3.4%, and the throughput parameters increased to reach 1.59 Mbps. After applied eICIC method, there are no changes on the value of signal level and CINR, while in throughput and user connected parameter trade-off happened. The user connected value increased by 1.8% while the throughput value decreased by 1.15 Mbps.

Keywords: LTE-A, Hetnet, eICIC, Femtocell

1. Pendahuluan

Perkembangan teknologi seluler semakin hari semakin bertambah secara signifikan. Hal ini terbukti dengan prediksi jumlah pelanggan *mobile broadband* pada akhir 2016 mencapai 3,6 Miliar yang dilakukan oleh ITU [1]. Dengan jumlah user yang begitu besar menjadikan kapasitas sebagai perhatian. 3GPP memperkenalkan Heterogeneous Network sebagai salah satu solusi untuk dapat meningkatkan kapasitas jaringan dengan melakukan penambahan small cell pada jaringan yang sudah ada.

Pada Tugas Akhir ini dilakukan simulasi dan analisis terhadap performansi jaringan heterogen LTE-Advanced dengan menggunakan femtocell sebagai small cell. Frekuensi yang digunakan pada simulasi yaitu 1800 MHz dengan bandwidth 10 MHz. Simulasi dilakukan menggunakan software Atoll 3.3 dengan parameter yang dianalisis meliputi signal level, CINR, user connected, dan throughput.

2. Dasar Teori /Material dan Metodologi/perancangan

2.1 LTE-Advanced

Teknologi LTE-Advanced (LTE-A) merupakan Release 10 dari 3GPP yang berfokus pada peningkatan kapasitas dan kecepatan pengiriman data yang pada waktu yang bersamaan memenuhi persyaratan ITU untuk IMT Advanced [2].

2.2 Heterogeneous Network (HetNet)

HetNet merupakan sebuah jaringan multilayer, multi-technology, dan kemungkinan multi-band. Secara lebih spesifik, HetNet merupakan evolusi dari struktur jaringan yang mengkombinasikan macro dan small cell layer, termasuk micro eNodeB, pico eNodeB, femtocell, WiFi hotspot, maupun distributed antenna system.

2.3 Enhanced Inter-Cell Interference (eICIC)

Enhanced Inter-Cell Interference (eICIC) diperkenalkan oleh 3GPP pada LTE R10. Perubahan besar yaitu pada penambahan time domain ICIC, yang direalisasikan melalui penggunaan *Almost Blank Subframe* (ABS). ABS hanya berisi control channel dan cell-specific reference signal, tidak ada data user, dan ditransmisikan menggunakan daya yang lebih rendah.

ABS pattern berupa bit map, yaitu berupa seri 0 atau 1 dimana untuk setiap bitnya merepresentasikan sebuah subframe. Di dalam pattern tersebut, setiap bit 0 akan mengindikasikan bahwa subframe tersebut adalah normal, dengan kata lain tidak dikonfigurasi ABS. Sedangkan untuk setiap bit 1 mengindikasikan bahwa subframe tersebut telah dikonfigurasi sebagai ABS. Panjang dari bit maps ABS pattern seperti yang telah didefinisikan oleh 3GPP mengikuti sebagai berikut :

1. Untuk FDD cell maka panjang bit maps yaitu 40 bit.
2. Untuk TDD cell menggunakan frame configuration 0 maka panjang bit map 70 bit.
3. Untuk TDD cell menggunakan frame configuration 1 maka panjang bit map 20 bit.
4. Untuk TDD cell menggunakan frame configuration 6 maka panjang bit map 60 bit.

ABS pattern digunakan sebagai konjungsi dengan *Cell Range Expansion* (CRE) untuk eICIC dalam rangka meminimalisir interferensi antara *macro* dan *small cell* [3].

2.4 LTE Radio Network Coverage Dimensioning

Pada coverage dimensioning, link diestimasi berdasarkan elemen-elemen seperti area yang akan di planning, kapasitas jaringan, dan performansi perangkat untuk mendapatkan Maximum Allowed Path Loss (MAPL). Maksimum radius cell akan didapatkan berdasarkan radio propagation model yang digunakan dan MAPL

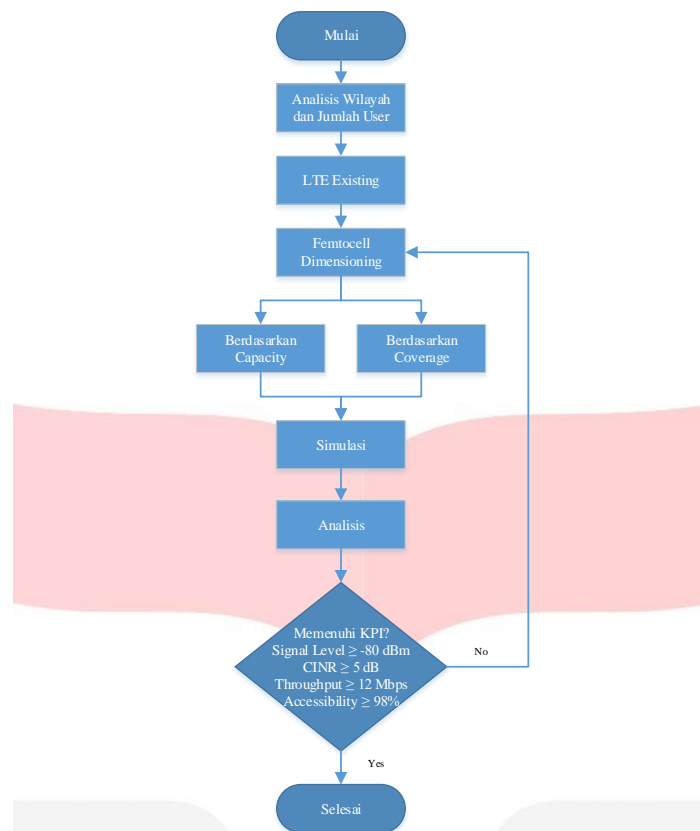
2.5 LTE Radio Network Capacity Dimensioning

Capacity Dimensioning merupakan salah satu perencanaan berdasarkan kebutuhan user di area yang ditentukan sehingga dapat diketahui kapasitas dalam sebuah cell yang kemudian dapat diketahui jumlah site yang dibutuhkan.

3. Pembahasan

3.1 Diagram Alir

Agar pengerjaan berjalan sesuai dengan tujuan yang ingin dicapai, maka dibuatlah diagram alir yang merepresentasikan langkah-langkah kerja pada Tugas Akhir ini



Gambar 3. 1 Diagram Alir

3.2 Tinjauan Wilayah

Pada penelitian ini, daerah yang akan dipilih adalah daerah Jakarta Pusat. Jakarta Pusat dipilih karena daerah tersebut merupakan daerah dense urban dan banyak terdapat perkantoran sehingga pada masa yang akan datang besar kemungkinan untuk digelarnya *femtocell* di daerah tersebut. Secara geografis terletak diantara 106° 58'18" Bujur Timur dan 5° 19'12" Lintang Selatan sampai dengan 6°23'54" Lintang Selatan, dengan ketinggian 4 M di atas permukaan laut.

Simulasi akan dilakukan dilakukan pada satu site pada daerah dense urban di kawasan Jakarta Pusat dengan site sample DEPDLMNTEGRIML. Femtocell akan ditempatkan pada kawasan perkantoran di dalam coverage site sample sehingga diharapkan dapat meningkatkan kapasitas user yang dapat dilayani di dalam site sample.

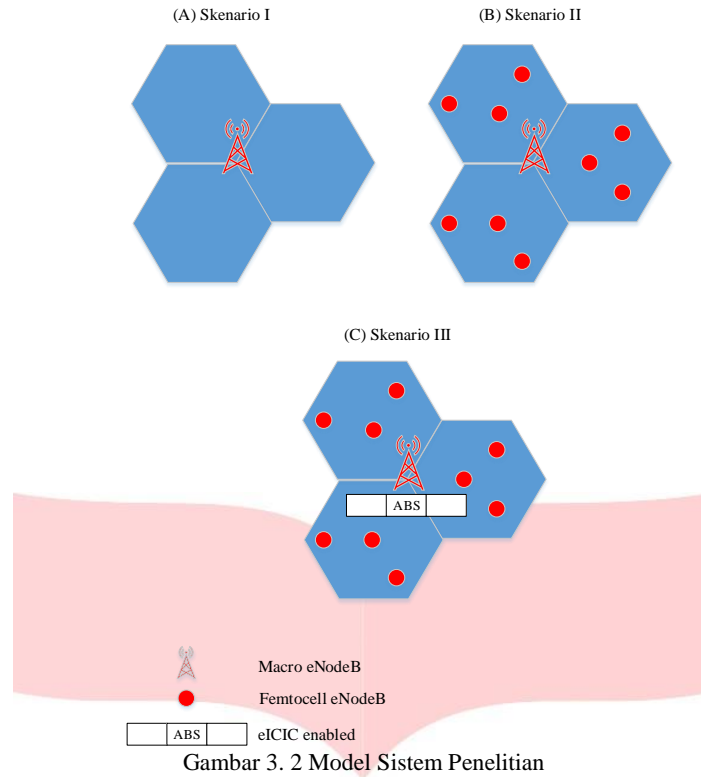
3.3 Model Sistem

Pada tahap ini, akan dilakukan pemodelan sistem dimana pada penelitian ini akan menggunakan sistem jaringan heterogen LTE-Advanced. Jaringan heterogen merupakan sebuah jaringan yang terdiri dari sebuah *macro cell* yang melapisi beberapa *small cell* di dalamnya. Pada Tugas Akhir ini akan digunakan *femtocell* sebagai *small cell* yang kemudian akan disimulasikan dan dianalisis hasil dari simulasi tersebut.

Pada skenario I disimulasikan kondisi *site existing* tanpa ditambahkan *femtocell* di dalamnya. Pada skenario II disimulasikan kondisi jaringan heterogen dengan menggunakan *site existing* sebagai *macro cell* dan ditambahkan *femtocell* sebagai *small cell*. Pada skenario III disimulasikan jaringan heterogen dengan *site existing* sebagai *macro cell* dan *femtocell* sebagai *small cell* menggunakan metode eICIC. Berikut merupakan tampilan dari skema jaringan berdasarkan skenario yang akan dilakukan pada penelitian ini :

Tabel 3. 1 Skenario Penelitian

Parameter Sistem	Skenario I		Skenario II		Skenario III	
	Macro	Femto	Macro	Femto	Macro	Femto
Jumlah site	1	-	1	9	1	9
eICIC	-	-	-	-	Yes	-



3.4 LTE Radio Network Coverage Dimensioning

Coverage Dimensioning merupakan perencanaan cell dengan memperhitungkan MAPL sehingga sistem yang direncanakan dapat memenuhi coverage dari daerah dimana cell akan digelar. Dalam penelitian ini coverage dimensioning dilakukan agar bisa didapatkan radius *femto cell* yang akan digelar pada site yang ditentukan yaitu DEPDLMNEGRIML.

Untuk melakukan Coverage Planning, pertama kita harus menghitung nilai MAPL (Maximum Allowed Path Loss) sehingga dapat dihitung nilai radius cell sesuai dengan propagation model yang digunakan. Berikut adalah tabel MAPL dari sisi uplink dan downlink :

Tabel 3. 2 MAPL Downlink [4]

Tx	Formula	Value
Max Total Power (dBm)	A	30
Tx Antenna Gain (dBi)	B	5
Tx Cable Loss (dB)	C	2
EIRP	$D = A + B - C$	33
Rx	Formula	
Rx Noise Figure (dB)	E	10
Thermal Noise (dB)	F	-102.8
Receiver Noise Floor (dBm)	$G = E + F$	-95.8
SINR (dB)	H	-9
Receiver Sensitivity	$I = G + H$	-104.8
Interference Margin (dB)	J	4
Rx Antenna Gain (dBi)	K	0
Body Loss (dB)	L	0
Penetration Loss (dB)	M	19
Fading Margin (dB)	N	9.4
Maximum Path Loss (dB)	$P = D - I - J + K - L - M - N$	105.4

Tabel 3. 3 MAPL Uplink [4]

Tx	Formula	Value
Max Total Power (dBm)	A	23
Tx Antenna Gain (dBi)	B	0
Tx Body Loss (dB)	C	0
EIRP	D = A+B-C	23
Rx	Formula	
Rx Noise Figure (dB)	E	7
Thermal Noise (dB)	F	-102.8
Receiver Noise (dB)	G = E+F	-95.8
SINR(dB)	H	-9
Receiver Sensitivity (dBm)	I = G+H	-104.8
Interference Margin (dB)	J	4
Cable Loss (dB)	K	0
Rx Antenna Gain (dB)	L	5
Fading Margin (dB)	M	9.4
Penetration Loss (dB)	N	19
Path Loss (dB)	P = D-I-J-K+L-M-N	100.4

Setelah diketahui nilai MAPL, maka dapat dihitung radius cell dengan propagasi yang digunakan yaitu COST231 dan MAPL yang digunakan yaitu MAPL dengan nilai terkecil.

$$PL = 46.3 + 33.9 (\log F) - 13.82 \log hb - a(hr) + (44.9 - 6.65 \log hb) \log d + Cm \quad (3.1)$$

$$a(hr) = (1.1 \log F - 0.7) hr - (1.56 \log F - 0.8) \quad (3.2)$$

Dengan menggunakan persamaan 3.1 dan 3.2 dimana frekuensi yang digunakan adalah 1800 MHz, tinggi antenna base station 15 m dan tinggi receiver 1.5 m di dapatkan radius cell sebesar 0.069 km dengan luas cell seluas 0.0123 km²

3.5 LTE Radio Network Capacity Dimensioning

Capacity Dimensioning merupakan perencanaan jaringan dilihat dari sisi kapasitas cell, dalam penelitian ini yaitu femtocell. Dalam perhitungan kapasitas femtocell, akan bergantung pada beberapa parameter-parameter seperti jenis modulasi dan skema coding yang digunakan, bandwidth, multiple antenna. Dalam melakukan perhitungan kapasitas femtocell, dapat dilihat dari sisi uplink maupun downlink dengan persamaan berikut :

$$DL \text{ Cell Capacity [Mbps]} = (168-36-12) \times (\text{code bits}) \times (\text{code rate}) \times Nrb \times C \times 1000 - CRC \quad (3.3)$$

$$UL \text{ Cell Capacity [Mbps]} = (168-24) \times (\text{code bits}) \times (\text{code rate}) \times Nrb \times C \times 1000 - CRC \quad (3.4)$$

Dengan menggunakan bandwidth 10 MHz, MIMO 2T2R maka dapat dihitung nilai kapasitas femtocell dan dapat diketahui persebaran throughput femtocell seperti pada tabel 3.4 di bawah ini.

Tabel 3. 4 Persebaran Throughput Femtocell [5]

No.	Modulation	Code Bit	Code Rate	SINR (min) (dB)	SINR Probability (Pn)	DL Cell Throughput (Rn) (Mbps)	DL Cell Average Throughput (Mbps)
1	QPSK 1/3	2	1/3	-1.5 - 0.3	0.28	8	2.24
2	QPSK 1/2	2	1/2	0.3 - 2	0.25	12	3
3	QPSK 2/3	2	2/3	2 - 4.5	0.17	16	2.72
4	16 QAM 1/2	4	1/2	4.5 - 6	0.13	24	3.12
5	16 QAM 2/3	4	2/3	6 - 8.5	0.1	32	3.2
6	16 QAM 4/5	4	4/5	8.5 - 10.8	0.05	38.4	1.92
7	64 QAM 1/2	6	1/2	10.8 - 12.5	0.01	36	0.36
8	64 QAM 2/3	6	2/3	12.5 - 13.5	0.01	48	0.48
Cell Average Throughput ($\sum_1^8 Pn * Rn$)							17.04

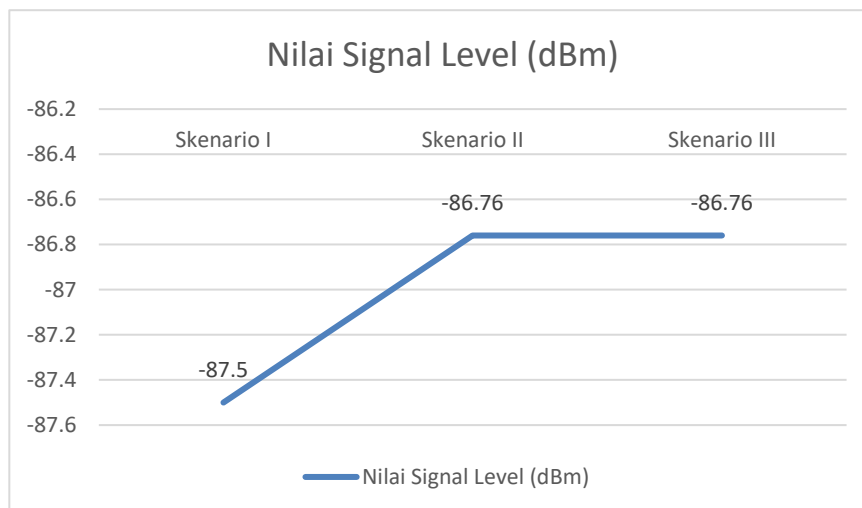
Menggunakan Cell Average Throughput yang telah dihitung pada tabel 3.4, 40 % Peak to Average Ratio, 256 kbps Average DL throughput per subscriber, dan 100 % cell loading maka dapat diketahui jumlah maksimal subscriber yang dapat dilayani oleh femtocell dengan menggunakan persamaan

$$Max\ Subscriber = \frac{\left(\frac{DL\ Cell\ Average\ Throughput * Average\ DL\ Cell\ Loading * Number\ Sector\ per\ Site}{(1 + Peak\ to\ Average\ Ratio)} \right)}{Average\ DL\ Throughput\ per\ Subscriber\ (Mbps)} \quad (3.5)$$

$$Max\ Subscriber = \frac{\left(\frac{17.04 * 100\% * 1}{(1 + 0.4)} \right)}{0.256} = 48\ Subscriber$$

4. Hasil Simulasi dan Analisis

4.1 Analisa Parameter Signal Level

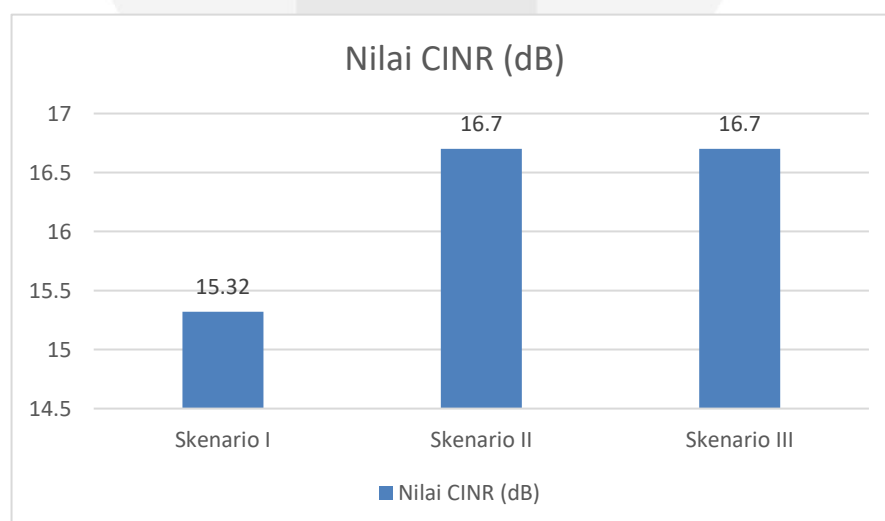


Gambar 4. 1 Nilai Signal Level

Dari hasil prediksi coverage by signal level di dalam software Atoll terlihat bahwa pada skenario I di dapatkan nilai rata-rata signal level sebesar -87.5 dBm yang masuk dalam kategori good. Dengan ditambahkan femtocell pada skenario II terdapat peningkatan rata-rata nilai signal level menjadi -86.76. Dari nilai tersebut dapat diketahui bahwa penambahan femtocell dapat meningkatkan kualitas signal level namun tidak secara signifikan.

Dari skenario II dan skenario III nilai rata-rata signal level tetap pada nilai -86.76, terlihat tidak ada peningkatan performansi dari segi signal level. Hal ini dikarenakan tujuan dari penggunaan eICIC sendiri memang tidak untuk meningkatkan kualitas signal level melainkan untuk mengurangi interferensi antar macro cell dengan femtocell sehingga dapat meningkatkan parameter CINR yang berakibat terjadinya peningkatan pada parameter User Connected.

4.2 Analisis Parameter CINR



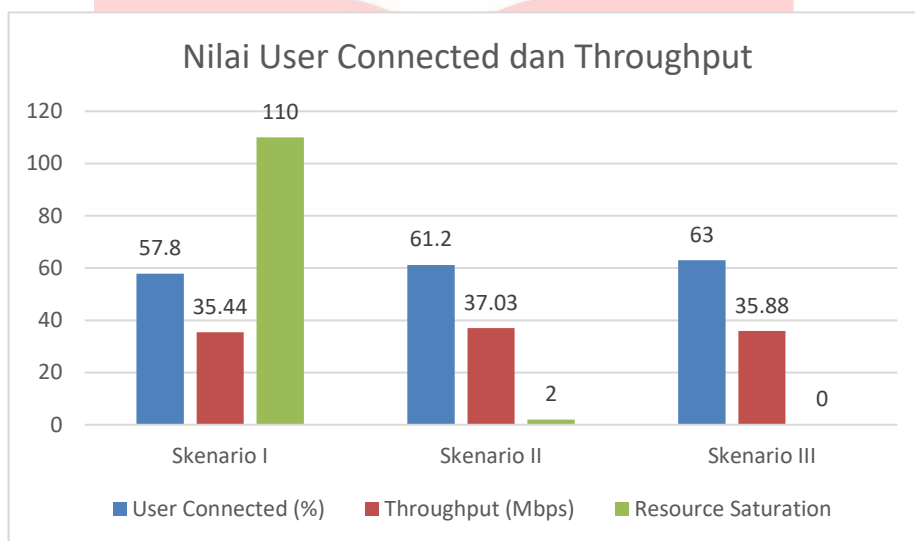
Gambar 4. 2 Nilai CINR

Dari gambar 4.2 terlihat bahwa dalam skenario I nilai rata-rata CINR level sebesar 15.32 dB. Pada skenario II,

nilai rata-rata CINR level meningkat ke nilai 16.7 dB sehingga terjadi peningkatan nilai rata-rata CINR level sebesar 1.38 dB. Peningkatan nilai rata-rata pada skenario I ke skenario II ini disebabkan karena pada penggelaran femtocell dilakukan perencanaan pada channel number sehingga walaupun level interferensi meningkat, namun masih lebih besar dari nilai sinyal pembawa yang kemudian berdampak pada peningkatan nilai rata-rata CINR level pada skenario II.

Pada gambar 4.2 juga terlihat bahwa pada skenario II dan skenario III tidak terdapat perubahan pada nilai rata-rata CINR level, padahal dengan diterapkannya metode eICIC pada skenario III diharapkan dapat mengatasi interferensi antara macro cell dengan femtocell sehingga dapat meningkatkan nilai rata-rata CINR level. Hal ini disebabkan oleh beberapa faktor. Faktor pertama yaitu konfigurasi eICIC pada software Atoll di dalam penelitian ini menggunakan konfigurasi "1000000001" sehingga dalam standar 40 bit hanya terdapat 2 bit atau 2 subframe yang menggunakan ABS. Faktor kedua yaitu penurunan level interferensi yang terjadi antara macro cell dengan femtocell tidak terlalu signifikan sehingga tidak mempengaruhi nilai rata-rata CINR level secara keseluruhan. Hal ini dibuktikan dengan dilakukannya prediction by CINR pada total interference and noise di dalam PDSCH yang sebelumnya pada skenario II sebesar 96.73 dB menjadi 96.74 dB pada skenario III sehingga terjadi penurunan level pada total interference and noise sebesar 0.01 dB.

4.3 Analisis Parameter User Connected dan Throughput



Gambar 4. 3 Nilai User Connected dan Throughput

Pada skenario I terlihat bahwa user connected sebesar 57.8 % dengan resource saturation sebesar 110. Hal ini menunjukkan bahwa jaringan tersebut tidak mampu dalam melayani user sebanyak 900 user dengan kecepatan layanan minimal 256 Kbps. Dengan digelarnya femtocell pada skenario II, terdapat peningkatan dalam parameter user connected menjadi 61.2 % atau terjadi peningkatan kapasitas sebesar 3.4 % serta terjadi penurunan pada resource saturation menjadi 2. Hal ini menunjukkan bahwa dengan digelarnya femtocell dapat meningkatkan kapasitas jaringan secara keseluruhan, namun pada penelitian ini terlihat masih ada resource saturation sehingga dapat dikatakan bahwa kapasitas jaringan heterogen LTE-A masih belum mampu melayani user sebanyak 900 user karena terlihat resource pada jaringan sudah penuh. Dengan diterapkannya metode eICIC pada skenario III terlihat bahwa terjadi peningkatan user connected menjadi 63 % dengan resource saturation sebesar 0. Hal ini menunjukkan bahwa metode eICIC dapat meningkatkan kapasitas jaringan secara keseluruhan. Hal ini dapat dilihat dari masih tersisanya resource dalam jaringan dikarenakan resource saturation menunjukkan nilai sebesar 0.

Dilihat dari sisi rata-rata nilai throughput terlihat bahwa pada skenario I nilai rata-rata throughput menunjukkan nilai sebesar 35,447.43 Kbps atau 35.447 Mbps. Dengan digelarnya femtocell pada skenario II terlihat terjadi peningkatan nilai rata-rata throughput menjadi 37,038.34 Kbps atau terjadi peningkatan nilai rata-rata throughput sebesar 1,590.91 Kbps. Namun dengan diterapkan metode eICIC pada skenario III terjadi penurunan nilai rata-rata throughput jika dibandingkan dengan skenario II. Hal ini dikarenakan eICIC menggunakan ABS yang di dalam subframe tersebut tidak mengirimkan data trafik melainkan hanya mengirimkan informasi reference signal sehingga dengan berkurangnya subframe yang digunakan untuk pengiriman data trafik, maka nilai rata-rata throughput akan menurun jika dibandingkan dengan skenario III, namun trade off yang ditawarkan yaitu dengan bertambahnya kapasitas jaringan. Selain itu penurunan nilai rata-rata throughput pada skenario III juga dapat disebabkan karena distribusi throughput pada user baru tidak bernilai tinggi sehingga menurunkan nilai rata-rata dari parameter throughput.

5. Kesimpulan

1. Berdasarkan hasil simulasi, penggelaran femtocell dapat meningkatkan signal level secara keseluruhan pada jaringan. Hal ini terlihat dari meningkatnya nilai rata-rata signal level dari skenario II dengan nilai -86.76 dBm terhadap skenario I dengan nilai -87.5 dBm . Namun, penggunaan metode eICIC tidak mempengaruhi parameter signal level seperti yang terlihat pada nilai rata-rata signal level skenario II dan skenario III yang nilainya tetap pada -86.76 dBm.
2. Berdasarkan hasil simulasi, penggelaran femtocell dapat meningkatkan kualitas CINR secara keseluruhan. Hal ini dapat dilihat dari peningkatan nilai rata-rata CINR sebesar 1.38 dB pada skenario II dengan nilai 16.7 dB terhadap skenario I dengan nilai 15.32 dB. Penggunaan metode eICIC diharapkan dapat meningkatkan nilai CINR, namun dalam penelitian ini tidak terjadi dikarenakan penurunan nilai total interferensi dan noise hanya sebesar 0.01 dB sehingga tidak mempengaruhi nilai CINR secara keseluruhan pada skenario III.
3. Pada parameter user connected dan throughput, penggelaran femtocell juga terlihat mampu meningkatkan nilai dari kedua parameter ini. Hal ini dapat dilihat pada skenario I nilai user connected sebesar 57.8 %, dan nilai throughput sebesar 35.44 Mbps sedangkan pada skenario II nilai user connected sebesar 61.2% dan nilai throughput sebesar 37.03 Mbps sehingga terjadi peningkatan nilai dari kedua parameter ini sebesar 3.4 % dan 1.59 Mbps. Namun dalam penggunaan metode eICIC terdapat trade off antara kedua parameter ini. Dengan penggunaan metode eICIC dapat meningkatkan kapasitas jaringan secara keseluruhan sebesar 1.8%, namun dari segi rata-rata nilai throughput terjadi penurunan sebesar 1.15 Mbps.
4. Secara keseluruhan, dengan penggelaran *femtocell* dapat meningkatkan performansi jaringan. Pada parameter *signal level* terjadi peningkatan mencapai nilai 1.26 dBm, dari sisi parameter CINR terdapat peningkatan mencapai nilai 1.38 dB, dari parameter uji *user connected* terjadi peningkata hingga mencapai 1.8 %, dan pada parameter *throughput* terjadi peningkatan mencapai 1.59 Mbps. Sehingga cocok untuk di implementasikan.

Daftar Pustaka

- [1] International Telecommunication Union, "ICT Facts and Figures 2016," 2016.
- [2] J. Wannstrom, "LTE-Advanced," 2013.
- [3] Forsk, "ATOLL Help Topic".
- [4] HUAWEI, "LTE Radio Network Coverage Dimensioning," HUAWEI, Shenzhen, 2013.
- [5] HUAWEI, "LTE Radio Network Capacity Dimensioning," HUAWEI, Shenzhen, 2013.