

# Performansi Pengalokasian Sumber Daya LTE Menggunakan Skema Equal Power Allocation Berbasis Algoritma Proportional Fair Pada Sistem MIMO-OFDMA 2x2

Roy Christianta G.<sup>1</sup>, Arfianto Fahmi<sup>2</sup>, Nur Andini<sup>3</sup>

<sup>1</sup> Program Studi S1 Teknik Telekomunikasi, Fakultas Teknik Elektro, Universitas Telkom  
Jl. Telekomunikasi No.1 Bojongsoang, Bandung  
royclairage@gmail.com

<sup>2</sup> Fakultas Teknik Elektro, Universitas Telkom  
Jl. Telekomunikasi No.1 Bojongsoang, Bandung  
arfianto.fahmi@gmail.com

<sup>3</sup> Fakultas Teknik Elektro, Universitas Telkom  
Jl. Telekomunikasi No.1 Bojongsoang, Bandung  
nurandini@telkomuniversity.ac.id

## ABSTRAK

*Long Term Evolution* merupakan teknologi komunikasi bergerak generasi ke-empat yang dirilis oleh 3GPP (*Third Generation Partnership Project*). Teknologi ini menjanjikan kecepatan layanan informasi yang jauh lebih cepat dari teknologi sebelumnya, sehingga banyak pengguna dan operator telekomunikasi beralih ke teknologi ini. Teknologi ini tentu saja memerlukan suatu sistem yang efisien dan efektif. Salah satu subsistem yang dapat dioptimalkan adalah pada sisi pengalokasian sumber daya kepada pengguna layanan. Oleh sebab itu dibutuhkan suatu skema pengalokasian yang dapat meningkatkan performansi jaringan LTE. *Paper* ini berfokus pada pengalokasian sumber daya pada LTE arah *downlink*. Sumber daya LTE yang dialokasikan adalah *resource block* (RB) dan daya. *Resource block* dialokasikan dengan algoritma *proportional fair*, sedangkan daya dialokasikan dengan *equal power allocation*. Adapun parameter performansi yang di analisis pada *Paper* ini adalah *throughput* pengguna dan *fairness*. Penelitian dilakukan pada sistem antena MIMO (*Multiple Input Multiple Output*) 2x2. Simulasi dilakukan dengan mengalokasikan daya terlebih dahulu kemudian dilakukan pengalokasian *resource block* (RB). Pada simulasi, skema yang diusulkan memiliki nilai *throughput* pengguna dan *fairness* yang lebih tinggi pada saat jumlah *resource block* lebih besar dari jumlah pengguna. Skenario perubahan jumlah pengguna dan jarak, masing-masing didapatkan penurunan rata-rata untuk *throughput* pengguna sebesar 188962.2 bps dan 2589.6 bps sedangkan untuk *fairness* sebesar 3.94 % dan 0.007 %. Pada skenario perubahan jumlah RB, didapatkan kenaikan *throughput* pengguna sebesar 36537,53 bps dan *fairness* sebesar 4,98 %.

## Kata Kunci

*Abstrak : Proportional fair, Multiple Input Multiple Output (MIMO), Equal power allocation.*

## PENDAHULUAN

Teknologi telekomunikasi mengalami perkembangan yang sangat cepat, salah satu teknologi yang mengalami perkembangan tersebut adalah teknologi seluler. Teknologi seluler telah memasuki generasi ke-empat yaitu Long Term Evolution. Long Term Evolution diperkenalkan oleh *Third Generation Partnership Project* (3GPP). Dalam 3GPP rilis 8, LTE menyediakan laju data hingga 100 Mbps untuk *downlink* dan 50 Mbps untuk *uplink*. Untuk meningkatkan efisiensi spektrum frekuensi, LTE menggunakan

OFDMA sebagai akses untuk *downlink* dan SC-FDMA untuk akses *uplink*. Teknik OFDMA membagi spektrum yang lebar menjadi beberapa spektrum kecil yang kemudian dibagi lagi menjadi bagian-bagian yang lebih kecil yang disebut *resource block*. *Resource block* selanjutnya dialokasikan kepada pengguna untuk mentransmisikan data dengan daya yang sesuai dengan kondisi kanal pada *resource block* tersebut.

Maka, dibutuhkan skema pengalokasian sumber daya LTE yang optimal untuk mengalokasikan *resource block* kepada masing-masing

pengguna untuk memaksimalkan performansi sistem. Terdapat beberapa algoritma alokasi yang sering digunakan seperti algoritma *proportional fair*. *Proportional fair* berusaha menyeimbangkan antara *throughput* dan *fairness* [1].

Pada *Paper* ini, dilakukan simulasi pengalokasian sumber daya LTE kepada pengguna pada arah *downlink* menggunakan skema *equal power allocation* berbasis *proportional fair* dengan menggunakan konfigurasi antenna *Multiple Input Multiple Output 2x2* (2 antenna pada pengirim dan 2 antenna pada penerima). Sebelum melakukan pengalokasian, dilakukan proses *selective combining* untuk mengetahui jalur terbaik yang digunakan [2]. Setelah itu, *resource block* akan dialokasikan menggunakan algoritma *proportional fair* dan daya akan dialokasikan setelah pengguna mendapatkan *resource block*. Skema *equal power allocation* yang digunakan pada *Paper* ini mengalokasikan daya yang sama kepada semua kanal. Algoritma yang diusulkan akan diamati performansinya pada 3 skenario pengujian yaitu : skenario perubahan jumlah pengguna, jumlah RB dan jarak. Parameter performansi yang dianalisis pada *Paper* ini adalah *throughput* pengguna dan *fairness*. *Paper* ini selanjutnya terdiri dari beberapa bagian, yaitu : Bagian 2. Metodologi penelitian, Bagian 3. Pembahasan, Bagian 4. Hasil simulasi dan analisis dan Bagian 5. Kesimpulan dan saran.

### METODOLOGI PENELITIAN

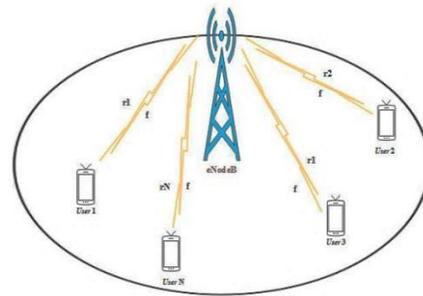
Metodologi dalam proses penyelesaian *Paper* ini terdiri dari beberapa tahapan : pertama, masalah akan diidentifikasi dengan studi literatur. Literatur yang digunakan berasal dari hasil penelitian-penelitian terbaru baik *Paper journal* atau konferensi internasional serta buku yang berkaitan dengan tema penelitian. Setelah masalah teridentifikasi maka didesain model simulasi dan lingkungan sel beserta spesifikasi dari model yang digunakan. Selanjutnya, dilakukan desain skema *equal power allocation* dan algoritma *proportional fair*. Skema *equal power allocation* dieksekusi terlebih dahulu, kemudian algoritma *proportional fair* dieksekusi untuk mengalokasikan *resource block*. Selanjutnya dilakukan pengujian model pemecahan masalah penelitian, pada tahap ini dilakukan pengujian terhadap teknik pemecahan masalah menggunakan perangkat lunak simulasi komputer. Setelah itu dilakukan pengumpulan dan analisis data, dimana data yang digunakan merupakan data primer kuantitatif dari hasil percobaan simulasi. Pengumpulan dan pengklasifikasian data hasil percobaan mengacu

pada skenario yang dibuat untuk mengetahui kaitan antara variabel pengamatan dengan parameter kinerja yang diamati yaitu *throughput* pengguna dan *fairness*. Pada akhirnya, dari data hasil percobaan akan disimpulkan pengaruh skenario yang digunakan terhadap parameter yang diamati.

### PEMBAHASAN

#### MODEL SISTEM

Pemodelan sistem pada *Paper* ini merupakan suatu sel tunggal dengan satu eNodeB dan beberapa pengguna yang tersebar secara acak *uniform* pada cakupan sel. Masing-masing pengguna dilayani oleh eNodeB dengan satu frekuensi *carrier* yaitu 900MHz. Penyebaran pengguna secara acak *uniform* menyebabkan jarak ( $r$ ) yang berbeda-beda antara pengguna dan eNodeB. Sistem ini menggunakan antenna MIMO 2x2, dimana masing-masing ada 2 antenna pada sisi pengirim dan penerima. Gambar 1 merupakan model sistem yang digunakan pada *Paper* ini.



Gambar 1. Model sistem

Pada *Paper* ini, eNodeB mengalokasikan *resource block* (RB) dan daya kepada pengguna pada arah *downlink*. Referensi [3] menjelaskan bahwa masing-masing pengguna akan mengirimkan informasi masukan ke eNodeB berupa hasil pengukuran kualitas kanal dari masing-masing pengguna atau disebut juga *Channel State Information* (CSI).

Awalnya daya akan dialokasikan terlebih dahulu menggunakan skema *equal power allocation*, dimana daya akan dialokasikan sama rata kepada semua RB. Daya yang dialokasikan kepada RB ke- $v$  ( $P_v$ ) sebesar :

$$P_v = \frac{P_T}{V} (1)$$

Dimana  $P_T$  adalah daya total dan  $V$  merupakan jumlah RB. Daya  $P_v$  akan digunakan untuk

menghitung *signal to noise ratio* yang merupakan bagian dari matriks *channel state information*. *Signal to noise ratio* dari penggunaan di RBke- $v$  pada *timeslot* adalah :

$$SNR_n(v, s) = P_v \times H_n(v, s) \quad (2)$$

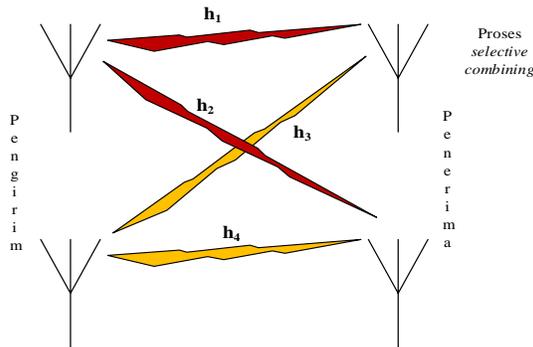
Dimana  $H_n(v, s)$  adalah kualitas kanal penggunaan di *resource block* pada *timeslots*. Kualitas kanal  $H_n(v, s)$  adalah hasil perhitungan rugi-rugi dan penguatan kanal yang didefinisikan [4] sebagai :

$$H_n(v, s) = \frac{G_{Tx} \times G_{Rx}}{PL \times LossPe \times S \times p_{rayl} \times k \times T \times B \times NF} \quad (3)$$

Dimana parameter-parameter pada persamaan (3), adalah :

- $G_{Tx}$  = Penguatan antenna eNodeB,
- $G_{Rx}$  = Penguatan antenna pengguna,
- $PL$  = rugi-rugi propagasi dimodelkan dengan model *spatial channel model*,
- $LossPe$  = Rugi-rugi akibat penetrasi pengguna,
- $S$  = Lognormal *shadowing*,
- $p_{rayl}$  = Rugi-rugi kanal Rayleigh,
- $k$  = Konstanta Boltzman ( $1,381 \times 10^{-23} JK^{-1}$ ),
- $T$  = Suhu sistem,
- $B$  = *Bandwidth Resource Block*,
- $NF$  = *Noise Figure*.

Gambar 2 merupakan konfigurasi antenna MIMO 2x2 yang digunakan :



Gambar 2. Konfigurasi antenna MIMO [5]

Dari konfigurasi pada gambar 2, masing-masing penggunaan memperoleh hasil pengukuran kondisi kanal sebanyak 4 kondisi (*path*), didefinisikan [5] dengan :

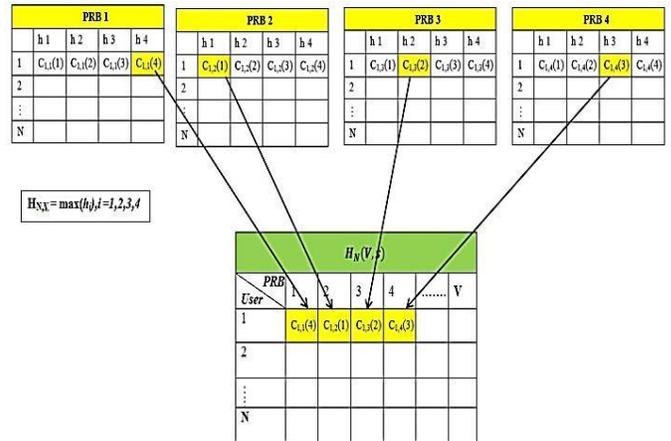
$$H = \begin{pmatrix} h_1 & h_2 \\ h_3 & h_4 \end{pmatrix} \quad (4)$$

Masing-masing *path* akan dibedakan berdasarkan nilai rugi-rugi dan penguatan dari lognormal *shadowing* dan kanal Rayleigh. Dari 4 *path* kanal

pada persamaan (4), proses *selective combining* digunakan untuk memilih *path* terbaik dari 4 *path* tersebut. *Path* terbaik merupakan *path* dengan kualitas kanal tertinggi dari *path* ke- $i$  pada pengguna ke- $n$  dan RB ke- $v$  :

$$H_{N,V} = \max(h_i), \text{ dimana } i = 1, 2, 3, 4 \quad (5)$$

Proses *selective combining* akan menghasilkan satu matriks *Channel State Information* ( $H$ ) berukuran  $N \times V$  yang terdiri dari nilai tertinggi dari masing-masing *path*. Matriks tersebut digunakan untuk melakukan proses pengalokasian kepada pengguna. Proses *selective combining* pada *Paper* ini diilustrasikan pada gambar 3:



Gambar 3. Proses *selective combining*

### SPATIAL CHANNEL MODEL [6]

Sistem komunikasi bergerak atau seluler menggunakan udara sebagai media propagasi dari sinyal yang dikirim. Sinyal yang dikirim mengalami rugi-rugi proses propagasi yang disebabkan oleh komponen *multipath* (sinyal langsung, pantulan, difraksi dan hambur) [7]. Rugi-rugi propagasi tersebut dapat diestimasi untuk keperluan perancangan jaringan seluler dengan menggunakan model propagasi. *Paper* ini menggunakan model propagasi *spatial channel model*. Rugi-rugi kanal dengan *spatial channel model* didefinisikan [6] dengan:

$$PL_N = 58.83 + 37.6 \log_{10}(r_n(km)) + 21 \log_{10}(f_{(MHz)}) \quad (6)$$

Dimana  $f$  adalah frekuensi *carrier* (MHz),  $r_n$  adalah jarak penggunaan ke eNodeB (km) .

**ALGORITMA PENGALOKASIAN SUMBER DAYA LTE**

Pada bagian ini dijelaskan algoritma yang digunakan untuk mengalokasikan *resource block*(RB).Aturan yang penting pada pengalokasian *resource block* (RB)adalah satu RBhanya bisa diduduki oleh satu pengguna, sedangkan satu pengguna bisa mendapatkan lebih dari satu RB[8].

**ALGORITMA PROPORTIONAL FAIR**

*Proportional fair* merupakan algoritma penjadwalan yang sering digunakan pada beberapa penelitian tentang pengalokasian. Hal ini didasarkan pada keseimbangan antara dua kepentingan yaitu mencoba untuk memaksimalkan *throughput* total sementara pada saat yang sama memungkinkan semua pengguna setidaknya mendapatkan pelayanan minimal (mendapatkan satu RB). Permasalahan optimasi dari algoritma *proportional fair* diformulasikan pada [9]dengan : *Fitness* : untuk memaksimalkan jumlah logaritmik dari laju data pengguna.

$$PF(w) = \max_{w_{n,v}} \sum_{n=1}^N \ln R_n(7)$$

Subject to :

$$\sum_{n=1}^N w_{n,v} \leq 1 \forall v, \quad (8)$$

$$w_{n,v} \geq 0 \forall n \text{ and } \forall v, \quad (9)$$

$$R_n \geq R_n^{min} \forall n, \quad (10)$$

Dimana  $w = [w_{n,v}]N \times V$  dan  $w_{n,v}$  merupakan variabel indikator yang didefinisikan [9] dengan  $w_{n,v} = 1$  jika RBv dialokasikan ke penggunaan dan bernilai 0 jika tidak ada RB yang dialokasikan.  $R_n^{min}$  adalah minimal laju data yang dibutuhkan oleh penggunaan.

Maka untuk memaksimalkan  $PF(w)$ , RB ke- $v$  harus dialokasikan ke pengguna  $N^*$  yang memiliki perbandingan maksimal antara *signal to noise ratio* sesaat dengan *signal to noise ratio* rata-rata yang diterima. Dirumuskan pada persamaan (11) :

$$N^* = \arg \max \Gamma_{N,v} = \arg \max \frac{r_n(v,s)}{\bar{R}_n(s)} \quad (11)$$

Dimana  $r_n(v,s)$  adalah *signal to noise ratio* sesaat penggunaan pada RBke- $v$  dan,  $\bar{R}_n(s)$  adalah *signal to noise ratio* rata-rata yang diterima penggunaan.  $N^*$  adalah pengguna yang mendapatkan *resource block* karena memiliki perbandingan paling tinggi. Pada sekali pengalokasian dengan algoritma *proportional fair* dapat terjadi dimana 1 pengguna tidak mendapatkan RB, tetapi seiring berjalannya waktu parameter rata-rata pengguna yang sering mendapat RB akan bertambah dan

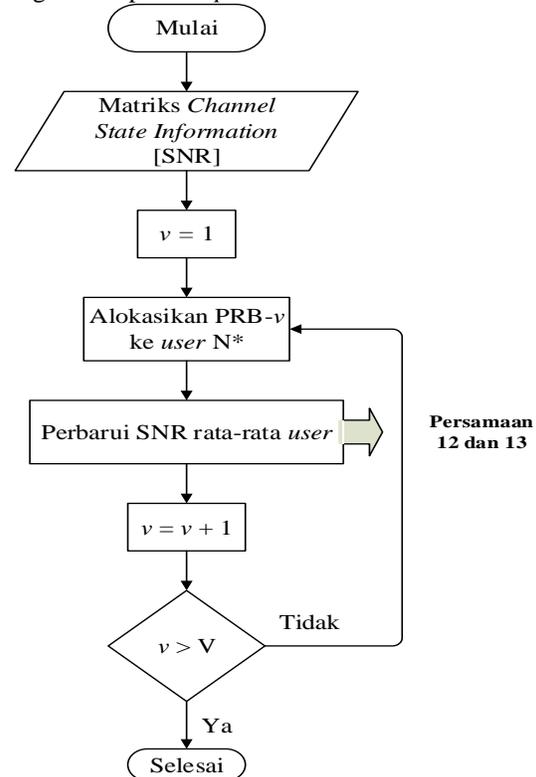
memperkecil perbandingannya. Referensi [4] menunjukkan parameter tersebut diperbarui dengan persamaan (12) dan (13):

$$\bar{R}_n(s+1) = \left(1 - \frac{1}{T_c}\right) \bar{R}_n(s) + \frac{1}{T_c} r_n(v,s) b(n) \quad (12)$$

$$b(n) = \begin{cases} 1; & \text{if } n = N^* \\ 0; & \text{if } n \neq N^* \end{cases} \quad (13)$$

Dimana  $T_c$  adalah banyaknya *Transmission Time Interval* (TTI) pada satu kali pengamatan.

Diagram alir algoritma *proportional fair* yang digunakan pada *Paper* ini adalah:



Gambar4. Diagram alir algoritma *proportional fair*

**HASIL SIMULASI DAN ANALISIS**

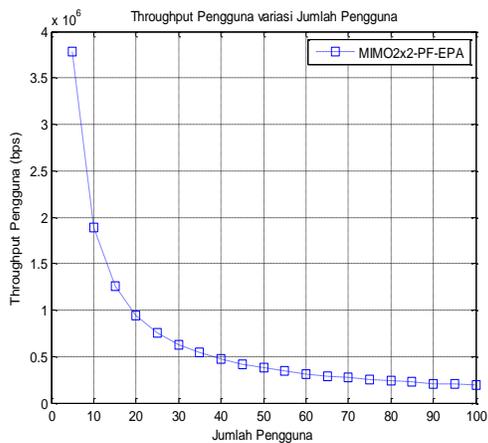
Simulasi dilakukan pada sistem *downlink* LTE dengan 1 frekuensi *carrier* sebesar 900 MHz. Parameter simulasi secara lengkap dapat dilihat pada tabel 1.

Tabel 1. Parameter Simulasi

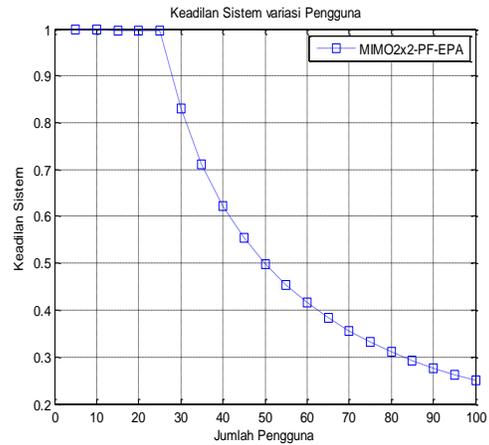
| Parameter                                 | Nilai                                   |
|---|---|
| Bandwidth sistem                          | 5 MHz                                   |
| Jumlah <i>resource block</i> (RB) per TTI | 25                                      |
| Jumlah TTI                                | 200 TTI                                 |
| Jari-jari sel (r)                         | 250 m dan 50-2000 m, jarak minimal 25 m |

|  |  |
|--|--|
| Layout sel                                 | Sel tunggal  |
| Frekuensi <i>carrier</i>                   | 900 MHz  |
| <i>Bandwidth</i> RB                        | 180 kHz  |
| Model propagasi dan kanal<br><i>fading</i> | <i>Spatial Channel Model</i> , Lognormal <i>shadowing</i> , kanal Rayleigh |
| Penguatanantena eNodeB                     | 18 dBi   |
| Penguatanantena pengguna                   | 0 dBi  |
| <i>Noise figure</i>                        | 7 dB   |
| Daya kirim eNodeB ( $P_T$ )                | 40 watt (46 dBm)   |
| Rugi-rugi penetrasi                        | 20 dB  |
| Jumlah pengguna                            | 100  |

Simulasi dilakukan untuk melihat *throughput* penggunaan *fairness* sistem. Simulasi dilakukan dengan melakukan 3 skenario pengujian yaitu perubahan jumlah pengguna, jumlah RB dan jarak pengguna ke eNodeB. Skenario perubahan jumlah pengguna dilakukan pada jarak maksimal pengguna ke eNodeB sebesar 250 m, pengguna dari 5-100 dengan kenaikan 5 dengan jumlah RB 25. Skenario perubahan jumlah RB dilakukan pada jarak 250 m, jumlah pengguna 100 dan jumlah RB dari 5-100 dengan kenaikan 5. Skenario perubahan jarak dilakukan dengan jumlah pengguna 50, 25 RB dan jarak maksimal mulai dari 100-2000 m dengan kenaikan 100 m.

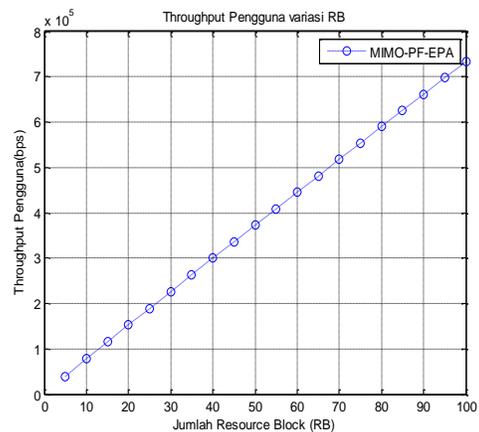


Gambar 5. *Throughput* pengguna variasi jumlah pengguna

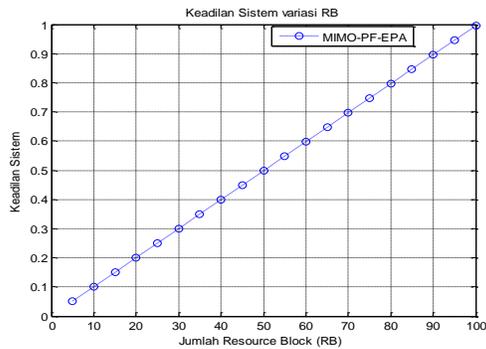


Gambar 6. *Fairness* variasi jumlah pengguna

Pada skenario perubahan jumlah pengguna, parameter *throughput* pengguna dan *fairness* turun seiring bertambahnya jumlah pengguna. Penurunan rata-rata untuk *throughput* sebesar 188962,2 bps, sedangkan untuk *fairness* sebesar 3,94 %. Dari gambar 5 dan gambar 6 dapat dilihat bahwa pada saat jumlah pengguna lebih kecil dari jumlah RB, maka didapatkan *throughput* pengguna dan *fairness* yang lebih baik dari kondisi jumlah pengguna lebih banyak dari jumlah RB. Hal ini terjadi karena algoritma *proportional fair* memberikan minimal satu RB kepada pengguna dan memungkinkan satu pengguna mendapatkan lebih dari satu RB jika jumlah RB melebihi jumlah pengguna. Pada saat 1 pengguna mendapatkan lebih dari 1 RB maka *throughput* pengguna dan *fairness* semakin membaik.

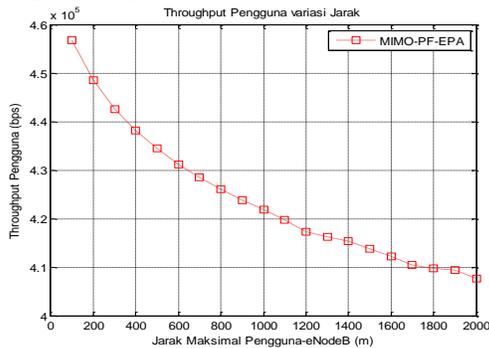


Gambar 7. *Throughput* pengguna variasi jumlah RB

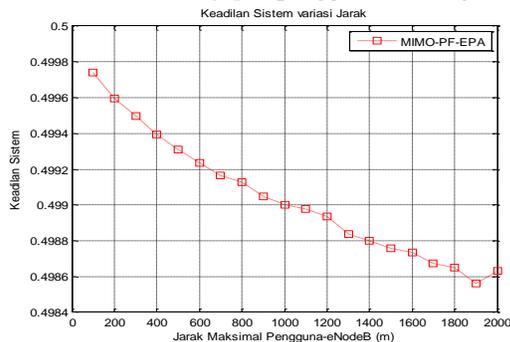


Gambar 8. Fairness variasi jumlah RB

Skenario pertama diperkuat dengan hasil skenario perubahan jumlah RB (gambar 7 dan 8). Pada skenario ini, *throughput* pengguna dan *fairness* bertambah seiring bertambahnya jumlah RB. Kenaikan rata-rata *throughput* pengguna sebesar 36537,53 bps, sedangkan *fairness* sebesar 4,98 %. Skenario ini menunjukkan dengan bertambahnya sumber daya yang dialokasikan pada suatu sistem maka kesempatan pengguna untuk mendapatkan RB semakin besar dan hal ini akan memperbaiki performansi sistem.



Gambar 9. Throughput pengguna variasi jarak



Gambar 10. Fairness variasi jarak

Skenario perubahan jarak dilakukan untuk mengamati fenomena yang terjadi jika pengguna berada di jarak berbeda-beda dari eNodeB (gambar 9 dan 10). Simulasi menunjukkan *throughput*

pengguna dan *fairness* menurun seiring semakin jauh jarak maksimal pengguna ke eNodeB. Penurunan rata-rata *throughput* pengguna sebesar 2589,6bps, sedangkan *fairness* sebesar 0,007 %. Fenomena ini terjadi karena seiring bertambahnya jarak pengguna ke eNodeB maka rugi-rugi propagasi semakin besar dan hal ini memperkecil nilai *signal to noise ratio* yang diperoleh pengguna. *Signal to noise ratio* yang kecil memperburuk kualitas kanal dan tentu saja memperkecil nilai parameter performansi yang diamati.

Dari semua skenario yang dilakukan, dapat disimpulkan bahwa skenario perubahan jumlah pengguna dan jumlah RB saling bertolak belakang tetapi saling menguatkan dalam hal perbaikan performansi sistem jika jumlah sumber daya LTE bertambah.

### SIMPULAN DAN SARAN

Skema *equal power allocation* berbasis algoritma *proportional fair* pada Paper ini dapat mencapai *throughput* pengguna dan *fairness* yang lebih baik jika kualitas *signal to noise ratio* lebih baik dan jumlah sumber daya bertambah. Dari ketiga skenario dapat disimpulkan bahwa performansi sistem akan menurun seiring bertambahnya jumlah pengguna dan jarak antar pengguna dan eNodeB sedangkan sumber daya yang tersedia tetap. Hal ini tentu saja terjadi karena semakin besar jarak, maka kualitas kanal akan semakin buruk sehingga hal ini memperburuk performansi sistem. Dibutuhkan penelitian yang lebih lanjut mengenai skema pengalokasian daya yang lain dan pengaruhnya terhadap performansi sistem, karena setiap skema tentu saja memiliki kekurangan dan kelebihan masing-masing.

### DAFTAR PUSTAKA

- [1] Chang Liu, Xiaowei Qin, and Zhang and Zhou Wuyang Sihai, "Proportional-Fair Downlink Resource Allocation OFDMA-Based Relay Networks," *Journal Communications and Network*, vol. 13, no. 6, pp. 633-638, December 2011.
- [2] Suci Monica Sari, "Simulation and Analysis Resource Block Allocation Algorithm based on QOS Guaranteed in Long Term Evolution System," Bandung, 2015.
- [3] Farooq Khan, *LTE for 4G Mobile Broadband Air Interface Technologies and Performance*. New York, United State Of America: Cambridge University Press, 2009.
- [4] Vinsensius Sigit Widhi Prabowo Prabowo,

Makalah Seminar SeNTIK 2017 – STMIK JAKARTA STI&K  
26 Juli 2017

- Radio Resources Allocation Based-on Energy Saving for LTE-Advanced System*, Thesis Progress Report ed. Bandung, Indonesia: Telkom University, 2016.
- [5] Ezio Biglieri et al., *MIMO Wireless Communicatios*. Cambridge, United Kingdom: Cambridge Univ. Press, 2007.
- [6] Andreas F. Molisch, *Wireless Communications*, 2nd ed. California, USA: Wiley, 2011.
- [7] Theodore S. Rappaport, *Wireless Communication Principle and Practice*, 2nd ed., Michelle Vincenti, Ed. New Jersey, United State of America: Prentice-Hall, Inc, 2002.
- [8] Arfianto Fahmi, Muhammad Asvial, and Dadang Gunawan, "Uplink Resource Allocation Algorithms with Fractional Power Control as Power Constraintsfor OFDMA System," in *TELCON*, Depok, Indonesia, 2011, pp. 592-596.
- [9] Tien-Dzung Nguyen and Youngnam Han, "A Proportional Fairness Algorithm with QoS Provision in Downlink PFDMA Systems," in *IEEE Communications Letters*, November 2006, pp. 760-762.