

ALOKASI RESOURCE BLOCK PADA SISTEM KOMUNIKASI DEVICE-TO-DEVICE YANG UNDERLAYING PADA JARINGAN LTE-ADVANCED

RESOURCE BLOCK ALLOCATION FOR DEVICE-TO-DEVICE COMMUNICATION UNDERLAYING LTE-ADVANCED NETWORKS

Firli Fauzia Karima¹, Arfianto Fahmi², Nur Andini³

Prodi S1 Teknik Telekomunikasi, Fakultas Teknik Elektro, Universitas Telkom

¹firlifauzia@telkomuniversity.ac.id, ²arfiantof@telkomuniveristy.co.id,

³nurandini@telkomuniversity.ac.id

Abstrak

Jaringan LTE-Advanced sedang dikembangkan untuk memenuhi kebutuhan layanan mobile broadband untuk sistem 4G. Komunikasi *device-to-device* merupakan salah satu teknik yang membantu untuk memenuhi kebutuhan layanan seluler *peer-to-peer* dan meningkatkan pemenuhan spektrum dalam jaringan LTE-Advanced. Namun, transmisi D2D dapat menyebabkan nilai interferensi yang cukup signifikan ketika pembagian sumber daya radio. Tujuan dari penelitian ini ialah untuk memperoleh metode yang tepat dalam pengalokasian sumber daya radio dengan membandingkan beberapa metode yang digunakan dan pengaruhnya terhadap jumlah pelanggan dengan memperhatikan beberapa parameter keluaran antara lain throughput, fairness, dan efisiensi spektral. Pada penelitian ini penulis melakukan proses pengalokasian sumber daya radio pada software pemrograman *matrix laboratory* dengan membandingkan penggunaan algoritma *heuristic* dan algoritma *round robin*. Serta antena yang menggunakan teknik multiple input multiple output untuk meningkatkan kualitas layanan informasi. Hasil dari penelitian ini ialah tampilan berupa grafik kualitas layanan informasi yang membandingkan antara metode yang digunakan terhadap jumlah pelanggan. Analisis kesimpulan yang didapat dari penelitian ini ialah algoritma *heuristic* memiliki kinerja lebih baik daripada algoritma *round robin* dalam parameter yang diukur antara lain throughput, fairness, dan efisiensi spektral.

Kata kunci : D2D *Underlying* LTE-Advanced, *resource allocation*, *heuristic*, *round robin*

Abstract

LTE-Advanced networks are being developed to provide mobile broadband services for the 4G cellular wireless systems. D2D is a promising technique to provide wireless peer-to-peer services and enhance spectrum utilization in the LTE-Advanced networks. The purpose of this study is to obtain the appropriate method of radio resource allocation by comparing several methods used and their effect on the number of customers by considering some output parameters such as throughput, fairness, and spectral efficiency. In this study the authors make the process of allocation of radio resources in matrix laboratory programming software by comparing heuristic algorithm and round robin algorithm. And antennas using multiple input multiple output techniques to improve the quality of information services. The result of this research is the display of the quality of information service that compares the method used to the number of customers. Analysis of conclusions obtained from this research is heuristic algorithm has better results than round robin algorithm for output parameter such as spectral efficiency throughput, and fairness.

Keywords: D2D *Underlying* LTE-Advanced, *resource allocation*, *heuristic*, *round robin*

1. Pendahuluan

Dewasa ini, layanan telekomunikasi berbasis nirkabel (seluler) saat ini sangat berkembang. Dari awalnya yang hanya menyalurkan komunikasi analog berupa suara, kemudian menuju komunikasi suara digital dan hingga saat ini berupa teknologi data broadband berkecepatan tinggi. Disisi lain, jaringan akses *wireless* mempunyai keterbatasan sumberdaya seperti frekuensi, daya dan waktu. Sehingga, diperlukan suatu pengalokasian sumber daya agar penggunaan sumber daya tetap efisien dan mempunyai *quality of service* yang tetap terjaga. 3GPP(*Third Generation Partnership Project*) yang merupakan lembaga standarisasi teknologi *mobile* memperkenalkan suatu teknologi yaitu D2D (*Device-to-Device*) [1]. Teknologi ini memungkinkan UE(*User Equipment*) untuk berkomunikasi langsung dengan atau tanpa supervisi dari eNB (*evolved Node B*). Teknologi ini muncul untuk meningkatkan kapasitas *bandwidth* dan *latency*. Pada tugas akhir ini, dilakukan proses simulasi pengalokasian resource block pada sistem komunikasi D2D yang underlaying dengan jaringan LTE-Advanced menggunakan algoritma Round Robin dan dibandingkan dengan algoritma heuristic. Pada Bab II akan dibahas mengenai metode-metode yang akan digunakan pada penelitian. Pada Bab III membahas mengenai analisis dari hasil yang telah diperoleh dari simulasi. Pada Bab IV akan membahas mengenai kesimpulan yang diperoleh dari penelitian.

2. Dasar Teori dan Metodologi

Pada penelitian ini dimulai dengan mengidentifikasi masalah penelitian menggunakan studi literatur yang diambil dari penelitian-penelitian sebelumnya yang berkaitan dengan masalah penelitian ini. Pada penelitian sebelumnya yang menggunakan algoritma *heuristic* dalam proses pengalokasian PRB, masih menggunakan sistem komunikasi seluler biasa antar *user* dengan eNB. Sehingga akan dilakukan proses pengalokasian PRB menggunakan algoritma *heuristic* dalam sistem komunikasi D2D ditambah perbandingan alokasi dengan menggunakan algoritma *round robin*. Simulasi dimulai dengan melakukan persebaran user secara acak yang terdiri atas user seluler dan *link* D2D dan juga satu eNB dalam 1 sel.

2.1. Kalkulasi Model Kanal

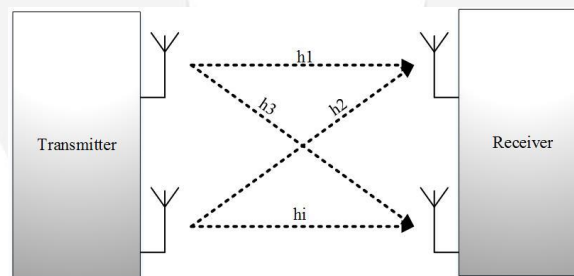
Setelah dilakukan proses persebaran *user* secara acak, dilakukan proses konfigurasi MIMO 2x2 yang mendapat masukan kondisi kanal dari seluruh *user* atau disebut juga *Channel State Information* (CSI). CSI tersebut adalah sekumpulan data dari kondisi kanal setiap *user* yang dikalikan dengan daya *Enhanced Node B* (eNB) yang berupa nilai *Signal to Interference Noise Ratio* (SINR) sesuai persamaan [2].

$$SINR_{n,v} = \frac{P_n \times H_{n,v}}{I_{kj} + \text{Noise Power}} \quad (1)$$

$$H_{n,v} = (-K - g \log_{10} d_{n,v}) - \varepsilon_{nv} + 10 \log_{10} F_{nv} \quad (2)$$

$$I_{nv} = \sum_{n \neq k, n=1}^{N_{BS}+K} \sum_{v=N_{BS}+1}^{N_{BS}+K} \alpha_{nv} \cdot P_{t,nv} \cdot H_{nv} \quad (3)$$

Dimana P_n daya pancar dari user_n, $H_{n,v}$ adalah *channel gain*, I_{nv} adalah interferensi. $\alpha_{n,v}$ memiliki nilai 1. $d_{n,v}$ merupakan jarak antar user, ε_{nv} merupakan *lognormal shadowing* dengan standar deviasi 8dB. F_{nv} merupakan faktor random *rayleigh*. K merupakan konstanta *pathloss*. g merupakan eksponen *pathloss*. Setelah dilakukan perhitungan kalkulasi model kanal selanjutnya dilakukan proses MIMO.



Gambar 1 Konfigurasi Antena MIMO 2x2

Antena MIMO 2x2 digambarkan pada Gambar 1. Pada Gambar 1 terlihat bahwa antena MIMO 2x2, terdapat 4 buah jalur transmisi yang memiliki kondisi kanal berbeda yang direpresentasikan kedalam sebuah matriks [3] :

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

Teknik transmisi yang digunakan adalah *spatial diversity* dengan *selective combining*. Teknik tersebut bekerja dengan cara yang mentransmisikan sebuah sinyal informasi pada 2 antena di pemancar menggunakan frekuensi yang sama, kemudian informasi yang dikirimkan dari masing-masing antena menempuh lintasan yang berbeda sehingga kualitas kanal nya pun berbeda. Pada akhirnya akan dipilih kualitas kanal yang paling baik ketika sampai di penerima yang menggunakan 2 antena, sesuai dengan persamaan (6).

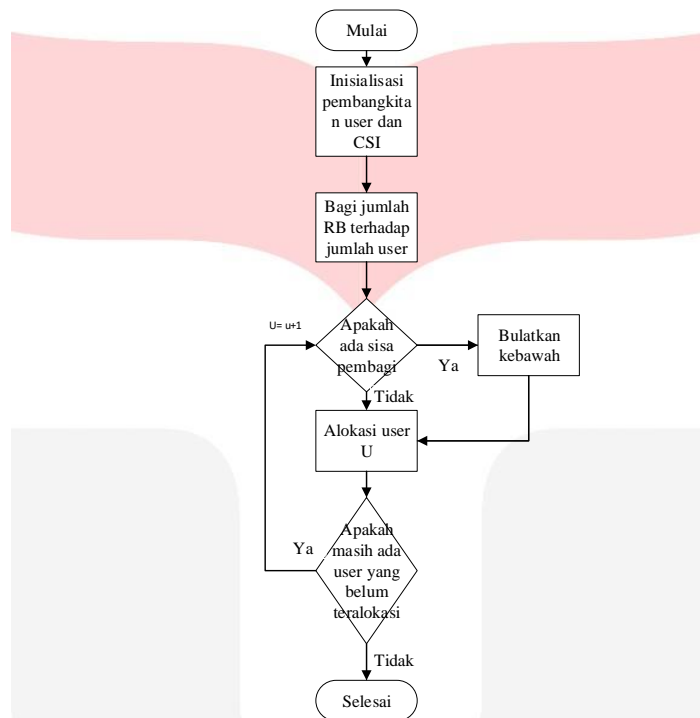
$$H_{n,v} = \max (h_i), \text{ dimana } i= 1,2,3,4 \quad (5)$$

Proses *selective combining* dilakukan untuk memperoleh sebuah matriks $CSI_{n,v}$ yang berisikan nilai SINR dari masing-masing jalur transmisi untuk setiap UE. Selanjutnya, matriks tersebut akan digunakan untuk proses pengalokasian PRB.

2.2. Alokasi PRB Menggunakan Algoritma *round robin*

Dalam simulasi ini Algoritma *Round Robin* digunakan untuk menentukan *assignment* penggunaan PRB pada tiap *user*. Algoritma ini digunakan sebagai *assignment* matriks persegi menjadi sebuah matriks persegi dengan sifat korespondensi satu-satu berdasarkan nilai maksimum tiap baris matriks.

Algoritma *Round Robin* merupakan suatu algoritma yang memiliki prinsip *first come, first serve*. Apabila jumlah user kurang dari jumlah *resource block*, dapat dipastikan bahwa semua user mendapatkan alokasi *resource block* [4]. Pada gambar 2 menunjukkan diagram alir dari algoritma *round robin*.

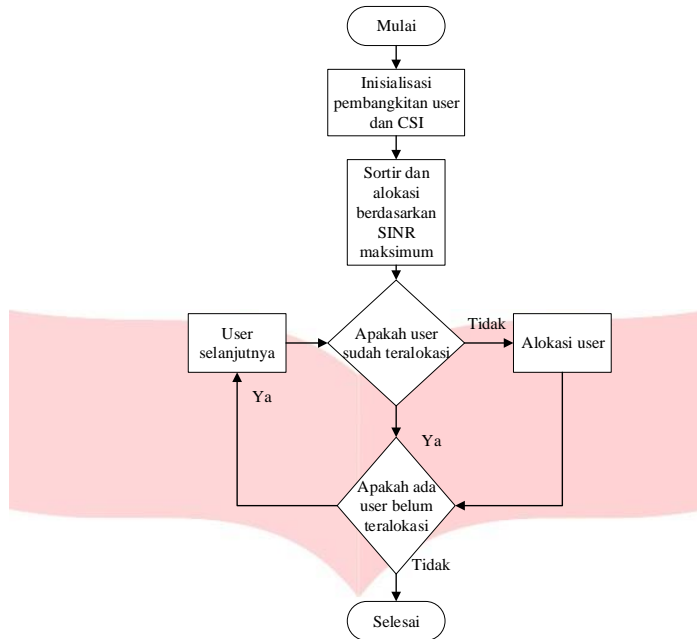


Gambar 2. Diagram alir algoritma *round robin*

Setelah melakukan inisialisasi jumlah user dan pembangkitan CSI, proses selanjutnya pada algoritma *round robin* adalah membagi jumlah RB terhadap jumlah link D2D dengan pembulatan ke bawah. Kemudian, setiap link D2D akan mendapatkan alokasi RB sejumlah hasil pembagian sebelumnya. Proses alokasi berhenti apabila semua *link* D2D telah mendapatkan alokasi RB.

2.3. Algoritma *heuristic*

Heuristic merupakan suatu strategi untuk melakukan proses pencarian ruang keadaan (*state space*) suatu problema secara selektif, yang memandu proses pencarian yang kita lakukan di sepanjang jalur yang memiliki kemungkinan sukses paling besar, atau sebuah teknik yang mengembangkan efisiensi dalam proses pencarian, namun kemungkinan juga mengorbankan kelengkapan (*completeness*). Proses alokasi menggunakan algoritma *heuristic* diawali dengan mencari *user* dengan kondisi kanal terbaik. Kemudian bandingkan kondisi kanal RB sebelah kanan dan sebelah kiri dari RB dengan kondisi terbaik yang sebelumnya didapatkan. Apabila kondisi kanal RB sebelah kanan lebih baik dari RB kiri maka RB sebelah kanan akan dialokasikan kepada *user*, begitu pula sebaliknya. Alokasi *resource block* pada sistem akan berhenti apabila semua *user* sudah mendapatkan alokasi *resource block* atau tidak ada *resource block* tersisa. *Flowchart* algoritma *heuristic* ditunjukkan pada gambar berikut



Gambar 3. Diagram alir algoritma *heuristic*

3. Hasil Simulasi dan Analisis

Simulasi dilakukan pada sistem *downlink* LTE dengan menggunakan frekuensi *carrier* 1,8 GHz. Tabel 1 menampilkan beberapa parameter yang digunakan untuk simulasi berdasarkan [5]

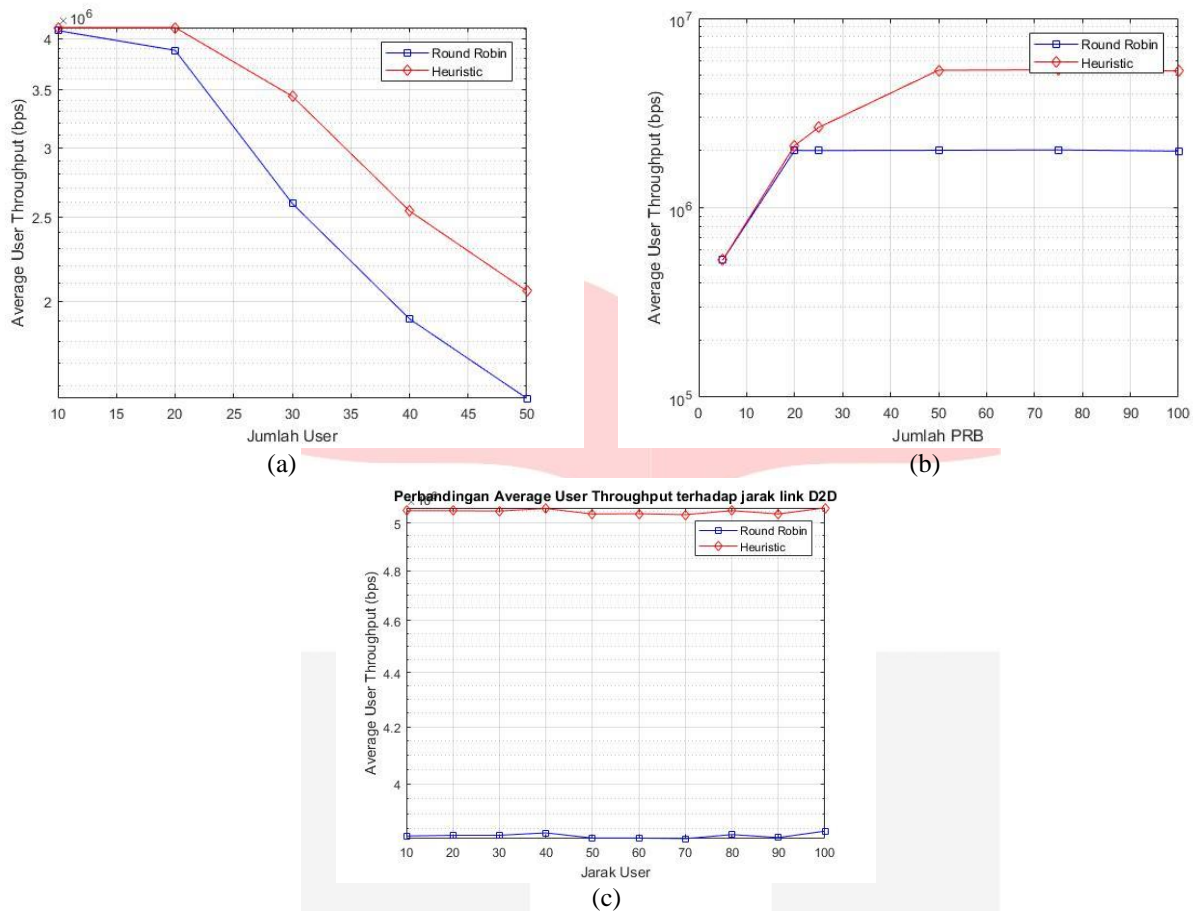
Tabel 1 Parameter simulasi

Parameter	Nilai
<i>Bandwidth</i> sistem	5 MHz
Jumlah <i>resource block</i>	25
<i>Bandwidth per subcarrier</i>	15 KHz
Layout sel	Sel tunggal
Frekuensi <i>carrier</i>	1,8 GHz
<i>Bandwidth resource block</i>	180 KHz
K	-125
g	3.76
Ptx D2D	125mW
<i>Noise figure</i>	7 dB
Daya kirim eNodeB (P_T)	40 watt (46 dBm)
Rugi-rugi penetrasi	20 dB
Jumlah pengguna	10-50 dengan penambahan 5

Simulasi dilakukan dalam tiga skema, yaitu skenario variasi jumlah *user*, variasi jumlah PRB dan variasi jarak *user*. Dalam ketiga skenario tersebut dilakukan perbandingan antara alokasi PRB menggunakan algoritma *heuristic* dan algoritma *round robin*.

3.1. Average User Throughput

Average user throughput adalah nilai rata-rata dari pencapaian *throughput* dari semua user. *Throughput* itu sendiri ialah banyaknya informasi yang ditransmisikan diterima di *receiver* per satuan waktu, sehingga memiliki satuan *bit per second* (bps). Nilai *average user throughput* antar skenario menggunakan algoritma *heuristic* dan algoritma *round robin* dijelaskan dengan gambar 4 (a),(b),(c)



Gambar 4 (a) Throughput user rata-rata terhadap variasi jumlah user, (b) Throughput user rata-rata terhadap variasi jumlah PRB, (c) Throughput user rata-rata terhadap variasi jarak *user*

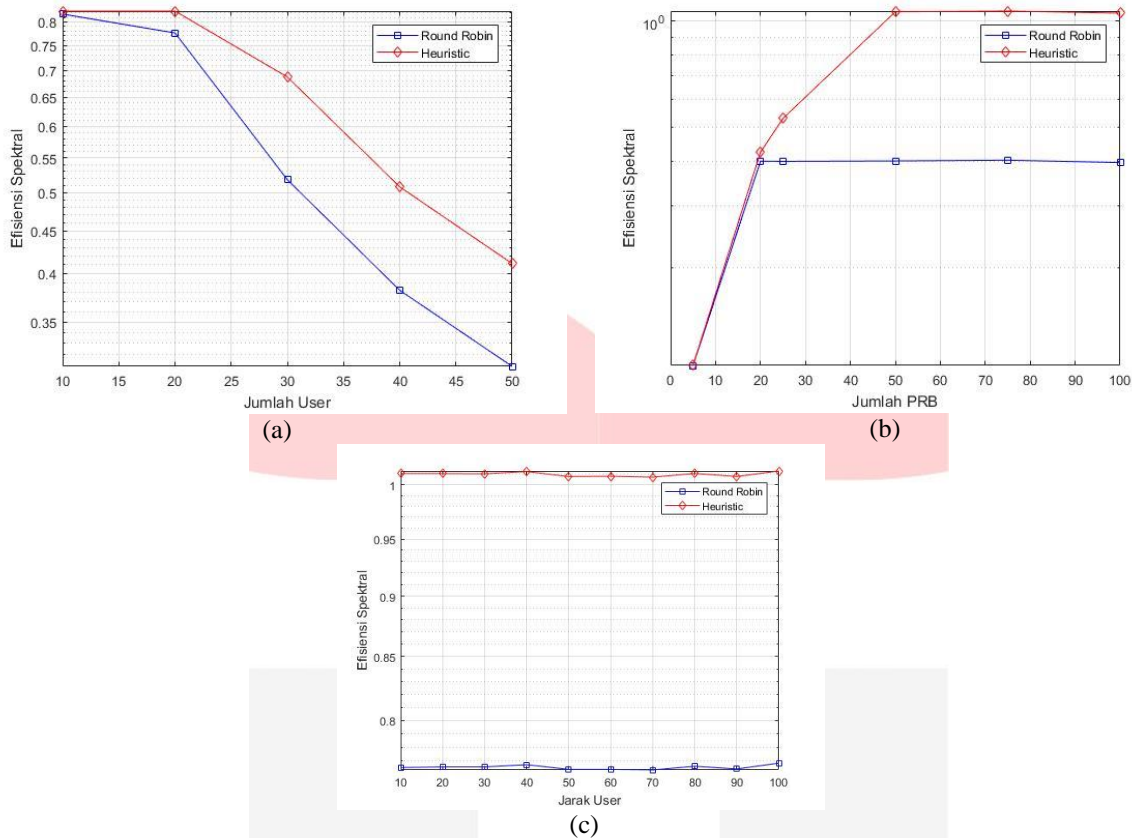
Pada gambar 4 (a) dilakukan skenario variasi jumlah *user* dari 10-50 dengan kenaikan 5 *user*. Nilai *average user throughput* bernilai 3.28 Mbps saat digunakan algoritma *heuristic* dibandingkan dengan algoritma *round robin* sebesar 2.84 Mbps, karena pada algoritma *heuristic* mengalokasikan *user* yang memiliki SINR yang maksimum pada *resource block*. Sehingga *throughput* yang dihasilkan pun lebih tinggi dibandingkan dengan algoritma *round robin* yang hanya mengalokasikan *user* secara urut ke dalam *resource block*.

Pada gambar 4 (b) dilakukan skenario variasi jumlah PRB dari 5,20,25,50,75,100. Berdasarkan grafik tersebut nilai *average user throughput*. Pada grafik tersebut nilai *user throughput* rata-rata mengalami kenaikan seiring bertambahnya jumlah PRB. Karena berdasarkan persamaan perhitungan *average user throughput*, semakin banyak jumlah PRB, maka masukan SINR kedalam persamaan tersebut akan semakin banyak. Yang menyebabkan *throughput* akan meningkat..

Pada gambar 4 (c) dilakukan skenario variasi jarak *user* dari 10-100 m dengan kenaikan 10 m. Nilai *user throughput* tertinggi pada jarak 100 meter. Karena semakin jauh jarak, persebaran *user* akan semakin renggang. Mengakibatkan interferensi antar *user* berkurang dibandingkan dengan jarak yang lebih dekat, persebaran *user* akan semakin padat yang mengakibatkan nilai interferensi lebih besar. Nilai interferensi berbanding terbalik dengan nilai SINR. Maka semakin besar interferensi maka nilai SINR akan semakin kecil. Sehingga akan mempengaruhi nilai *throughput*. Sesuai dengan kinerja algoritma *heuristic* yang mengalokasikan *user* dengan melihat SINR maksimum, maka nilai *throughput* lebih tinggi dibandingkan dengan algoritma *round robin*

3.2. Efisiensi spektral

Efisiensi spektral ialah parameter performansi yang menunjukkan jumlah bit yang ditransmisikan untuk setiap 1 Hz. Nilai tersebut bergantung pada nilai SINR setiap *user*. Pada simulasi ini, nilai efisiensi spektral skema algoritma *heuristic* dibandingkan dengan algoritma *round robin*. Nilai *average user throughput* antar skenario menggunakan algoritma *heuristic* dan algoritma *round robin* dijelaskan dengan gambar 5 (a),(b),(c)



Gambar 5 (a) Efisiensi spektral terhadap variasi jumlahPRB, (b) Efisiensi spektral terhadap variasi jumlah PRB, (c) Efisiensi spektral terhadap variasi jarak *user*

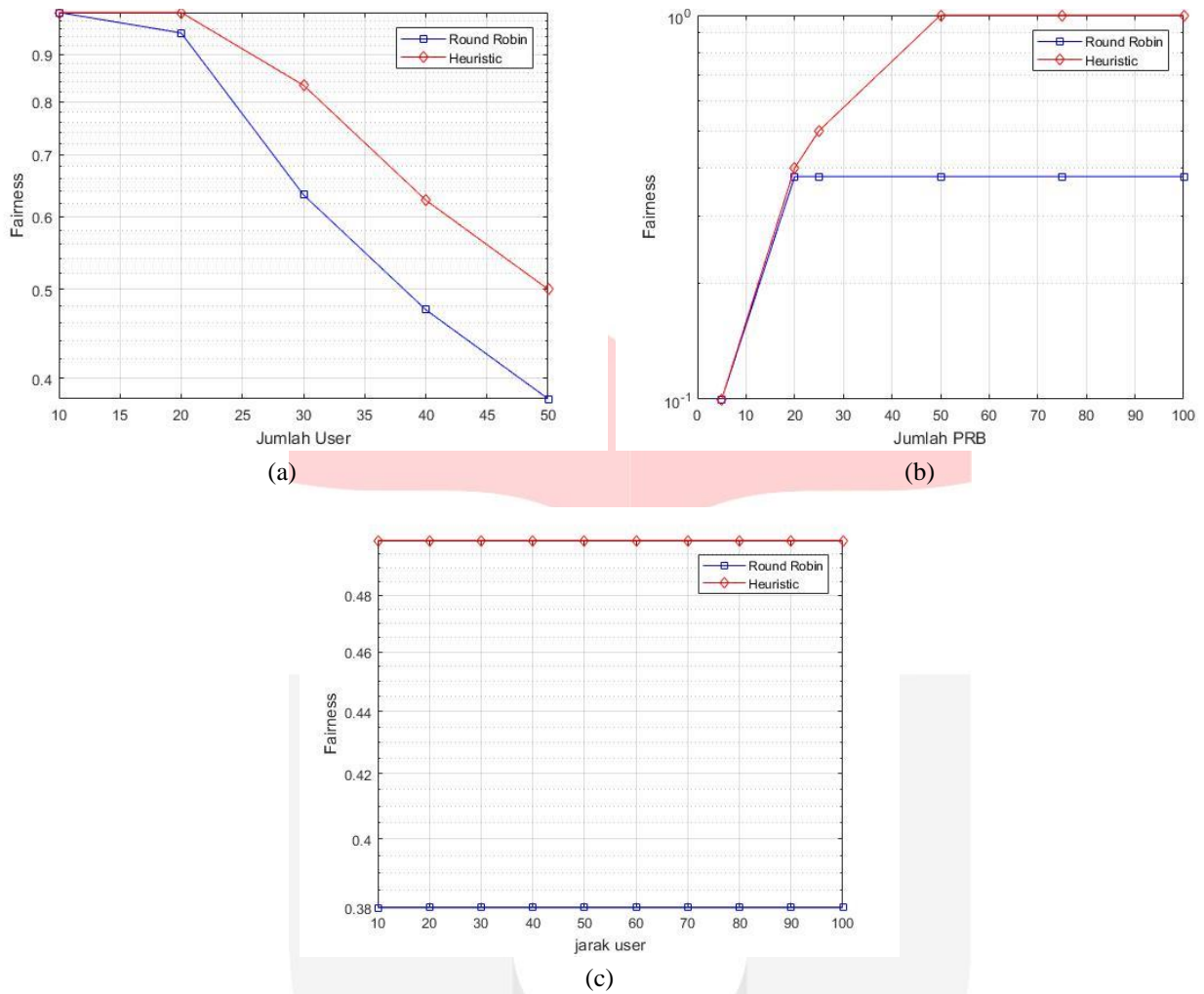
Pada gambar 5 (a) dilakukan skenario variasi jumlah *user* dari 10-50 dengan kenaikan 5 *user* dan cakupan *cell* sebesar 10-1000 meter. Nilai efisiensi spektral cenderung menurun ketika *user* bertambah. Penurunan nilai efisiensi spektral ini sebanding dengan penurunan nilai *average user throughput*. Hal ini terjadi dikarenakan nilai efisiensi spektral didapatkan dari nilai *average user throughput* dibagi oleh *bandwidth* sistem dan pada sistem ini *bandwidth* yang digunakan pada sistem tetap karena jumlah PRB tetap.

Pada gambar 5 (b) dilakukan skenario variasi jumlah PRB dari 5,20,50,75,100. Berdasarkan grafik tersebut Nilai efisiensi spektral cenderung meningkat lalu cukup stabil pada saat jumlah PRB 50,75,dan 100. Pada algoritma *heuristic* nilai efisiensi spektral maksimum pada jumlah PRB 75 yaitu 1,081 bps/Hz. Sedangkan pada algoritma *round robin* yaitu 0.4053 bps/Hz.

Pada gambar 5 (c) dilakukan skenario variasi jarak *user* dari 10-100 m dengan kenaikan 10 m. . Nilai efisiensi spektral cenderung stabil namun nilainya maksimal pada jarak *user* 100 meter. Sesuai dengan kinerja algoritma *heuristic* yang mengalokasikan *user* dengan melihat SINR maksimum, maka nilai *throughput* lebih tinggi dibandingkan dengan algoritma *round robin*. Grafik efisiensi spektral tidak terlalu berbeda dengan *throughput* karena *throughput* merupakan input yang digunakan untuk menghitung efisiensi spektral

3.3. Fairness

Fairness adalah kesamaan nilai *user throughput* yang diperoleh *user* pada saat pengalokasian PRB yang bergantung pada nilai SNR. Pada simulasi ini, nilai *fairness index* skema algoritma *heuristic* dibandingkan dengan algoritma *round robin*. Nilai *average user throughput* antar skenario menggunakan algoritma *heuristic* dan algoritma *round robin* dijelaskan dengan gambar 6 (a),(b),(c)



Gambar 6 (a) *Fairness index* terhadap variasi jumlahPRB, (b) *Fairness index* terhadap variasi jumlah PRB, (c) *Fairness index* terhadap variasi jarak user

Pada gambar 6 (a) dilakukan skenario variasi jumlah *user* dari 10-50 dengan kenaikan 5 *user* dan cakupan *cell* sebesar 10-1000 meter. Nilai *fairness* Terlihat grafik mengalami penurunan seiring dengan pertambahan jumlah *user*. Pada saat kondisi jumlah *user* lebih atau kurang dari PRB, maka menyebabkan nilai *fairness* tidak optimum karena PRB tidak teralokasi secara merata kepada *user*. ketika jumlah *user* bertambah lebih dari jumlah PRB adalah karena terdapat *user* yang tidak mendapat PRB, sehingga memiliki nilai SINR sama dengan nol. Algoritma *heuristic* memiliki nilai *fairness* yang lebih tinggi dibandingkan dengan algoritma *round robin*. Hal ini karena algoritma *heuristic* mengalokasikan RB dengan kanal terbaik kepada *user*. Sehingga *user* memiliki kesempatan yang sama dalam mendapatkan alokasi RB. Perolehan nilai rata-rata *fairness* pada algoritma *heuristic* sebesar 0.791 dan pada algoritma *round robin* sebesar 0.687 dengan selisih 0.104.

Pada gambar 6 (b) dilakukan skenario variasi jumlah PRB dari 5,20,25,50,75,100. Terlihat grafik mengalami kenaikan lalu stabil pada PRB 50,75,dan 100. Pada algoritma *heuristic* memiliki kinerja yang lebih baik dilihat dari nilai *fairness* yang optimum ketika jumlah PRB 50,75,100 karena semua *user* akan mendapatkan PRB yang sama jumlahnya. Sedangkan pada algoritma *round robin* memiliki nilai *fairness* stabil pada kondisi PRB 50,75, dan 100 namun tidak memiliki hasil yang optimum.

Pada gambar 6 (c) dilakukan skenario variasi jarak *user* dari 20-1000 m dengan kenaikan 20 m. . Pada variasi jarak *user*, kinerja algoritma *heuristic* maupun *round robin* stabil pada jarak 10 – 100 meter. Namun nilai *fairness* pada algoritma *heuristic* masih lebih tinggi dibanding algoritma *round robin* karena masih mengeksekusi SINR yang maksimum ke RB.

4. Kesimpulan

Berdasarkan hasil simulasi yang telah didapat, maka disimpulkan bahwa :

1. Pada skenario variasi jumlah *user*, semakin banyak jumlah *user* maka nilai *average user throughput*, *fairness*, dan efisiensi spektral semakin menurun. Kinerja algoritma *heuristic* lebih unggul dibandingkan kinerja algoritma *round robin*. Dengan nilai rata-rata *average user throughput* 3.2878 Mbps dan rata-rata efisiensi spektral 0.657 bps/Hz..
2. Pada skenario variasi jumlah PRB, semakin banyak jumlah PRB maka nilai *average user throughput*, *fairness*, dan efisiensi spektral cenderung meningkat dan stabil. Kinerja algoritma *heuristic* lebih unggul dibandingkan kinerja algoritma *round robin*. Dengan nilai rata-rata *average user throughput* 3.55 Mbps dan rata-rata efisiensi spektral 0.80 bps/Hz
3. Pada skenario variasi jarak *user*, semakin jauh jarak *user* maka nilai *average user throughput*, *fairness*, dan efisiensi spektral stabil. Kinerja algoritma *heuristic* lebih unggul dibandingkan kinerja algoritma *round robin*. Walaupun pada skenario ini nilai *fairness* antara *heuristic* dan *round robin* sangat stabil keduanya tidak berubah nilai meskipun dipengaruhi penambahan jarak. Dengan nilai rata-rata *average user throughput* 4.15 Mbps dan rata-rata efisiensi spektral 0.82 bps/Hz.

Daftar Pustaka:

- [1] "Cisco Visual Networking Index: Global Mobile Data Traffic Forecast Update 2014-2019," 2015.
- [2] B. Narottama, Simulasi Cluster Formation Procedure dan Cooperative Cluster Formation Method pada Device-To-Device Communication untuk Mencapai Efisiensi Energi, Bandung: Telkom University, 2017.
- [3] A. Afta, Pengalokasian Sumber Daya Radio Menggunakan Algoritma Particle Swarm Optimization Dan Waterfilling Pada MIMO-OFDMA 2x2 Arah Downlink, Bandung: Telkom University, 2018.
- [4] I. S. Rajput dan D. Gupta, "A Priority Based Round Robin CPU Scheduling Algorithm for Real Time Systems," *International Journal of Innovation in Engineering and Technology (IJET)*, vol. 1, no. 3, pp. 1-4, 2012.
- [5] 3rd Generation Partnership Project, LTE Resources Guide, Anritsu 5