

Pengaruh Penggunaan Skema Pengalokasian Daya Waterfilling Berbasis Algoritma Greedy Terhadap Perubahan Efisiensi Spektral Sistem pada jaringan LTE

Rizal Haerul Akbar¹, Arfianto Fahmi², Hurianti Vidyaningtyas³

Fakultas Teknik Elektro, Universitas Telkom

Jl. Telekomunikasi No.1 Bojongsoang, Bandung

¹rizal.haerul08@gmail.com, ²arfianto.fahmi@gmail.com, ³huriantividya@telkomuniversity.ac.id

ABSTRAK

Pada paper ini akan dibahas pengalokasian daya pada sistem pembagian beberapa frekuensi secara ortogonal (OFDMA). Tanpa menggunakan skema pengalokasian daya maka daya yang dialokasikan kepada pengguna tidak akan efisien, sehingga diusulkan penambahan skema pengalokasian daya pada proses alokasi sumber daya kepada pengguna. Pada proses pengalokasian *resources block* diusulkan menggunakan algoritma greedy yang memiliki kompleksitas yang rendah dan pengalokasian daya menggunakan skema *waterfilling*. Langkah pertama adalah pengalokasian kanal dengan algoritma greedy yaitu dengan memilih *resources block* (RB) yang memiliki nilai informasi kanal (CSI) tertinggi dan didapatkan skema *equal power allocation* (EPA). Selanjutnya akan dilakukan pengalokasian daya dengan skema *waterfilling*, skema tersebut mengalokasikan daya lebih besar kepada pengguna yang memiliki kualitas kanal yang buruk sehingga pengguna bisa melakukan komunikasi secara baik. Dari hasil simulasi didapatkan penurunan nilai efisiensi spektral sistem sebesar 0.2128 bps/Hz - 0.2147 bps/Hz jika menggunakan skema *waterfilling* dibanding pengalokasian daya skema *equal power allocation*. Maka dari itu skema yang diusulkan bisa diimplementasikan pada jaringan LTE.

Kata Kunci: OFDMA, Greedy, skema Waterfilling, efisiensi spektral

PENDAHULUAN

Organisasi proyek generasi ke-3 (3GPP) telah mengenalkan jaringan evolusi jangka panjang (LTE) sebagai generasi jaringan seluler yang selanjutnya akan memenuhi permintaan terhadap komunikasi bergerak [1]. Dalam 3GPP keluaran 8, LTE menyediakan kecepatan data hingga 100Mb/s untuk arah downlink dan 50Mb/s untuk arah uplink [1]. LTE menggunakan OFDMA sebagai akses untuk arah downlink dan SC-FDMA untuk akses arah uplink bertujuan untuk mendapatkan efisiensi spektrum frekuensi. Teknik OFDMA membagi spektrum lebar menjadi beberapa spektrum kecil kemudian dibagi lagi menjadi bagian-bagian yang lebih kecil yang disebut *resources block* [1].

Maka dibutuhkan skema pengalokasian *resources block* yang tepat untuk mengalokasikan *resources block* kepada setiap pengguna untuk memaksimalkan parameter performa sistem. Pada penelitian [1] [2] dan [3] telah dilakukan penelitian pengalokasian *resources block* dengan menggunakan beberapa algoritma, namun daya yang dialokasikan kepada setiap pengguna masih sama. Selain pengalokasian *resources block* dibutuhkan juga pengalokasian daya bertujuan untuk mengalokasikan daya untuk mencapai efisiensi yang lebih baik. Skema *waterfilling* merupakan salah satu skema pengalokasian daya yang sering digunakan untuk mengalokasikan

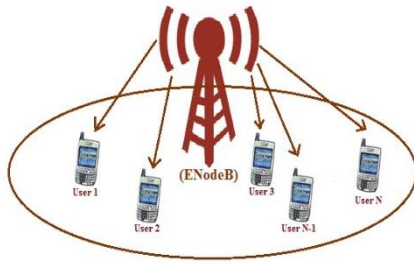
daya . pada penelitian [4] menggunakan skema *waterfilling*, pengguna yang memiliki kondisi kanal buruk akan dialokasikan daya lebih tinggi dibandingkan pengguna yang memiliki kondisi kanal yang baik.

METODE PENELITIAN

Metodologi dalam proses penyelesaian penelitian ini dimulai dari identifikasi masalah penelitian. Pada tahap ini dilakukan identifikasi dari permasalahan yang ada menggunakan studi literatur. Literatur yang diambil berasal dari hasil penelitian-penelitian terbaru baik jurnal atau konferensi internasional serta buku teks dan penelitian sebelumnya yang berkaitan dengan tema penelitian. Pada penelitian sebelumnya dilakukan pengalokasian *resource block* dan pengalokasian daya nya masih menggunakan skema *equal power allocation* (EPA), oleh karena itu pada penelitian ini dilakukan desain skema *waterfilling* untuk mengalokasikan daya dan algoritma *greedy* untuk mengalokasikan *resource block*. Jenis cell yang digunakan adalah sistem single cell, dimana cell tersebut tidak terpengaruh interferensi cell lain dan tiap pengguna tersebar secara seragam di dalam cell. Untuk perhitungan *pathloss* digunakan model propagasi *Spatial channel model*. Selanjutnya dilakukan pengujian model pemecahan masalah menggunakan perangkat lunak simulasi pada computer dan

validasi penelitian. Selanjutnya dilakukan pengumpulan dan analisis data. Data yang digunakan merupakan data primer kuantitatif dari hasil percobaan simulasi. Pengumpulan dan pengklasifikasian data hasil percobaan mengacu pada skenario perubahan jumlah pengguna untuk melihat kaitan antara variabel pengamatan dengan parameter kinerja yang diamati yaitu efisiensi spektral. Pada proses akhir dilakukan penentuan kesimpulan penelitian berdasarkan data-data hasil percobaan dan capaian performansi apabila menggunakan skema pengalokasian daya menggunakan *waterfilling*.

MODEL SISTEM



Gambar 1. Pemodelan sistem

Desain awal pemodelan sistem dapat diilustrasikan pada gambar diatas. Sistem dimodelkan dengan sel tunggal berdasarkan asumsi bahwa penelitian ini interferensi dari sel tetangga dianggap tidak ada. Sistem terdiri dari sebuah eNodeB yang melayani pengguna dan memiliki sejumlah N pengguna yang terletak di daerah perkotaan. eNodeB hanya terdiri dari satu frekuensi pembawa sebesar 1800 MHz, lebar pita 5 MHz dan jari-jari sel sejauh 250 meter. Mengalokasikan sumber daya (RB) dan daya kepada pengguna dengan menggunakan sistem OFDMA.

Tujuan utama dari penelitian ini adalah untuk menganalisis kinerja skema alokasi daya dengan algoritma alokasi sumber daya pada pengguna pada system OFDMA. Untuk mencapai tujuan tersebut, rumusan masalah yang menjadi objek penelitian dapat dirumuskan oleh [1]:

$$\sum_{n=1}^N \alpha_{n,v}; \forall v \in V, \quad (1)$$

$$\sum_{v=1}^V \sum_{n=1}^N \alpha_{n,v} = L.V, \quad (2)$$

$$\beta_{n,v} \in [0, x] | x \leq P_{total}; \forall n \in N; \forall v \in V, \quad (3)$$

$$\sum_{v=1}^V \sum_{n=1}^N \beta_{n,v} \leq P_{total}, \quad (4)$$

$$\alpha_{n,v} \neq 0 \rightarrow \beta_{n,v} \neq 0; \forall n \in N; \forall v \in V. \quad (5)$$

α menggambarkan matriks alokasi RB, jika pengguna-n menerima RB-v maka $\alpha_{n,v}$ bernilai 1 jika tidak maka $\alpha_{n,v}$ bernilai 0. Persamaan 1 menyatakan bahwa setiap RB hanya diberi pada

satu pengguna dan tidak bisa digunakan oleh pengguna lain. Persamaan 2 memastikan semua RB dari semua pembawa teralokasi pada setiap pengguna. Persamaan 3 dan 4 memenuhi ketentuan bahwa total daya transmit pada setiap RB tidak boleh melebihi total daya pada ENodeB. Persamaan 5 memastikan bahwa RB teralokasi mendapatkan daya untuk dikirimkan dari ENodeB.

Tabel 1.
Variabel dan notasi

Variabel	Keterangan
L_p	Rugi-rugi lintasan
L_{pe}	Rugi-rugi penetrasi
sh	<i>Shadowing</i>
G_{RX}	Penguatan di penerima
G_{TX}	Penguatan di pengirim
k	Konstanta boltzman
T	noise suhu perangkat
B_n	Lebar pita sumber daya
η	Efisiensi spektral
BER	Rasio kesalahan bit

Pada penelitian ini, kanal sistem komunikasi distribusi Rayleigh digunakan untuk menjelaskan perubahan waktu dari pemudaran sinyal yang diterima atau selubung dari komponen jalur jamak [1].

$$f(r) = \frac{r}{\sigma^2} \cdot \exp\left[-\frac{r^2}{2\sigma^2}\right] \text{ untuk } r \geq 0 \quad (6)$$

Dimana r adalah tegangan sinyal, sedangkan σ^2 adalah perbandingan rata-rata daya sinyal terhadap rata-rata interferensi daya.

Pada penelitian ini, ENodeB yang bertugas mengalokasikan *resource block* dan daya kepada pengguna akan menerima Informasi kanal yang merupakan sebuah data umpan balik dari penerima ke pengirim yang berisikan kondisi kanal komunikasi dalam bentuk sebuah matriks. Berdasarkan [5] kondisi kanal pada pengguna ke-n dan RB ke-v dirumuskan seperti dibawah ini [4]:

$$H_n(n, v) = \frac{G_{RX} \cdot G_{TX}}{L_p \cdot L_{pe} \cdot Sh_{rayleigh} \cdot k \cdot T \cdot B_n} \quad (7)$$

Dimana L_p merupakan nilai rugi-rugi lintasan untuk pengguna dan bisa dihitung dengan model kanal spasial [4]

$$L_p = 58.83 + 37.6 \log(dn) + 21 \log 10(f) \quad (8)$$

Nilai informasi kanal (CSI) bisa direpresentasikan oleh *signal to noise ratio* (SNR) dari RB ke- v dan pengguna ke- n pada timeslot ke- s dengan persamaan [4]

$$C_n(v, s) = P(n) \cdot H_n(v, s) \quad (9)$$

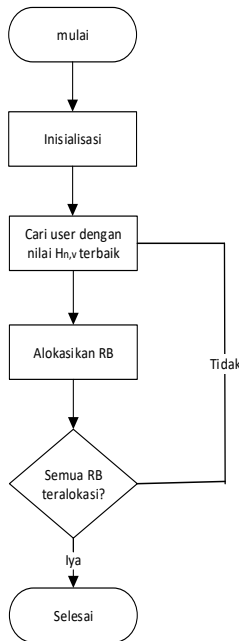
Dimana $P(n)$ adalah daya transmit RB. Nilai CSI pada slot waktu ke- s disimpan pada sebuah matriks CSI dengan ukuran $N \times V$ [4]

$$CSI(s) = \begin{pmatrix} C_{1,1} & \dots & C_{1,v} \\ \vdots & \ddots & \vdots \\ C_{n,1} & \dots & C_{n,v} \end{pmatrix} \quad (10)$$

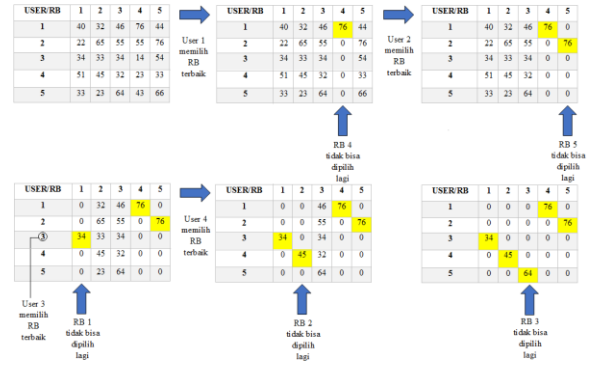
Algoritma Greedy

Algoritma *Greedy* merupakan algoritma optimasi yang mengalokasikan RB hanya kepada pengguna dengan nilai Channel State Information (CSI) terbaik. Nilai CSI yang paling tinggi yang dialokasikan pada pengguna di simbolkan dengan n^* seperti persamaan dibawah [1]:

$$n^* = \arg \max H_{n,v}(t), \text{ untuk } RB_v \quad (11)$$



Gambar 2. Diagram alir algoritma greedy [1]

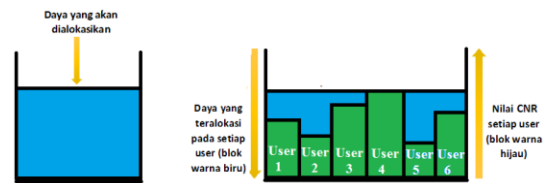


Gambar 3. ilustrasi untuk algoritma greedy [1]

Proses pengalokasian menggunakan algoritma greedy yaitu dengan melihat kondisi kanal masing-masing pengguna, sedangkan pengguna diurutkan berdasarkan waktu kedatangan untuk melakukan hubungan dengan ENodeB. Pengguna yang memiliki nilai CSI yang paling tinggi akan mendapatkan alokasi *resources block* (RB) dan pengguna yang tidak memiliki mendapatkan alokasi akan di-nol-kan seperti gambar diatas.

Skema pengalokasian daya Waterfilling

Skema pengalokasian daya *waterfilling* adalah suatu skema yang bertujuan untuk mengalokasikan daya ke pengguna. Pada skema *waterfilling* pengguna yang memiliki nilai rasio kanal terhadap noise (CNR) yang tinggi akan dialokasikan daya yang rendah, sedangkan pengguna yang memiliki nilai CNR rendah dialokasikan daya yang lebih tinggi sesuai prinsip pengisian air [5], ilustrasinya dapat dilihat pada gambar.



dirumuskan dengan persamaan dibawah ini [4]:

$$P_s(n, v) = \frac{\sum_{n=1}^N \sum_{v=1}^V H(n, v) P_t}{H(n, v)} \quad (12)$$

Dimana $P_s(n, v)$ adalah daya yang dialokasikan ke RB ke- v pada pengguna ke- N pada slot waktu- s , sedangkan P_t adalah total daya dari kirim.

Tabel 1.
Parameter simulasi

Bandwidth sistem	5 MHz [5]
Resources block (RB)	25 resources block
Jumlah pengulangan per pengamatan	200 pengulangan
Jari-jari sel	250 meter
Jenis sel	Sel tunggal [1]
Frekuensi pembawa	1800 MHz [5]
Lebar pita resources bloc	180 kHz
Model Propagasi	Model kanal spasial [4]
Penguatan eNodeB	18 dBi [4]
penguatan Pengguna	0 dBi [4]
Noise Figure	7 dB [4]
Daya Pancar eNodeB	40 Watt (46 dBm) [4]
Rugi-rugi penetrasi	20 dB
Jumlah Pengguna	5-70 pengguna dengan kenaikan sebesar 5 [5]

HASIL SIMULASI DAN ANALISIS

Parameter selanjutnya yang diamati pada proses pengalokasian daya pada setiap pengguna adalah efisiensi spektral. Efisiensi spektral adalah besarnya bit yang dapat dibawa dalam sebuah nilai frekuensi dan memiliki satuan bps/Hz. Perhitungannya sesuai dengan persamaan pada teori Shanon Bound [1]. Nilai efisiensi spektral dapat dihitung dengan persamaan dibawah ini [1]:

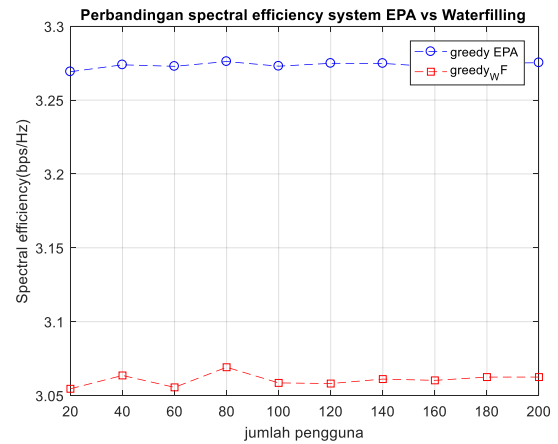
$$\eta = \alpha \log_2 \left(1 + \frac{SNR_{n,v}}{\Gamma} \right) \quad (13)$$

Sedangkan untuk menghitung Γ dapat digunakan persamaan [1]:

$$\Gamma = \frac{\ln(5BER)}{1.5} \quad (14)$$

Berdasarkan [1] efisiensi spektral LTE bernilai antara 2.5 bps/Hz sampai 5 bps/Hz. Nilai efisiensi spektral bergantung pada nilai SNR setiap pengguna yang telah mendapatkan alokasi daya pada skema pengisian maupun pengalokasian daya merata (EPA). Pada perhitungan ini nilai efisiensi spektral sistem skema greedy-WF (skema *waterfilling*) akan di bandingkan dengan nilai

efisiensi spektral sistem skema greedy-EPA (skema pengalokasian merata).



Gambar 5. perbandingan tingkat efisiensi spektral sistem pada jumlah pengguna bervariasi

Tabel 2.
perbandingan tingkat efisiensi spektral sistem pada jumlah pengguna bervariasi

Jumlah Pengguna	Greedy EPA (bps/Hz)	Greedy WF (bps/Hz)
20	3.26920	3.05452
40	3.27389	3.06356
60	3.27286	3.05549
80	3.27612	3.06911
100	3.27297	3.05851
120	3.27491	3.05808
140	3.27485	3.06110
160	3.27255	3.06023
180	3.27494	3.06245
200	3.27530	3.06246

Gambar 5. merupakan grafik perbandingan nilai efisiensi spektral antara skema pengalokasian *equal power allocation* (EPA) dan skema *waterfilling* (WF) terhadap perubahan jumlah pengguna dalam sistem. Tabel menyatakan nilai efisiensi spektral sistem pada skema greedy WF dan greedy-EPA. Terlihat bahwa nilai efisiensi spektral sistem ketika menggunakan skema *waterfilling* dibandingkan skema *equal power allocation* pada algoritma greedy mengalami penurunan sebesar 0.2128 bps/Hz sampai 0.2147 bps/Hz. Sedangkan Penurunan nilai efisiensi spektral pada skema *waterfilling* algoritma greedy terjadi karena prinsip skema *waterfilling* tersebut, dimana nilai SNR pengguna yang relatif tinggi mengalami pengurangan karena dayanya sebagian dialokasikan pada pengguna yang memiliki nilai SNR yang relatif rendah. Dengan menggunakan persamaan 13 nilai efisiensi spektral berbanding

lurus dengan nilai SNR maka dari itu seiring berkurangnya nilai SNR maka nilai dari parameter simulasi yaitu efisiensi spektral akan berkurang.

KESIMPULAN DAN SARAN

Kesimpulan

Pada penelitian ini digunakan algoritma greedy dengan penggunaan skema *waterfilling* untuk mengalokasikan daya kepada pengguna dan dapat diterapkan pada sistem OFDMA di LTE. Dengan menggunakan skema *waterfilling* didapatkan penurunan efisiensi spektral sistem pada jumlah pengguna yang bervariasi, namun penurunan tersebut masih sesuai dengan standar pada teknologi LTE. Seiring dengan bertambahnya jumlah pengguna nilai spektral efisiensi sistem tidak akan berubah secara signifikan baik pada skema *equal power allocation* maupun skema *waterfilling*. Dengan menggunakan skema *waterfilling*, akan tercapai keadilan sistem yang lebih baik dibandingkan dengan skema *equal power allocation* seperti yang diilustrasikan pada gambar 4.

Meskipun mengalami penurunan nilai efisiensi spektral dibandingkan dengan skema *equal power allocation*, skema *waterfilling* masih layak digunakan karena nilainya masih berada pada rentang standard LTE yaitu bernilai antara 2.5 bps/Hz sampai 5 bps/Hz. Maka dari itu skema yang diusulkan bisa diimplementasikan pada jaringan LTE.

Saran

Perlu penelitian lebih lanjut untuk memodifikasi skema *waterfilling* sebagai pengalokasian daya kepada pengguna agar nilai efisiensi spektral sistem dapat bertambah dan performansi sistem menjadi lebih baik.

Referensi

- [1] S. M. Sari, "Simulasi dan analisis algoritma pengalokasian resource block berbasis QOS guaranteed pada sistem Long term Evolution," Bandung, 2015.
- [2] V. S. W. Prabowo, A. Muayyadi and A. Fahmi, "Modifikasi Algoritma Proportional Fair pada Sistem LTE Advance dengan Carrier Aggregation Menggunakan Pengelompokan User," in *Conference on Information Technology and Electrical Engineering*, Yogyakarta, 2015.
- [3] Maulidawati, "Analisis Perbandingan Alokasi Subcarrier Berbasis Algoritma Greedy dan Round Robin Pada Jaringan LTE Arah Downlink," Bandung, 2016.
- [4] V. S. Prabowo, *Radio Resources Allocation Based-on Energy Saving for LTE-Advanced System*, Bandung, 2016.
- [5] A. F. Molish, *Wireless Communications*, California, 2011.