

## ANALISIS PERENCANAAN JARINGAN LONG TERM EVOLUTION (LTE) MENGUNAKAN METODE FREKUENSI REUSE 1, FRACTIONAL FREQUENCY REUSE DAN SOFT FREQUENCY REUSE STUDI KASUS KOTA BANDUNG

Wisnu Hendra Pratama<sup>1</sup>, Uke Kurniawan Usman<sup>2</sup>, Saleh Dwi Mardiyanto<sup>3</sup>

<sup>1,2,3</sup>Fakultas Teknik Elektro Universitas Telkom, Bandung

<sup>1</sup>[email.whpratama@gmail.com](mailto:email.whpratama@gmail.com), <sup>2</sup>[usman.uke@gmail.com](mailto:usman.uke@gmail.com), <sup>3</sup>[salehdm@gmail.com](mailto:salehdm@gmail.com)

### Abstrak

Long Term Evolution (LTE) merupakan teknologi yang mendukung layanan data dengan kecepatan tinggi. Hal itu dimungkinkan karena adanya teknologi Orthogonal Frequency Division Multiplexing (OFDM). Pada LTE, digunakan teknologi OFDMA untuk mengurangi intersymbol interference (ISI), akan tetapi nilai intercell interference (ICI) tetap saja tinggi. Hal tersebut sangat mempengaruhi performansi pengguna di sisi pinggir sel (cell edge) pada khususnya dan kapasitas sel pada umumnya. Diperlukan manajemen interferensi untuk mengurangi masalah tersebut.

Berdasarkan masalah tersebut, maka dalam tugas akhir ini dilakukan analisis perancangan jaringan LTE dengan manajemen interferensi, manajemen interferensi yang digunakan pada tugas akhir ini adalah penggunaan skema frekuensi reuse. Pada proses perencanaan jaringan memiliki tujuan utama untuk memaksimalkan cakupan area sekaligus pada saat yang sama menyediakan kapasitas yang diinginkan. Skema frekuensi reuse yang digunakan adalah frequency reuse 1, fractional frequency reuse (FFR) dan soft frequency reuse (SFR). Skema frekuensi reuse tersebut dibedakan dengan pengalokasian resource block dan power pada dimensioning sel.

Penelitian ini menganalisis performansi jaringan hasil perencanaan. Parameter yang dianalisis dari tugas akhir ini adalah CINR, kapasitas sel, throughput, jumlah sel yang dibutuhkan dan banyaknya user yang gagal mengakses jaringan. Dibandingkan dengan frequency reuse 1, nilai CINR pada fractional frequency reuse meningkat sebesar 10.28 dB, sedangkan pada soft frequency reuse meningkat sebesar 15.9 dB. Pada fractional frequency reuse, nilai throughput menurun sebesar 30.1% dibandingkan frequency reuse 1, sedangkan dengan metode soft frequency reuse naik sebesar 118% dibandingkan frequency reuse 1. Jumlah pelanggan yang gagal melakukan koneksi pada fractional frequency reuse meningkat sebesar 1.3% dibandingkan dengan frequency reuse 1, sedangkan pada soft frequency reuse menurun sebesar 12.6%. Hal ini dikarenakan pada SFR, semua bandwidth yang ada digunakan pada masing-masing sektor, serta dipakainya frekuensi yang berbeda-beda dari masing-masing cell edge.

**Kata kunci: LTE, SFR, FFR, Reuse 1, kapasitas, throughput, CINR**

### Abstract

Long Term Evolution (LTE) is technology that support high data rate. The high data rate is supported by OFDMA. In the LTE, intersymbol interference (ISI) reduced by OFDMA, but the value of intercell interference is still high. The ICI will give effect to the performance of user of the cell edge and cell centre. To avoid the ICI is needed an intercell interference management.

Depend on that problem, on this research analysis the LTE network planning with interference management scheme. The frequency reuse schemes that used in this final project are frequency reuse 1, fractional frequency reuse and soft frequency reuse. The frequency reuse schemes differentiated by the resource block and power allocation in the cell dimensioning.

This research analysis the performance of radio network planning. The parameters that analyzed are CINR, cell capacity, throughput, the number of cell and the total of user rejected to connect the network. Just than the frequency reuse, fractional frequency reuse CINR increase at 10.28 dB, while the soft frequency reuse increase at 15.9 dB. On the fractional frequency reuse, compared with frequency reuse 1, the throughput decrease at 30.1%, while the soft frequency reuse increase at 118%. The total user rejected of the fractional frequency reuse compared with frequency reuse 1 is increase at 1.3%, while the soft frequency reuse is decrease at 12.6%. Because on the SFR, all of bandwidth allocation is used on the cell and the cell edge frequency is difference each other.

**Keywords: LTE, SFR, FFR, Reuse 1, capacity, throughput, CINR**

### I. Pendahuluan

Perkembangan teknologi telekomunikasi saat ini berkembang ke arah teknologi BWA (Broadband

Wireless Access) dan dituntut agar dapat memenuhi komunikasi dengan laju data yang tinggi, kapasitas yang besar, area akses yang semakin luas, dan

mobilitas yang tinggi. Hal tersebut dilihat dari sisi pelanggan, sedangkan dari sisi penyedia jaringan diperlukan desain jaringan yang lebih sederhana namun dapat bekerja dengan seoptimal mungkin.

Teknologi LTE (Long Term Evolution) menjawab persoalan tersebut. LTE dianggap sebagai kandidat utama jaringan selular 4G untuk memenuhi meningkatnya tuntutan bagi layanan broadband dan mobilitas yang tinggi. Teknologi ini diklaim dirancang untuk menyediakan efisiensi spektrum yang lebih baik, peningkatan kapasitas radio, latency, dan biaya operasional yang rendah bagi operator serta layanan mobile broadband kualitas tinggi untuk para pengguna.

Pada teknologi LTE digunakan Orthogonal Frequency Multiple Acces (OFDMA) sebagai teknologi akses jamaknya. Penggunaan OFDMA dapat mengurangi efek Intersymbol Interference (ISI), akan tetapi dengan diterapkannya teknologi OFMA yang memakai frekuensi tunggal menyebabkan peningkatan efek Intercell Interference (ICI). ICI sendiri menyebabkan turun nya performansi user dan juga dapat menurunkan kapasitas sel. Oleh karena itu dibutuhkan suatu teknik untuk mengurangi ICI, yaitu dengan manajemen interferensi.

Manajemen interferensi yang akan dibahas pada tugas akhir ini adalah dengan penggunaan skema frekuensi reuse, frekuensi reuse yang digunakan pada tugas akhir ini adalah Frequency Reuse 1, Fractional Frequency Reuse dan Soft Frequency Reuse. Pemilihan jenis skema frequency reuse pada tugas akhir ini merujuk kepada standar 3GPP. Frequency reuse yang umum digunakan dalam LTE adalah frequency reuse 1, sedangkan menurut 3GPP ada 2 macam skema dengan teknik pembagian bandwidth (fractional), yaitu soft frequency reuse dan fractional frequency reuse. Frequency reuse adalah skema pengulangan frekuensi yang sama pada sel lain pada sistem komunikasi seluler. Dengan pengulangan penggunaan frekuensi di sel lain diharapkan inetferensi antar sel dapat berkurang, namun penggunaan frequency reuse dapat membuat pemborosan bandwidth. Tugas akhir ini akan menganalisis penggunaan skema frequency reuse yang dapat mengurangi interferensi dan juga tidak mengurangi kapasitas sel yang dapat dibangkitkan oleh sel.

ICI yang kecil pada sel, akan meningkatkan performansi user, oleh karena itu penggunaan skema frequency reuse akan mempengaruhi nilai CINR, throughput, kapasitas sel dan coverage. Pada penelitian-penelitian sebelumnya, penelitian terkait implementasi lapangan teknik manajemen interferensi dengan skema frequency reuse masih jarang diteliti, oleh karena itu penulis tertarik untuk menulis tugas akhir ini. Penelitian sebelum-sebelumnya lebih kepada penelitian manajemen interferensi dengan kondisi yang ideal.

Pada tugas akhir ini dipilih Kota Bandung dikarenakan Bandung merupakan kota terbesar ke-3 di

Indonesia. Sebagai kota metropolitan, masyarakat Kota Bandung memerlukan akses data dengan kecepatan tinggi. LTE dapat menjawab kebutuhan akan akses data berkecepatan tinggi pada kota Bandung.

## II DASAR TEORI

### A. Pengertian LTE

Long Term Evolution (LTE) adalah sebuah nama yang diberikan pada sebuah projek dari Third Generation Partnership project (3GPP) untuk memperbaiki standar mobile phone generasi ke-3 atau (3G) yaitu UMTS WCDMA. LTE ini merupakan pengembangan dari sebelumnya yaitu UMTS atau (3G) dan HSPA (3,5G) yang mana LTE disebut sebagai generasi ke-4 atau (4G). Pada UMTS kecepatan transfer data maksimum adalah 2Mbps, pada HSPA kecepatan transfer data mencapai 14 Mbps pada sisi downlink dan 5,6 Mbps pada sisi uplink, pada LTE ini kemampuan dalam memberikan kecepatan dalam hal transfer data mencapai 100 Mbps pada sisi downlink dan 50 Mbps pada sisi uplink, selain itu LTE akan mampu membawa aplikasi yang menarik seperti TV interaktif dan game tingkat advance karena LTE mendukung kemampuan handover dan roaming ke jaringan bergerak eksisting maka cakupan yang melayani perangkat pelanggan menjadi ubiquitous.

Long Term Evolution (LTE) diciptakan untuk memperbaiki teknologi sebelumnya. Kemampuan dan keunggulan dari Long Term Evolution (LTE) selain dari kecepatannya dalam transfer data tetapi juga karena Long Term Evolution (LTE) dapat memberikan coverage dan kapasitas layanan yang lebih besar, arsitektur sederhana yang mengakibatkan biaya operasional yang rendah, mendukung pengguna multiple antenna, fleksibilitas dalam penggunaan bandwidth operasinya dan juga dapat terhubung atau terintegrasi dengan teknologi yang sudah ada.

### B. *Frequency Reuse* <sup>[2]</sup>

Frequency reuse adalah skema pengulangan frekuensi yang sama pada sel lain pada sistem komunikasi seluler. Ynag meletarbelakangi digunakannya frequency reuse adalah untuk penghematan pemakaian sumber frekuensi, karena frekuensi merupakan sumber daya yang terbatas.

Penerapan frequency reuse akan menentukan performansi jaringan baik dari kualitas sinyal, cakupan dan kapasitas sel.

Frequency reuse factor adalah faktor pengulangan frekuensi yang sama pada sel lain. Semakin besar reuse faktor maka performansi jaringan akan semakin bagus tetapi kapasitas sel yang dapat dilayani dalam satu eNodeB sangat kecil.

Secara umum skema reuse dapat dituliskan dengan format A X B X C. Dimana A adalah pola pengulangan frekuensi antar site, B menunjukkan jumlah sector dan C merupakan pola pengulangan frekuensi dalam satu site.

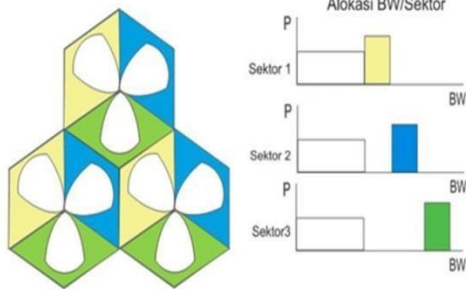
**III PERANCANGAN DAN SIMULASI**

**A. Frequency Reuse 1**

Pada *frequency reuse 1* digunakan seluruh bandwidth, yaitu sebesar 15 MHz untuk seluruh sel. Setiap sel menggunakan frekuensi yang sama. Alokasi daya yang digunakan pada seluruh cakupan sel juga sama.

**B. Fractional Frequency Reuse**

Pada skema ini, satu sel dibagi menjadi tiga sektor, dimana setiap sektornya dibagi lagi dengan dua area cakupan. Cakupan yang dekat dengan antena pemancar disebut dengan *cell centre*, sedangkan daerah yang berada pada pinggiran sel, di sebut *cell edge*.



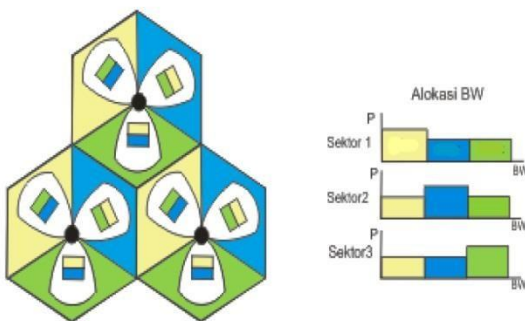
**Gambar 3.1** Alokasi Power dan Frekuensi pada FFR

**Tabel 3.1** alokasi power dan frekuensi pada FFR

Sektor	Area	Power Boost	BW Channel	Frekuensi
1,2,3	Cell Edge	1.2 dB	5	1805-1810 MHz
1	Cell Centre	0	5	1810-1815 MHz
2				1815-1820 MHz
3				1820-1825 MHz

**C. Soft Frequency Reuse**

Sama halnya dengan skema *fractional frequency reuse*, pada skema ini, satu sel dibagi menjadi tiga sektor, dimana setiap sektornya dibagi lagi dengan dua area cakupan. Cakupan yang dekat dengan antena pemancar disebut dengan *cell centre*, sedangkan daerah yang berada pada pinggiran sel, di sebut *cell edge*. Skema pembagian sel dan *bandwidth* dapat dilihat pada gambar 3.5.



**Gambar 3.2** Alokasi Power dan Frekuensi pada SFR

**Tabel 3.2** alokasi power dan frekuensi pada SFR

Sektor	Area	Power Boost	BW Channel	Frekuensi
1	Cell Centre	0db	14 MHz	1810-1820 MHz
2			14 MHz	1805-1812 MHz & 1815-1820 MHz
3			14 MHz	1805-1815 MHz
1	Cell Edge	1.3db	6 MHz	1805-1810 MHz
2			6 MHz	1810-1815 MHz
3			6 MHz	1815-1820 MHz

**D. Perencanaan Jaringan Berdasarkan Kapasitas**

**D.1 Estimasi Jumlah Pelanggan**

**Tabel 3.3** estimasi jumlah pelanggan dan jumlah pengguna

Klasifikasi daerah	3G penetrasi kota Bandung	3G penetrasi pelanggan Indosat	LTE penetrasi	Jumlah penduduk	Jumlah pengguna LTE
Dense Urban	0.7	0.3	0.7	887.987	130.535
Urban	0.7	0.3	0.7	1.256.247	184.669
Sub Urban	0.7	0.3	0.7	311.283	45.759
Total					360.963

Untuk itu dilakukan forecasting jumlah penduduk untuk tahun 2014 terlebih dahulu. Pada tabel 3.4 merupakan hasil forecasting jumlah pelanggan LTE dari tahun 2012 sampai tahun 2014.

**Tabel 3.4** jumlah pelanggan LTE

Daerah Layanan	2012	2013	2014
Dense Urban	130,535	144111	159098
Urban	184,669	203875	225078
Sub Urban	45,759	50518	55772
Total	360,963	398503	439947

**Tabel 3.5** jumlah pendukung LTE

Daerah Layanan	2015	2016	2017	2018	2019
Dense Urban	175644	193911	214078	236342	260922
Urban	248486	274328	302858	334355	369128
Sub Urban	61572	67976	75045	82850	91466
Total	485702	536215	591981	653547	721516

**D.2 Klasifikasi Model Layanan**

Service model yang digunakan dalam proses perancangan jaringan ini adalah layanan VoIP, Video Phone, Video Conference, Real Time Gaming, Streaming Media, IMS Signaling, Browsing, File Transfer, Email, dan PTP File Sharing. Dari layanan yang digunakan tersebut, perlu dilakukan perhitungan throughput per layanan dengan menggunakan persamaan (2.15) dengan perhitungan sebagai berikut:

$$[\text{---}] \text{Throughput}_{uplink} = 26.9 \times 80 \times 0.4 \times 1\% = 869.5$$

Dengan mengulangi perhitungan yang sama seperti diatas didapatkan nilai throughput untuk semua jenis layanan LTE baik arah uplink maupun downlink dengan nilai seperti pada tabel berikut ini

**Tabel 3.6** Throughput per Layanan

Traffic Parameters	UL	DL
	Throughput	Throughput
VoIP	869.5	869.5
Video Phone	4421.3	4421.3
Video Conference	113690.9	113690.9
Real Time Gaming	11367.3	90952.7
Streaming media	5683.6	864016.4
IMS Signalling	22.1	22.1
Browsing	5684.5	22737.3
File Transfer	85266.7	454751.5
Email	7105.6	11368.8
PTP file sharing	303163.6	909503
Jumlah	530721.1	2472333.5



Setelah mendapatkan nilai throughput per layanan, dilakukan perhitungan single user throughput dengan menggunakan persamaan (2.3). Dalam perhitungan single user throughput membutuhkan beberapa parameter seperti BHSa dan penetration ratio seperti pada tabel (3.6) dibawah ini.

Tabel 3.7 Traffic Model untuk Various Environment<sup>[6]</sup>

User Behavior	Dense Urban		Urban		SubUrban	
	Penetration Ratio	BHSa	Penetration Ratio	BHSa	Penetration Ratio	BHSa
VoIP	1	1.4	1	1.3	0.5	1
Video Phone	0.2	0.2	0.2	0.16	0.1	0.1
Video Conference	0.2	0.2	0.15	0.15	0.1	0.1
Real Time Gaming	0.3	0.2	0.2	0.2	0.1	0.1
Streaming media	0.15	0.2	0.15	0.15	0.05	0.1
IMS Signalling	0.4	5	0.3	4	0.25	3
Browsing	1	0.6	1	0.4	0.4	0.3
File Transfer	0.2	0.3	0.2	0.2	0.2	0.2
Email	0.1	0.4	0.1	0.3	0.1	0.2
PTP file sharing	0.2	0.2	0.2	0.3	0.2	0.2

Sehingga diperoleh nilai single user throughput sebagai berikut:

$$= 0.367$$

Single user throughput merupakan banyaknya throughput yang dibutuhkan pada masing-masing layanan. Dengan melakukan perhitungan yang sama seperti diatas, akan didapatkan nilai total single user throughput seperti pada tabel 3.7 berikut ini:

Tabel 3.8 Total single user throughput

Traffic Parameter	Dense Urban		Urban		Suburban	
	UL	DL	UL	DL	UL	DL
VoIP	1704.22	1704.22	1356.42	1356.42	478.225	478.225
Video Phone	247.5928	247.5928	169.7779	169.7779	48.6343	48.6343
Video Conference	6366.69	6366.69	3069.654	3069.654	1250.6	1250.6
Real time gaming	954.8532	7640.027	545.6304	4365.73	125.0403	1000.48
Streaming media	238.7112	36288.69	153.4572	23328.44	31.2598	4752.09
IMS Signalling	61.88	61.88	31.824	31.824	18.2325	18.2325
Browsing	4774.98	19099.33	2728.56	10913.9	750.354	3001.324
File transfer	7162.403	38199.13	4092.802	21828.07	3751.735	20009.07
Email	397.9136	636.6528	255.8016	409.2768	156.3232	250.1136
PTP	16977.16	50932.17	21827.78	65484.22	13339.2	40018.13
Total	38886.41	161176.4	34231.71	130957.3	19949.6	70826.9
Single Throughput	10.80178	44.77122	9.508807	36.37703	5.541556	19.67414

### D.3 Perhitungan 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 (2.4) seperti sebagai berikut:

Tabel 3.9 hasil perhitungan network throughput

Dense Urban	Total Target User		Network Throughput	
	UL (Kbit)	DL (Kbit)	UL (Kbit)	DL (Kbit)
Dense Urban	UL (Kbit)	260,922	2,818,420	11,681,790
	DL (Kbit)			
Urban	UL (Kbit)	369,128	3,509,971	13,427,797
	DL (Kbit)			
Sub Urban	UL (Kbit)	91,466	506,864	1,799,516
	DL (Kbit)			

### D.4 Perhitungan Cell Throughput

Cell throughput merupakan kemampuan suatu sel untuk membangkitkan banyaknya

throughput. Dengan kata lain, cell throughput dapat diartikan sebagai kapasitas maksimum dari suatu sel yang dapat dibangkitkan. Cell throughput diperoleh dengan perhitungan menggunakan persamaan (2.5) sehingga diperoleh hasil sebagai berikut:

Tabel 3.10 hasil perhitungan cell throughput

Reuse 1	Akses	Area	Perhitungan	Cell Throughput
	Uplink	Cell Centre	(168-24)*4*(1/2)*100*2*1000-24	
Cell Edge		(168-36-12)*4*(2/3)*100*2*1000-24		63,999,976
FFR	Uplink	Cell Centre	(168-24)*4*(2/3)*25*2*1000-24	38,399,976
		Cell Edge	(168-24)*4*(2/3)*25*2*1000-24	
Downlink	Cell Centre	(168-36-12)*6*(1/2)*25*2*1000-24		35,999,976
	Cell Edge	(168-36-12)*6*(1/2)*25*2*1000-24		
SFR	Uplink	Cell Centre	(168-24)*4*(2/3)*70*2*1000-24	76,799,976
		Cell Edge	(168-24)*4*(2/3)*30*2*1000-24	
	Downlink	Cell Centre	(168-36-12)*6*(1/2)*70*2*1000-24	71,999,976
		Cell Edge	(168-36-12)*6*(1/2)*30*2*1000-24	

Dalam perencanaan jaringan, perlu diketahui jumlah sel yang diperlukan suatu daerah layanan. Hal ini untuk mengetahui berapa banyak jumlah sel yang dibutuhkan suatu daerah layanan akan banyaknya kebutuhan user dalam suatu daerah layanan tersebut.

Tabel 3.11 hasil perhitungan jumlah sel dengan capacity planning

Skema	Area	Network Throughput DL	Cell Throughput	Jumlah sel	Jumlah e-NodeB
Reuse 1	Dense Urban	11681790	63999976	183	61
	Urban	13427797	63999976	210	70
	Sub Urban	1799516	63999976	28	9
FFR	Dense Urban	11681790	35999976	324	108
	Urban	13427797	35999976	373	124
	Sub Urban	1799516	35999976	50	17
SFR	Dense Urban	11681790	71999976	162	54
	Urban	13427797	71999976	186	62
	Sub Urban	1799516	71999976	25	8

## E Perhitungan berdasarkan coverage

### E.1 Perhitungan Propagation Loss

Setelah didapatkan jumlah sel hasil perhitungan berdasarkan perhitungan perencanaan jaringan berdasarkan kapasitas, maka dapat ditentukan diameter dari masing-masing klasifikasi daerah sebagai berikut :

Tabel 3.12 luas coverage cell

	Luas Daerah	Jumlah site	Luas Coverage Sel
Dense Urban	40.59	54	0.75
Urban	89.93	62	1.45
Sub Urban	36.79	8	4.42

Dengan perhitungan menggunakan model propagasi cost 231 didapatkan nilai MAPL untuk daerah dense urban sebesar 131.6 dB, untuk daerah urban sebesar 134 dB dan untuk daerah sub urban sebesar 141.5 dB.

### E.2 Perhitungan Power Link Budget

Salah satu hal yang harus diperhitungkan dalam coverage planning adalah redaman yang terjadi sepanjang lintasan yang dilalui oleh gelombang antara eNodeB dengan UE. Setelah didapatkan nilai propagation loss maka pada penelitian ini dilakukan perhitungan power link budget untuk menghitung daya pancar yang dibutuhkan oleh eNode B.

Tabel 3.13 MAPL

Transmitter e-NodeB		Dense Urban	Urban	Sub Urban		
A	TX Power	dBm	29.7	32.1	39.6	a = d-c-b
B	TX antenna gain	dBi	18	18	18	
C	Body Loss	dB	2	2	2	
D	EIRP	dBm	49.7	52.1	59.6	d = mapl+i+j+k-l+m
Receiver UE						
E	UE noise figure	dB	7	7	7	
F	Thermal Noise	dBm	-100.9	-100.9	-100.9	KTB
G	Receiver Noise Floor	dBm	-93.9	-93.9	-93.9	e+f
H	SINR	dB	-10	-10	-10	
I	Receiver Sensitivity	dBm	-103.9	-103.9	-103.9	g-h
J	Interference Margin	dB	2	2	2	
K	Cable Loss	dB	2	2	2	
L	Rx Antena gain	dBi	18	18	18	
M	MHA gain	dB	2	2	2	
	Maximum path loss	dBm	131.6	134	141.5	

IV Analisis dan Simulasi

A. Analisis Hasil Perhitungan Perencanaan Jaringan Berdasarkan Capacity

Perencanaan jaringan berdasarkan kapasitas digunakan untuk menentukan jumlah e-NodeB berdasarkan kebutuhan *trafik* yang dibutuhkan oleh *user*.

Tabel 4.1 Jumlah E-NodeB yang dibutuhkan

Skema	Jumlah e-NodeB
Reuse 1	140
FFR	249
SFR	125

Penggunaan jumlah E-NodeB paling banyak dibutuhkan dengan skema FFR dikarenakan pada FFR tidak semua *bandwidth* yang ada digunakan secara penuh. Pada skema FFR dari 20 MHz yang dialokasikan, hanya 10 MHz yang efektif digunakan pada masing-masing sektor. Pada SFR dibutuhkan jumlah E-NodeB paling sedikit dikarenakan pengaruh dari penguatan SINR yang digunakan pada perhitungan *cell throughput* merujuk pada metode *single user throughput* yang digunakan oleh vendor Huawei.

Jumlah E-NodeB pada dasarnya sangat dipengaruhi oleh *bandwidth* yang tersedia. Semakin lebar *bandwidth* yang tersedia, maka jumlah E-NodeB yang dibutuhkan semakin sedikit. Hal ini dikarenakan lebar jumlah E-NodeB berbanding lurus dengan kebutuhan trafik *user*.

B. Analisis Hasil Perhitungan Perencanaan Jaringan Berdasarkan Coverage

Dari hasil perencanaan jaringan berdasarkan *coverage* didapatkan pula jumlah site berdasarkan *coverage*.

Tabel 4.2 Jumlah site berdasarkan perencanaan berdasarkan *coverage*

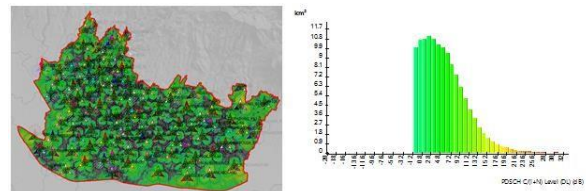
Klasifikasi daerah	Jumlah
Dense Urban	0.62
Urban	0.86
Sub Urban	1.5

Dari hasil perhitungan dapat dilihat bahwa daerah urban memerlukan jumlah E-NodeB paling banyak, hal itu dikarenakan luas daerah urban juga merupakan yang paling banyak. Dimana, selain dari perhitungan jari-jari sel, jumlah E-NodeB juga dipengaruhi oleh luas wilayah. Semakin luas wilayah, semakin banyak punya E-NodeB yang dibutuhkan.

C. Simulasi dengan Menggunakan Software Atoll

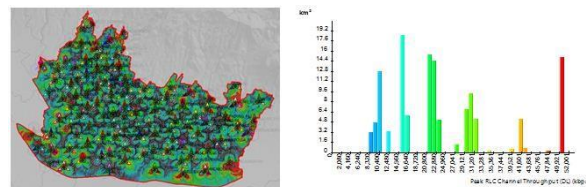
C.1 Simulasi dengan Skema *Frequency Reuse 1*

Pada simulasi ini digunakan skema *frequency reuse 1*.



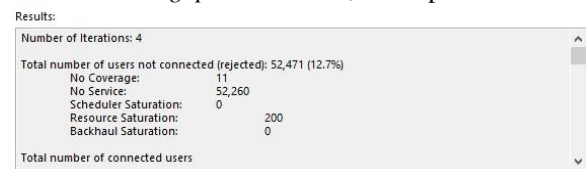
Gambar 4.1 CINR level downlink

Setelah dilakukan PCI planning, dari gambar hasil simulasi diatas dapat dilihat bahwa untuk CINR level downlink adalah sebesar 5.8 dB.



Gambar 4.2 Downlink Throughput pada skema *frequency reuse 1*

dari hasil simulasi dapat dilihat bahwa rata-rata *downlink throughput* sebesar 29,042 kbps.

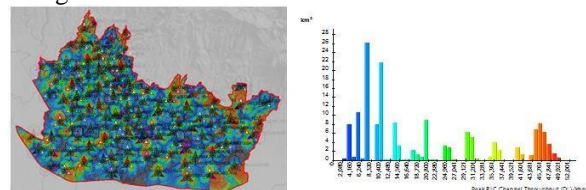


Gambar 4.3 jumlah pelanggan yang gagal mengakses jaringan

Dikarenakan nilai CINR yang naik, maka jumlah pelanggan yang gagal mengakses jaringan menurun. Dari simulasi menggunakan algoritma *monte carlo*, dapat dilihat bahwa ketika jaringan menggunakan skema *frequency reuse 1*, jumlah pelanggan yang gagal mengakses jaringan adalah sebesar 12.7%.

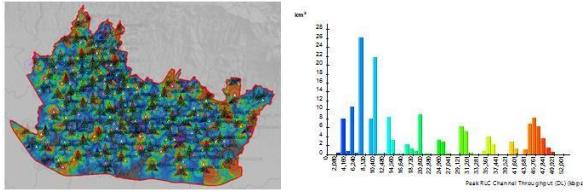
C.2 Simulasi dengan Skema *Fractional Frequency Reuse*

*Fractional frequency reuse* merupakan skema *frequency reuse* yang menitikberatkan pada pembagian frekuensi. Dari Hasil simulasi dapat dilihat sebagai berikut:



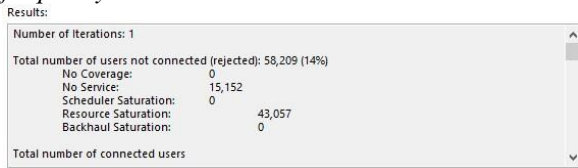
Gambar 4.4 CINR level downlink

Dari gambar hasil simulasi diatas dapat dilihat bahwa untuk CINR level downlink adalah sebesar 11.16 dB



Gambar 4.5 Downlink Throughput pada FFR

Dari hasil simulasi dapat dilihat bahwa rata-rata downlink throughput sebesar 20,282 kbps. Nilai throughput yang kecil disebabkan oleh tidak dipakainya seluruh bandwidth pada fractional frequency reuse.

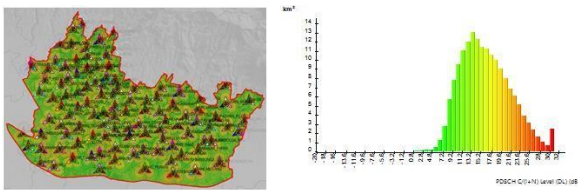


Gambar 4.6 jumlah pelanggan yang gagal mengakses jaringan

Dari simulasi menggunakan algoritma monte carlo, dapat dilihat bahwa ketika jaringan menggunakan skema fractional frequency reuse, jumlah pelanggan yang gagal mengakses jaringan adalah sebesar 14%. SINR pada fractional frequency reuse bernilai tinggi, namun dikarenakan nilai throughput yang dapat dibangkitkan rendah, maka banyak user yang tidak terlayani.

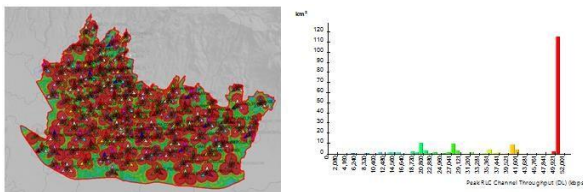
C.3 Simulasi dengan Skema Soft Frequency Reuse

Simulasi ini menggunakan skema soft frequency reuse, dimana frekuensi yang ada dibagi-bagi per blok resource block. Pada soft frequency reuse, setiap sel tetap bisa memakai seluruh frekuensi yang disediakan.



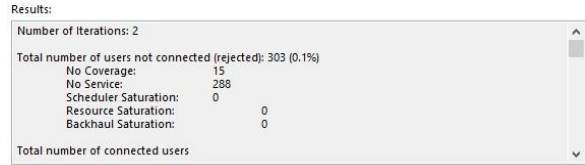
Gambar 4.7 CINR level downlink

Dari gambar hasil simulasi diatas dapat dilihat bahwa untuk CINR level downlink adalah sebesar 16.38 dB. Nilai CINR tersebut adalah nilai CINR rata-rata dalam daerah layanan.



Gambar 4.8 Downlink Throughput pada SFR

Dari hasil simulasi dapat dilihat bahwa rata-rata downlink throughput sebesar 63,426 kbps.



Gambar 4.9 jumlah pelanggan yang gagal mengakses jaringan

Dari simulasi menggunakan algoritma monte carlo, dapat dilihat bahwa ketika jaringan menggunakan skema soft frequency reuse, jumlah pelanggan yang gagal mengakses jaringan adalah sebesar 0.1%

Tabel 4.3 Perbandingan performansi skema reuse

Klasifikasi daerah	Perbandingan Throughput (kbps)	Perbandingan CINR (dB)	User Rejected (%)
Sebelum PCI	13,636	2.34	50.5
Reuse 1	29,042	5.80	12.7
FFR	20,282	11.16	14
SFR	63,426	16.38	0.1

V KESIMPULAN DAN SARAN

A. Kesimpulan

1. Untuk memenuhi seluruh kebutuhan trafik pengguna LTE Kota Bandung, dengan menggunakan soft frequency reuse diperlukan jumlah sel yang sebanyak 125 eNode B, kemudian frequency reuse 1 sebanyak 140 eNode B, sedangkan fractional frequency reuse membutuhkan sel sebanyak 249 eNodeB.
2. Untuk keperluan plotting site Kota Bandung, menggunakan hasil perhitungan planning by capacity yaitu sebanyak 125 eNode B.
3. Dibandingkan dengan frequency reuse 1, nilai CINR pada fractional frequency reuse meningkat sebesar 10.28 dB, sedangkan pada soft frequency reuse meningkat sebesar 15.9 dB.
4. Pada fractional frequency reuse, nilai throughput menurun sebesar 30.1% dibandingkan frequency reuse 1, sedangkan dengan metode soft frequency reuse naik sebesar 118% dibandingkan frequency reuse 1.
5. Jumlah pelanggan yang gagal melakukan koneksi pada fractional frequency reuse meningkat sebesar 1.3% dibandingkan dengan frequency reuse 1, sedangkan pada soft frequency reuse menurun sebesar 12.6%.
6. Soft frequency reuse mempunyai performansi yang paling bagus dengan adanya peningkatan CINR sebesar 15.9 dB, kenaikan throughput sebesar 118% dan juga penurunan jumlah user rejected sampai 0.1%. Skema frequency reuse ini sangat cocok digunakan pada perencanaan jaringan LTE.

B. Saran

1. Untuk penelitian selanjutnya bisa digunakan penelitian dengan teknik carrier aggregation yang dipadukan dengan pembagian frekuensi pada soft frequency reuse



2. Diperlukan perhitungan secara ekonomi untuk perencanaan jaringan LTE ini.
3. Pada studi kasus ini, diperlukan pembandingan dengan mekanisme enhanced intercell interference coordination.

#### DAFTAR PUSTAKA

- [1] Usman, Uke Kurniawan, Galuh Prihatmoko, Denny Kusuma H, Sigit Dedi Purwanto. 2011. "Fundamental Teknologi Seluler LTE". Bandung: Rekayasa Sains.
- [2] Aziz, Syafri. 2011. "Perencanaan jaringan Long Term Evolution (LTE) berdasarkan Node B existing di kota Denpasar". Bandung : Institut Teknologi Telkom
- [3] Wang Tao. 2011. "LTE Radio Network Capacity Dimensioning". China: Huawei Technologies CO.
- [4] Yusup Rudyanto. 2012. "Lapisan Fisik Pada Teknologi LTE". Semarang: Universitas Diponegoro.
- [5] Digital Library. 2013 "Long Term Evolution (LTE)". Bandung: Institut Teknologi Telkom.
- [6] Hamza, Abdelbaset. 2013. "A Survey on Inter-Cell Interference Coordination Techniques in OFDMA-based Cellular Networks" Cairo : Cairo University.
- [7] Mulyana, Budi Setiyanto. 2013. "Kapasitas jaringan LTE dengan pola pakai-ulang frekuensi tak fraksional dan fraksional" Yogyakarta : CITEE.
- [8] Thomas Bonald, Nidhi Hedge. "Capacity gains of some frequency reuse schemes in OFDMA networks" France : Orange Labs
- [9] HUAWEI Technologies CO., LTD. 2011 "Long Term Evolution Radio Network Planning". Shenzhen.
- [10] [www.bandungkota.bps.go.id](http://www.bandungkota.bps.go.id) (diakses 1 maret 2014)
- [11] <http://www.wirelessweek.com/sites/wirelessweek.com/files/legacyimages/WW/Articles/2010/10/101310-Figure1-LTE-Interope.gif> (diakses 22 februari 2014)
- [12] Atoll. 2013. "Atoll user manual". France: Forsk
- [13] Abdelbaset S. Hamza. 2013. "A Survey on Inter-Cell Interference Coordination Techniques in OFDMA-based Cellular Networks" Cairo : Cairo University
- [14] Mshvidobadze, T. 2012. "Evolution mobile wireless communication and LTE networks" Tbilisi : AICT
- [15] Jasvinder Singh Sadana. "Baseband Analysis of Long Term Evolution Systems" IJMER
- [16] <http://redeswimax.jimdo.com/wimax/procesado-dese%C3%B1al/modulaci%C3%B3n-adaptativa/>
- [17] Rudyanto, Yusuf. 2010. "Lapisan Fisik Pada Teknologi Long Term Evolution (Lte) di PT Telkom R&D Center Bandung" Semarang : Universitas Diponegoro
- [18] Ryan, Panji. 2013. "Ilmu Praktis Radio Network Planning untuk Pemula & Professional" [www.nulisbuku.com](http://www.nulisbuku.com) : Prandia
- [19] Wardhana, Lingga. 2014. "4G Handbook Edisi Bahasa Indonesia" Jakarta Selatan : [www.nulisbuku.com](http://www.nulisbuku.com)
- [20] Stefania Sesia, Issam Toufik and Matthew Baker. 2009. "LTE – The UMTS Long Term Evolution: From Theory to Practice" John Wiley & Sons, Ltd
- [21] Harri Holma and Antti Toskala. 2009. "LTE for UMTS: OFDMA and SC-FDMA Based Radio Access" John Wiley & Sons, Ltd