

ANALISIS PERENCANAAN JARINGAN LONG TERM EVOLUTION MENGGUNAKAN METODE SOFT FREQUENCY REUSE DI KAWASAN TELKOM UNIVERSITY

ANALYSIS OF LONG TERM EVOLUTION NETWORK DESIGN USING SOFT FREQUENCY REUSE IN THE TELKOM UNIVERSITY AREA

¹ Muhammad Iqbal ² Heroe Wijanto ³ Uke Kurniawan

^{1,2,3}Jurusan Teknik Telekomunikasi, Fakultas Teknik Elektro, Universitas Telkom

¹muhammadiqbal@students.telkomuniversity.ac.id ² heroewijanto@telkomuniversity.ac.id

³ ukekurniawan@telkomuniversity.ac.id

ABSTRAK

Jumlah mahasiswa Telkom University bertambah setiap tahunnya yang menyebabkan kebutuhan trafik semakin meningkat serta penggunaan layanan berbasis data semakin meningkat setiap tahunnya. Jaringan UMTS (3G) masih belum mampu memberikan layanan yang optimal untuk peningkatan trafik yang selalu bertambah. Badan standarisasi 3GPP memperkenalkan generasi ke-4 Long Term Evolution (LTE) guna mengatasi peningkatan permintaan kebutuhan akan layanan komunikasi.

Dalam perencanaan LTE dibutuhkan skema yang dapat mengoptimalkan spektrum frekuensi dan mengoptimalkan kualitas sinyal di *cell edge*. *Soft Frequency Reuse (SFR)* dapat mengoptimalkan spektrum frekuensi dan interferensi di *cell edge* pun kecil. *SFR* menerapkan sebuah skema 2 sel yaitu *cell center* dan *cell edge* dengan menggunakan daya pancar yang berbeda untuk mengatasi permasalahan akan kurangnya optimalnya jaringan di *cell edge*.

Tugas akhir kali ini, perencanaan jaringan LTE FDD 1800 MHz studi kasus yang dilakukan pada wilayah *Telkom University* menggunakan *SFR*. Perencanaan *coverage* pada wilayah *Telkom University* dirancang jaringan *micro cell* dengan radius sebesar 1,5 km dan didapat nilai kapasitas *cell center* 72,04 Mbps dan *cell edge* 36 Mbps sehingga didapat 1 site untuk perencanaan di *Telkom University*. Perencanaan ini dianalisis dengan membandingkan perencanaan *SFR* dengan non *SFR (Frekuensi Reuse 1)*. Beberapa parameter yang dianalisis menggunakan skema *SFR* dapat meningkatkan nilai rata-rata *quality* -0,01, *throughput* 713 kbps, nilai $C/(I+N)$ 0,71 dB, dan *coverage daya signal* sejauh 2 meter.

Kata Kunci : *Long Term Evolution (LTE), cell edge, cell centre, coverage, capacity, Soft Frequency Reuse.*

ABSTRACT

Telkom University student number increases every year which led to the needs of the ever increasing traffic and the use of data-based services is increasing every year. UMTS (3G) still has not been able to provide optimum service to the increase in traffic which is always increasing. Therefore, service providers are also required to meet the needs of customers in Telkom University were classified areas dense traffic data. Standardization body 3GPP introduced 4th generation Long Term Evolution (LTE) in order to cope with increased demand the need for communications services.

However, in planning the necessary LTE scheme can either frequency spectrum efficiency and optimize the quality of the signal at the cell edge by using techniques Soft Frequency Reuse. Soft Frequency Reuse can use the frequency spectrum efficiently are high but the interference at cell edge is small. Soft Frequency Reuse (SFR) applying a scheme of two cells, namely cell center and cell edge by using different transmit power so that it can overcome the problems will be less than optimal network at cell edge.

The final task this time, network planning LTE 1800 MHz FDD case study conducted in the region of Telkom University using SFR. Planning coverage on the territory of Telkom University designed a micro cell networks with a radius of 1.5 km and capacity values obtained cell center and cell edge 72.04 Mbps 36 Mbps thus obtained 1 site for planning at Telkom University. Planning is analyzed by comparing the plan with non SFR SFR (Frequency Reuse 1). Some parameters were analyzed using SFR scheme can increase the value - average -0.01 quality, 713 kbps throughput, the value of $C / (I + N)$ 0.71 dB, and signal power coverage as far as 2 meters..

Keywords: *Long Term Evolution (LTE), cell edge, cell center, coverage, capacity, Soft Frequency Reuse.*

1. Pendahuluan

Jumlah mahasiswa Telkom University bertambah setiap tahunnya yang menyebabkan kebutuhan trafik semakin meningkat serta penggunaan layanan berbasis data semakin meningkat setiap tahunnya. Jaringan UMTS (3G) masih belum mampu memberikan layanan yang optimal untuk peningkatan trafik yang selalu bertambah. Oleh karena itu penyedia jasa layanan pun dituntut guna memenuhi kebutuhan pelanggan di Telkom University yang di klasifikasikan wilayah yang padat akan trafik datanya. Badan standarisasi 3GPP memperkenalkan generasi ke-4 Long Term Evolution (LTE) guna mengatasi peningkatan permintaan kebutuhan akan layanan komunikasi.

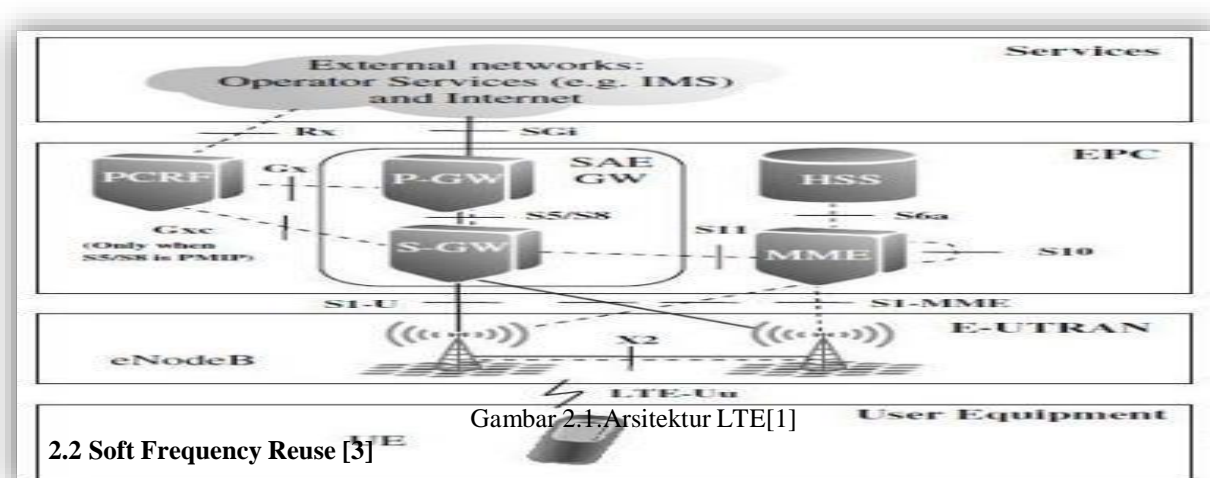
Dalam melakukan perencanaan jaringan LTE ini dibutuhkan skema yang dapat mendukung teknologi ini untuk mendapatkan kualitas yang diharapkan. Beberapa implementasi jaringan bahwa kualitas sinyal atau jaringan di *cell edge* masih kurang optimal. Oleh karena itu dibuat sebuah skema yang dapat mengoptimalkan kualitas jaringan di *cell edge*. Dalam metode perencanaan LTE akan dilakukan perencanaan berdasarkan *capacity* untuk mengetahui *single user throughput* oleh pengguna, Kemudian dilakukan forecasting untuk untuk beberapa 5 tahun kedepan sehingga dapat diketahui waktu dimana kapasitas 1 eNodeB sudah mencukupi *network throughput* yang dibangkitkan. Maka dilakukan penambahan site pada tahun tertentu tergantung tipe daerah yang diteliti. Kemudian perencanaan berdasarkan *coverage* untuk mendapatkan jumlah *site* juga, yang nantinya akan dibandingkan dengan berdasarkan kapasitas untuk mengetahui jumlah *site* optimal yang akan dibangun.

Dalam Tugas Akhir ini dirancang jaringan *micro cell* dengan menggunakan metode *Soft Frequency Reuse* (SFR) yang dikhususkan di wilayah Telkom University untuk teknologi LTE. Perancangan akan dilakukan pada frekuensi 1800 MHz dengan menggunakan metode *Frequency Division Duplexing* (FDD) dengan lebar *bandwidth* 20MHz. Setelah itu akan dilakukan tahap perencanaan dengan menggunakan metode *Soft Frequency Reuse* untuk dapat mengoptimalkan kualitas jaringan di *cell edge* dan *cell center* serta efisiensi penggunaan *bandwidth* di suatu *cell*. Sehingga akan didapatkan rancangan *micro cell* yang sesuai untuk *support high data rate* bagi pengguna di wilayah Telkom University.

2. Landasan Teori

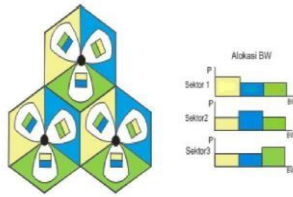
2.1 Long Term Evolution [1]

Long Term Evolution (LTE) adalah sebuah nama yang diberikan pada sebuah projek dari *Third Generation Partnership Project (3GPP)* sebagai standar komunikasi akses data nirkabel tingkat tinggi untuk memperbaiki standart mobile phone generasi ke-3 (3G) yaitu UMTS (WCDMA). LTE ini merupakan pengembangan dari teknologi sebelumnya, yaitu UMTS (3G) dan HSDPA (3.5G) yang mana LTE disebut sebagai generasi ke-4 (4G). Pada teknologi UMTS kecepatan transfer data maksimum adalah 2 Mbps, pada HSDPA kecepatan transfer data mencapai 14 Mbps pada sisi *downlink* dan 5,6 Mbps pada sisi *uplink* sedangkan pada LTE ini kemampuan dalam memberikan kecepatan dalam hal transfer data dapat mencapai 100 Mbps pada sisi *downlink* dan 50 Mbps pada sisi *uplink* dengan *bandwidth* 20Mhz. Selain itu LTE ini mampu mendukung semua aplikasi yang ada baik *voice*, *data*, *video*, maupun ip TV.



2.2 Soft Frequency Reuse [3]

Soft Frequency Reuse adalah skema frekuensi reuse dimana area cakupan dibagi menjadi dua area yaitu *cell center* dan *cell edge*. Sel *center* adalah area cakupan dengan jari-jari sel R_o menggunakan *subband bandwidth* dengan menggunakan daya pancar P_o . Sel *edge* adalah area cakupan sel dengan jari-jari sel R , menggunakan skema frekuensi reuse lebih besar dari satu dan menggunakan daya pancar P , di mana P lebih besar dari P_o .



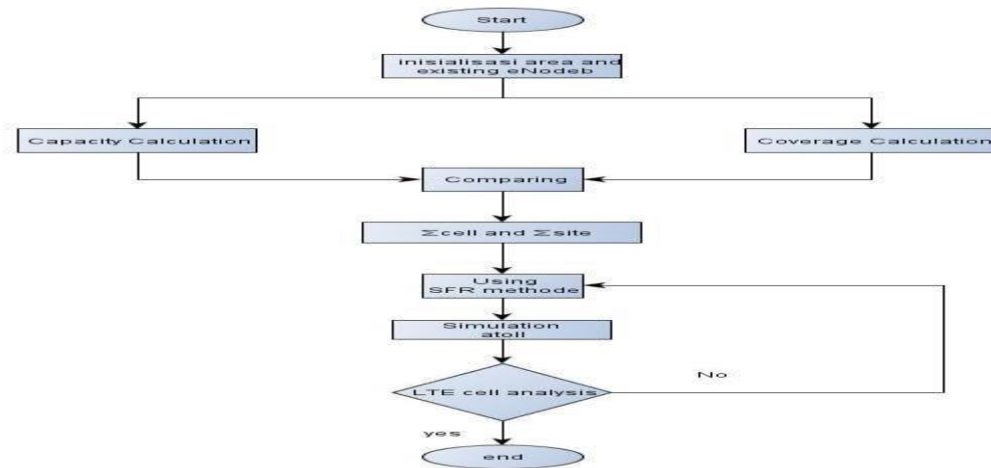
Gambar 2.2 Soft Frequency Reuse [3]

Tabel 2.1 Alokasi Cell SFR [3]

Sektor	Area	Power Boost	BW Channel	Frekuensi
1	Cell Centre	10 mw	10 MHz	1805-1814 MHz
2			10 MHz	1800-1804 MHz dan 1810 - 1814 MHz
3			10 MHz	1800-1809 MHz
1	Cel Edge	30 mw	5 MHz	1800-1804 MHz
2			5 MHz	1805-1809 MHz
3			5 MHz	1810-1814 MHz

3. Desain Dan Realisasi Sistem

Berikut adalah diagram blok dari perencanaan jaringan,



Gambar 3.1 Diagram alir perencanaan

3.1 Penentuan Parameter LTE

3.1.1 Penentuan Trafik Layanan

Layanan utama yang ditawarkan dalam perkembangan teknologi seluler yaitu layanan voice dan data. Terdapat beragam layanan trafik yang ditawarkan dalam teknologi LTE, dengan akses keseluruhan IP based, maka layanan yang dipilih adalah VoIP, video conference, Realtime gaming, streaming media, IMS signaling, web browsing, video phone, P2P file sharing, email, dan FTP. Dengan parameter spesifikasi yang digunakan sebagai acuan perhitungan dan simulasi. Parameter layanan tersebut didapatkan berdasarkan spesifikasi 3GPP dan diambil dari beberapa vendor yang menerapkan spesifikasi tersebut.

3.1.2 Penentuan Daerah Tinjauan

Daerah tinjauannya yaitu disesuaikan dengan kondisi jenis wilayah yang padat akan pengguna mobile communication di wilayah Telkom university, yaitu tipe dense urban. Hal ini dimaksudkan supaya perencanaan ini dapat dipergunakan sesuai jenis wilayah yang berdasarkan kepadatan pelanggan. Penentuan daerah tinjauan ini dengan dilakukan forecasting untuk 5 tahun kedepan dari jumlah mahasiswa, dosen, dan staff yang bekerja di Telkom University. [13] Luas lahan YPT yakni 499.670 meter persegi. dari luas tersebut, jumlah luas tutupan lahan yang telah digunakan 184.122 meter persegi, sehingga terdapat luas lahan kosong sebesar 234.845 meter persegi.



Gambar 3.2 Wilayah Cakupan Telkom University [5]

Tabel 3. 1 Alokasi power dan bandwitdh SFR

Sektor	Area	Power Boost	BW Channel	Frekuensi
1	Cell Centre	12 mW	10 MHz	1805-1814 MHz
2			10 MHz	1800-1804 MHz dan 1810-1814 MHz
3			10 MHz	1800-1809 MHz
1	Cel Edge	4 mW	5 MHz	1800-1804 MHz
2			5 MHz	1805-1809 MHz
3			5 MHz	1810-1814 MHz

3.2. Capacity Planning

3.2.1 Forecasting Jumlah Pelanggan

Kawasan Telkom University direncanakan berdasarkan jenis daerah dense urban dikarenakan padatnya pengguna trafik telekomunikasi di kawasan tersebut. Dari jumlah penggabungan membuat total mahasiswa Telkom University menjadi 19.319 orang, dilengkapi sekitar orang yang terdiri 1068 dari dosen dan tenaga penunjang akademik. Disimpulkan jumlah user pada tahun 2015 di Telkom University berkisar 20.887 orang.

Dari data yang telah didapat akan ditentukan nilai faktor pertumbuhan dari tahun ke tahunnya untuk mencari nilai jumlah user yang terdiri dari mahasiswa (Pna) dan staff dosen (Pnb) yang bekerja untuk 5 tahun ke depan menggunakan rumus forecasting, jika diketahui nilai n adalah 5, Poa adalah 19.319, Pob adalah 1068, GFa adalah 0,1597, dan GFb adalah 0,0777. Maka menggunakan persamaan 2.1 didapatkan nilai Pna = 21.763 orang dan Pnb= 1151 orang. Maka didapat Pntotal : 22.357 orang.

Setelah didapat jumlah orang yang berada di Telkom University untuk 5 tahun ke depan yang telah ditentukan dari persamaan 2.1, maka akan ditentukan total target user yang ditargetkan untuk perancangan LTE ini menggunakan persamaan total target user, jika diketahui jumlah penduduk ke - n (Pn) adalah 22.914 orang, jumlah usia produktif (A) adalah 90%, market share operator (B) adalah 47%, penetrasi user LTE (C) adalah 33%. Maka didapat total target user sebanyak 2908.

3.2.2 Trafik dan Model Layanan

Lalu setelah di dapat single user throughput dari setiap layanan yang ada di sisi uplink maupun downlink maka didapat nilai network throughput untuk total target user yang diinginkan dengan menggunakan persamaan (2.7 – 2.10)

Tabel 3. 2 Network Throughput

ITEM	DENSE URBAN	
	UPLINK	DOWNLINK
Total Target user	889	
Single User Throughput (Kbps)	10,80179	44,77234
Network throughput (IP)(Mbps)	31,41	130,19
Network throughput MAC layer (Mbps)	32,05	130,19

Untuk perhitungan kapasitas cell di sisi uplink ataupun downlink jika diketahui nilai CRC = 24, Code bitsuplink = 2, Code rate uplink = 1/2, Code bits downlink = 2, Code rate downlink = 3/4, Rb Cell center = 50, Rb Cell Edge = 25, C = 2 yang didapat dari persamaan 2.5 [8] dan persamaan 2.6 [8] adalah sebagai berikut :

Tabel 3. 3 Kapasitas cell

Cell	Cell Capacity (Mbps)	
	UPLINK	DOWNLINK
Center	21,6	108
Edge	10,8	54,00
Total	32,4	162

Berikut adalah hasil perhitungan site capacity, number of site, cell coverage, dan cell radius yang didapat dari persamaan (2.7 – 2.17).[8]

Tabel 3. 4 Cell radius

ITEM	DENSE URBAN	
	UPLINK	DOWNLINK
Total Target user	889	
Single User Throughput (Kbps)	10,80179	44,77234
Network throughput (IP)(Mbps)	9,66	39,77
Network throughput MAC layer (Mbps)	9,8	40,6
Cell Capacity (Mbps)	21,6	162
Site Capacity (Mbps)	97,42	486
Number of site	1	1
cell coverage (km ²)	4,97	5,31
Cell radius (km)	1	1,02

Sehingga untuk perancangan ini akan diambil total site yang paling banyak yaitu 1 site untuk dapat melayani kebutuhan dari sisi uplink dan downlink.

3.3 Coverage Planning

3.3.1 Uplink Calculation

Uplink calculation digambarkan sebagai Sensitifitas (SR) dari eNodeB. Dengan menggunakan persamaan 2.18 jika SINR adalah -7dB, TneNodeB adalah -118,4, dan NfeNodeB adalah 2 dB maka SreNodeB adalah -123,4 dB. Sedangkan untuk mendapatkan MAPL_{uplink} jika diketahui PT adalah 23 dBm, GT adalah 0 dB, GR adalah 18 dB, dan LS adalah 1dB. Maka menggunakan persamaan :

$$\text{MAPL}_{\text{uplink}} = \text{PT} + \text{GT} + \text{GR} - \text{LS} - \text{SreNodeB} \quad [9]$$

Maka didapat MAPL_{uplink} 163,4 dBm.

3.3.2 Downlink Calculation

Sedangkan untuk mendapatkan MAPL_{downlink} jika diketahui , CCO sebesar 20%, GR sebesar 0 dB, dan BL sebesar 0 dB. Maka didapat MAPL_{downlink} di *cell center* dan *cell edge* sebagai berikut,

Tabel 3.8 Perhitungan MAPL Downlink

MAPL _{downlink} = EIRP - S _{rue} - IM - CCO + GR - BL [9]		
EIRP = PT + GT - LS [9]		
	cell edge	cell center
PT	12 mW	4 mW
EIRP	26,8 dBm	20,77 dBm
MAPL	128,3	122,7

3.4.3 Perhitungan jari – jari sel

Tugas akhir ini dirancang dengan menggunakan pemodelan kanal propagasi Cost – 231 yang bekerja lebih optimal pada frekuensi 1500 – 2000 Mhz. Jika diketahui L_p di *cell center* = 128,5 dBm, L_p di *cell edge* = 133,27 dBm, f= 1800 Mhz, h_T = 30 meter, h_r = 1,6 meter, CM untuk *dense urban* = 3 dB, dan a(hm) yang didapat dari persamaan

$$a(\text{hm}) = (1,1 \log f - 0,7)h_r - (1,56 \log f - 0,8) \quad [9]$$

Maka didapat faktor koreksi antena sebesar 0,331 sehingga dapat diketahui nilai jari – jari sisi uplink dan downlink dengan persamaan

$$L_p = 46,3 + 33,9 (\log f) - 13,82 \log h_T - a(\text{hm}) + [44,9 - 6,55 \log h_T] \log D + \text{CM} \quad [9]$$

Sehingga didapat nilai jari – jari cell edge 1,5 km dengan alokasi power 300mW dan jari cell *centre* 0,91 km dengan alokasi *power* 100 mW di sisi *downlink* serta didapat nilai jari – jari di sisi *uplink* 4,958 km dengan menggunakan alokasi *power* maksimal sebesar 300mW.

3.3.3 Perhitungan Luas Sel

Perhitungan luas cell untuk antenna 3 sektoral digunakan dengan persamaan

$$L_{\text{cell}} = 1,95 \times 2,6 \times d^2 \quad [9]$$

Maka didapat luas *cell edge* dan luas *cell center* jika d *cell edge* = 0,5 km dan d *cell center* 0,34 km maka L *cell edge* = 1,27 km² dan L *cell center* = 0,586 km².

3.3.4 Perhitungan Jumlah Site

Jumlah *site* akan didapat jika diketahui L *cell edge* = 1,27 km². Dengan menggunakan persamaan

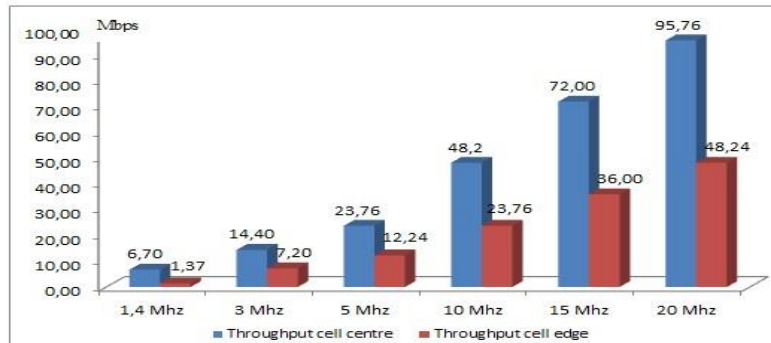
$$\text{Total site} = L_{\text{area}} / L_{\text{site}} \quad [9]$$

Maka didapat jumlah *site* jika L *area* = 499.670 m² adalah 1 *site*.

4. Analisis Pengaruh SFR Pada Perancangan LTE

4.1 Analisa Perencanaan Berdasarkan Capacity Planning

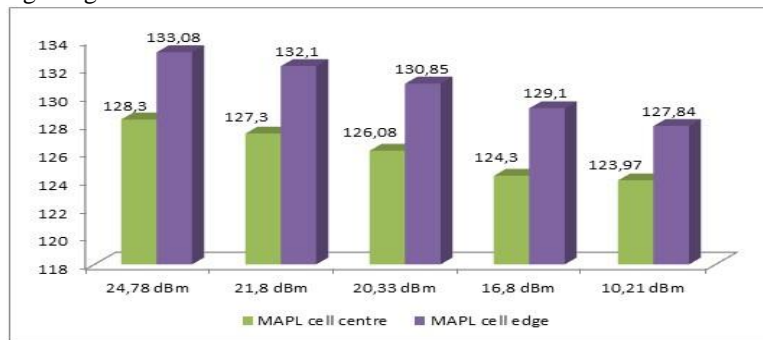
Perancangan berdasarkan *capacity planning* dirancang dari kapasitas trafik yang dibutuhkan pada suatu tempat sehingga diberikan jumlah *site* yang optimal. Dalam perancangan ini dilakukan metode *single user* yang diperhitungkan dari kebutuhan setiap *user* yang berada di dalam area tersebut. Perancangan kapasitas ini menggunakan standard salah satu vendor telekomunikasi di Indonesia yaitu Huawei. Dalam penggunaannya setiap satu eNodeB dapat melayani hingga 7.240 user. Berikut adalah hasil perhitungan kapasitas maksimum pelanggan tiap eNodeB berdasarkan *bandwidth* yang disediakan di sisi *downlink*



Gambar 4.1 Perbandingan *throughput* berdasarkan *bandwidth*

4.2 Analisa Perencanaan berdasarkan coverage planning

Perencanaan berdasarkan *coverage planning* ini dilihat dari kemampuan perangkat dari suatu vendor yang ditunjuk dalam perencanaan ini. Dari *coverage planning* didapat *Maximum Allowable Path Loss* (MAPL) sebuah perangkat yang setelah itu didapat jari – jari sel di *cell edge* dan *cell centre*. Dalam skema SFR pembagian *power* pada *cell edge* tiga kali lebih besar dibandingkan di *cell center* yang menyebabkan nilai *delta pathloss* sebesar 4,77 dB. Oleh karena itu perbedaan *power* pada *cell edge* dan *cell center* mempengaruhi nilai MAPL di sisi *downlink*. Berikut adalah grafik hasil perhitungan MAPL menggunakan model propagasi okumura – hatta bila radius yang diinginkan 490 meter.



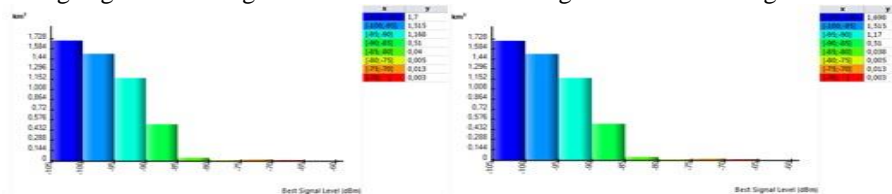
Gambar 4.3 Perbandingan MAPL berdasarkan alokasi power

Dari gambar diatas dapat dilihat nilai MAPL berkurang seiringnya pengalokasian *power* yang semakin kecil. Begitu juga nilai MAPL di *cell edge* selalu lebih besar dibandingkan dengan di *cell center* karena alokasi *power* yang tiga kali lebih besar dibandingkan dengan di *cell center*.

4.3 Analisa Perencanaan LTE dan Pengaruh SFR di Telkom University

4.3.1 Simulasi perbandingan coverage by signal level

. Perbandingan grafik nilai signal level berdasarkan coverage area adalah sebagai berikut :



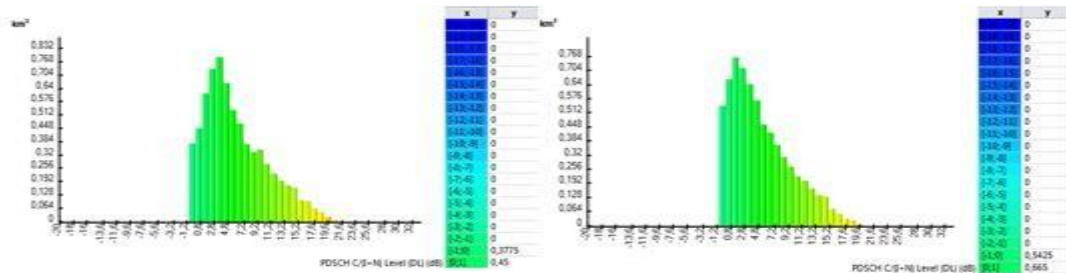
Gambar 4.5 Perbandingan Grafik signal level SFR dan FR 1

Dari hasil simulasi atol 3.2.1 didapatkan nilai rata – rata dari *signal level* di Telkom University menggunakan skema SFR ataupun non- SFR memiliki rata- rata nilai -89,52 dBm. Namun coverage daya signal level mencapai 1,7 km dan *non-SFR* hanya 1,698 km. Yang membuktikan coverage daya signal di SFR lebih jauh 2 meter dibandingkan *non-SFR*.

4.3.2 Simulasi Perbandingan Coverage by Carrier to Interference Noise

Simulasi ini dilihat untuk melihat nilai interferensi yang berbanding dengan nilai *coverage area*. Berikut merupakan gambar perbandingan *coverage area* berdasarkan C/(I+N) menggunakan skema SFR dan FR1 :

Berikut merupakan perbandingan grafik C/(I+N) berdasarkan *coverage area* :

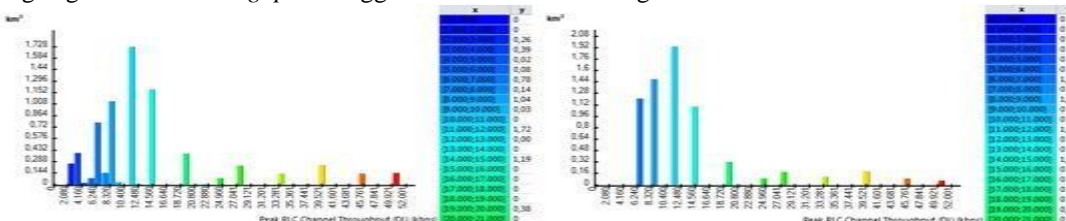


Gambar 4.7 Perbandingan Grafik C/(I+N) SFR dan FR 1

Simulasi Atoll 3.2.1 dapat dilihat nilai rata – rata C(I+N) tiap *area* yang menggunakan skema SFR bernilai 5,92 dB sedangkan dengan menggunakan FR 1 bernilai 5,11 dB lebih kecil dibandingkan dengan skema SFR sehingga dapat dilihat bahwa skema SFR dapat mengurangi nilai interferensi suatu *cell*.

4.3.3 Simulasi Perbandingan Coverage by Throughput

Simulasi ini dilihat untuk melihat nilai *throughput* suatu sel berdasarkan *coverage*. Berikut merupakan perbandingan grafik nilai *throughput* menggunakan skema SFR dengan skema FR 1.

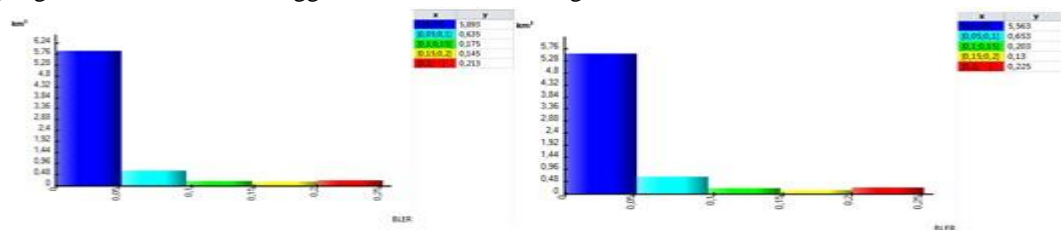


Gambar 4.9 Perbandingan grafik nilai throughput SFR dan FR 1

Simulasi Atoll 3.2.1 menunjukkan bahwa nilai throughput dari SFR bernilai 14.387,18 Kbps sedangkan menggunakan FR 1 bernilai lebih kecil dibandingkan dengan SFR yang bernilai 13.674,01 Kbps yang dapat disimpulkan SFR dapat meningkat nilai throughput sebesar 713 Kbps.

4.4.4 Simulasi Perbandingan Nilai Quality by Coverage

Simulasi ini dilihat untuk melihat nilai kualitas suatu sel berdasarkan *coverage*. Berikut merupakan perbandingan grafik nilai kualitas menggunakan skema SFR dengan skema FR 1.



Gambar 4.11 Perbandingan Grafik Nilai Quality SFR dan FR 1

Simulasi Atoll 3.2.1 menunjukkan bahwa nilai kualitas dari SFR bernilai 0,02 Kbps sedangkan menggunakan FR 1 bernilai lebih kecil dibandingkan dengan SFR yang bernilai 0,03. Sehingga dapat disimpulkan SFR dapat mengurangi nilai BLER sebesar 0,01 sehingga nilai kualitas suatu *cell* di SFR lebih baik dibandingkan dengan FR 1.

5. Kesimpulan dan saran

5.1 Kesimpulan

Dalam perancangan ini didapatkan total site yang dibutuhkan untuk 5 tahun kedepan adalah 1 site. Perancangan ini menggunakan Soft Frequency Reuse (SFR) untuk mendapatkan nilai interference yang lebih baik dan kualitas yang lebih baik dibandingkan perancangan tanpa menggunakan SFR (*frekuensi reuse 1*), namun dengan menggunakan FR 1 nilai throughput lebih besar dibandingkan skema SFR. Kelemahan dari SFR juga meliputi nilai *coverage area* yang lebih kecil karena suatu *power eNodeB* terbagi menjadi 2 *cell* yaitu *cell edge* dan *cell center* sehingga menyebabkan *coverage area* menjadi lebih kecil dibandingkan dengan menggunakan FR 1. Nilai dari *delta pathloss* perencanaan ini 4,77 dB dikarenakan nilai *power cell edge* tiga kali lebih besar dibandingkan *cell center*.

5.2 Saran

Perencanaan ini akan lebih baik bila ditambah dengan *Physical Cell Identity (PCI)* untuk mengurangi nilai interferensi antar *cell* ditambah lagi dengan teknik *aggregation* untuk mendapat nilai *throughput* yang besar pada cel centre karena dalam perencanaan SFR *cell centre* sebenarnya beririsan dengan *cell edge* sehingga bila dipakai teknik *aggregation* nilai *throughput* akan semakin besar bergantung dengan jumlah kanal yang tersedia sehingga dapat memaksimalkan jumlah *throughput*.

DAFTAR PUSTAKA

- [1] Sesia, Stefania dkk. 2009. *LTE : The UMTS Long Term Evolution, From Theory to Practice second edition*. United Kingdom : John Wiley and Sons ltd.
- [2] Toskala, Antti, dan Holma, Harri. 2009. *LTE for UMTS OFDMA and SC-FDMA for Radio Access*. United Kingdom : John Wiley and Sons ltd.
- [3] Uke, Galuh dkk. 2013. *Fundamental Teknologi Seluler LTE*. Rekayasa Sains, Indonesia.
- [4] Lazhar dan Hakim. 2012. ITU/DBT Arab Regional Workshop 4G Wirelees Systems LTE Technology : Tunisia.
- [5] <https://mapsengine.google.com/map/viewer?mid=zVRZheqQ3k98.kSVHLKuljXVg>
- [6] Sistem Informasi Telkom University. 2015
- [7] Pelayanan Sumber Daya Manusia Telkom University. 2015
- [8] Huawei Technologies Co. Ltd..2010.*LTE Radio Network Capacity Dimensioning*.
- [9] Huawei Technologies Co.Ltd..2010.*LTE Radio Network Coverage Dimensioning*
- [10] *Planning application Atoll version 3.2.1*
- [11] Slide mata kuliah siskomir 2014 Telkom University
- [12] Qubati, Mahdi dkk. 2014. *LTE Network Planning and Optimization*, Taiz University of Faculty Engineering and IT Communication Department
- [13] Logistik Telkom University