

SIMULASI RESOURCE ALLOCATION MENGGUNAKAN REVERSE ITERATIVE COMBINATORIAL AUCTION PADA SKEMA UNDERLAY D2D COMMUNICATION

SIMULATION RESOURCES ALLOCATION USING REVERSE ITERATIVE COMBINATORIAL AUCTION IN D2D COMMUNICATION UNDERLAY SCHEME

Sasika Rani¹, Arfianto Fahmi², Vinsensius Sigit³

^{1,2,3}Prodi S1 Teknik Telekomunikasi, Fakultas Teknik Elektro, Universitas Telkom

¹ranisasika@student.telkomuniversity.ac.id, ²arfiantof@telkomuniversity.ac.id, ³vinsensigitwp@gmail.com

Abstrak

Seiring pesatnya perkembangan memicu masyarakat untuk mendapatkan layanan yang praktis mudah dan efisien. Dengan peningkatan jumlah pengguna seluler secara signifikan menimbulkan peningkatan kepadatan sehingga diperlukan adanya penambahan kapasitas jaringan. Dan salah satu solusi adalah dengan menerapkan komunikasi *Device to Device* (D2D) di dalam jaringan komunikasi seluler. Dimana D2D memungkinkan antar UE dapat berkomunikasi secara langsung tanpa harus melalui eNB. Akan tetapi komunikasi D2D memperkenalkan interferensi karena berbagi *Resource Blok* (RB) yang sama. Salah satu algoritma yang digunakan untuk distribusi alokasi *resource* dalam sistem jaringan komunikasi adalah algoritma *auction*. Pada Tugas Akhir ini parameter yang diamati adalah *sumrate*, efisiensi spectral, efisiensi energi dan *fairness*. Dari hasil simulasi didapatkan algoritma *auction* memiliki nilai *sumrate*, efisiensi spectral dan efisiensi energi dan *fairness* tertinggi diantara kedua algoritma perbandingan yaitu algoritma *greedy* dan algoritma *random*. *Datarate* dapat meningkat dengan meningkatkan jumlah pengguna d2d, mengecilkan jarak d2d dan mengecilkan jarak radius sel.

Kata Kunci : *User Equipment* (UE), *Device to Device* (D2D), ENB, *Data rate*, *Auction*, *Resource Block* (RB)

Abstract

As the rapid development triggers people to get services that are practically easy and efficient. A significant increase in the number of cellular users leads to an increase in density, so an additional network capacity is needed. And one solution is to implement *Device to Device* (D2D) communication in cellular communication networks. Where D2D allows between EU can communicate directly without having to go through eNB. However, D2D communication introduces interference because it shares the same *Resource Block* (RB). One algorithm used for the distribution of resource allocations in communication network systems is the auction algorithm. In this Final Project the parameters observed are *sumrate*, spectral efficiency, energy efficiency and fairness. From the simulation results, auction algorithm has the highest *sumrate*, spectral efficiency and energy efficiency and fairness between the two comparison algorithms, which are greedy algorithm and random algorithm. *Datarate* can be increased by increasing the number of d2d users, decreasing the d2d distance and decreasing the cell radius distance.

Keywords : *User Equipment* (UE), *Device to Device* (D2D), ENB, *Data rate*, *Auction*, *Resource Block* (RB)

1. pendahuluan

Seiring pesatnya perkembangan teknologi memicu masyarakat untuk mendapatkan layanan yang praktis mudah dan efisien. Dengan peningkatan jumlah pengguna seluler secara signifikan menimbulkan peningkatan kepadatan trafik pada komunikasi jaringan seluler, sehingga diperlukan adanya penambahan kapasitas jaringan. Dan salah satu solusi untuk menangani masalah tersebut adalah dengan menerapkan komunikasi D2D dalam jaringan komunikasi seluler. Dimana komunikasi D2D memungkinkan 2 pengguna untuk dapat berkomunikasi secara langsung tanpa harus melewati eNB. ENB menggunakan kembali *resource block* (RB) untuk *uplink* atau *downlink* untuk komunikasi seluler dan komunikasi D2D. Jenis implementasi ini juga dikenal sebagai mode *reuse*. Karena kedua pengguna secara bersamaan menggunakan *resource block* (RB) yang sama, maka akan terjadi interferensi yang disebabkan oleh penggunaan frekuensi yang sama atau berdekatan, interferensi disebabkan oleh daya yang dipancarkan oleh masing-masing UE[1].

Komunikasi D2D meningkatkan spektral efisiensi dan memperbaiki jangkauan seluler tetapi malah memperkenalkan interferensi pada pengguna seluler. Maka dari itu jaringan heterogen ini membangun eNB dan menggunakan komunikasi D2D pada jaringan seluler di lapisan bawah (*underlay*) untuk membuat alokasi *resource* agar lebih efisien. Pada Tugas Akhir ini dilakukan manajemen interferensi antara komunikasi seluler dengan komunikasi D2D. Manajemen interferensi yang dilakukan yaitu dengan menggunakan metode distribusi

alokasi *resource* dengan algoritma *auction* yang digunakan untuk memecahkan masalah alokasi *resource* yang kompleks[1].

Pada Tugas Akhir ini menggunakan frekuensi *carrier* sebesar 1,8 GHz,. Jumlah pengguna seluler diasumsikan sebanyak 50 dan jumlah pengguna D2D sebanyak 30. Dengan melakukan evaluasi ulang melalui simulasi menggunakan *software* dengan algoritma *auction*, maka keluaran yang di harapkan dari Tugas Akhir ini adalah mengurangi adanya interferensi yang terjadi antara sistem komunikasi seluler dengan sistem komunikasi D2D dengan melihat beberapa parameter kinerja sistem diantaranya *sumrate*, efisiensi spectral, efisiensi energy dan *fairness* yang memberikan solusi untuk membagi *resource* secara adil antara pengguna seluler dan pengguna D2D.

2. Dasar Teori

2.1 Device to Device

D2D merupakan teknologi baru berupa fitur tambahan pada telepon seluler generasi mendatang. Teknologi D2D ini semula diciptakan dengan tujuan memanfaatkan telepon seluler yang telah dilengkapi fitur D2D sebagai relay untuk menjangkau perangkat pengguna telepon seluler konvensional yang berada di luar jangkauan suatu jaringan seluler. Seiring dengan perkembangannya, teknologi ini diciptakan untuk meringankan kinerja eNB. Teknologi D2D memungkinkan dua buah telepon seluler atau lebih untuk dapat melakukan komunikasi secara langsung tanpa melalui eNB. Komunikasi D2D diklasifikasikan menjadi komunikasi Inband dan Outband D2D[2].

- a. Inband D2D: Komunikasi berlangsung pada spektrum yang berlisensi. Inband D2D memberikan efisiensi spektral karena pembagian spektrum berlisensi antara D2D dan pengguna seluler[3].
- b. Outband D2D: Komunikasi berlangsung pada spektrum yang tidak berlisensi, misalnya ISM Band. Wi-Fi Direct telah muncul sebagai kandidat yang layak untuk komunikasi outband D2D[3].

2.2 Algoritma Auction untuk Komunikasi D2D

Algoritma *auction* adalah algoritma yang menggunakan prinsip lelang untuk berbagi sumber daya antara pengguna seluler dengan pengguna d2d. Pada algoritma *auction*, D2D dianggap sebagai barang/jasa yang akan dijual kepada UE oleh RB untuk mendapatkan alokasi sumber daya yang dibutuhkan D2D. terdapat V_{ck} atau kanal rate dimana penjumlahan antara kanal rate cu dan anal rate d2d. RB yang sudah ditempati oleh UE merupakan salah satu penawar yang mengajukan penawaran untuk bersaing mendapatkan paket pasangan D2D untuk memaksimalkan kanal rate tadi. Sebelum paket tersebut di lelang maka harus ada harga awal yang akan diberikan oleh pelelang kepada UE untuk mendapatkan paket D2D untuk memaksimalkan kanal rate tersebut. Harga awal yang akan di tawarkan di dapat dari performansi gain minimum dengan persamaan $v_{ck} = \max(V_{ck} - v_c)$, v_c merupakan nilai datarate snr cu, nantinya terdapat formula untuk para penawar diperbolehkan mengebid atau tidak. Dimana persyaratan yang harus di lalui adalah nilai V_{ck} apabila dikurangi oleh harga bayar (p_{ck}) harus lebih besar dari 0. Jika penawar melebihi permintaan, atau permintaan melebihi penawaran. Maka dilakukan prinsip *Winner Determination Problem* (WDP) dengan persamaan $\max(V_{ck} * X_{ck})$, dimana x_{ck} akan bernilai 1 jika mendapatkan paket. Jika sudah mendapatkan pemenang dari hasil WDP maka putaran akan berlanjut ke putaran selanjutnya dengan melakukan pengupdate an harga jual di setiap putarannya. Adapun inputan yang akan di gunakan dalam simulasi algoritma *auction* adalah sebagai berikut :

2.2.1 SINR

SINR (*Signal to Noise Ratio*) merupakan rasio antara rata – rata power yang diterima dengan rata-rata *interferensi* dan noise. (Kusumo,2015)[4].

Pada dasar nya sistem komunikasi seluler dan D2D berbagi frekuensi yang sama. Dalam komunikasi D2D mengalami interferensi satu sama lain dari perangkat lain yang beroperasi di pita yang sama. Interferensi dapat dikurangi jika UE mentransmisikan daya yang lebih rendah yang mungkin mempengaruhi QoS pada penerima. Penjadwalan transmisi yang cermat juga membantu meminimalkan interferensi[5].

Definisi umum dari interferensi itu sendiri adalah suatu sinyal pengganggu yang tidak di inginkan. Penyebab terjadinya interferensi yaitu dikarenakan frekuensi yang digunakan sama atau frekuensi yang berdekatan (*adjacent channel*) dan juga disebabkan oleh besarnya daya pancar yang digunakan untuk transmisi sinyal. Pada komunikasi D2D, interferensi ini dapat terjadi antara eNB dengan perangkat DUE (D2D UE) atau antara DUE dengan CUE (Cellular UE). Gelombang transmisi yang dipancarkan oleh eNB (downlink) menuju CUE (Cellular User Equipment) bersifat broadcast sehingga dapat menginterferensi RUE (Receiver User Equipment) pada pasangan DUE. Serta gelombang transmisi (uplink) yang di pancarkan oleh TUE (Transmitter User Equipment) terhadap RUE pada pasangan DUE dapat

menginterferensi CUE yang berada di dekatnya yang sedang menerima sinyal pada proses downlink. Untuk mengurangi pengaruh dari interferensi tersebut maka perlu dilakukan manajemen interferensi[1].

SINR dari pengguna seluler dan pengguna D2D harus dihitung dan dipertimbangkan sebagai parameter yang penting untuk memaksimalkan data rate sistem. SINR pengguna j dapat diberikan oleh [1]

$$\gamma_j = \frac{P_i h_{ij}}{P_{int,j} + N_o} \tag{2.1}$$

Dimana P_i adalah daya transmisi pada eNB, $P_{int,j}$ menunjukkan kekuatan sinyal interferensi yang diterima oleh pengguna j, dan N_o adalah noise.

2.2.2 Data Rate

Data rate adalah ukuran kecepatan transmisi data. *Data rate* dari pengguna seluler c yang diberikan oleh persamaan Shannon sebagai[1]

$$R_c = \log_2 \left(1 + \frac{P_B h^2 B_c}{\sum d \beta_{cd} P_d h^2 d c + N_o} \right) \tag{2.2}$$

Dimana P_B adalah daya pancar dari *Base Station*, $\sum d \beta_{cd} P_d h^2 d c$ adalah kekuatan interferensi dari pengguna seluler c ($P_{int,c}$), dan N_o adalah noise.

Dengan cara yang sama, *data rate* pengguna D2D d yang sama dengan pengguna seluler c diberikan oleh[1]

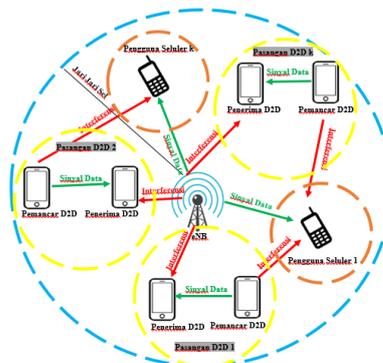
$$R_d = \log_2 \left(1 + \frac{P_d h^2 d d}{P_B h^2 B_d + \sum d' \beta_{dd'} P_{d'} h^2 d' d + N_o} \right) \tag{2.3}$$

Dimana P_d adalah daya pancar dari pemancar D2D d, $P_B h^2 B_d + \sum d' \beta_{dd'} P_{d'} h^2 d' d$ adalah kekuatan interferensi pengguna D2D $P_{int,d}$, dan N_o adalah noise.

Dengan demikian *data rate* sistem *downlink* dapat didefinisikan sebagai[1]

$$R = \sum_{c=1}^C (R_c + \sum_{d=1}^D \beta_{cd} R_d) \tag{2.4}$$

3. Model Sistem dan Perancangan
3.1 Desain Sistem

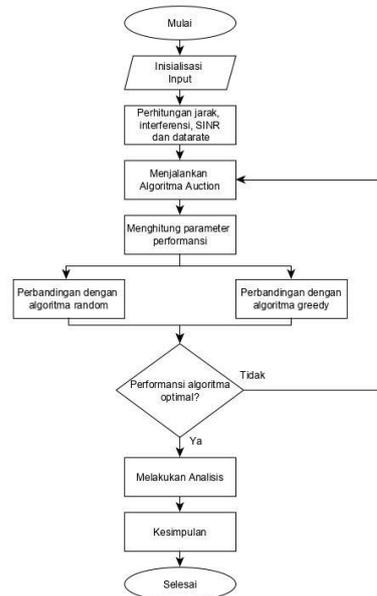


Gambar 3.1 Sistem Model

Dalam tugas akhir ini, terdapat sel tunggal yang berisi eNB, pengguna seluler dan pengguna D2D. *Evolve Node-B* (eNB) terletak di pusat sel dengan radius 1000 meter. Pemancar seluler dan D2D didistribusikan secara acak di area sel. Penerima D2D didistribusikan cukup dekat dengan pemancar D2D untuk memenuhi batasan jarak komunikasi D2D $d \leq L$ demi mewujudkan keefektifan menggunakan saluran D2D, dimana L adalah jarak maksimum D2D memancar yaitu 30 m sedangkan d adalah jarak random pasangan D2D . Diasumsikan bahwa jumlah *resource block* eNB sudah ditetapkan untuk pengguna seluler, pengguna D2D bisa berbagi *resource block* yang sama dengan pengguna seluler. Hal ini terpusat pada efek interferensi *co-channel* yang diperkenalkan dari tingkat lapisan bawah (*underlay*) dalam jaringan seluler. Pada gambar 3.1 menjelaskan bahwa pada komunikasi D2D, interferensi ini dapat terjadi antara eNB dengan perangkat DUE (D2D User Equipment) atau antara DUE dengan CUE (*Cellular User Equipment*). Gelombang transmisi yang dipancarkan oleh eNB (*downlink*) menuju ke pengguna seluler atau CUE (*Cellular User Equipment*) bersifat *broadcast* sehingga dapat menginterferensi penerima D2D atau RUE (*Receiver User Equipment*) pada

pasangan DUE. Serta gelombang transmisi (*uplink*) yang di pancarkan oleh pemancar D2D atau TUE (*Transmitter User Equipment*) terhadap penerima D2D atau RUE pada pasangan DUE dapat menginterferensi pengguna seluler atau CUE yang berada di dekatnya yang sedang menerima sinyal pada proses *downlink*. Untuk mengurangi pengaruh dari interferensi tersebut maka perlu dilakukan manajemen interferensi.

3.2 Diagram Alir Perancangan Sistem

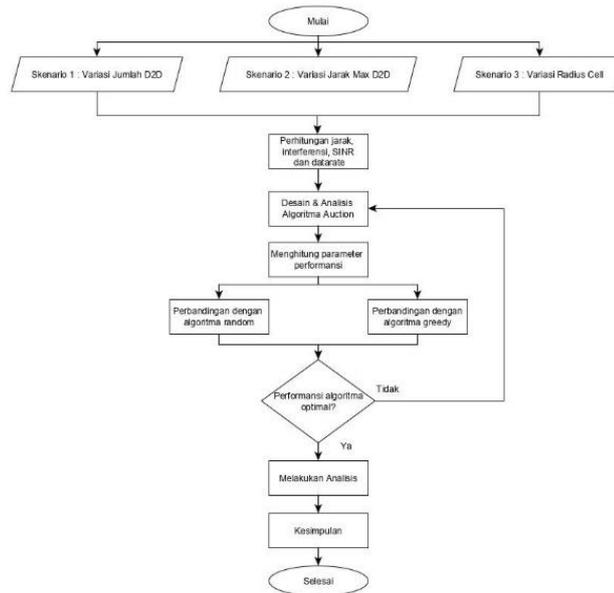


Gambar 3.2 Diagram Alir Alokasi *Resource* D2D

Gambar 3.2 memperlihatkan diagram alir dari sistem model yang akan di kerjakan pada Tugas Akhir ini. Pada Tugas Akhir ini input yang di inisialisasikan yaitu menggunakan satu sel dengan radius sel sebesar 1000 m, frekuensi *carrier* sebesar 1.8 GHz, *bandwidth* sebesar 180 kHz. Jumlah pengguna seluler diasumsikan sebanyak 50 dan jumlah pengguna D2D sebanyak 30. Setelah inisiasi input telah ditentukan, maka diperlukan perhitungan jarak dengan satuan meter, interferensi yang dihasilkan (antara pengguna seluler dan pemancar D2D, eNB dan penerima D2D), SINR, dan *data rate*. Jika telah mendapatkan nilai-nilai tersebut, maka akan menjadi suatu masukan untuk menjalankan algoritma *auction* tersebut. Setelah menjalankan algoritma, maka akan mendapatkan hasil sebuah matriks yang telah dialokasi dengan parameter performansi diantaranya yaitu *sumrate*, efisiensi spectral, efisiensi energi dan *fairness* lalu matriks tersebut akan dibandingkan dengan hasil alokasi dari algoritma *greedy* dan algoritma *random*. Setelah mendapatkan hasil performansi dari algoritma masing-masing, maka akan dianalisis dan ditarik kesimpulan untuk menyimpulkan bahwa algoritma *auction* akan menjadi solusi optimal atau tidak untuk diterapkan dalam komunikasi D2D.

3.3 Skenario Pengujian

Pada gambar 3.3 dijelaskan bahwa untuk membuktikan algoritma *auction* adalah algoritma yang layak dalam mengatasi pembagian *resource*, maka dilakukan skenario pengujian. Dimana pada Tugas Akhir ini melakukan 3 skenario pengujian yang diantaranya adalah memvariasikan jumlah D2D, memvariasikan jarak transmisi D2D dan memvariasikan jarak radius cell. Adapun parameter performansi yang akan diuji pada setiap skenario terdapat *sumrate*, efisiensi spectral, efisiensi energi dan *fairness*. Agar hasil grafik yang dilakukan bagus maka dilakukan pengulangan sebanyak 2000 kali untuk memunculkan grafik yang telah di uji berdasarkan skenario yang telah di tentukan. Setelah itu masing-masing skenario di buat perbandingan antara ketiga grafik sesuai parameter yang diinginkan. Ketiga algoritma tersebut yaitu algoritma *auction*, *greedy* dan *random*. Apabila grafik sudah muncul dari tiap-tiap algoritma maka akan di analisis serta di tarik kesimpulan terhadap algoritma masing-masing.

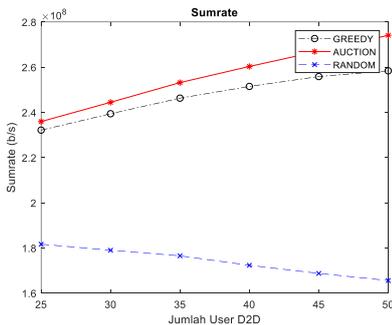


Gambar 3.3 Skenario Pengujian

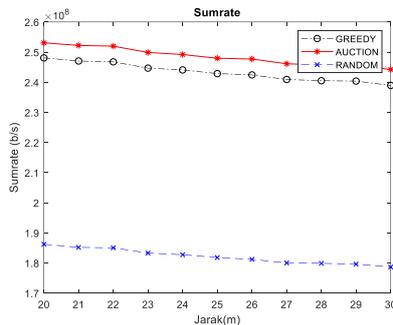
4. Pembahasan

4.1 Sumrate

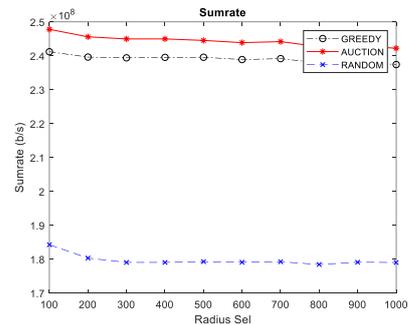
Sumrate merupakan penjumlahan semua *datarate* yang terdapat pada sistem. *Sumrate* didapatkan dari penjumlahan *datarate* pengguna D2D yang sudah teralokasi dan *data rate* pengguna seluler (*resource block*). Berikut merupakan hasil *sumrate* dari ketiga kategori pengujian untuk melihat kehandalan dari masing-masing algoritma. Berikut merupakan hasil yang di dapatkan.



Gambar 4.1 Sumrate variasi jumlah D2D



Gambar 4.1 Sumrate variasi jarak D2D

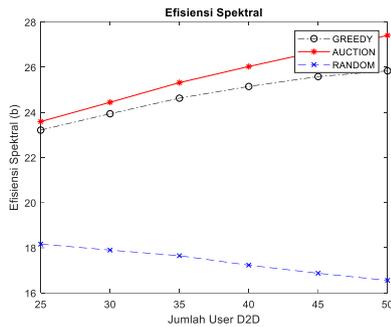


Gambar 4.1 Sumrate variasi radius cell

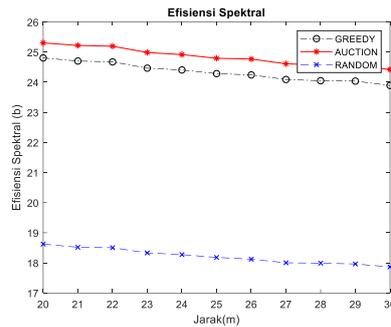
Dapat disimpulkan bahwa pada gambar 4.1, 4.2 dan 4.3 merupakan sisi performansi *sumrate* yang diuji dengan 3 skenario. Dari ketiga skenario tersebut, sisi performansi *sumrate* dimenangkan oleh algoritma *auction*, kedua terbaik adalah algoritma *greedy*, dan ketiga terburuk adalah algoritma *random*. Berdasarkan grafik pada gambar 4.1 nilai *sumrate* meningkat dengan meningkatnya jumlah pengguna d2d, hal tersebut dikarenakan semakin banyak jumlah d2d, maka *resource* yang teralokasi pun semakin besar, oleh karena itu *sumrate* akan semakin tinggi. Sedangkan pada gambar 4.2 dan 4.3 nilai *sumrate* menurun dengan melebarnya jarak d2d serta radius cell, hal tersebut dikarenakan semakin jauh jarak D2D dan semakin jauh jarak radius cell menyebabkan gain semakin lemah dan memiliki nilai yang kecil, kecilnya nilai gain mengakibatkan nilai *sumrate* juga semakin kecil. Jadi dapat disimpulkan bahwa dari ke3 skenario yang ada, nilai *sumrate* akan meningkat dengan meningkatnya jumlah d2d, mengecilkan jarak d2d dan mengecilkan jarak radius cell.

4.2 Efisiensi Spektral

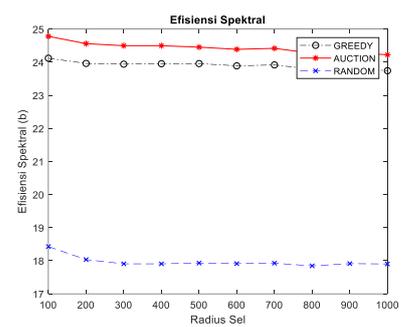
Efisiensi spektral adalah jumlah bit yang ditransmisikan untuk setiap 1 Hz. Nilai tersebut bergantung pada nilai *datarate* setiap pengguna dan dapat dihitung dengan menggunakan masukan nilai *sumrate* sistem dibagi dengan nilai bandwidth *resource block*. Berikut merupakan hasil efisiensi spektral dari ke3 skenario pengujian untuk melihat kehandalan dari masing-masing algoritma. Berikut merupakan hasil yang di dapatkan.



Gambar 4.4 Efisiensi Spektral variasi jumlah D2D



Gambar 4.5 Efisiensi Spektral variasi jarak D2D

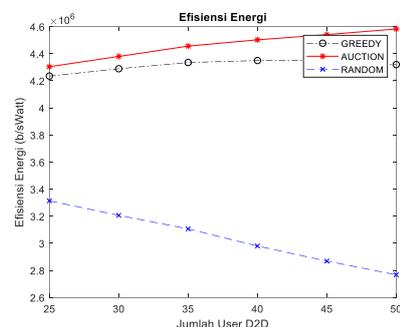


Gambar 4.6 Efisiensi Spektral variasi radius cell

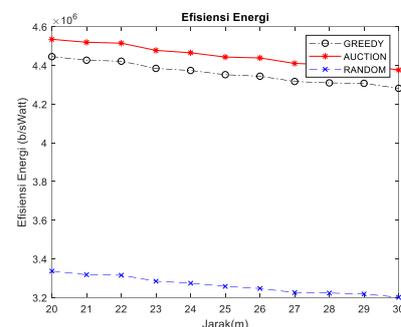
Dapat disimpulkan bahwa pada gambar 4.4, 4.5 dan 4.6 merupakan sisi performansi efisiensi spektral yang diuji dengan 3 skenario. Dari ketiga skenario tersebut, sisi performansi efisiensi spektral dimenangkan oleh algoritma *auction*, kedua terbaik adalah algoritma *greedy*, dan ketiga terburuk adalah algoritma *random*. Berdasarkan grafik pada gambar 4.4 nilai efisiensi spektral meningkat dengan meningkatnya jumlah pengguna d2d, hal tersebut dikarenakan nilai efisiensi spectral berbanding lurus dengan nilai *sumrate*, oleh karena itu efisiensi spektral akan semakin tinggi. Sedangkan pada gambar 4.5 dan 4.6 nilai efisiensi spectral menurun dengan melebarnya jarak d2d serta radius cell, hal tersebut dikarenakan semakin jauh jarak D2D dan semakin jauh jarak radius cell menyebabkan gain semakin lemah dan memiliki nilai yang kecil, kecilnya nilai gain mengakibatkan nilai *sumrate* juga semakin kecil. Jika nilai *sumrate* kecil maka nilai efisiensi spectral juga akan kecil, karena efisiensi spectral berbanding lurus dengan nilai *sumrate*. Jadi dapat disimpulkan bahwa dari ke3 skenario yang ada, nilai efisiensi spektral akan meningkat dengan meningkatnya jumlah d2d, mengecilkan jarak d2d dan mengecilkan jarak radius cell.

4.3 Efisiensi Energi

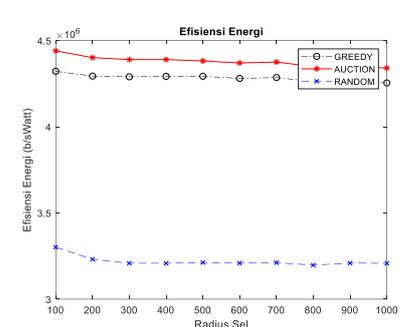
Efisiensi energi adalah jumlah bit yang ditransmisikan untuk setiap 1 watt. Nilai tersebut bergantung pada nilai *data rate* sistem dan dapat dihitung dengan menggunakan masukan nilai *sumrate* sistem dibagi dengan total daya yang digunakan dalam sistem. Berikut merupakan hasil efisiensi energi dari ke3 skenario pengujian untuk melihat kehandalan dari masing-masing algoritma. Berikut merupakan hasil yang di dapatkan.



Gambar 4.7 Efisiensi Energi variasi jumlah D2D



Gambar 4.8 Efisiensi Energi variasi jarak D2D

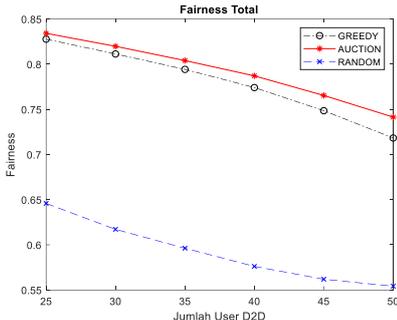


Gambar 4.9 Efisiensi Energi variasi radius cell

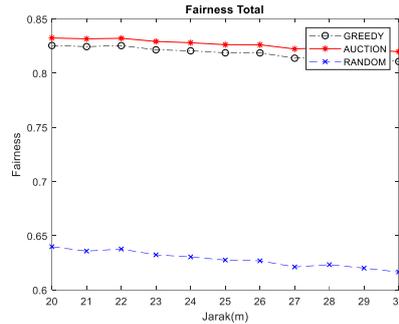
Dapat disimpulkan bahwa pada gambar 4.7, 4.8 dan 4.9 merupakan sisi performansi efisiensi energy yang diuji dengan 3 skenario. Dari ketiga skenario tersebut, sisi performansi efisiensi energy dimenangkan oleh algoritma *auction*, kedua terbaik adalah algoritma *greedy*, dan ketiga terburuk adalah algoritma *random*. Berdasarkan grafik pada gambar 4.7 nilai efisiensi energy meningkat dengan meningkatnya jumlah D2D, hal tersebut disebabkan karena *resource* yang digunakan semakin banyak dan setiap penambahan pasangan D2D dalam sistem akan menyebabkan penggunaan energi yang lebih banyak. Sedangkan pada gambar 4.8 dan 4.9 nilai efisiensi energy menurun dengan melebarnya jarak d2d dan radius cell, hal tersebut dikarenakan nilai *sumrate* sistem berbanding lurus dengan efisiensi energi dan setiap peluasan jarak d2d dan radius sel dalam sistem akan menyebabkan penggunaan energi yang lebih banyak. Jadi dapat disimpulkan bahwa dari ke3 skenario yang ada, nilai efisiensi spectral akan meningkat dengan meningkatnya jumlah d2d, mengecilkan jarak d2d dan mengecilkan radius cell.

4.4 Fairness

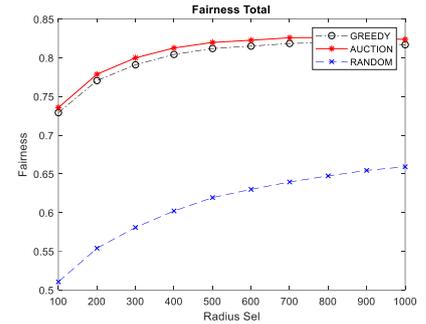
Fairness adalah kesamaan perlakuan untuk mendapatkan *resource* untuk semua user pada sistem. Semakin besar nilai *fairness* maka semakin sama distribusi *resource* antar user, *fairness* memiliki nilai maksimum 1 yang berarti semua user mendapatkan SNR yang sama.



Gambar 4.10 Fairness variasi jumlah D2D



Gambar 4.11 Fairness variasi jarak D2D



Gambar 4.12 variasi radius cell

Dapat disimpulkan bahwa pada gambar 4.10, 4.11 dan 4.12 merupakan sisi performansi *fairness* yang diuji dengan 3 skenario. Dari ketiga skenario tersebut, sisi performansi *fairness* dimenangkan oleh algoritma *auction*, kedua terbaik adalah algoritma *greedy*, dan ketiga terburuk adalah algoritma *random*. Berdasarkan grafik pada gambar 4.10 nilai *fairness* menurun dengan meningkatnya jumlah D2D. Hal tersebut dikarenakan pada saat kondisi jumlah pasangan D2D lebih atau kurang dari *resource block*, maka menyebabkan nilai *fairness* tidak optimum karena *resource block* tidak teralokasi secara merata kepada pasangan D2D. Pada gambar 4.11 nilai *fairness* cenderung stabil. Sedangkan pada gambar 4.12 nilai *fairness* semakin meningkat dengan meningkatnya jarak radius cell.

4.5 Trade Off dan Analisis Keterkaitan Antar Skenario

Tabel 4.1 Hasil rata-rata setiap skenario yang didapat

Skenario	Performasi	Algoritma		
		Auction	Greedy	Random
Variasi Jumlah D2D	Sumrate (x 10 ⁸ b/s)	2.2986	2.1747	1.1967
	E. Spectral (b)	22.9864	21.7470	11.9672
	E. Energi (x 10 ⁶ b/s Watt)	3.8432	3.6360	2.0009
	Fairness Total	0.6730	0.6278	0.4094
	Fairness Cu	0.6850	0.6992	0.3838
	Fairness D2D	0.6634	0.5754	0.4350
Variasi Jarak Maks D2D	Sumrate (x 10 ⁸ b/s)	2.3980	2.3324	1.6804
	E. Spectral (b)	23.9803	23.3240	16.8042
	E. Energi (x 10 ⁶ b/s Watt)	4.2968	4.1792	3.0110
	Fairness Total	0.8095	0.7867	0.5894
	Fairness Cu	0.9056	0.9092	0.7156
	Fairness D2D	0.6779	0.5976	0.4613
Variasi Radius Radius Sel	Sumrate (x 10 ⁸ b/s)	2.4132	2.3142	1.8661
	E. Spectral (b)	24.1322	23.1420	18.6605
	E. Energi (x 10 ⁶ b/s Watt)	4.3240	4.1466	3.3436
	Fairness Total	0.8352	0.8081	0.6542
	Fairness Cu	0.8785	0.8892	0.7730
	Fairness D2D	0.7659	0.6763	0.4687
Rata - Rata	Sumrate (x 10 ⁸ b/s)	2.3699	2.2737	1.5810
	E. Spectral (b)	23.6996	22.7376	15.8106
	E. Energi (x 10 ⁶ b/s Watt)	4.1546	3.9872	2.7851
	Fairness Total	0.7725	0.7408	0.5510
	Fairness Cu	0.8230	0.8325	0.6241
	Fairness D2D	0.7024	0.6164	0.4550

Dapat disimpulkan bahwa dalam pengerjaan Tugas Akhir ini dilakukan simulasi algoritma *auction* dengan 2 algoritma pembandingan yaitu algoritma *greedy* dan algoritma *random*. Pada masing-masing algoritma tersebut dilakukan 3 skenario pengujian untuk melihat kehandalan dari masing-masing algoritma. Dan untuk melihat kehandalan dari masing-masing algoritma tersebut dibuktikan dengan parameter performansi, adapun parameter performansi yang dilakukan yaitu *sumrate*, efisiensi spektral, efisiensi energi dan *fairness*. Dan dari ke tiga skenario pengujian tersebut, dari sisi performansi *sumrate*, efisiensi spektral dan efisiensi energi dimenangkan oleh algoritma *auction*, namun *fairness* dibagi menjadi 2 yaitu *fairness* cu dan *fairness* d2d, kelemahan dari algoritma *auction* yaitu terletak pada sisi *fairness* cu, dimana *fairness* cu dimenangkan oleh algoritma *greedy*, hal tersebut dikarenakan nilai *sumrate* cu *greedy* jauh lebih besar dari *sumrate* d2d *greedy*. Nilai *sumrate* bergantung dari nilai *datarate*, dan nilai *datarate* bergantung dari nilai *sinr*, nilai *sinr* juga bergantung oleh daya. Daya yang berasal dari eNB jauh lebih besar dari daya yang di dapat dari d2d. Oleh karena itu nilai *datarate* cu lebih besar dari *datarate* d2d. Karena nilai dari *datarate* berbanding lurus dengan nilai *fairness*. Berikut merupakan tabel hasil rata-rata dari setiap skenario yang di dapatkan.

5. Kesimpulan

Dalam pengerjaan Tugas Akhir ini, maka dapat ditarik kesimpulan bahwa :

Dari ketiga skenario pengujian, pada sisi performansi *sumrate* nilai terbesar dimenangkan oleh algoritma *auction* dengan nilai rata-rata 2.3699×10^8 b/s. *Sumrate* dapat bernilai besar apabila menambahkan jumlah D2D, mengurangi jarak D2D dan mengurangi jarak radius sel. Pada sisi performansi efisiensi spektral nilai terbesar dimenangkan oleh algoritma *auction* dengan nilai rata-rata 23.6996 b. Pada sisi performansi efisiensi energi nilai terbesar dimenangkan oleh algoritma *auction* dengan nilai rata-rata 4.1546×10^6 b/s Watt. Pada sisi performansi *fairness* total nilai terbesar dimenangkan oleh algoritma *auction* dengan nilai rata-rata 0.7725. *Fairness* dibagi menjadi 2 yaitu *fairness* CU dan *fairness* D2D untuk melihat seberapa besar suatu sistem dapat membagi *resource* secara adil. Untuk *fairness* D2D dari ketiga skenario pengujian dimenangkan oleh algoritma *auction* dengan nilai rata-rata 0.7024. Dimana algoritma *auction* mengalami peningkatan sebesar 0.0860 terhadap algoritma *greedy* dan mengalami peningkatan sebesar 0.2474 terhadap algoritma *random*. Namun untuk *fairness* CU dari ketiga algoritma pengujian dimenangkan oleh algoritma *greedy* dengan nilai rata-rata 0.8325. Dimana algoritma *auction* mengalami penurunan sebesar 0.0095 terhadap algoritma *greedy* tetapi mengalami peningkatan terhadap algoritma *random* sebesar 0.1989. Hal tersebut dikarenakan nilai *sumrate greedy* lebih besar dari *sumrate auction*, dan *sumrate* berdasarkan nilai *data rate*, *data rate* CU berasal dari sinr CU, dan SINR CU berpedoman dengan *power* yang di dapat dari eNB, *power* eNB jauh lebih besar dari *power* D2D. maka dari itu *data rate* CU memiliki nilai yang jauh lebih besar dari *data rate* D2D.

Daftar Pustaka

- [1] Chen Xu, Lingyang Song, Zhu Han, Dou Li, Bingli Jiao, "Resource Allocation Using A Reverse Iterative Combinatorial Auction for D2D Underlay Cellular Networks", IEEE, 2012.
- [2] A.Abadi, *Manajemen Interferensi Dengan Menggunakan Power Control Untuk Komunikasi Device-To-Device (D2D) Dalam Jaringan Komunikasi Seluler*, Lampung, 2017.
- [3] Ghazanfar Ali Safdar, Masood Ur-Rehman, "Interference Mitigation in D2D Communication Underlying LTE-A Network", IEEE, 2016.
- [4] R. Efriyendro, Y, Rahayu, "Analisa Perbandingan Kuat Sinyal 4G LTE Antara Operator Telkomsel dan XL AXIATA Berdasarkan Paramater Drive Test Menggunakan Software G-NetTrack Pro Di Area Jalan Protokol Panam", Jom FTEKNIK Volume 4 No. 2, Oktober 2017.
- [5] G. Fodor, "D2D Communications What Part Will It Play in 5G?" 2014. [Online]. Available: <https://www.ericsson.com/en/blog/2014/7/d2d-communications---what-part-will-it-play-in-5g>