

BAB 2

DASAR TEORI

2.1 KAJIAN PUSTAKA

Penelitian LIN Le-xiang, LIU Yuan-an, LIU Fang, XIE Gang, LIU Kai-ming dan GE Xin-yang pada tahun 2012 yang berjudul ” *Resource Scheduling in Downlink LTE-Advanced System with Carrier Aggregation*”. Penelitian ini membahas mengenai pengembangan algoritma *scheduling proportional fair* berdasarkan INS (*independent scheduling*) dan menggunakan *weight factor*. Hasil yang didapat, algoritma yang diusulkan dapat menghasilkan *throughput* yang baik dan memperbaiki *fairness*.

Sedangkan Mohammed Abdul Jawad M. Al-Shibly, Mohamed Hadi Habaebi dan Md. Rafiqul Islam pada tahun 2015 dengan penelitiannya yang berjudul ” *Radio Resource Scheduling in LTE-Advanced System with Carrier Aggregation* ” membahas mengenai penggunaan algoritma *proportional fair* berdasarkan *cross component carrier*. Hasil yang didapat, algoritma yang diusulkan dapat menyeimbangkan *throughput* antara *user* LTE dan *user* LTE-A.

Sedangkan Arfianto Fahmi, Rina Pudji Astuti, Linda Meylani dan Vinsensius Sigit pada tahun 2015 dengan penelitiannya yang berjudul ” *Utilizing Mean Greedy Algorithm using User Grouping for Chunk Allocation in OFDMA Systems with Carrier Aggregation* ” membahas mengenai penggunaan algoritma *mean greedy* dan *user grouping mean greedy* pada sistem OFDMA dengan *carrier aggregation*. Hasil yang didapat bahwa kedua skema mempunyai performa yang hampir sama.

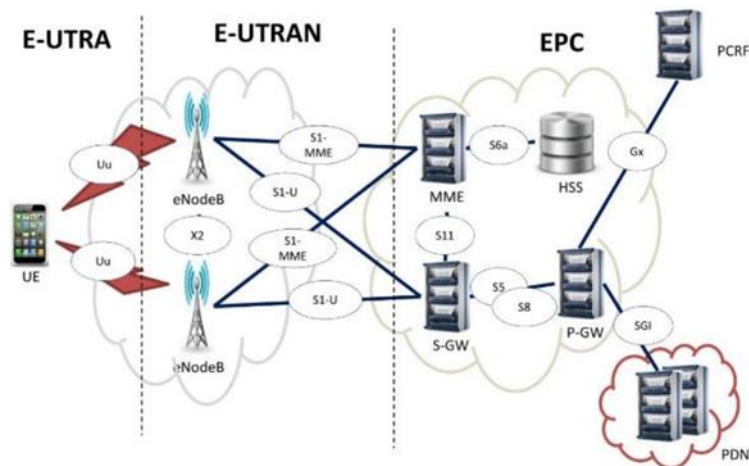
Pada skripsi ini penulis akan menggunakan jenis *scheduling* PF, yang terlebih dahulu mengelompokkan *user* berdasarkan jumlah *carrier* yang bisa dialokasikan pada *user*. Penelitian ini akan diaplikasikan pada *Carrier Aggregation* menggunakan rentang frekuensi yang berbeda yaitu 900 Mhz, 1800 Mhz dan 2300 Mhz. Adapun kelebihan dari algoritma *scheduling* UG-PF yaitu tingkat keadilan pembagian *resource* atau *system fairness* akan lebih baik dari pada algoritma *scheduling* PF.

2.2 DASAR TEORI

2.2.1 LTE-Advanced (LTE-A)

LTE-A merupakan teknologi seluler generasi keempat (4G) karena telah memenuhi kriteria dari *IMT-Advanced*. *LTE-A Release 10* mempunyai fitur baru seperti *Carrier Aggregation (CA)*, kemudian kemampuan menggunakan *Multiple Input Multiple Output (MIMO)* dan *Relay Node*. Semakin meningkatnya kemampuan performansi dari jaringan LTE, dibutuhkan juga perangkat yang mendukung guna memaksimalkan performa jaringan tersebut. Pada awal *LTE Release 8*, terdapat lima kategori *User Equipment (UE)* yang memiliki kemampuan untuk menghasilkan performansi yang maksimal. Setelah *LTE-A Release 10* diluncurkan, 3GPP mengategorikan tiga UE kategori baru dengan peningkatan kemampuan [10].

Arsitektur jaringan LTE terdiri dari 2 bagian, yaitu EPC (*Evolved Packet Core*) dan E-UTRAN (*Evolved UMTS Terrestrial Radio Access Network*). Pada arsitektur jaringan LTE, RNC dan *NodeB* dijadikan satu menjadi eNB. Keuntungan yang didapat karena hanya terdapat satu *node* adalah *latency* yang berkurang [10].



Gambar 2.1 Arsitektur Jaringan pada LTE [10]

Gambar 2.1 merupakan arsitektur jaringan LTE, elemen-elemen dasar pada jaringan LTE yang terdiri dari :

1. *User Equipment (UE)*

UE adalah perangkat yang digunakan *user* untuk bisa terhubung ke jaringan LTE. UE di jaringan LTE tidak jauh berbeda dengan UE jaringan GSM dan UMTS [10].

2. E-ULTRAN

E-UTRAN berfungsi untuk menangani sisi radio akses dari UE ke jaringan *core*. E-UTRAN terdiri dari eNB. eNB merupakan evolusi dari *Radio Access Network* (RAN) dan *Radio Network Controller* (RNC) yang keduanya terdapat di teknologi sebelum LTE. Fungsi eNB yaitu untuk *radio resource management*, mengontrol dan mengawasi pengiriman sinyal dan penerimaan sinyal, lalu berperan dalam autentikasi dan mengatur *scheduling* [10].

3. Evolved Packet Core (EPC)

EPC adalah sistem baru dari evolusi arsitektur komunikasi seluler yaitu sebuah sistem dimana pada bagian *core network* menggunakan *all Internet Protocol* (IP). EPC terdiri dari :

a. Mobility Management Entity (MME)

MME dapat dianalogikan sebagai MSC di jaringan GSM. MME merupakan *element control* utama yang terdapat pada EPC. MME berfungsi untuk menangani *handover* dari MME satu ke MME lain, atau memilih SGSN untuk *handover* dengan jaringan 2G/3G [10].

b. Home Subscriber Server (HSS)

HSS adalah *database* utama yang terdapat pada jaringan LTE. HSS adalah gabungan dari HLR dan Auc. HSS juga mempunyai fungsi untuk menyimpan data permanen dari pelanggan dan menyimpan *master copy* dari data-data pelanggan yg dimana informasi disimpan dari *service* yang dapat dipakai oleh *user* [10].

c. Policy and Charging Rules Function (PCRF)

PCRF menyediakan kebijakan pengaturan dan aliran keputusan untuk pembiayaan/*charging* [10].

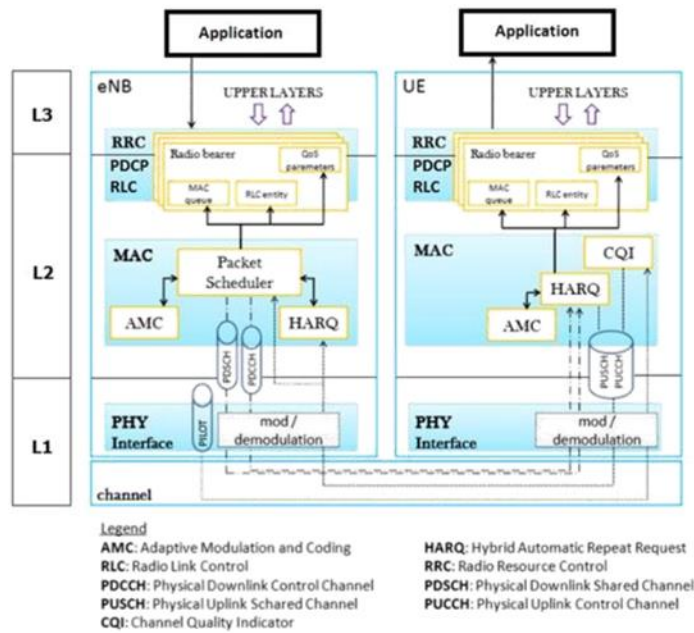
d. Serving Gateway (S-GW)

SGW dibagi menjadi dua bagian, yaitu *3GPP Anchor* dan *SAE Anchor*. *3GPP Anchor* memiliki fungsi sebagai *gateway* paket data yang berasal dari jaringan 3GPP. *SAE Anchor* memiliki fungsi sebagai *gateway* jaringan *non-3GPP* [10].

e. *Packet Data Network Gateway* (PDN-GW)

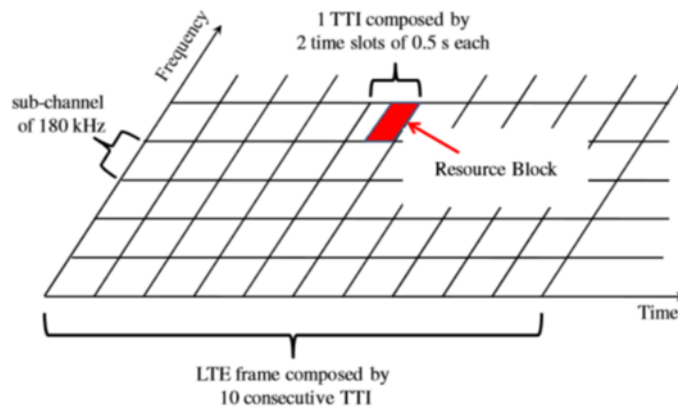
PDN GW berfungsi sebagai penghubung antara teknologi LTE dengan teknologi *non-3GPP* seperti *wifi* dan *wimax*. PDN GW merupakan level tertinggi pada sistem [10].

Hubungan *downlink* antara eNB dan UE adalah hubungan komunikasi yang satu arah, dimana eNB digunakan sebagai pengirim data dan UE sebagai penerima dari paket data. Transmisi data dilakukan melalui proses *layering* pada lapisan protokol LTE [11].



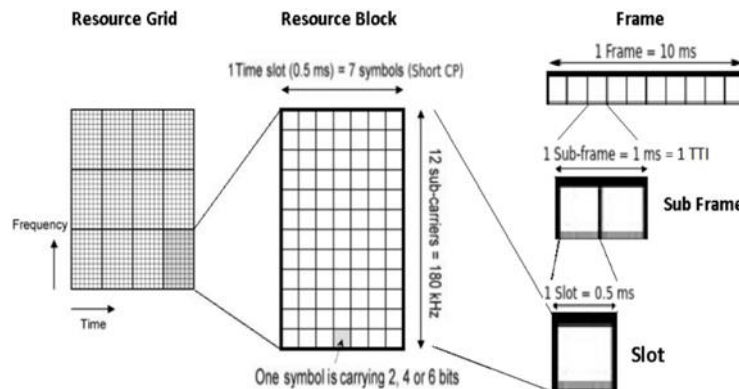
Gambar 2.2 Lapisan protokol *downlink* pada LTE [12]

Gambar 2.2 merupakan lapisan protokol *downlink* pada LTE dimana *downlink* pada LTE menggunakan teknik OFDMA (*Orthogonal Frequency Division Multiple Access*) dalam pengiriman datanya. OFDMA merupakan teknik pengiriman data OFDM yang memungkinkan pengiriman data dapat dikirimkan kepada banyak UE dalam waktu yang bersamaan [12].



Gambar 2.3 Arsitektur *resource grid* [12]

Teknik OFDM menghasilkan kumpulan *sub-channel* dan *frame* yang disebut sebagai *resource grid*, seperti pada gambar 2.3 merupakan arsitektur dari *resource grid*. Satuan frekuensi dalam *resource grid* dapat disebut sebagai *sub-channel* yang bernilai 180 Khz dan satuan waktunya disebut sebagai *frame* yang bernilai 10 ms [12].



Gambar 2.4 Arsitektur *resource block* [12]

Gambar 2.4 adalah gambar dari arsitektur *resource block* yang merupakan bagian dari *resource grid*. *Resource block* sendiri merupakan suatu blok transmisi pada OFDM yang disusun dari *domain* frekuensi dan *domain* waktu. Satu *resource block* terdiri atas 12 *subcarrier* dan 7 simbol OFDM. Setiap 1 *sub-carrier* dan 1 OFDM *symbol* membentuk 1 *resource element* [12].

Pengiriman paket data *flow* membutuhkan pengalokasian sejumlah *resource block*. Jumlah *resource block* yang dibutuhkan dalam pengiriman satu *flow* bergantung

dari ukuran data *flow* tersebut dan nilai CQI dari UE yang akan menerima *flow* tersebut [12]. Jumlah data yang dapat ditransmisikan satu *resource element* sesuai pada teknik modulasi MCS (*Modulation Code Scheme*) yang digunakan. MCS terdiri dari 3 jenis yaitu QPSK (2 bit), 4 QAM (4 bit) dan 16 QAM (16 bit). Jumlah dari *resource block* yang dapat digunakan bergantung pada jumlah *bandwidth* yang tersedia. Pada teknologi LTE pemetaan *bandwidth* terhadap *resource block* dan jumlah *sub carriers* dapat ditunjukkan pada Tabel 2.1.

Tabel 2.1 Pemetaan *bandwidth* terhadap *resource block*

Total Bandwidth	Resource Block	Sub-Carriers
1,4 Mhz	6	72
3 Mhz	15	180
5 Mhz	25	300
10 Mhz	50	600
15 Mhz	75	900
20 Mhz	100	1200

Fungsi eNB sebagai pengelola *radio resource* yaitu dapat melakukan pendistribusian *radio resource* ke dalam setiap *flow* paket data yang akan dikirimkan kepada UE. Pada setiap pengiriman data *flow* membutuhkan pengalokasian *resource block*. Terbatasnya jumlah *resource block* yang dapat dialokasikan kepada setiap *flow* menyebabkan diperlukannya strategi algoritma pengalokasian yang tepat, agar *resource block* dapat digunakan dengan optimal dan UE mendapatkan kualitas layanan yang maksimal. Algoritma pengalokasian *resource block* disebut juga sebagai *packet scheduler*.

2.2.2 Carrier Aggregation (CA)

CA merupakan teknik dimana *carrier* yang sudah ada dapat diagregat atau digabung, sehingga *carrier* agregat tersebut dapat menghasilkan *throughput* yang dapat dimaksimalkan dengan penggabungan *bandwidth* tersebut. Setiap *carrier* yang diagregat berdasarkan *Component Carrier* (CC). CC tersebut memiliki *bandwidth* dari 1,4 Mhz, 3 Mhz , 5 Mhz , 10 Mhz, 15 Mhz atau 20 Mhz. Maksimal hanya 5 CC yang

dapat diagregat, sehingga *bandwidth* maksimal adalah 100 Mhz [1]. Berikut ini terdapat 3 tipe cara agregasi *carrier* :

1. *Intra-Band Contiguous*

Carrier yang diagregasi terletak pada *band* yang sama (misal di *band* 850) disebut dengan *intra band*. Antara CC pertama dan CC kedua letaknya bersebelahan, misal CC1 di *range* 830-850 (20 Mhz), maka CC 2 terletak di 850-870 (20 Mhz). Maka total *bandwidth* yang digunakan setelah dilakukan CA adalah 40 Mhz (830-870) secara berurutan [1].

2. *Intra-Band Non-Contiguous*

Carrier yang diagregasi terletak pada *band* yang sama (misal di *band* 850) disebut dengan *intra band*. Antara CC1 dan CC 2 letaknya tidak bersebelahan atau terdapat jarak *band* yang memisahkan, misal CC 1 di *range* 830-850 (20 Mhz), maka CC 2 terletak di 880-890 (20 Mhz), maka total *bandwidth* yang digunakan setelah dilakukan CA adalah 40 Mhz, tetapi *range*-nya tidak berurutan [1].

3. *Inter band CA*

Carrier yang di agregasi terletak pada *band* yang berbeda (misal di *band* 700 dan 850) disebut dengan *inter band*. Antara CC 1 dan CC 2 letaknya tidak bersebelahan. Misal CC 1 di *range* 690-710 (20 Mhz), maka CC 2 terletak di 830-850 (20 Mhz), maka total *bandwidth* yang digunakan setelah dilakukan CA adalah 40 Mhz, tetapi *range*-nya terpisah [1].

2.2.3 Model Propagasi

Terdapat sejumlah model propagasi untuk memprediksi rugi-rugi lintasan pada permukaan yang tidak beraturan. Salah satu model propagasi luar ruangan yang digunakan yaitu Okumura Hatta. Model propagasi Okumura hatta, merupakan perumusan empiris untuk memperkirakan rugi-rugi lintasan yang sesuai, digunakan pada frekuensi kerja 150 Mhz sampai 1500 Mhz, diterapkan pada daerah padat penduduk dan perkotaan (urban) [11]. Rumus model Okumura Hatta dapat dihitung dengan persamaan (2.1).

$$L_p = 69,55 + 26,16 \log f_c - 13,83 \log h_T - a(h_R) + [44,9 - 6,55 \log h_T] \log d \quad (2.1)$$

Model Okumura Hatta tidak dapat diterapkan secara langsung ke sistem seperti 1800/1900. Oleh karena itu diperluas ke frekuensi yang lebih tinggi dalam rangka kerjasama penelitian Eropa COST (*European cooperation in the field of scientific and technical research*) yang mempunyai frekuensi kerja 1500 – 2000 Mhz[11]. Rumus model COST 231 Hatta dapat dihitung dengan persamaan (2.2).

$$L_p = 46,3 + 33,9 \log f_c - 13,83 \log h_T - a(h_R) + [44,9 - 6,55 \log h_T] \log d + C_m \quad (2.2)$$

dimana :

f_c = frekuensi, 1500 Mhz - 2000 Mhz

h_T = tinggi antena BS, 30 m - 200 m

h_R = tinggi UE 1 m – 10 m

d = jarak BS – UE, 1 km – 20 km

Untuk daerah perkotaan yang luas wilayahnya dari kecil ke menengah, faktor koreksi *mobile station* dapat dihitung dengan persamaan (2.3) [11].

$$a(h_R) = \{1,1 \log(f) - 0,7\}h_R - \{1,56 \log(f) - 0,8\} \quad (2.3)$$

C_m adalah faktor koreksi perhitungan yang berbeda-beda tiap daerahnya yang kemudian dibagi menjadi beberapa jenis daerah [11] :

1. Daerah medium kota dan daerah sub-urban, $C_m = 0$ dB.
2. Daerah pusat kota (metropolitan), $C_m = 3$ dB.

Model propagasi SUI (*Stanford University Interm*) adalah model propagasi yang direkomendasikan untuk standar IEEE 802.16a, model ini juga cocok diterapkan di Indonesia yang mempunyai tipe demografi urban dan sub urban dengan frekuensi kerja 2300 Mhz. Model ini dikenalkan oleh AT&T *wireless service* [11]. Rumus model SUI dapat dihitung dengan persamaan (2.4).

$$L_p = 109,78 + 47,9 \log \left(\frac{d}{100} \right) \quad (2.4)$$

2.2.4 Channel State Information (CSI)

CSI merupakan informasi yang diumpanbalikkan dari *user* ke *transmitter* yang didalamnya terdapat kondisi kanal pada sistem komunikasi sebagai informasi untuk menerapkan proses *scheduling* RB kepada *user*. Perhitungan nilai CSI terdiri dari *loss*

dan *gain*. *Loss* yaitu rugi-rugi yang dapat berupa *pathloss*, *loss penetration*, *multipath fading* yang terdistribusi *rayleigh*. *Gain* pada penelitian ini yaitu *gain* antenna *transmitter* dan *gain* antenna *receiver*.

Kondisi kanal pada setiap RB pada setiap *user* berdasarkan *link budget* LTE dapat dihitung dengan persamaan (2.5).

$$H_i(n, s) = \frac{G_{Tx} \times G_{Rx}}{PL_n \times ray_n \times LossPen \times k \times T \times B \times NF} \quad (2.5)$$

Setiap komponen *carrier* memiliki v *resource block* (RB). Penggunaan EPA *power transmit* pada RB n adalah $P(n) = PT/v$. Nilai *signal to noise ratio* (SNR) suatu RB n pada *user* i di *timeslot* s dapat dihitung dengan persamaan (2.6).

$$\gamma_i(n, s) = P(n) \times H_i(n, s) \quad (2.6)$$

Hasil dari pembangkitan CSI ini adalah matriks CSI yang berukuran $u \times v$, dimana u adalah jumlah *user* sebanyak 50 secara vertikal dan v adalah jumlah RB sebanyak 25 secara horizontal. Matriks ini berisi kondisi kanal masing-masing *user* pada suatu RB sesuai pada persamaan (2.7).

$$CSI(s) = \begin{bmatrix} C_1(1) & \dots & C_1(v) \\ \vdots & \ddots & \vdots \\ C_u(1) & \dots & C_u(v) \end{bmatrix} \quad (2.7)$$

Matriks CSI akan dibangkitkan pada semua *carrier* (900 Mhz, 1800 Mhz dan 2300 Mhz), kemudian akan diproses untuk *scheduling* RB pada *user* menggunakan algoritma *scheduling* PF dan UG-PF.

Keterangan :

G_{TX} = *Gain Transmitter* (dBi)

G_{RX} = *Gain Receiver* (dBi)

PL_n = *Pathloss user* di RB ke- n (dB)

Ray_n = *Rayleigh Fading* di RB ke- n (dB)

$Losspen$ = *Loss Penetration* (dB)

k = Konstanta *boltzman* ($1,38 \times 10^{-23}$ J.K⁻¹)

T = Temperatur sistem (kelvin)

B	=	Bandwidth RB (Mhz)
NF	=	Noise Figure (dB)
n	=	RB ke-n
$\gamma_i(n, s)$	=	SNR user I di RB ke-n di <i>timeslot</i> s (dB)
PT	=	Daya transmit eNb (dBm)
$P(n)$	=	Daya transmit per RB (dBm)
$Ci(n, s)$	=	CSI user i di RB ke-n di <i>timeslot</i> s
u	=	Total user
v	=	Total RB

2.2.5 Algoritma Scheduling Proportional Fair (PF)

PF adalah salah satu algoritma *scheduling* yang sering digunakan pada *resources scheduling algorithm*. Pada algoritma ini didasarkan pada keseimbangan antara dua kepentingan yaitu pertama pada algoritma *scheduling* PF mencoba agar *throughput* total yang didapatkan maksimal, sementara pada saat yang sama memungkinkan semua *user* setidaknya mendapatkan pelayanan *resource* minimal. Hal ini dilakukan dengan menetapkan masing-masing aliran data, *data rate* atau prioritas *scheduling* berbanding terbalik dengan konsumsi sumber daya yang digunakan [2].

Setiap slot *scheduling* s , RB n diberikan kepada *user* i^* yang mempunyai perbandingan maksimal antara parameter kualitas sesaat (CSI atau *data rate*) dengan parameter kualitas rata-rata yang diterima. Adapun perhitungan algoritma *scheduling proportional fair* dapat dirumuskan seperti pada persamaan (3.7) [6].

$$i^* = \operatorname{argmax}_{i,n} \Gamma_{i,n} = \operatorname{argmax}_{i,n} \frac{r_i(n,s)}{\bar{R}_i(s)} \quad (2.8)$$

Dimana $r_i(n,s)$ adalah parameter kualitas sesaat di RB n dan, $\bar{R}_i(s)$ adalah parameter kualitas rata-rata yang diterima *user* i . i^* adalah *user* yang mendapatkan RB karena mempunyai perbandingan yang paling tinggi. Dengan menggunakan algoritma ini, dalam satu kali alokasi (1 *timeslot* / TTI) memungkinkan adanya 1 *user* yang tidak mendapatkan RB. Namun dengan berjalannya waktu, parameter rata-rata *user* yang sering mendapatkan RB akan menjadi bertambah kemudian memperkecil

perbandingan tersebut. Parameter rata-rata *user* di *perbarui* berdasarkan persamaan (3.8) dan (3.9).

$$\bar{R}i(s+1) = \left(1 - \frac{1}{T_c}\right) \bar{R}i(s) + \frac{1}{T_c} r_i(n, s) b(i) \quad (2.9)$$

$$b(i) = \begin{cases} 1; & \text{if } i = i^* \\ 0; & \text{if } i \neq i^* \end{cases} \quad (2.10)$$

dengan T_c adalah banyaknya *Transmission Time Interval* (TTI) terhadap 1 kali pengamatan.