

SIMULASI DAN ANALISIS ALGORITMA PENGALOKASIAN *RESOURCE BLOCK* BERBASIS *QOS GUARANTEED* PADA SISTEM *LONG TERM EVOLUTION*

Suci Monica Sari¹, Arfianto Fahmi², Budi Syihabuddin³

^{1,2,3}Teknik Telekomunikasi, Fakultas Teknik Elektro, Universitas Telkom

³ Instansi, Alamat Pos

¹ suciiemonica@gmail.com, ² arfiantof@telkomuniversity.ac.id, ³ budisyihab@telkomuniversity.ac.id

Abstrak

Salah satu permasalahan pada sistem *Long Term Evolution* (LTE) adalah masalah pengalokasian *Physical Resource Block* (PRB). Algoritma pengalokasian PRB yang biasa digunakan memiliki performansi yang kurang memuaskan dalam menjamin *Quality of Service* (QoS) user. Pada penelitian ini dilakukan simulasi menggunakan suatu algoritma optimasi untuk mengalokasikan PRB kepada user. Langkah pertama dalam proses pengalokasian PRB pada algoritma ini yaitu mengestimasi jumlah PRB yang dibutuhkan oleh user dengan menggunakan perbandingan antara laju data minimum user dengan kondisi kanal rata-rata. Selanjutnya dilakukan pengalokasian PRB sampai laju data minimum user tercapai. Hasil dari simulasi dengan menggunakan algoritma ini dengan jumlah user 20 yaitu tercapainya nilai *spectral efficiency* lebih tinggi hingga 3.5714 bps/Hz dari *spectral efficiency* algoritma *Greedy* dan lebih tinggi hingga 2.2537 bps/Hz dari *spectral efficiency* algoritma *Round Robin*. Untuk *throughput*, hasil dari simulasi algoritma *QoS Guaranteed* yaitu lebih tinggi hingga 697.12 Kbps dari *throughput* algoritma *Greedy* dan lebih tinggi hingga 405.66 Kbps dari algoritma *Round Robin*. Dan untuk *index of fairness*, algoritma *QoS Guaranteed* memiliki *index of fairness* paling tinggi yaitu 0.928658.

Kata kunci : *Long Term Evolution, Physical Resource Block, Throughput, fairness*

1. Pendahuluan

Long Term Evolution (LTE) merupakan komunikasi akses data nirkabel tingkat tinggi dengan laju data yang tinggi. Bisa digunakan teknik *Orthogonal Frequency Division Multiple Access* (OFDMA) sebagai teknik *multiple access* pada arah *downlink* dan *Orthogonal Frequency Division Multiplexing* (OFDM) sebagai teknik modulasi. Secara teoritis, LTE mampu mengirimkan data 100 Mbps pada arah *downlink* seperti pada [1]. Namun pada realisasinya, laju data ini belum bisa tercapai karena beberapa hal. Salah satunya adalah karena pengalokasian *Physical Resource Block* (PRB) kepada user.

Metode pengalokasian PRB dilakukan dengan bermacam metode antara lain seperti pada [2] dengan menggunakan algoritma *greedy*. Pengalokasian algoritma *greedy* tersebut dilakukan dengan cara mengalokasikan PRB kepada user yang memiliki CQI tertinggi. Sedangkan pada [3] untuk mengalokasikan PRB kepada user digunakan algoritma *Particle Swarm Optimization* (PSO) yang berdasarkan perpindahan posisi *particle*. Pada setiap iterasinya *particle* akan menuju posisi terbaik dan pada saat bersamaan terjadi pertukaran informasi posisi terbaik. Proses algoritma ini berakhir ketika sudah didapat nilai yang optimal. Pada [4] dikenalkan algoritma pengalokasian PRB berbasis *QoS Guaranteed* dengan menggunakan konfigurasi *single antenna*. Dengan algoritma ini, PRB dialokasikan berdasarkan laju minimum yang dibutuhkan oleh masing masing user. Hasil simulasi menggunakan algoritma ini, *throughput* yang didapat lebih tinggi dibandingkan 3 algoritma penjadwalan seperti *Max C/I*, *Round Robin* (RR), dan *Proportional Fair* (PF). Pada [5] dijelaskan sebuah algoritma pengalokasian PRB untuk meningkatkan *spectral efisiensi*. Selanjutnya pada [6] dijelaskan tentang ketentuan yang harus diikuti dalam proses penjadwalan PRB kepada user.

Pada penelitian ini, dilakukan proses simulasi pengalokasian PRB kepada user pada arah *downlink* menggunakan algoritma berbasis *QoS Guaranteed* berdasarkan [4] dengan menggunakan konfigurasi antenna *Multiple Input Multiple Output* (MIMO) 2x2. Sebelum melakukan pengalokasian, dilakukan proses *selective combining* untuk mengetahui jalur terbaik yang digunakan. Setelah itu, dilakukan estimasi jumlah PRB dengan

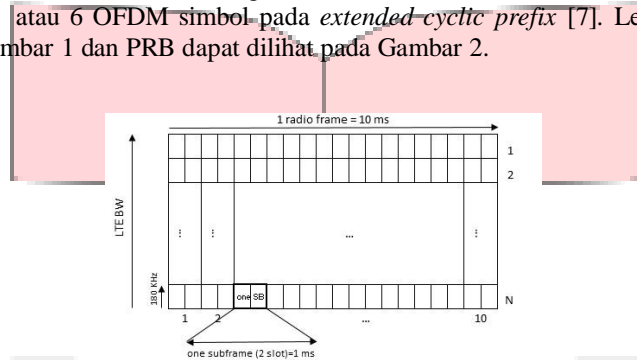
membandingkan laju data minimum *user* dengan kondisi kanal rata-rata. Selanjutnya PRB dialokasikan berdasarkan prioritasnya.

Paper ini tersusun menjadi beberapa bagian. Bagian 2 mengenalkan struktur frame LTE. Pada bagian 3 menjelaskan tentang pemodelan. Bagian 4 membahas tentang proses algoritma berbasis *QoS Guaranteed* dan parameter sistem. Pada bagian 5 membahas tentang analisis dari hasil simulasi. Dan kesimpulan dijelaskan pada bagian 6.

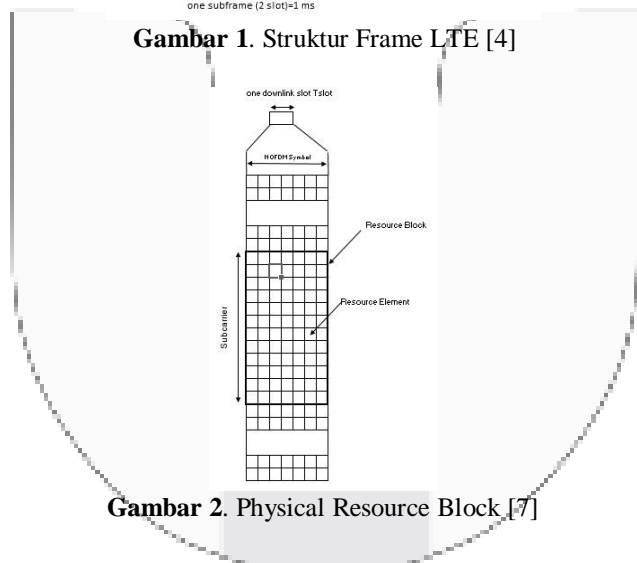
2. Dasar Teori dan Metodologi Perancangan

2.1. Struktur Frame LTE

Satu radio *frame* LTE memiliki durasi 10 ms. Terdiri dari 10 *subframe* dimana 1 *subframe* memiliki durasi 1 ms. Dan 1 *subframe* terbagi menjadi 2 *slot* dimana 1 *slot* memiliki durasi 0.5 ms. 1 PRB terdiri dari 12 *subcarrier* (180 kHz) pada domain frekuensi dengan durasi 1 *slot* dimana dalam 1 slot terdapat 7 OFDM simbol pada normal *cyclic prefix* atau 6 OFDM simbol pada *extended cyclic prefix* [7]. Lebih jelasnya struktur frame LTE dapat dilihat pada Gambar 1 dan PRB dapat dilihat pada Gambar 2.

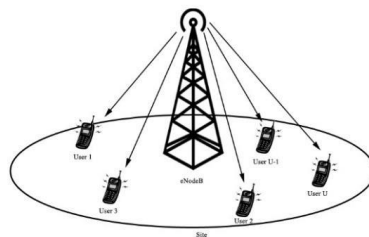


Gambar 1. Struktur Frame LTE [4]



Gambar 2. Physical Resource Block [7]

2.2. Model Sistem



Gambar 3. Pemodelan Sistem

Pada penelitian ini sistem di modelkan sebagai sel tunggal (*single cell*) yang terdiri dari sebuah eNodeB dan sejumlah user yang di asumsikan dengan K seperti Gambar 3. Penggunaan *single cell* sebagai dasar asumsi bahwa tidak ada interferensi dari sel tetangga. eNodeB akan mengalokasikan PRB kepada *user*.

Bandwidth yang digunakan dalam simulasi ini adalah 5 Mhz. Berdasarkan [8] 10% dari *bandwidth* digunakan sebagai *guard band* sehingga *bandwidth* efektif yang bisa digunakan adalah 4.5 MHz. Sehingga total *subcarrier* yang bisa digunakan adalah 300 *subcarrier* (4.5MHz/15KHz) dan jumlah PRB adalah 25 PRB (4.5MHz/180KHz).

Jumlah PRB yang dialokasikan dinotasikan dengan N dengan *power* pada masing-masing PRB nilainya sama berdasarkan [6] didapat persamaan (1) seperti di bawah ini :

$$P_n = \frac{P_{tot}}{N} \quad (1)$$

Jumlah *user* yang dilayani oleh 1 *base station* di asumsikan dengan K. Selanjutnya R_k Mbit/s adalah laju data minimum yang dibutuhkan oleh *user* k dimana $k \in \{1,2,\dots,K\}$. N_s adalah OFDM simbol dalam domain waktu adalah *subcarrier* yang bisa digunakan untuk membawa data dalam domain frekuensi. Selanjutnya R_j adalah *code rate* dimana $j \in \{1,2,\dots,J\}$ dan J adalah total MCS yang mendukung proses transmisi, M_j adalah ukuran konstelasi, T_s durasi OFDM simbol. Berdasarkan [4] laju data 1 PRB dirumuskan dengan persamaan (2) :

$$r^j = \frac{R_j^{(c)} \text{Log}_2(M_j)}{T_s N_s} \sum_{s=1}^N N_{sc}^{(d)}(s) \quad (2)$$

Selanjutnya adalah pembangkitan nilai *Channel Quality Indicator* (CQI). CQI merupakan data masukan yang diumpant-balikkan oleh *receiver* kepada *transmitter* sebagai informasi untuk penerapan proses penjadwalan kepada *user* [6]. Pada penelitian ini nilai CQI direpresentasikan dengan nilai *Signal to Noise Ratio* (SNR) yang dipengaruhi oleh *pathloss*, *shadowing*, dan *multipath fading* sepanjang proses transmisi data. Besar interferensi dari sel tetangga dianggap tidak ada karena penelitian ini menggunakan *single cell*. Model *pathloss* yang digunakan adalah *pathloss* untuk *macro cell* pada *urban area* seperti yang dijelaskan pada [9] dengan persamaan (3)

$$PL_k = 128.1 + 37.6 \log R \quad (3)$$

Berdasarkan [4] nilai CQI maksimum pada PRB oleh *user* k dapat ditentukan dengan persamaan (3)

$$n_max = \text{argmax}(CQI) \quad (4)$$

$p_{k,n}$ dinotasikan sebagai PRB yang sudah digunakan oleh *user*. Karena masing-masing PRB hanya dialokasikan untuk 1 *user* maka ketika $p_{k,n} = 1$ maka $p_{k',n} = 0$ dimana $k' \neq k$; selanjutnya $b_{k,j}$ adalah indikator MCS yang digunakan oleh *user* k dan jika $b_{k,j} = 1$ maka $b_{k',j} = 0$ dimana $k' \neq k$. Dan berdasarkan [4] laju data yang di dapat oleh *user* k dapat dirumuskan dengan persamaan (4)

$$r_k = \sum_{n=1}^N p_{k,n} \sum_{j=1}^{gk, \max(gk, n^*)} b_{k,j} r^{(j)} \quad (5)$$

Analisis yang digunakan adalah menggunakan perhitungan *spectral efficiency* (bps/hz) yang berdasarkan [10] dapat dirumuskan dengan persamaan (5)

$$\eta = \log_2 \left(1 + \frac{\gamma_{k,n}}{\Gamma} \right) \quad (6)$$

Perhitungan *throughput* yang berdasarkan [6] dengan persamaan (6)

$$R_k = \sum \frac{Bw}{N} \log_2 \left(1 + \frac{\gamma_{k,n}}{\Gamma} \right) \tag{7}$$

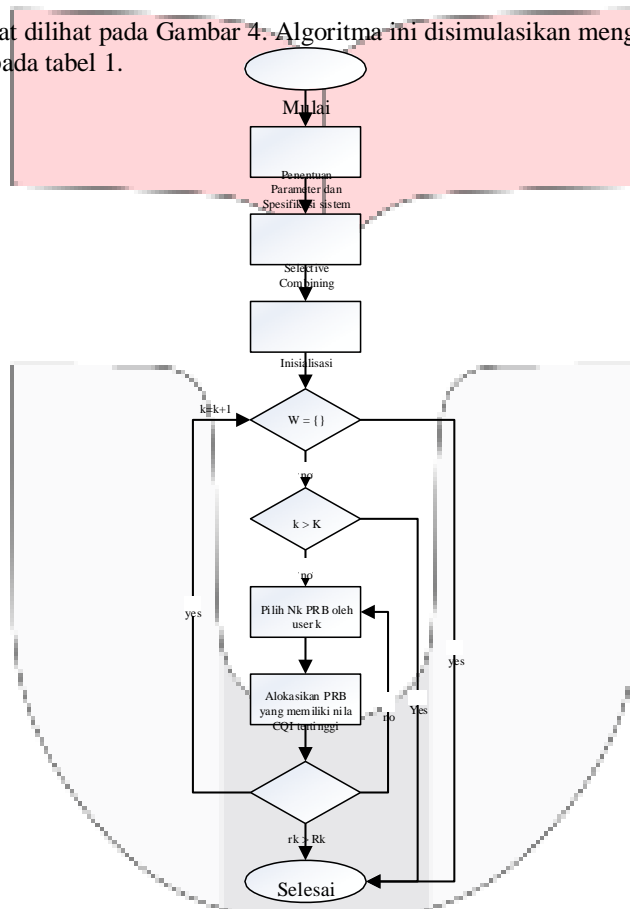
Dan perhitungan *fairness* dengan persamaan *Jain Fairness Index* yang diformulasikan berdasarkan [11] dengan persamaan (8)

$$f(x) = \frac{(\sum x)^2}{n(\sum x^2)} \tag{8}$$

3. Pembahasan

3.1. Algoritma Berbasis *QoS Guaranteed*

Proses algoritma dapat dilihat pada Gambar 4. Algoritma ini disimulasikan menggunakan Matlab dengan spesifikasi sistem seperti pada tabel 1.



Gambar 4. Diagram alir Algoritma

Langkah algoritma ini yaitu:

- a. Mengetahui jalur dengan nilai CQI terbaik..

Karena konfigurasi antena yang digunakan adalah mimo 2x2 maka ada 4 jalur transmisi data, sehingga ada 4 nilai CQI pada k user dan n PRB. Dan dengan metode *selective combining* dapat diketahui jalur dengan nilai CQI terbaik. Proses *selective combining* dirumuskan dengan persamaan (9)

$$CQI = \max (SNR(i)) \tag{9}$$

- b. Proses pengalokasian PRB ke user

Pada proses pengalokasian, *user* yang memiliki laju data paling rendah harus didahulukan. Dan PRB yang dialokasikan ke *user* adalah PRB yang memiliki nilai CQI tertinggi. Proses pengalokasian untuk *user* dilakukan hingga laju data minimal untuk *user* tersebut tercapai. Dan jika 1 user mendapatkan lebih dari 1 PRB

maka *Modulation and Coding Scheme* (MCS) yang digunakan harus mengikuti nilai CQI paling rendah untuk menjamin data di transmisikan dengan benar.

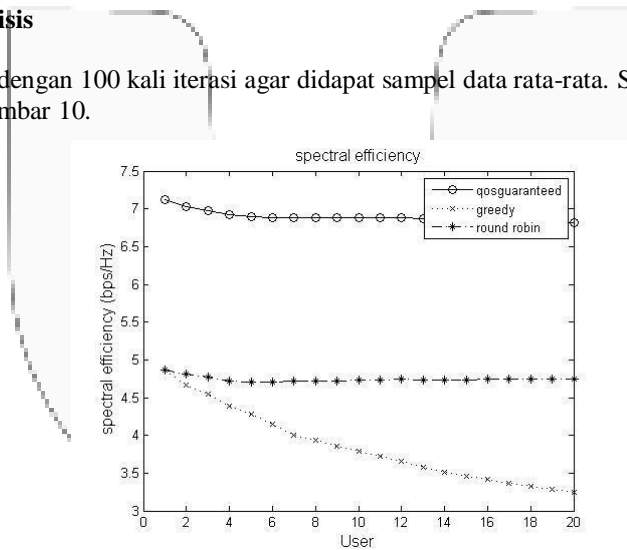
Parameter sistem dapat dilihat pada table 1 :

Tabel 1.Parameter Sistem [4] [7] [9] [12]

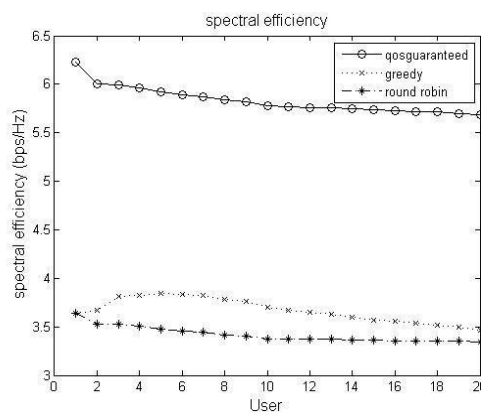
Jumlah <i>subcarrier</i>	300 dan 1200
Jumlah PRB	25 dan 100 PRB
Bandwidth	5MHz dan 20 MHz
Model kanal	Rayleigh
Jumlah user dalam 1 TTI	20
Shadowing	6-10 dB
Gain Antena BS	14 dBi
Gain Antena UE	0 dBi
Kofigurasi Antena	MIMO 2x2
BER	10^{-6}
Laju Minimum <i>User</i>	0.768 ; 1.024 ; 1.536v Mbis/s
Modulasi dan Coding	QPSK : 1/3, 1/2, 2/3, 3/4, 4/5 16QAM : 1/2, 2/3, 3/4, 4/5 64QAM : 2/3, 3/4, 4/5

3.1 Pengujian dan Analisis

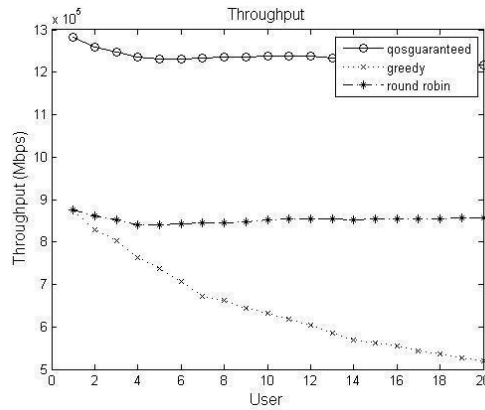
Pengujian dilakukan dengan 100 kali iterasi agar didapat sampel data rata-rata. Sehingga didapatkan data pada Gambar 5 sampai Gambar 10.



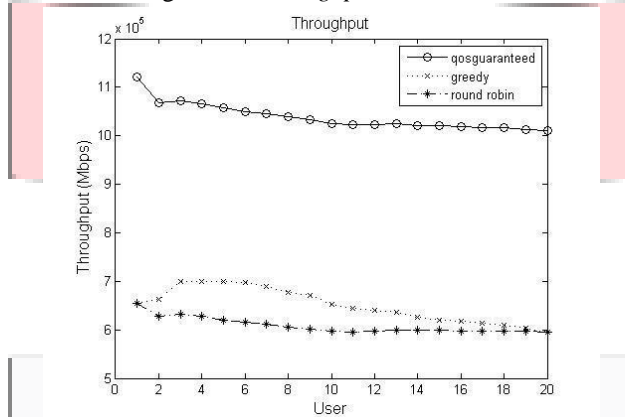
Gambar 5 Perbandingan nilai *spectral efficiency* MIMO 2x2 bandwidth 5 MHz



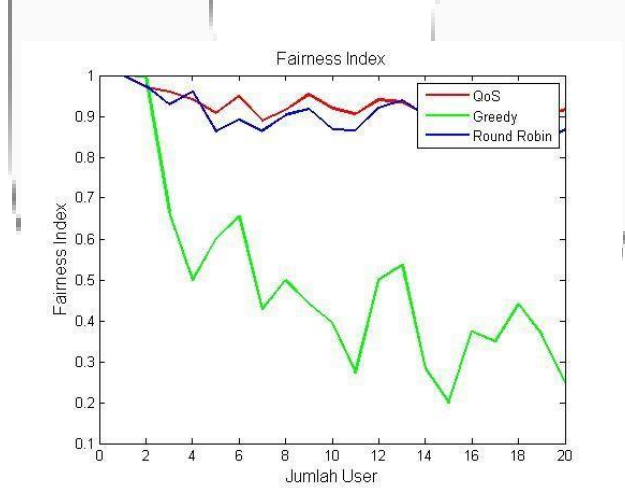
Gambar 6 Perbandingan nilai *spectral efficiency* MIMO 2x2 bandwidth 20 MHz



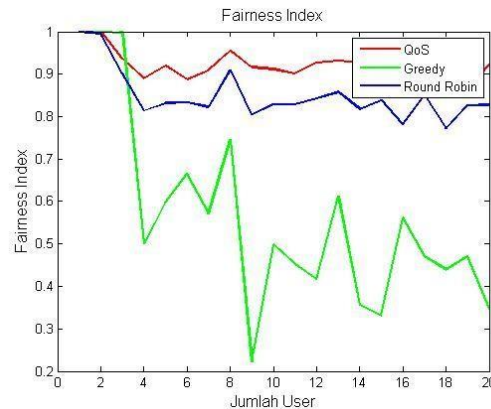
Gambar 7 Perbandingan nilai *throughput* MIMO 2x2 bandwidth 5 MHz



Gambar 8 Perbandingan nilai *throughput* MIMO 2x2 bandwidth 20 MHz



Gambar 9 Perbandingan nilai fairness MIMO 2x2 bandwidth 5 MHz



Gambar 10 Perbandingan nilai fairness MIMO 2x2 bandwidth 20 MHz

Dari Gambar 5 dan Gambar 6, dengan algoritma *QoS Guaranteed* didapatkan nilai *spectral efficiency* yang lebih tinggi dibandingkan dengan algoritma *Greedy* dan algoritma *Round Robin*, *spectral efficiency* yang dihasilkan pada algoritma *QoS Guaranteed* tersebut lebih tinggi hingga 3.5714 bps/Hz dari *spectral efficiency* algoritma *Greedy* dan lebih tinggi hingga 2.34341 bps/Hz dari *spectral efficiency* algoritma *Round Robin*. Hal ini disebabkan karena algoritma *QoS Guaranteed* pada proses pengalokasiannya PRB dengan nilai CQI paling tinggi yang dialokasikan terlebih dahulu. Sehingga menghasilkan nilai *spectral efficiency* yang lebih tinggi dibandingkan dengan algoritma *Greedy* yang mengalokasikan berdasarkan CQI user yang tertinggi dan algoritma *Round Robin* yang hanya mengalokasikan dengan proses *first in first served*.

Dari Gambar 7 dan Gambar 8, dengan algoritma *QoS Guaranteed* didapat nilai *throughput* yang lebih tinggi dibandingkan dengan algoritma *Greedy* dan algoritma *Round Robin*. Untuk *throughput*, hasil dari simulasi algoritma *QoS Guaranteed* yaitu lebih tinggi hingga 697.12 Kbps dari *throughput* algoritma *Greedy* dan lebih tinggi hingga 466 Kbps dari algoritma *Round Robin*. Karena nilai *throughput* sebanding dengan nilai *spectral efficiency* seperti pada persamaan (5) dan (6).

Gambar 9 dan Gambar 10 menunjukkan fairness dari algoritma *QoS Guaranteed*, algoritma *Greedy*, dan algoritma *Round Robin*. Dengan menggunakan algoritma *QoS Guaranteed* nilai *fairness index* mendekati 1 ketika user sedikit, dan ketika user bertambah nilai *fairness index* turun hingga ke level 0.86, sedangkan untuk algoritma *Greedy* nilai *fairness index* mencapai 0.19 ketika user mengalami pertambahan dan untuk algoritma *Round Robin* nilai *fairness index* mencapai level 0.77 ketika user mengalami pertambahan. Sehingga dapat disimpulkan bahwa algoritma *QoS Guaranteed* memiliki *fairness* yang baik dalam mengalokasikan PRB kepada user.

Analisis selanjutnya adalah *time complexity* dengan metode *the big oh*. Table 2 menunjukkan *pseudo code* algoritma *QoS Guaranteed*. Dari *pseudo code* didapat bahwa *time complexity* algoritma *QoS Guaranteed* mempunyai nilai $O(n \log n)$ yang berarti pertambahan user senilai n membutuhkan waktu untuk menjalankan program senilai $n \log n$.

Tabel 2. Pseudo code algoritma *QoS Guaranteed*

Pseudo Code	Time Complexity
Max_CSI_MIMO = sort(CSI_RB2,'descend');	$n \log n$
for i=1:size(CSI_RB,1) %statement	n
While %statement end	n
If %statement else %statement end	n

4. Kesimpulan

Pada penelitian ini sudah dilakukan proses pengalokasian PRB menggunakan algoritma berbasis *QoS Guaranteed* dimana proses pengalokasian dilakukan sampai laju data minimum masing-masing *user* terpenuhi. tercapainya nilai *spectral efficiency* lebih tinggi hingga 3.5714 bps/Hz dari *spectral efficiency* algoritma *Greedy* dan lebih tinggi hingga 2.3434 bps/Hz dari *spectral efficiency* algoritma *Round Robin*. Untuk *throughput*, hasil dari simulasi algoritma *QoS Guaranteed* yaitu lebih tinggi hingga 697.12 Kbps dari *throughput* algoritma *Greedy* dan lebih tinggi hingga 466 Kbps dari algoritma *Round Robin*. Dan untuk *index of fairness*, algoritma *QoS Guaranteed* memiliki *index of fairness* paling tinggi yaitu 0.928658.

Daftar Pustaka

- [1] M. Ergen, *Mobile Broadband : Including Wimax and LTE*, USA: Springer, 2009.
- [2] A. M. Douglas, "A Modified Greedy Algorithm for the Assignment Problem," *Thesis pada University of Louisville*, no. Tidak diterbitkan, 2006.
- [3] L. Su, P. Wang and F. Liu, "Particle Swarm Optimization Based Resource Block Allocation Algorithm for Downlink LTE Systems," *IEEE*, pp. 970-974, 2012.
- [4] N. Guan, Y. Zhou, L. Tian, G. Sun and J. Shi, "QoS Guaranteed Resource Block Allocation Algorithm for LTE Systems," *IEEE 7th International Conference on Wireless and Mobile Computing, Networking and Communications*, pp. 307-312, 2011.
- [5] Y.J.Zhang and K. Lataief, "Multiuser Adaptive Subcarrier-and-Bit Allocation with Adaptive Cell Selection in OFDM Systems," *IEEE Transactions on Wireless Communications*, vol. 3, pp. 1566-1575, September 5, 2004.
- [6] S. Sadr, A. Anpalagan and K. Raahemifar, "Radio Resource Allocation Algorithm for the Downlink of Multiuser OFDM Communication Systems," *IEEE Communication Surveys & Tutorials*, vol. 11, pp. 92-106, 2009.
- [7] 3GPP TSG RAN TR 136.211 V8.7.0, LTE; Evolved Universal Terrestrial Radio Access (E-UTRA); Physical Channel and Modulation, 2009.
- [8] S. Rathi, N. Malik and S. M. Nidhi Chahal, "Throughput for TDD and FDD 4G LTE System," *International Journal of Innovative Technology and Exploring Engineering*, vol. 3, no. 12, pp. 73-77, May 2014.
- [9] V. 3GPP TSG RAN TR 136.931, LTE; Evolved Universal Terrestrial Radio Access (E-UTRA); Radio Frequency (RF) requirement for LTE pico node B, 2011.
- [10] M. Rahman, H. Yanikomeroglu and W. Wong, "Interference Avoidance with Dynamic Inter-Cell Coordination for Downlink LTE System," *IEEE*, 2009.
- [11] S. Schwarz, C. Mehlhruer and M. Rupp, "Throughput Maximizing Multiuser Scheduling with Adjustable Fairness".
- [12] J. Zyren, "Overview of the 3GPP Long Term Evolution Physical Layer," 2007.