

## ANALISA INTERFERENCE COORDINATION MENGGUNAKAN SOFT FREQUENCY REUSE (SFR) PADA CELLULAR HETEROGENEOUS NETWORK

### ANALYSIS INTERFERENCE COORDINATION USING SOFT FREQUENCY REUSE (SFR) ON CELLULAR HETEROGENEOUS NETWORK

Lydia Desta Monika<sup>1</sup>, Uke Kurniawan Usman<sup>2</sup>, Hurianti Vidyaningtyas<sup>3</sup>

<sup>1,2,3</sup> Prodi S1 Teknik Telekomunikasi, Fakultas Teknik Elektro, Universitas Telkom

[lydiadesta@student.telkomuniversity.ac.id](mailto:lydiadesta@student.telkomuniversity.ac.id), [ukeusman@telkomuniversity.ac.id](mailto:ukeusman@telkomuniversity.ac.id),

[huriantividya@telkomuniversity.ac.id](mailto:huriantividya@telkomuniversity.ac.id)

#### Abstrak

Pertumbuhan penggunaan seluler semakin berkembang, semua menginginkan terhubung dengan internet, permintaan terhadap kapasitas user yang meningkat dan area cakupan luas. Diperkenalkan *Heterogeneous Network* (HetNet) yang mengkombinasikan *macro cell* dengan *small cel* yang menggunakan daya transmisi rendah. Penggunaan HetNet dapat menyebabkan interferensi yang dapat menurunkan kualitas sinyal terima. Interferensi yang terjadi pada HetNet yaitu *Co-tier interference* dan *Cross tier interference*. Untuk menanggulangi interferensi dapat menggunakan *interference coordination*, salah satu metode yang digunakan yaitu Soft Frequency Reuse (SFR) yang memiliki ciri khas membagi daerahnya menjadi dua, yaitu *cell center* dan *cell edge*. Pada penelitian ini digunakan alokasi daya dan *subcarrier* untuk *user*. Hasil simulasi yang didapatkan untuk nilai SINR dan *throughput* pada *Heterogeneous Network* dengan menggunakan metode SFR mengalami peningkatan. Rata-rata nilai SINR yang diperoleh adalah sebesar 13,067 dB dan untuk nilai *throughput* memiliki nilai rata - rata sebesar 17,951 Mbps. Dibandingkan dengan user yang tidak menggunakan *femto cell* memiliki nilai rata- rata yang lebih rendah yaitu 7,548 dB untuk SINR dan 8,958 Mbps untuk nilai *throughput*. User yang berada di *cell edge* mendapatkan kualitas sinyal yang lebih baik.

Kata kunci : *Heterogeneous Network, SFR, SINR, throughput, interferensi*

#### Abstract

Increased cellular usage is increasing, all needs are connected to the internet, demand for user capacity is increasing and areas are expanding. Introduced heterogeneous network (HetNet) which combines macro cells with small cells. Using HetNet can cause interference that can reduce the quality of the received signal. Interference that occurs in HetNet is Co-tier and Cross-tier interference. To overcome interference can use interference coordination, one of the methods used is Soft Frequency Reuse (SFR) which has the characteristic of dividing its area into two, namely the cell center and the cell edge. In this simulation the power and subcarrier allocations are used to the user. Simulation results obtained for the value of SINR and throughput on heterogeneous networks using the SFR method increase the increase. The average value of SINR obtained is 13,067 dB and for the value of throughput has an average value of 17,951 Mbps. Compared to users who do not use femto cells, they have a lower average value of 7.548 dB for SINR and 8.958 Mbps for throughput. Users on the edge of the cell get better signal quality.

Keywords: *Heterogeneous Network, SFR, Interference, SINR, Throughput*

#### 1. Pendahuluan

Pertumbuhan penduduk dari tahun ke tahun mengalami peningkatan yang sangat pesat terutama pada daerah perkotaan yang diimbangi dengan kemajuan teknologi terutama dalam bidang telekomunikasi. Dimana setiap orang menginginkan semua perangkat *mobile* terhubung dengan internet. Hal tersebut mengakibatkan meningkatnya jumlah pengguna dan permintaan terhadap kualitas yang lebih baik dalam layanan, oleh karena itu diperlukannya *coverage* dan *capacity* untuk memenuhi kebutuhan konsumen di masa depan.

Heterogeneous Network (HetNet) merupakan solusi untuk memenuhi kebutuhan dan layanan. HetNet merupakan suatu jaringan yang mengkombinasikan *macro cell* dengan *small cell* yang menggunakan daya rendah. *Small cell* digunakan untuk meningkatkan *coverage* dan *capacity* di jaringan seluler dan dapat diterapkan diberbagai tempat, seperti di dalam gedung, di daerah metropolitan ataupun daerah rural [1].

Dengan HetNet permasalahan *coverage* dan *capacity* dapat terselesaikan. Akan tetapi muncul satu masalah lagi yaitu interferensi yang di timbulkan akibat penggunaan kanal frekuensi yang saling berdekatan atau penggunaan frekuensi yang sama. Untuk mengurangi masalah interferensi dapat dilakukan dengan menggunakan teknik *interference coordination* untuk memberi layanan yang baik.

Penelitian yang pernah dilakukan sebelumnya. Pada [2] telah dilakukan analisa dan simulasi menggunakan metode Soft Frequency Reuse menggunakan parameter SINR dan *throughput* pada penelitian tersebut hanya memperhitungkan interferensi antar *femto cell*. Jenis cell yang digunakan adalah homogen. Hasil penelitian tersebut didapatkan peningkatan nilai SINR pada *cell edge*.

Pada tugas akhir ini melanjutkan penelitian sebelumnya menggunakan metode Soft Frequency Reuse pada *Heterogeneous Network* menggunakan *macro cell* dan *femto cell* sebagai *small cell*. Pada *macro cell* dilakukan alokasi subcarrier dan daya sesuai dengan daerahnya. *Major Subcarrier* dan *Pminor* digunakan untuk *cell center* serta *minor subcarrier* dan *Pmajor* digunakan untuk *cell edge*. Sedangkan pada *femto cell* menggunakan *sharring resource allocation* untuk *subcarrier* dan menggunakan daya *Pfemto*. Parameter yang digunakan pada penelitian ini adalah SINR dan *throughput*.

## 2. Dasar Teori

### 2.1 Heterogeneous Network

Heterogeneous Network atau yang sering disebut dengan HetNet adalah suatu jaringan yang mengkombinasikan antara *macro cell* dengan *small cell* seperti *femto cell*, *pico cell*, *relay*, dll yang bertransmisi menggunakan daya yang rendah [1]. Penggunaan HetNet merupakan serangkaian teknologi dengan kemampuan yang memberikan kapasitas sistem yang besar [3]. Perancangan *small cell* dapat menggunakan frekuensi yang sama ataupun berbeda dengan *macro cell*. Jika *small cell* menggunakan frekuensi yang berbeda dengan *macro cell* maka frekuensi yang digunakan memiliki daya yang lebih besar untuk memberikan data *rate* tinggi tanpa memberikan efek berupa interferensi. Sedangkan jika *small cell* menggunakan frekuensi carrier yang sama dengan *macro cell* maka dapat menyebabkan interferensi yang tinggi pada user yang berada pada *small cell*, sehingga *interference coordination* perlu diperhatikan [4].

### 2.2 Interferensi jaringan seluler

Interferensi adalah suatu gangguan yang terjadi pada proses penstransmisian sinyal karena adanya penggunaan frekuensi atau frekuensi yang berdekatan dengan sinyal lain. Inter cell Interferensi merupakan interferensi yang sering terjadi di HetNet, inter cell interferensi dibagi menjadi dua, yaitu:

- Co-tier interference, merupakan interferensi antar femto cell yang letaknya berdekatan [5] yang menggunakan frekuensi yang sama. Untuk menghindari co tier antar *femto cell* yang bertetangga, maka dapat dilakukan dengan pembagian bandwidth menjadi dua daerah, satu untuk *user* yang berada di *cell center* dengan daya transmisi rendah dan satu lagi untuk *user* yang berada di *cell edge* dengan daya transmisi lebih tinggi [1].
- Cross tier interference, interferensi yang terjadi akibat penggunaan BW frekuensi yang sama tetapi berbeda elemen seperti *macro cell user* dengan femto Base Station (FBS) atau antara *femto user* dengan *macro Base Station* (MBS) [1]. Kinerja dari *femto cell* menjadi buruk karena terjadi interferensi yang diakibatkan oleh macro cell karena menggunakan daya yang lebih besar [6].

### 2.3 Physical Resource Block (PRB)

Physical Resource Blocks disingkat dengan PRB merupakan bagian dari bandwidth yang memiliki ukuran paling kecil yang dialokasikan untuk setiap cell [5]. Spektrum frekuensi yang digunakan pada LTE merupakan gabungan dari resource block yang terdiri dari 12 subcarrier dengan lebar frekuensi 15kHz, bandwidth total untuk satu PRB adalah 180kHz [7]. Dalam Satu RB memiliki 84RE (Resource Element) dan memiliki panjang cyclic prefix normal, dimana untuk 1 subcarrier memiliki 7 RE. Resource block subcarrier memiliki lebar bandwidth 0.5ms untuk satu slot [7].

## 2.4 Frequency Reuse

*Frekuensi reuse* adalah skema pengulangan frekuensi yang sama pada sel lain pada sistem komunikasi seluler. Hal yang mendasari penggunaan frekuensi reuse adalah penghematan penggunaan sumber frekuensi untuk memperluas daerah cakupan implementasi jaringan. Penggunaan frekuensi reuse akan digunakan untuk menentukan performansi jaringan dari kualitas sinyal, cakupan serta kapasitas sel. *Frekuensi reuse* faktor adalah faktor pengulangan frekuensi yang sama pada sel lain. Faktor *frekuensi reuse* berilai besar maka kinerja jaringan akan semakin baik sehingga nilai interferensinya kecil, akan tetapi nilai kapasitas sel yang dapat dilayani dalam 1 eNB akan sangat kecil [14].

## 2.5 Interference Coordination

Skema *Interference Coordination* adalah teknik mengurangi interferensi berdasarkan pengaturan sumber radio yaitu daya pancar dan frekuensi baik pada arah downlink (eNodeB ke UE) dan arah uplink (UE ke eNodeB) pada seluruh jaringan sehingga yang dialami oleh pengguna dapat berkurang dan akibatnya SINR yang dialami pengguna meningkat. Contoh skema interference coordination adalah frekuensi reuse [8]. Frekuensi reuse yang digunakan pada HetNet diantaranya:

- *Frequency Reuse*, atau yang sering disebut dengan FR1 adalah teknik manajemen interferensi dalam setiap selnya menggunakan frekuensi yang sama dari band frekuensi yang disediakan. *Frekuensi reuse 1* dapat digunakan pada *cell center*. Kelebihan dari FR1 yaitu efisiensi spektrum frekuensi yang tinggi, serta *frekuensi reuse planning* mudah, dan memiliki kapasitas sel yang besar. Akan tetapi FR1 juga memiliki kekurangan diantaranya interferensi di *cell edge* besar, dan performansi jaringan di *cell edge* buruk [8].
- *Frekuensi reuse 3* atau yang sering disebut dengan FR3 adalah setiap sel sektor yang menggunakan 1/3 *bandwidth* atau BW dari total BW frekuensi yang dialokasikan [14]. *Frekuensi reuse 3* digunakan untuk *cell edge* untuk mengurangi interferensi[8]. *Frekuensi reuse 3* memiliki kelebihan dan kekurangan. Kelebihan dari FR3 adalah memiliki *intercell interference* yang kecil, performansi di *cell edge* bagus dan kualitas sinyal terima bagus. Akan tetapi FR3 juga memiliki kekurangan, diantaranya kapasitas sel kecil dan BW yang tersedia banyak yang tidak digunakan pada setiap sektor.
- *Soft Frequency Reuse* atau SFR adalah skema frekuensi reuse dimana area cakupan dibagi menjadi 2 area, yaitu *cell edge* dan *cell center*. Pembagian *subcarrier* untuk skema SFR ini dikelompokkan menjadi *major subcarrier* dan *minor subcarrier*. *Major subcarrier* digunakan oleh *user* yang berada pada *cell center* dan *Cell edge*, dan untuk *minor subcarrier* hanya digunakan untuk *cell center*. Alokasi daya untuk *cell center* menggunakan  $P_{minor}$  dan untuk *cell edge* digunakan daya  $P_{major}$ . Daya untuk  $P_{major}$  lebih besar dari pada  $P_{minor}$  untuk mendukung kinerja *user*. Pada algoritma SFR menggunakan dua tahap, yaitu *initial allocation* dan *resource adjustment*.

## 2.6 Path Loss

Path loss atau dengan kata lain adalah redaman lintasan adalah *loss* atau redaman yang terjadi akibat media komunikasi yang digunakan dalam proses komunikasi. *Path loss* dapat disebabkan karena *shadowing*, *refraction*, *scattering*. *Path loss* untuk *macro cell* yang berada di area *outdoor* dan *femto cell* digunakan untuk area *outdoor* maka model *path loss* yang digunakan model Cost-231 menggunakan rumus seperti dibawah ini :

$$Lu = 46,3 + 33,9(\log_{10}(fc)) - 13,82\log_{10}(ht) - a(hr) + (44,9 - 6,55\log_{10}(ht))\log_{10}(d) + CM \quad (1)$$

Dengan nilai  $a(hr)$  sebagai berikut :

$$a(hr) = 3.2 (\log_{10}(11,75hr))^2 - 4,97 \quad (2)$$

Dimana  $fc$  merupakan frekuensi kerja yang digunakan;  $ht$  adalah tinggi antena transmit;  $a(hr)$  merupakan faktor koreksi;  $d$  merupakan jarak antara *user* dengan antena pemancar; dan  $hr$  adalah tinggi antena UE.

### 2.7 Signal to Interference Noise Ratio (SINR)

SINR adalah perbandingan antara daya terima oleh *user* dibandingkan dengan total nilai interferensi. Nilai SINR [15] dapat digunakan rumus sebagai berikut :

$$SINR = \frac{p \cdot g}{\sum P_j \cdot g_j + N} \quad (3)$$

Dimana  $s$  adalah sinyal terima;  $P$  merupakan daya terima *user*;  $g$  merupakan gain user;  $P_j$  merupakan daya yang digunakan oleh *user* tetangga;  $g_j$  merupakan gain yang digunakan oleh *user* tetangga;  $N$  merupakan noise thermal.

### 2.8 Throughput

Throughput adalah besarnya kecepatan data yang digunakan untuk proses tran- sfer data. besarnya throughput dapat dihitung menggunakan rumus :

$$R = N \cdot B_{sub} \cdot \log \left( 1 + \frac{SINR}{T} \right) \quad (4)$$

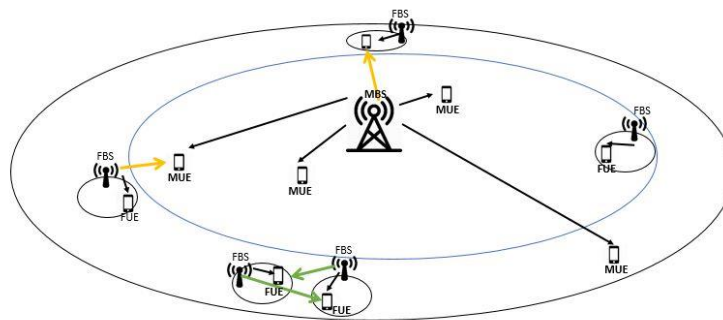
$$T = \frac{-\ln(5xBER)}{1,5} \quad (5)$$

Dimana  $R$  merupakan *throughput* untuk satu *user* ;  $N$  merupakan jumlah *subcarrier*;  $B_{sub}$  merupakan bandwidth yang digunakan; dan  $T$  adalah SINR *gap*.

## 3. Pembahasan

### 3.1 Model Perancangan

Pada penelitian Tugas Akhir ini, simulasi dilakukan pada *Heterogeneous Network* menggunakan satu *macro cell* dan beberapa *femto cell* yang diletakan secara acak di *cell edge* dan *cell center* untuk area *outdoor*. *Cell center* memiliki cakupan yang lebih besar dibandingkan dengan *cell edge*. Penyebaran *femto cell* lebih banyak pada daerah *cell edge* karena rentang terhadap interferensi, tujuan penggunaan *femto cell* untuk meningkatkan performansi *user*.



Gambar 1. Model Perencanaan

Pada *macro cell* mengalokasikan set *subcarrier* berdasarkan dengan daerah selnya, dimana pada *cell center* digunakan set *subcarrier minor* dan pada *cell edge* digunakan set *subcarrier major*. Untuk alokasi daya digunakan daya rendah untuk *cell center* sedangkan pada *cell edge* digunakan daya tinggi karena rentang terhadap interferensi. *Femto cell* menggunakan *sharring resource allocation* dari *macro cell* sesuai dengan letak daerah dan daya yang dipakai sebesar  $P_{femto}$ . Simulasi menggunakan algoritma SFR untuk pengujian.

Setiap user mendapatkan interferensi yang berbeda dari posisi user di *cell edge* atau *cell center*, interferensi dapat ditimbulkan karena penggunaan *subcarrier* yang sama, jika *macro cell user*

mendapatkan interferensi dari *femto cell* disebut interferensi Cross tier, dan femto user mendapatkan interferensi dari femto cell yang berdekatan disebut interferensi Co tier.

**3.2 Parameter Simulasi**

Pada simulasi dilakukan pengamatan pada *macro cell user* dan *femto cell user*. Pada *macro cell* menggunakan alokasi *subcarrier* serta daya pancar sesuai dengan algoritma SFR untuk simulasi. Untuk mendapatkan hasil simulasi maka diperlukan parameter sebagai batasan pada simulasi. Parameter yang digunakan untuk simulasi dapat dilihat pada Tabel 1.

Tabel 1. Parameter Simulasi

Parameter	Macro cell	Femto cell
Jumlah Cell	1	5/macro
Radius	500 Meter	30 Meter
Daya Transmit	43 dBm	20 dBm
Bandwidth	20 MHz	5 Mhz/ Macro
Jumlah User	12	
Frekuensi Carrier	1800 MHz	
Jumlah PRB	100	
Bandwidth Subcarrier	15 kHz	
Bandwidth PRB	180 kHz	
Data Rate Target	500 kbps	
Noise Thermal	-174 dBm/Hz	
Tinggi antena BS	35 m	
Tinggi antena US	1,5 m	

**3.3 Diagram Alir Perencanaan**



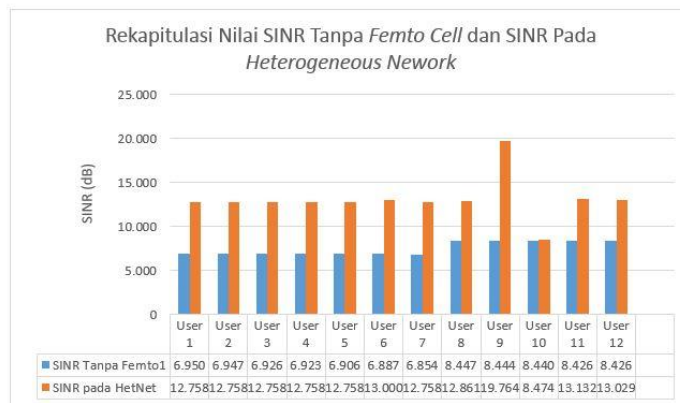
Gambar 2. Diagram Alir Perencanaan

**3.4 Hasil Simulasi**

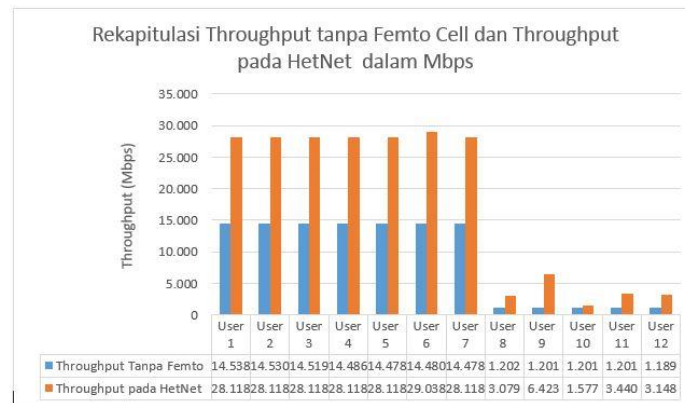
Pada bagian dijelaskan hasil simulasi untuk setiap parameter yang telah dilakukan. Pada Tabel 2 merupakan hasil simulasi pada Heterogeneous Network dan simulasi yang tidak menggunakan femto cell. Dapat dilihat rata – rata nilai SINR dan throughput yang mengalami peningkatan untuk user yang menggunakan HetNet, karena penggunaan subcarrier yang berbeda untuk setiap user sehingga intererensi yang didapatkan rendah.

**Tabel 2. Rekapitulasi Hasil Simulasi**

User	SINR Tanpa Femto (dB)	Throughput Tanpa Femto (Mbps)	SINR pada HetNet (dB)	Throughput HetNet (Mbps)	Keterangan
1	6,9503	14,538	12,758	28,118	
2	6,9475	14,530	12,758	28,118	
3	6,9261	14,519	12,758	28,118	
4	6,9239	14,486	12,758	28,118	
5	6,9065	14,478	12,758	28,118	
6	6,8877	14,480	13,000	29,038	Femto User
7	6,8544	14,478	12,758	28,118	Femto User
8	8,4477	1,202	12,861	3,079	
9	8,4444	1,201	19,764	6,423	Femto User
10	8,4400	1,201	8,474	1,577	
11	8,4267	1,201	13,132	3,440	Femto User
12	84,262	1,189	13,029	3,148	Femto User
<b>Rata - Rata</b>	<b>7,548</b>	<b>8,958</b>	<b>13,067</b>	<b>17,951</b>	



Gambar 3. Rekapitulasi nilai SINR



Gambar 4. Rekapitulasi nilai *throughput*

Rata – rata nilai SINR sebelum menggunakan *femto cell* didapatkan pada *range* 6,8544 dB s/d 8,4477 dB, dan nilai rata – rata *throughput* adalah 8,9558 Mbps. Nilai *throughput* tanpa menggunakan *femto cell* didapatkan nilai tertinggi yaitu 14,480 Mbps, peningkatan nilai *throughput* dan SINR diakibatkan karena *inetrference coordination* yang menggunakan metode *soft frequency reuse* (SFR). User yang menggunakan HetNet menunjukkan peningkatan di semua *user* yang dapat dilihat pada Tabel 2. Untuk nilai yang diberi warna oren adalah *user* yang terhubung dengan *femto cell* yang menggunakan daya sebesar 30 dBm dengan area cakupan 30 meter. Nilai SINR tertinggi pada HetNet didapatkan oleh *user* 6 dengan nilai 13,00 dB dan nilai *throughput* tertinggi didapatkan oleh *user* 6 yaitu 29,038 Mbps. Hal tersebut terjadi karena penggunaan *sharring resource allocation* pada *femto cell*. Peningkatan nilai SINR karena *subcarrier* yang digunakan oleh *user* mendapatkan alokasi yang besar dan daya yang tinggi karena terletak pada *cell center*.

#### 4. Kesimpulan

Dari hasil simulasi dan analisa yang telah dilakukan maka dapat ditarik kesimpulan bahwa penggunaan HetNet meningkatkan sinyal terima dan *throughput* dengan rata – rata nilai yang diperoleh adalah 13,067 dB untuk SINR dan 17,951 Mbps untuk *throughput*. Dibandingkan dengan *user* yang tidak menggunakan *femto cell* didapatkan nilai SINR dan *throughput* sebesar 7,548 dB dan 8,958 Mbps. Penggunaan *femto cell* dengan daya 30 dBm dapat meningkatkan kualitas sinyal terima untuk area *outdoor*. Penggunaan SFR juga dapat meminimalisir terjadinya interferensi dengan ditunjukkan nilai SINR yang didapatkan masing – masing *user*.

#### Daftar Pustaka:

- [1] G. Giambene, V. A. Le, T. Bourgeau, and H. Chaouchi, “Soft frequency reuse schemes for heterogeneous LTE systems,” *IEEE Int. Conf. Commun.*, vol. 2015-September, no. I, pp. 3161–3166, 2015.
- [2] P. Wimadatu, U. K. Usman, and L. Meylani, “SIMULASI DAN ANALISIS MANAJEMEN INTERFERENSI PADA LTE,” no. I, pp. 1–7, 2017.
- [3] R. Q. Hu and Y. Qian, *Heterogeneous Cellular Networks*. 2013.
- [4] M. Stefania, T. Issam and B, “LTE, the UMTS long term evolution: from theory to practice,” 2009.
- [5] S. Mishra and C. S. R. Murthy, “An efficient location aware distributed physical resource block assignment for dense closed access femtocell networks,” *Comput. Networks*, vol. 94, pp. 164–175, 2016.
- [6] K. Hsiu, Lang Wang and shang, Juh, “Complete interference solution with MWSC eration for OFDMA macro/femtocell hierarchical networks,” vol. 3, no. 2, pp. 1595–1602, 2011.
- [7] P. J, S, and P, B, Erik Dahlman and Stefan, “3G EVOLUTION: HSPA AND LTE FOR MO-BILE BROADBAND,” 2007.
- [8] U. K. Usman, “Fundamental Teknologi Seluler LTE,” 2012.