

**ANALISIS PERENCANAAN LTE STUDI KASUS AKUISISI XL-AXIS FREKUENSI
EKSISTING 1800MHz MENGGUNAKAN METODE *FRACTIONAL FREQUENCY
REUSE (FFR)* KOTA BANDUNG**
***ANALYSIS OF LTE PLANNING ACQUISITION CASE STUDY XL-AXIS
FREQUENCY EXISTING 1800MHZ USING FRACTIONAL
FREQUENCY REUSE (FFR) BANDUNG CITY***

Farras Fahd Muhammad¹, Hafidudin², Linda Meylani³

¹Prodi S1 Teknik Telekomunikasi, Fakultas Teknik Elektro, Universitas Telkom

^{2,3}Fakultas Teknik Elektro, Universitas Telkom

¹farrasfahd@gmail.com, ²hafidudin@telkomuniversity.ac.id, ³lindameylani@telkomuniversity.ac.id

Abstrak

Long Term Evolution (LTE), proyek dari 3rd Generation Partnership Project (3GPP) merupakan awal perkembangan dari skema FFR. Pada tugas akhir ini dilakukan analisis pengaruh parameter C/(I+N) dan *throughput* dalam skema FFR dan *neighbor planning* terhadap performansi jaringan LTE. Studi kasus operator dilakukan dalam melakukan analisis perencanaan jaringan LTE pada frekuensi 1800MHz di kota Bandung menggunakan metode Fractional Frequency Reuse. Tugas akhir ini menghasilkan perbandingan performansi jaringan LTE non-FFR maupun FFR. Kebutuhan 41 jumlah site LTE untuk lima tahun kedepan memberikan hasil peningkatan jika dilakukan *neighbor planning* hingga 0,9 dB dan kemungkinan panggilan terputus (*rejected connection*) berkurang hingga 1,8%. Sedangkan penerapan skema FFR secara keseluruhan dapat meningkatkan C/(I+N) hingga 11 dB, meningkatkan *throughput* hingga 9.919,96 kbps, dan menurunkan *rejected connection* hingga 17,2 %. Skenario III dengan bandwidth cell edge lebih kecil merupakan skema terbaik dalam FFR, dengan C/(I+N) kurang 2,66 dB dari skenario II, namun dapat mencapai *throughput* yang jauh lebih besar yaitu 37.827,02 kbps.

Kata kunci : LTE, FFR, XL-Axis, Interferensi, C/(I+N), Throughput.

Abstract

Long Term Evolution (LTE), a project of the 3rd Generation Partnership Project (3GPP) is the early development of the FFR scheme. This final project analyze the influence of parameter C/(I+N) and throughput in the FFR scheme and neighbor planning for LTE network performance. Operator case studies conducted in the analysis of LTE network planning at 1800MHz frequency in Bandung using Fractional Frequency Reuse. This final project resulted in performance comparison of non-FFR LTE network and FFR. Need 41 the number of sites LTE for the next five years increased if neighbor planning applied up to 0.9 dB and the possibility of dropped calls (*rejected connection*) is reduced to 1.8%. While the application of FFR scheme can improve the C/(I+N) up to 11 dB, increasing the throughput up to 9919.96 kbps, and reduced rejected the connection up to 17.2%. Scenario III with a smaller bandwidth of the cell edge is the best in the FFR scheme, with C/(I+N) of 2.66 dB less than the second scenario, but can achieve a much greater throughput 37827.02 kbps.

Keywords : LTE, FFR, XL-Axis, Interference, C/(I + N), Throughput.

1. Pendahuluan

Radio network engineer dihadapkan dengan tantangan yang datang dengan perubahan cepat dalam teknologi. Sebuah teknologi baru seperti LTE membutuhkan kompetensi yang berbeda dan alat-alat baru yang dirancang untuk menghadapi tantangan pertumbuhan mobile broadband dan pemanfaatan jaringan yang efisien. Kualitas merupakan keharusan pada telekomunikasi. Beragam metode diterapkan agar meningkatnya nilai kualitas layanan. Contohnya yaitu skema FFR dan *neighbor planning*. dalam perancangan kali ini dilakukan analisis perancangan jaringan LTE existing blok frekuensi XL-AXIS 1800MHz di Kota Bandung menggunakan metode *Fractional Frequency Reuse* dan *neighbor planning*. Kedua metode ini digunakan untuk mencapai kualitas yang semakin baik. Penelitian ini didasari oleh masalah seperti Integrasi Site XL-Axis, Merancang LTE area Bandung menggunakan skema FFR, dan Menentukan parameter-parameter yang berpengaruh pada interferensi jaringan. Dengan batasan lingkup masalah Frekuensi kerja yang digunakan yaitu frekuensi kerja operator XL-Axis 1800MHz, skema yang digunakan hanya skema FFR, dan software yang digunakan yaitu atoll 3.2.

2. Dasar Teori

2.1 Fractional Frekuensi Reuse [2]

Fractional Frequency Reuse adalah skema frekuensi reuse dimana area cakupan dibagi menjadi dua area yaitu *cell center* dan *cell edge*. *Cell center* adalah area cakupan sel dengan jari-jari sel R_0 , menggunakan frekuensi reuse 1 dan menggunakan daya pancar P_0 . *Cell edge* adalah area cakupan sel dengan jari-jari sel R , menggunakan skema frekuensi reuse lebih besar dari satu dan menggunakan daya pancar P , dimana P lebih besar dari P_0 . Keuntungan skema FFR yaitu mampu memberikan performansi yang bagus pada user yang berada pada *cell edge*.

2.2 Penggunaan Spektrum Frekuensi di Indonesia [6]

Passca-Merger, XL-Axis akan menduduki 2 x 22.5 MHz (2 alokasi) pada pita 1805 MHz – 1827 MHz, sedangkan penempatan LTE pada 1810 MHz – 1809 MHz.

2.3 Model Propagasi LTE [11] [15] [16]

Dengan memperhatikan beberapa parameter seperti, frekuensi kerja pada 1800 MHz, berada pada region Asia, tinggi base station 30m, ketinggian user dibawah 3m, jarak Antara user dan base station 1 – 20km, maka propagasi model yang digunakan dalam pengerjaan tugas akhir ini adalah model Cooperation in science and technology (Cost-231). Cost-231 merupakan salah satu model propagasi yang digunakan pada teknologi LTE. Model ini digunakan pada range frekuensi 800 – 2000 MHz.

$$P_{dB} = 46.3 + 33.9 \log(f) - 13.82 \log(h) - \alpha(h) + (44.9 - 6.55 \log(h)) \log(f) + \alpha(f) \tag{1}$$

2.4 Capacity Planning [8]

Suatu perhitungan Kapasitas jaringan yang direncanakan beberapa tahun kedepan berdasarkan kebutuhan user dan dihasilkan jumlah kapasitas sebuah sel yang menghasilkan jumlah site yang dibutuhkan. Terdapat langkah-langkah untuk menghitung *demand throughput*. Pertama ditentukan *throughput per session* berdasarkan trafik dan model layanan, kemudian menghitung *single user throughput* yang merupakan maksimum *throughput per user*, dan selanjutnya menghitung total *throughput* dari seluruh user atau disebut *uplink and downlink network throughput*.

2.5 Coverage Planning [3] [9]

Perhitungan kapasitas jaringan dengan tinjauan geografis seperti luas daerah. Perhitungan ini juga dihitung berdasarkan uplink dan downlink.

3. Pembahasan

3.1 Daerah Tinjauan

Daerah tinjauannya yaitu disesuaikan dengan kondisi jaringan eksisting yang sudah ada, yaitu berupa data koordinat site yang dimiliki operator XL-Axis. Hal ini dimaksudkan supaya perencanaan ini dapat digunakan sesuai kondisi yang ada di Kota Bandung berdasarkan pelanggan. Penentuan daerah tinjauan ini dengan dilakukan forecasting dari hasil sensus penduduk 2013 dari Badan Pusat Statistika (BPS). Setelah itu daerah diklasifikasikan menjadi 2 bagian yaitu urban dan dense urban. Urban diantaranya kecamatan Babakan Ciparay, Bojongloa Kidul, Regol, Lengkong, Bandung Kidul, Buah Batu, Rancasari, Gedebage, Cibiru, Panyileukan, Ujung Berung, Cinambo, Arcamanik, Antapani, Mandalajati, Sumur Bandung, Cicendo, Bandung Wetan, Cibeunying Kaler, Coblong, Sukasari, Cidadap. Berjumlah 1.585.698 penduduk. Sedangkan Dense urban kecamatan Bandung Kulon, Bojongloa Kaler, Astana Anyar, Kiaracandong, Batununggal, Andir, Cibeunying Kidul, dan Sukajadi. Berjumlah 898.279 penduduk.

3.2 Capacity Planning

Berdasarkan parameter [7] dan [8] dilakukan perhitungan capacity planning

3.2.1 Forecasting [17] [18]

Forecasting atau peramalan merupakan proses peramalan jumlah penduduk pada 5 tahun kedepan. Perhitungan ini dibagi kedalam kategori urban dan dense urban 5 tahun kedepan di Kota Bandung.

$$P_{dB} = P_0 (1 + \alpha) \tag{2}$$

Tabel 1 Forecasting Pelanggan

Dense Urban		Urban	
Jumlah Penduduk	898.279	Jumlah Penduduk	1.585.698
Pengguna Seluler (100%)	898.279	Pengguna Seluler (100%)	1.585.698
Penetrasi LTE (25%)	224.570	Penetrasi LTE (25%)	396.425
Market Share XL-Axis (23%)	51.651	Market Share XL-Axis (23%)	91.178

3.2.1.5 *Trafik dan Model Layanan*

Untuk memperhatikan kualitas layanan LTE dalam perencanaan maka perlu dilakukan estimasi nilai throughput yang harus disediakan oleh suatu jaringan. Dilakukan perhitungan *throughput/session*

$$\frac{Q_i}{C_i} = \frac{Q_i}{C_i} \left[\frac{1}{1 - \frac{Q_i}{C_i}} \right] \quad (3)$$

3.2.1.6 *Network Throughput*

Setelah didapatkan single user throughput, dihitung *network throughput*. *Network Throughput* merupakan kebutuhan *throughput* yang dibangkitkan pada suatu daerah layanan. Perhitungan *Network throughput* dihitung dengan menggunakan persamaan (5) untuk uplink dan (6) untuk downlink.

$$N_{up} = \frac{\sum (C_i \cdot \frac{Q_i}{C_i})}{3600} \quad (4)$$

$$N_{down} = \frac{\sum (C_i \cdot \frac{Q_i}{C_i})}{3600} \quad (5)$$

$$N_{down} = \frac{\sum (C_i \cdot \frac{Q_i}{C_i})}{3600} \quad (6)$$

3.2.1.6 *Cell Capacity*

Untuk memenuhi kebutuhan user, maka jaringan pun harus memiliki kapasitas yang memadai, baik dari sisi *uplink* dan *downlink*.

$$N_{up} = \frac{N_{up}}{C_{up}} = \frac{1000}{168 - 24} \quad (7)$$

$$N_{down} = \frac{N_{down}}{C_{down}} = \frac{1000}{168 - 36 - 12} \quad (8)$$

Jumlah sel = $\frac{N_{up}}{C_{up}}$ (9)

Sehingga didapat dari perhitungan capacity

Tabel 2 Hasil Perhitungan Capacity

Area	Network Throughput DL (Kbit)	Cell Capacity (Kbit)	Jumlah Sel	Jumlah e-NodeB
Dense Urban	2359100.767	35999.976	49	17
Urban	3383639.71	48023.976	70	24

3.3 *Coverage Planning*

Berdasarkan parameter [3], dilakukan perhitungan

3.3.1 *Downlink*

Persamaan EIRP arah downlink :

$$EIRP = P_{trans} - L_{cable} - L_{connector} - L_{duplexer} - L_{antenna} \quad (10)$$

Dimana,

$$Equivalent\ Isotropic\ Radiated\ Power(EIRP) = P_{trans} - L_{cable} - L_{connector} - L_{duplexer} - L_{antenna} \quad (11)$$

$$EIRP = P_{trans} - L_{cable} - L_{connector} - L_{duplexer} - L_{antenna} \quad (12)$$

$$EIRP = P_{trans} - L_{cable} - L_{connector} - L_{duplexer} - L_{antenna} \quad (13)$$

$$I_{d} = 10 \log(1 - \frac{EIRP}{4\pi R^2}) \quad (14)$$

Sehingga didapat perhitungan MAPL arah downlink,

$$MAPL_{down} = EIRP - L_{cable} - L_{connector} - L_{duplexer} - L_{antenna} \quad (15)$$

3.3.1 *Uplink*

$$EIRP = P_{trans} - L_{cable} - L_{connector} - L_{duplexer} - L_{antenna} \quad (16)$$

Dimana,

$$EIRP = P_{trans} - L_{cable} - L_{connector} - L_{duplexer} - L_{antenna} \quad (17)$$

Sehingga didapat perhitungan MAPL arah uplink :

$$MAPL_{up} = EIRP - L_{cable} - L_{connector} - L_{duplexer} - L_{antenna} \quad (18)$$

3.3.2 Perhitungan Luas Sel dan Jumlah Sel

Untuk menentukan luas dari sel yang menggunakan *trisectoral*, dapat diperhitungkan dengan menggunakan persamaan berikut.

$$L_{\text{sel}} = 2,6 \times r_{\text{sel}}^2 \quad (20)$$

Untuk menentukan jumlah sel, dapat diperhitungkan dengan menggunakan persamaan berikut.

$$\sum_{\text{LTE}} C_{\text{sel}} = \frac{L_{\text{area}}}{L_{\text{sel}}} \quad (21)$$

Sehingga didapat hasil perhitungan coverage dimensioning

Tabel 3 Hasil Perhitungan Coverage

	Uplink	Downlink
Jari-Jari Sel	1.48 km	1.62 km
Luas Sel	5.75 km	6.85 km
Luas Daerah	167.31 km	
Jumlah Sel	29.06 Site	24.41 Site

3.4 Neighbor Planning

Perencanaan neighbour cell dilaksanakan setelah dilakukan perencanaan berdasarkan kapasitas dan cakupan wilayah. Setiap sel harus didefinisikan *neighbour list* yang berisi keanggotaan sel-sel lain. Hal ini untuk memudahkan terjadinya *handover* dan proses lainnya. *Neighbor list* yang berisikan keanggotaan sel lain merupakan *cell adjacent* atau sel-sel tetangganya. *Neighbor planning* mencakup proses *neighbor list* dan *Physical cell identity* (PCI) dan alokasi *channel number*. Menetapkan nilai PCI berarti memberikan identitas setiap sel agar menjadi *neighbor list* pada sel-sel lain atau sel tetangganya. Alokasi channel number yaitu memberikan E-ARFCN dari 1200 sampai 1949 [1]. Neighbour planning dilakukan untuk membandingkan nilai $C/(I+N)$ karena mengurangi nilai interferensi *adjacent*, interferensi *co-channel*, dan *inter cell interference*.

3.5 Skema FFR [10]

Dalam penerapan skema FFR pada software Planning dibagi kedalam dua bagian yaitu dengan menggunakan *neighbor planning* dan tanpa *neighbor planning*. Dari kedua bagian tersebut dilakukan lagi perbandingan ketika jaringan menggunakan skema FFR dan tanpa skema FFR. Terdapat beberapa parameter yang menjadi tinjauan yaitu, *Interference Coordination Support*, *ICIC Delta Path Loss Threshold*, *ICIC Ratio (DL)*, *ICIC UL Noise Rise*, *UL/DL Traffic Loads*, *ICIC ratio (DL)* dan *UL Noise Rise*. *Interference Coordination Support* diubah menjadi static DL/UL dan menentukan skema FFR. *ICIC Delta Path loss* ditentukan 4dB. *ICIC Ratio (DL)* menjadi 25%. *ICIC UL Noise Rise* menjadi 0dB. Dan *Traffic Load* 100%.

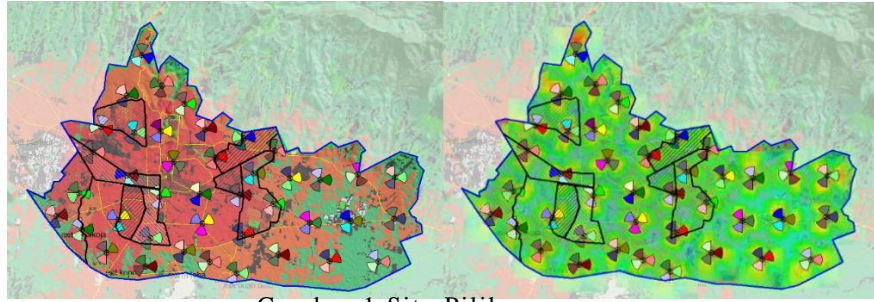
3.6 Perbandingan dan Penentuan Jumlah Site

Berdasarkan hasil yang didapat dari perhitungan *capacity* dan *coverage* tersebut dapat dilihat bahwa jumlah e-NodeB yang dibutuhkan Capacity lebih banyak daripada kebutuhan coverage. Hal ini disebabkan daerah tinjauan yaitu Kota Bandung termasuk klasifikasi daerah urban. Sehingga untuk memenuhi kebutuhan masyarakat Kota Bandung mengakses layanan LTE dipilih Jumlah Site berdasarkan *capacity* yaitu 41 site.

Tabel 4 Perbandingan jumlah Site

		Jumlah Site
Capacity	Dense urban	17
	Urban	24
Coverage	Uplink	30
	Downlink	25
Eksisting	XL	375
	Axis	346

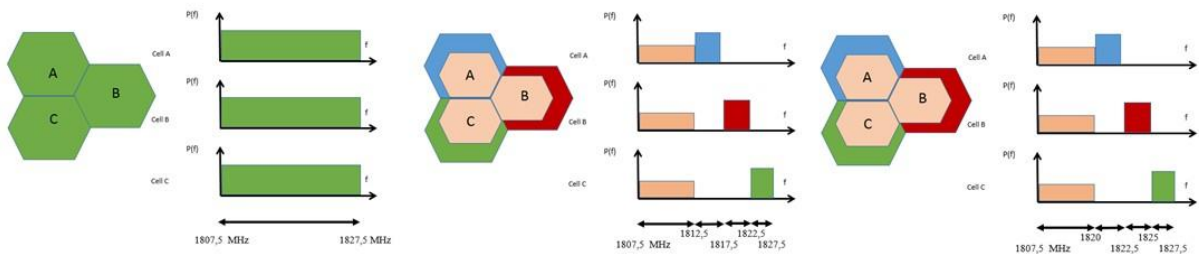
Lalu ditentukan *Site-site* pilihan yang akan ditempatkan perangkat LTE. Gambar 4 menampilkan bagian *dense urban* dan urban Kota Bandung. Daerah *dense urban* yaitu Bandung Kulon, Bojongloa Kaler, Astana Anyar, Kiara Condong, Batununggal, Andir, Cibeunying Kidul, dan Sukajadi membutuhkan 17 Site. Posisi beberapa daerah yang berdekatan dijadikan satu bagian klasifikasi lagi yaitu daerah Bojongloa Kaler, Astana Anyar, dan Andir terdiri dari lima site. Daerah Kiara Condong, Batununggal, dan Cibeunying Kaler terdiri dari tujuh site. Daerah Bandung Kulon dan Sukajadi masing-masing terdiri dari tiga dan dua *site*. Setelah pembagian Kategori *Dense urban*, 24 site terakhir diterapkan pada daerah urban agar *coverage* seluruh Kota Bandung terlayani jaringan LTE. Hasil penempatan *site* pada gambar 4 merupakan hasil pemilihan *site* terbaik yaitu berdasarkan *capacity* yang dibutuhkan pada daerah *dense urban* dan *urban*, *coverage* yang mencakupi seluruh kota bandung, dan site eksisting dari kedua operator. Pada gambar 4 merupakan hasil *coverage* yang dihasilkan dari *site-site* pilihan.



Gambar 1 Site Pilihan

3.7 Simulasi Skenario

Simulasi pada software dibagi menjadi 3 skenario, yaitu skenario I menggunakan skema frekuensi reuse 1 (non-FFR), skenario II menggunakan skema FFR dengan alokasi *bandwidth cell edge* 5 MHz, skenario III menggunakan skema FFR dengan alokasi *bandwidth cell edge* 2,5 MHz. Seluruh skenario merupakan perbandingan sebelum dan sesudah neighbor planning. Berikut merupakan hasil dari simulasi.



(non-FFR)

(FFR Skenario I)

(FFR Skenario II)

Gambar 2 Skenario

Tabel 5 Alokasi Bandwidth

FFR Skenario I				
Sektor	Area	Delta Path Loss	BW Channel	Frekuensi
1	Cell centre	0dB	5 MHz	1806-1811 MHz
2			5 MHz	1806-1811 MHz
3			5 MHz	1806-1811 MHz
1	Cell edge	4 dB	5 MHz	1811 – 1816 MHz
2			5 MHz	1816 – 1821 MHz
3			5 MHz	1821 – 1826 MHz
FFR Skenario II				
Sektor	Area	Delta Path Loss	BW Channel	Frekuensi
1	Cell centre	0dB	12,5 MHz	1806-1817 MHz
2			12,5 MHz	1806-1817 MHz
3			12,5 MHz	1806-1817 MHz
1	Cell edge	4 dB	2,5 MHz	1817 – 1820 MHz
2			2,5 MHz	1820 – 1823 MHz
3			2,5 MHz	1823 – 1826 MHz

3.7.1 Non-FFR Skenario

Simulasi non-FFR Skenario menghasilkan C/(I+N) mean 7,72 dB standar deviasi 5,78 dB sebelum *neighbor planning* dan C/(I+N) mean 7,79 dB standar deviasi 5,85 dB sesudah *neighbor planning*. *Throughput mean* 28.015,51 kbps standar deviasi 20.583,62 kbps sebelum *neighbor planning* dan *throughput mean* 28.351,05 kbps standar deviasi 20.914,83 kbps sesudah *neighbor planning*. *Rejected connection* sebelum *neighbor planning* sebesar 20,7% dan sesudah *neighbor planning* 19,6%. Dari hasil ini dapat dilihat *neighbor*

planning dapat meningkatkan $C/(I+N)$ sebesar 0,07 dB , *throughput* sebesar 335,54 kbps , dan menurunkan *rejected connection* hingga 1,1%.

3.7.2 FFR Skenario I

Simulasi FFR skenario I menghasilkan $C/(I+N)$ mean 18,74 dB standar deviasi 10,05 dB sebelum *neighbor planning* dan $C/(I+N)$ mean 18,79 dB standar deviasi 9,91 dB sesudah *neighbor planning*. *Throughput mean* 29.279,65 kbps standar deviasi 12.619,1 kbps sebelum *neighbor planning* dan *throughput mean* 29.155,58 kbps standar deviasi 12.630,07 kbps sesudah *neighbor planning*. *Rejected connection* sebelum *neighbor planning* sebesar 4,5% dan sesudah *neighbor planning* 3,5%. Dari hasil ini dapat dilihat *neighbor planning* dapat meningkatkan $C/(I+N)$ sebesar 0,05 dB dan menurunkan *rejected connection* hingga 1%.

3.7.3 FFR Skenario II

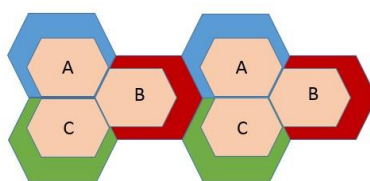
Simulasi FFR skenario II menghasilkan $C/(I+N)$ mean 16,04 dB standar deviasi 9,98 dB sebelum *neighbor planning* dan $C/(I+N)$ mean 16,13 dB standar deviasi 9,75 dB sesudah *neighbor planning*. *Throughput mean* 38.271,01 kbps standar deviasi 20.562,38 kbps sebelum *neighbor planning* dan *throughput mean* 28.827,02 kbps standar deviasi 20.603,07 kbps sesudah *neighbor planning*. *Rejected connection* sebelum *neighbor planning* sebesar 5,3% dan sesudah *neighbor planning* 3,5%. Dari hasil ini dapat dilihat *neighbor planning* dapat meningkatkan $C/(I+N)$ sebesar 0,9 dB dan menurunkan *rejected connection* hingga 1,8%.

Dari hasil simulasi seluruh skenario dapat dilihat bahwa *neighbor planning* berperan penting dalam *availability* jaringan atau ketersediaan jaringan. *Neighbor planning* meningkatkan $C/(I+N)$ 0,05 dB hingga 0,9 dB dan menurunkan *rejected connection* 1,8% hingga 1,8%. Skema FFR secara keseluruhan dapat meningkatkan $C/(I+N)$ hingga 11 dB, meningkatkan *throughput* hingga 9.919,96 kbps, dan menurunkan *rejected connection* hingga 17,2 %.

Namun ada kelebihan dan kekurangan pada skema yang digunakan pada FFR skenario I dan FFR skenario II. FFR Skenario I memiliki nilai $C/(I+N)$ yang lebih besar yaitu 18,79 dB atau lebih besar 2,66 dB dibandingkan FFR skenario II. Tetapi FFR skenario II lebih unggul dalam *throughput* jaringan yaitu 38.271,01 atau lebih besar 8.991,36 kbps dibandingkan FFR skenario I. Dan keduanya memiliki kesamaan pada nilai *rejected connection* yaitu sebesar 3,5%.

Rejected Connection dan *throughput* merupakan parameter yang berpengaruh terhadap kapasitas. *Rejected connection* dan *throughput* semakin besar maka kapasitas semakin besar. Pada FFR Skenario I memiliki $C/(I+N)$ lebih besar dikarenakan luas *cell centre* lebih kecil dibandingkan FFR skenario II sehingga memberikan interferensi yang lebih kecil. Pada gambar 4.14 adalah contoh FFR skenario II dengan luas *cell centre* lebih besar dari *cell edge* sehingga sel A dan C akan mempengaruhi interferensi sel B.

Sehingga dapat disimpulkan bahwa FFR Skenario II merupakan skema terbaik dalam FFR, dengan $C/(I+N)$ kurang 2,66 dB dari skenario I, namun dapat mencapai *throughput* yang jauh lebih besar. Hal ini disebabkan karena perbandingan *cell edge* dan *cell centre* tidak seharusnya sama. Skenario yang terbaik yaitu dengan *cell edge* tidak mencapai 50% *bandwidth* tiap sel atau 25% *bandwidth* keseluruhan.



Gambar 3 Pengaruh Luas Cell Centre

Tabel 6 Hasil Simulasi

Neighbor planning	Non-FFR Skenario		FFR Skenario I		FFR Skenario II	
	Sebelum	Sesudah	Sebelum	Sesudah	Sebelum	Sesudah
C/(I+N) (dB)	7,72	7,79	18,74	18,79	16,04	16,13
Throughput (kbps)	28.015,51	28.351,05	29.279,65	29.155,58	38.271,01	37.827,02
Rejected Connection (%)	20,7	19,6	4,5	3,5	5,3	3,5

4. Kesimpulan

1. Untuk memenuhi seluruh kebutuhan trafik seluler jaringan LTE Kota Bandung dibutuhkan 41 site berdasarkan capacity planning yang terbagi menjadi 17 site daerah dense urban dan 24 site daerah urban.
2. Dengan menggunakan neighbor planning meningkatkan nilai C/(I+N) sebesar 0,05 dB hingga 0,9 dB dan menurunkan *rejected connection* 1% hingga 1,8%.
3. Hasil skenario I yang merupakan reuse 1 atau non-FFR adalah hasil terburuk dengan C/(I+N) 7,72 dB, *throughput* 28.015,51 kbps, dan *rejected connection* 20,7%.
4. Hasil skenario II atau dengan bandwidth cell edge sebesar 5MHz memiliki nilai C/(I+N) yang lebih besar yaitu 18,79 dB atau lebih besar 2,66 dB dibandingkan skenario III, tetapi *throughput* yang lebih kecil.
5. Hasil Skenario III lebih unggul dalam *throughput* jaringan yaitu 38.271,01 atau lebih besar 8.991,36 kbps dibandingkan skenario II.
6. Skema FFR digunakan dalam dua tujuan yaitu untuk mencapai nilai C/(I+N) yang lebih baik digunakan skenario II dan untuk mencapai nilai *throughput* maksimum digunakan skenario III.
7. Skenario III FFR merupakan skema terbaik dalam FFR, dengan C/(I+N) kurang 2,66 dB dari skenario II, namun dapat mencapai *throughput* yang jauh lebih besar.

DAFTAR PUSTAKA

- [1] 3GPP, 2011. *ETSI TS 136 106 V10.0.0*. s.l.:s.n.
- [2] 4G++, n.d. Advanced Performance Boosting Techniques in 4th Generation Wireless System.
- [3] Basit, S. A., 2009. Dimensioning of LTE Network Description of Models and Tool, Coverage, and Capacity Estimation of 3GPP Long Term Evolution radio interface.
- [4] CK Toh, P., n.d. 4G LTE Technologies: System Concept.
- [5] Cox, C., 2014. *AN INTRODUCTION TO LTE*. West Sussex: John Wiley & Sons, Ltd.
- [6] Ditjen SDPPI - Kemkominfo, 2014. Rencana Penataan Pita Frekuensi Radio 1800 MHz di Indonesia.
- [7] Huawei Technologies Co., LTD., n.d. LTE Radio Network Planning Introduction.
- [8] Huawei Technologies Co., Ltd, 2013. *LTE Radio Network Capacity Dimensioning*. s.l.:s.n.
- [9] Huawei Technologies Co., Ltd, 2013. *LTE Radio Network Coverage Dimensioning*. s.l.:s.n.
- [10] Lee, P., Lee, T., Jeong, J. & Shin, J., 2010. Interference Management in LTE Femtocell Systems Using Fractional Frequency Reuse.
- [11] Rani, M. S., behara, S. V. & K.Suresh, 2012. Comparasion of Standard Propagation Model (SPM) and Stanford University Interim (SUI) Radio Propagation Models for Long Term Evolution (LTE).
- [12] Salo, J. & Nur-Alam, K. C., n.d. Practical Introduction to LTE Radio Planning.
- [13] Sesia, S., Toufik, I. & Baker, M., 2011. *LTE - Long Term Evolution From Theory to Practice*. West Sussex: John Wiley & Sons Ltd.
- [14] Setiohargo, H., 2013. Telkomsel On LTE.
- [15] Shabbir, N., Sadiq, M. T., Kashif, H. & Ullah, R., 2011. Comparasion of Radio Propagation Models for Long Term Evolution (LTE) Network..
- [16] Song, L. & Shen, J., n.d. Evolved Cellular Network Planning and Optimization.
- [17] Wijaya, K. K., 2015. *Inilah Laporan Kinerja dan Finansial 3 Operator Seluler Terbesar di Indonesia*. [Online] Available at: <http://id.techinasia.com/laporan-kinerja-finansial-xl-telkom-indosat-q3-2014/> [Accessed 27 Januari 2015].
- [18] XL, 2015. *Pertambahan Pengguna Di Tengah Penurunan Profit XL Axiata Indonesia*. [Online] Available at: <http://www.xl.co.id/id/yang-baru/artikel/pertumbuhan-pengguna-di-tengah-penurunan-profit-xl> [Accessed 27 Januari 2015].

