

## BAB 2

### DASAR TEORI

#### 2.1 KAJIAN PUSTAKA

**Tabel 2. 1 Kajian Pustaka**

Tahun Publikasi	Metode	Hasil
2014	<i>Peletakkan Relay node</i>	<ol style="list-style-type: none"> <li>1. Identifikasi kepadatan pengguna dan kepadatan trafik.</li> <li>2. Tentukan cakupan dan kapasitas <i>Relay node</i>.</li> <li>3. Perhitungan <i>trafik offload</i> pada lokasi</li> <li>4. Penempatan <i>Relay node</i> sekecil mungkin berpotensi mendapat gangguan RF</li> </ol>
2012	<i>Cell Range Extention dan TDM ICIC</i>	<ol style="list-style-type: none"> <li>1. Dengan menerapkan <i>Cell Range Extention</i> pada <i>Relay node</i>, <i>Cell Range Extention</i> memungkinkan untuk mengalihkan <i>UE</i> dari <i>Macro Cell</i> menuju <i>Relay node</i>.</li> </ol>
2013	<i>Frequency-Domain Muting schemes for Interference co-ordination in LTE Heterogeneous networks</i>	<ol style="list-style-type: none"> <li>1. FDM ICIC digunakan untuk mengatasi adanya interferensi antara <i>Macro Cell</i> dan <i>Relay node</i>.</li> </ol>

Pada tahun 2014, Jean Jones, Nokia, yang berjudul ” *4 Ideas for Smarter Relay node Placement* ” meneliti tentang konsep penempatan *relay node* untuk jaringan seluler. Cara yang digunakan untuk menentukan penempatan *macro cell* tidak akan berhasil jika digunakan untuk penempatan *relay node*. Sehingga ditemukan cara untuk menentukan penempatan *relay node* secara optimal, cepat, dan efisien. Hasilnya penempatan *relay node* yang tepat akan memberikan layanan yang tidak bisa diberikan oleh *macro cell*.

Pada tahun 2012, Shoji Kaneko, Takashi Matsunaka, dan Yoji Kishi dengan penelitiannya yang berjudul ” *A Cell-Planning Model for HetNet with CRE and TDM-ICIC in LTE-Advanced* ” membahas mengenai penerapan *Cell Range Extension* pada *LTE Advanced*. Dengan menetapkan nilai bias pada *relay node* ke nilai yang lebih tinggi dari nilai bias pada *macro cell*, hal ini memungkinkan perpindahan *ue* dari *macro cell* ke *relay node*.

Sedangkan pada tahun 2013, Arulselvan Naveen pada tahun 2013 dengan penelitiannya berjudul ” *Time-Domain and Frequency-Domain Muting schemes for Interference co-ordination in LTE Heterogeneous networks* ” membahas tentang penerapan *FDM ICIC*. Penerapan ini bertujuan agar *macro cell* tidak menginterferensi *relay node*.

## **2.2 DASAR TEORI**

### **2.3 LTE**

*LTE* atau *Long Term Evolution* adalah pengembangan teknologi *3GPP* generasi ke – 4. *LTE* adalah bagian akses dari *Evolved Packet System*. Kelebihan utama dari teknologi ini adalah efisiensi spektrum yang tinggi, kecepatan pengiriman data yang tinggi, serta fleksibilitas dalam *frekuensi* dan *bandwidth* [5].

Standardisasi *LTE-Advanced* dalam spesifikasi *3GPP release 10* dirancang untuk memenuhi persyaratan *4G* sebagai *IMT*. Peningkatan yang ada fitur *LTE release 10* adalah mengurangi interferensi dalam *cell*, dan efisiensi penggunaan *heterogeneous networks*. [6]. Tabel 2.2 menunjukkan spesifikasi dari teknologi *LTE*.

**Tabel 2. 2 Spesifikasi LTE [7]**

Parameter	Uplink	Downlink
Peak data rate	75 Mbps	150 Mbps
Transmission bandwidth	20 MHz	20 MHz
Multiple access scheme	SC-FDMA	OFDMA
Duplex	FDD & TDD	
Mobility	Target: up to 350 km/h	
Modulation	QPSK, 16-QAM, 64-QAM(optional)	QPSK, 16-QAM, 64-QAM
Advanced support antenna	1x2, 1x4, 2x2, 2x4	2x2, 2x4, 4x2, 4x4

## 2.4 HETEROGENEOUS NETWORKS

*Heterogeneous networks* adalah gabungan jaringan dari berbagai teknologi akses dan tipe *cell* yang saling membantu satu sama lain untuk memberi layanan yang lebih baik ke pengguna [1]. Tujuan utama dalam penggunaan *heterogeneous networks* adalah untuk meningkatkan kapasitas dan cakupan jaringan. *Macro cell* masih diperlukan untuk menyediakan cakupan umum, dan konektivitas untuk pengguna di daerah terpencil atau pengguna yang ada di dalam kendaraan yang bergerak cepat di mana proses *handover* tidak diinginkan terlalu banyak terjadi. Berbeda dengan penggunaan *small cell* yang dibutuhkan di daerah perkotaan yang padat akan bangunan dan membutuhkan kecepatan data yang tinggi.

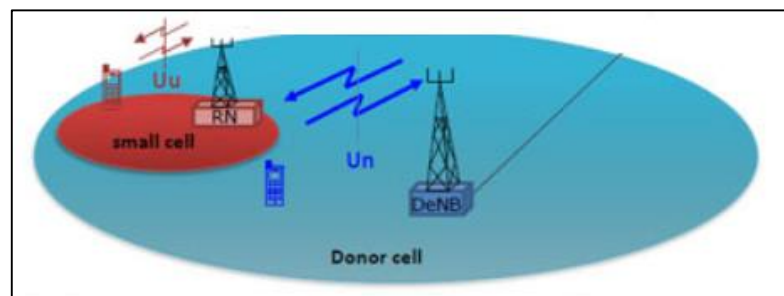
Untuk Implementasi *heterogeneous networks* terdapat 3 macam nodes, yaitu *Home eNodeB(HeNB)*, *Relay node (RN)*, *RRHs (Remote Radio Head)*.

### 2.4.1 Home eNodeB(HeNB) [1]

*Home eNodeB(HeNB)* adalah *eNodeB* berdaya rendah yang digunakan untuk menyediakan cakupan dalam ruangan. *HeNB* berdiri sendiri tanpa adanya koordinasi dengan *macro cell*. Penggunaan *HeNB* akan menimbulkan gangguan atau interferensi jika frekuensi yang digunakan oleh *HeNB* untuk grup *user* tertutup sama dengan frekuensi yang digunakan oleh *macro cell*.

### 2.4.2 RELAY NODE (RN) [1]

Gambar 2.1 menunjukkan *relay node* terhubung dengan *macro cell* atau *donor cell* melalui *interface Un*. *Relay node* adalah *base station* berdaya rendah pada *LTE release 10*. *Relay node* memberi jangkauan dan kapasitas yang lebih di tepi *cell* dan area padat trafik. Oleh karena itu, sumber daya radio terbagi untuk pengguna yang mendapat layanan langsung dari *donor eNodeB* dan *relay node*. Dari sudut pandang pengguna di tepi *cell* dan area padat trafik yang terdapat *relay node*, *relay node* akan bertindak sebagai *cell dominan*. Dari sudut pandang *donor eNodeB*, *relay node* akan dianggap seperti pengguna.



**Gambar 2. 1 Relay node (RN) [1]**

#### 2.4.3 RRHs (Remote Radio Head) [1]

*RRHs (Remote Radio Head)* adalah solusi alternative untuk *eNodeB* yang komponennya tidak bisa diletakkan diatas tanah. Komponen radio pada *eNodeB* tipe ini terletak diatas menara dekat antenna. Unit radio pada *eNodeB* ini terpisah namun terintegrasi, sehingga disebut unit radio jarak jauh. *RRHs* umumnya digunakan untuk memperluas jangkauan sistem di daerah pedesaan terpencil.

#### 2.5 COVERAGE PLANNING [8]

*Coverage planning* adalah metode perencanaan jaringan *celluler* untuk memastikan *base station* memberikan layanan ke seluruh wilayah. *Coverage planning* memperhitungkan redaman sinyal di sepanjang jalur sinyal baik di sisi *uplink* maupun *downlink*. Redaman dan penguatan sinyal dapat dilihat dalam *link budget*. *Link Budget* ini dihitung dengan menggunakan rumus model propagasi dan menghasilkan nilai *Maximum Allowable Path Loss*.

Perencanaan jaringan menggunakan frekuensi 1800 Mhz, maka model propagasi yang digunakan adalah *Cost Hata* [9]. Berikut adalah Persamaan model propagasi *Cost Hata*.

$$L = 46.3 + 33.9 \log f + 13.82 \log h_b - a(hr) + [44.9 - 6.55 \log h_b] \log d + C \quad (2.1)$$

$$a(hr) = (1.1 \log f - 0.7) hr - (1.56 \log f - 0.8) \quad (2.2)$$

Keterangan :

- L = Pathloss
- f = Frekuensi ( Mhz )
- $h_b$  = Tinggi Base station ( m )
- $h_r$  = Tinggi Mobile Station ( m )
- $a(h_r)$  = Faktor koreksi tinggi antena mobile station
- d = jarak antara BS – MS, radius cell

## 2.6 CAPACITY PLANNING [10]

*Capacity planning* adalah metode perencanaan jaringan seluler yang bertujuan untuk mendapatkan jumlah *cell* untuk melayani kebutuhan trafik *user*. Berikut adalah langkah – langkah melakukan Capacity Planning :

### 1. *Forecasting* jumlah *user*.

*Forecasting* berarti meramal proyeksi pertumbuhan *user* seluler untuk beberapa tahun kedepan. Hal ini sangat penting karena berdampak pada keputusan perencanaan suatu jaringan. Dengan adanya *forecasting* dapat dihitung berapa trafik layanan yang perlu disediakan untuk *user*.

### 2. Perhitungan *Network Throughput*.

Perhitungan *network throughput* digunakan untuk mengetahui total *throughput* yang dibutuhkan oleh *user*. Dalam perhitungan digunakan parameter *service model* yang ada pada Tabel 2.3. Parameter yang digunakan berasal dari vendor Huawei karena operator seluler menggunakan perangkat dari vendor tersebut.

**Tabel 2. 3 Service Model**

Traffic	UL	DL
---------	----	----

Parameter	Bearer Rate (Kbps)	PPP Sesion Time (s)	PPP Session Duty Radio	BLER	Bearer Rate (Kbps)	PPP Sesion Time (s)	PPP Session Duty Radio	BLER
VoIP	26.90	80	0.4	1 %	26.90	80	0.4	1 %
Video Phone	62.53	70	1	1 %	62.53	70	1	1 %
Video Conference	62.53	1800	1	1 %	62.53	1800	1	1 %
Real Time Gaming	31.26	1800	0.2	1 %	125.06	1800	0.2	1 %
Streaming Media	31.26	3600	0.05	1 %	250.11	3600	0.95	1 %
IMS Signalling	15.63	7	0.2	1 %	15.63	7	0.2	1 %
Web Browsing	62.53	1800	0.05	1 %	250.11	1800	0.05	1 %
File Transfer	140.69	600	1	1 %	750.34	600	1	1 %
Email	140.69	50	1	1 %	750.34	15	1	1 %
P2P file sharing	250.11	1200	1	1 %	750.34	1200	1	1 %

*Throughput* per session dapat dihitung dengan menggunakan Persamaan:

$$\text{Throughput Session} = \text{Bearer rate} \times \text{PPP Session time} \times \text{PPP Session duty ratio} \times \left[ \frac{1}{1-\text{BLER}} \right] \quad (2.3)$$

*Throughput* per Session : *Throughput* minimal yang harus disediakan jaringan agar kualitas layanan berjalan baik (Kbit)

Bearer Rate : data rate yang harus disediakan oleh service application layer (Kbps)

PPP Session Time : rata-rata durasi pada tiap layanan (s)

PPP Session Duty Ratio : rasio data yang dikirimkan pada tiap sesi

BLER : Block error rate yang diizinkan dalam satu sesi

### 3. Perhitungan *Network Throughput*.

*Single user throughput* dihitung berdasarkan parameter model trafik tiap tipe daerahnya. Perhitungan *single user throughput* juga menggunakan parameter lain yaitu *peak to average ratio*. *Peak to average ratio* adalah asumsi presentase tertinggi kelebihan beban pada suatu jaringan, atau nilai lebih yang ditambahkan untuk mengantisipasi apabila terjadi lonjakan trafik.

**Tabel 2. 4 Model Trafik**

Traffic Parameter	Sub Urban		Urban	
	Traffic Penetration Ratio	BHSA	Traffic Penetration Ratio	BHSA
VoIP	50 %	1	100 %	1.3
Video Phone	10 %	0.1	20 %	0.16
Video Conference	10 %	0.1	15 %	0.15
Real Time Gaming	10 %	0.1	20 %	0.2
Streaming Media	5 %	0.1	15 %	0.15
IMS Signalling	25 %	3	30 %	4
Web Browsing	40 %	0.3	100 %	0.4
File Transfer	20 %	0.2	20 %	0.2
Email	10 %	0.2	10 %	0.3
P2P file sharing	20 %	0.2	20 %	0.3

**Tabel 2. 5 Peak to Average**

Morphology	Dense Urban	Urban	Sub Urban	Rural Area
Peak to Average	40 %	20 %	10 %	0 %

*Single user throughput*

$$= \frac{\Sigma\left(\frac{\text{Throughput}}{\text{Session}}\right) \times \text{BHSA} \times \text{Penetration rate} \times (1 + \text{Peak Average Ratio})}{3600} \quad (2.4)$$

Keterangan :

*BHSA* : *service attempt in busy hour*

*Penetration rate* : penetrasi suatu layanan berdasarkan daerah

*Peak to average ratio* : asumsi presentase tertinggi kelebihan beban pada suatu jaringan

Setelah didapatkan nilai *single user throughput*, dapat dihitung untuk nilai total *throughput* baik disisi *downlink* maupun *uplink* dengan Persamaan :

$$\text{UL Network Throughput (IP)} = \text{Total user number} \times \text{UL Single user throughput} \quad (2.5)$$

$$\text{DL Network Throughput (IP)} = \text{Total user number} \times \text{DL Single user throughput} \quad (2.6)$$

#### 4. Perhitungan *Throughput* tiap *cell relay node*.

Perhitungan *throughput* tiap *cell* dilakukan untuk mengetahui kapasitas uplink dan downlink pada suatu *cell*. Perhitungan perlu melalui beberapa langkah, yaitu menghitung uplink dan downlink pada MAC layer *throughput*, dan menghitung *throughput* tiap *cell*.

Perhitungan uplink dan downlink pada MAC layer *throughput* dapat dilakukan dengan Persamaan :

$$\begin{aligned} \text{UL MAC layer throughput} + \text{CRC} \\ = (168 - 24) \times \text{Code bits} \times \text{Code rate} \times \text{Nrb} \times C \times 1000 \end{aligned} \quad (2.7)$$

$$\begin{aligned} \text{DL MAC layer throughput} + \text{CRC} \\ = (168 - 36 - 12) \times \text{Code bits} \times \text{Code rate} \times \text{Nrb} \times C \times 1000 \end{aligned} \quad (2.8)$$

CRC : 24 : jumlah bit untuk mengecek kesalahan pada pentransmisian data

168 : jumlah resource element (RE) dalam 1 ms

36 : jumlah control channel RE dalam 1 ms

12 : jumlah reference signal RE dalam 1 ms



24 : jumlah reference signal RE dalam 1 ms pada uplink

Code bits : *modulation efficiency*

Code rate : *channel coding rate*

Nrb : jumlah *Resource Block* yang digunakan

C : mode antena *MIMO*

Setelah itu dilakukan perhitungan konversi nilai *throughput* dari *layer MAC* menuju *layer IP*.

$$IP \text{ layer throughput per cell} = MAC \text{ layer throughput} \times 98.04 \% \quad (2.8)$$

#### 5. Perhitungan jumlah *cell* dan *radius cell*

Setelah nilai *network throughput* dan nilai *throughput* tiap *cell* didapat, maka dapat dihitung jumlah *cell* yang dibutuhkan dengan Persamaan :

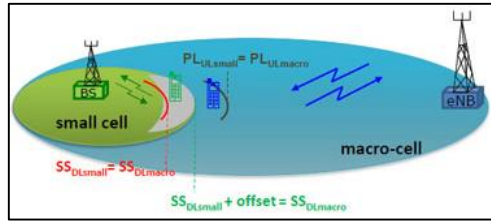
$$\text{Jumlah cell downlink} = \frac{\text{Downlink Network Throughput}}{\text{Throughput tiap cell}} \quad (2.9)$$

$$\text{Jumlah cell uplink} = \frac{\text{Uplink Network Throughput}}{\text{Throughput tiap cell}} \quad (2.10)$$

$$L = 2.6 \times d^2 \quad (2.11)$$

### 2.7 CELL RANGE EXTENSION

Gambar 2.1 menunjukkan *cell range extension*. *Cell range extension* adalah cara untuk menambah luas area cakupan yang diberikan oleh *small cell*. *Cell range extension* dilakukan dengan menggunakan *cell individual offset* pada *small cell* [1]. Dengan *cell range extension* UE akan di arahkan ke sinyal terkuat yang diberikan oleh *small cell*, sehingga akan terjadi pemindahan beban dari *macro cell* menuju *small cell*. Pemindahan UE ke *small cell* terjadi karena penambahan bias pada *RSRP small cell* [11].

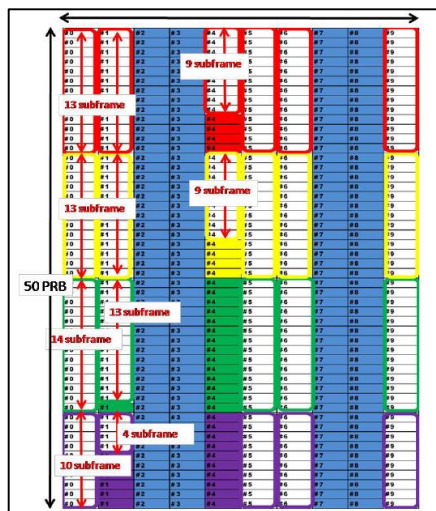


**Gambar 2. 2 Cell Range Extension**

### 2.8 FDM ICIC

ICIC diperkenalkan pada LTE release 8, dimana eNodeB dapat berkomunikasi menggunakan ICIC melalui interface X2 untuk mengurangi gangguan antar cell untuk user yang berada di cell edge. Terdapat pesan X2AP yang memuat informasi dimana eNodeB dapat memberikan informasi kepada eNodeB tetangga tentang level interferensi pada fisik resource block yang dialokasikan kepada user yang ada di cell edge. ENodeB yang menerima pesan ini akan menggunakan informasi yang diterima untuk mengoptimalkan penjadwalan user yang ada di cell edge [1].

Prinsip dasar ICIC berbasis FDM adalah membagi spektrum yang tersedia menjadi beberapa bagian dan sel yang mengganggu akan menggunakan spektrum frekuensi yang berbeda[12]. Skenario ini digunakan untuk mendesain heterogeneous network dan dapat mengurangi interferensi. Macro cell berfungsi untuk penyediaan informasi system dan kontrol signaling, sedangkan small cell berfungsi melayani transmisi data tingkat tinggi lokal. Gambar 2.3 menunjukkan contoh pembagian resource block pada relay node.



**Gambar 2. 3 Contoh pembagian resource block pada relay node [13]**

