

Analisis Implementasi Algoritma Auction Pada Komunikasi Device to Device (D2D) untuk Frekuensi 2,3 Ghz

Kurniawan Harun¹⁾, Asma Amaliah²⁾, Ghisyelda Azzalia³⁾

^{1,3} Teknik Elektro Universitas Fajar, Makassar

² Teknik Elektro Politeknik Negeri Ujung Pandang

¹kurniawanharun@unifa.ac.id, ²asma.amaliah@gmail.com

Abstrak

Komunikasi D2D *inband underlaying* merupakan skema *representative* dimana user D2D dan seluler user menggunakan spectrum yang sama yaitu *spectrum* seluler pada frekuensi 2,3 Ghz. Komunikasi antara pasangan D2D dan *cellular user* (CU) mengakibatkan adanya interferensi yang diakibatkan oleh D2D Tx (*transmitter*) mengalami interferensi terhadap eNB dan CU mengalami interferensi terhadap D2D Rx (*receiver*). Untuk mengatasi masalah tersebut, dapat digunakan metode alokasi *resource* (*resource block allocation*). Tujuan penelitian ini untuk menganalisis performansi komunikasi D2D dengan menganalisis parameter *data rate*, *energy efficiency*, dan *spectral efficiency*. Dari simulasi variasi jumlah pasangan D2D simulasi dilakukan 20,25,30,...,100 dan jumlah CUE tetap sebanyak 50 user. dimulai dari 20 sampai 100 dengan kenaikan jumlah pasangan D2D sebesar 10 diperoleh 9 jumlah data pasangan D2D. Nilai rata-rata *data rate* yang diperoleh algoritma *auction* adalah $1,9745 \times 10^8$ bps. Dan nilai *energy efficiency* dan *spectral efficiency* dari algoritma *auction* masing-masing bernilai $4,6352 \times 10^6$ bps/watt dan 21,9396 bps/Hz.

Keywords: Komunikasi device to device, D2D, resource block, data rate, energy efficiency, spectral efficiency

I. PENDAHULUAN

Perkembangan teknologi seluler dan peningkatan jumlah trafik mobile broadband semakin hari semakin pesat, baik dari sisi kecepatan data, kapasitas data, dan layanan jaringan yang disediakan. Menurut Badan Pusat Statistik Indonesia, dari tahun 2015-2019 persentase penduduk yang menggunakan telepon seluler pada tahun 2019 mencapai 63.53 persen dan persentase penduduk yang mengakses internet pada tahun 2015 sekitar 21.98 persen menjadi 47.69 persen pada tahun 2019. (BPS-statistics Indonesia, 2019). Data statistik tersebut menunjukkan bahwa perkembangan teknologi informasi dan komunikasi di Indonesia mengalami peningkatan yang sangat pesat.

Di tahun 2021, pemerintah mulai mengoperasikan jaringan 5G secara komersil di seluruh wilayah Indonesia pada pita frekuensi 2,3 GHz. Jaringan bergerak seluler 5G yang beroperasi perdana tersebut berbasis teknologi IMT-2020 (International Mobile Telecommunications-2020).

Perkembangan Internet-of-Things (IOT), menyebabkan user equipment (UE) dengan berbagai jenis layanan akan memberikan beban trafik pada Base Station (BS). Untuk menyikapi masalah tersebut, diperlukan suatu teknologi baru untuk menangani persyaratan permintaan yang meningkat pada layanan jaringan nirkabel dan permintaan kecepatan data. Teknologi tersebut adalah komunikasi device to device atau komunikasi D2D. Teknologi D2D dapat mengurangi beban kinerja dari evolved Node B (eNB). (Fahmi, dkk. 2019). Komunikasi D2D *inband underlaying* merupakan skema *representative* dimana user D2D dan seluler user menggunakan spectrum yang sama yaitu spectrum seluler. (Vitale, dkk. 2015). Keuntungan dari komunikasi D2D pada spectrum seluler adalah nilai throughput yang tinggi, meningkatkan kecepatan data, latensi yang lebih rendah, fairness,

meningkatkan spectral efficiency, dan konsumsi daya yang lebih rendah. (Ahmed, dkk. 2017).

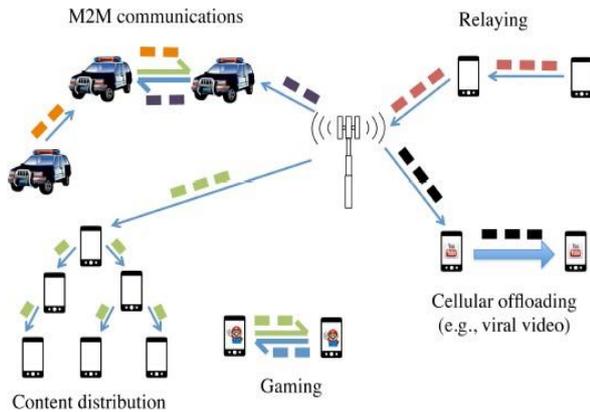
Penelitian yang telah dilakukan oleh Didit (2021), yaitu Analisis Performansi Komunikasi Device To Device (D2D) Menggunakan Algoritma Joint Greedy dan Algoritma Auction. Simulasi menggunakan algoritma auction dan joint greedy dengan menggunakan frekuensi 1800 Mhz dengan radius 500 m antar perangkat, menunjukkan algoritma auction memiliki nilai rata-rata semua parameter performansi yang paling tinggi dibandingkan dengan algoritma joint greedy.

Berdasarkan hal tersebut diatas, maka akan dilakukan analisis implementasi algoritma Auction pada komunikasi D2D menggunakan frekuensi 2,3 Ghz, radius 1000 m, dan variasi D2D sebanyak 100 pasang dengan membandingkan parameter performansi yaitu data rate, energy efficiency, dan spectral efficiency.

II. KAJIAN LITERATUR

A. Device to Device

Menurut Asadi, dkk (2013), komunikasi device-to-device (D2D) merupakan komunikasi langsung antar dua atau lebih perangkat komunikasi. Pada jaringan komunikasi konvensional komunikasi seluler pada umumnya bekerja melalui BS meskipun user yang sedang melakukan komunikasi berada dalam jarak yang dekat untuk melakukan komunikasi D2D. Gambar 1 memperlihatkan penggunaan komunikasi D2D secara konvensional.

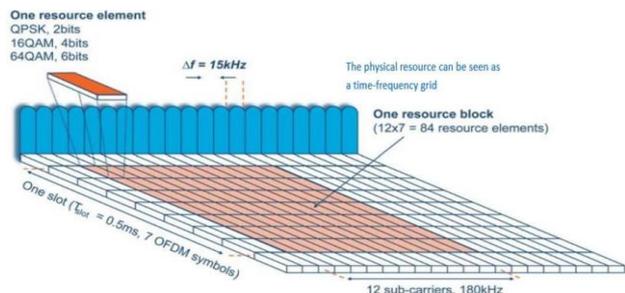


Gambar 1. Gambaran penggunaan komunikasi D2D pada jaringan seluler

Gambar 1 di atas memperlihatkan semua komunikasi harus dilakukan melalui BS, meskipun kedua pihak yang berkomunikasi berada dalam jangkauan untuk komunikasi D2D. Contoh penggunaan komunikasi D2D pada jaringan seluler yaitu dalam penggunaan video sharing, gaming, machine-to-machine (M2M), dan sebagainya. Komunikasi D2D diperkirakan dapat menaikkan spectral efficiency pada jaringan komunikasi. Komunikasi D2D dapat memungkinkan untuk memperbaiki throughput, delay, fairness, dan energy efficiency. (Asadi, dkk. 2014).

B. Physical Resource Block

Unit terkecil dari resource allocation di Long Term Evolution (LTE) adalah physical resource block (PRB). Dapat dilihat pada gambar 2.5 bahwa 12 subcarriers yang berdekatan membentuk satu resource block yang dialokasikan pada dua slot waktu berturut-turut, sehingga membentuk single transmission time interval (TTI) dari 1 ms. (Rathi dkk. 2014). Terdapat 84 resource element pembuat resource block yang berasal dari 12 subcarriers dikali dengan 6 symbol OFDM. Pada resource block menggunakan dari 12 OFDM subcarriers dengan bandwidth dari resource block adalah 180 KHz.



Gambar 2. Resource block

C. Algoritma Auction

Algoritma auction adalah metode intuitif untuk memecahkan masalah alokasi. Yang, dkk. (2009).

Pada penelitian ini, penulis mengasumsikan konsep auction dengan melakukan prosedur penawaran dengan masing-masing agen (D2D transmitter) menawar untuk RB (Resource blocks). ENB berfungsi sebagai pelelang yang

memberikan resource ke penawar tertinggi. Asumsikan bahwa RB menetapkan biaya berupa nilai maksimum resource dikurang nilai interferensi. Pasangan D2D akan memberikan penawaran untuk mendapatkan resource dan proses akan terus berjalan hingga semua pasangan D2D berbagi resource dengan seluler user. Sesuai dengan metode auction yang dijelaskan pada penelitian Yang, dkk. (2009).

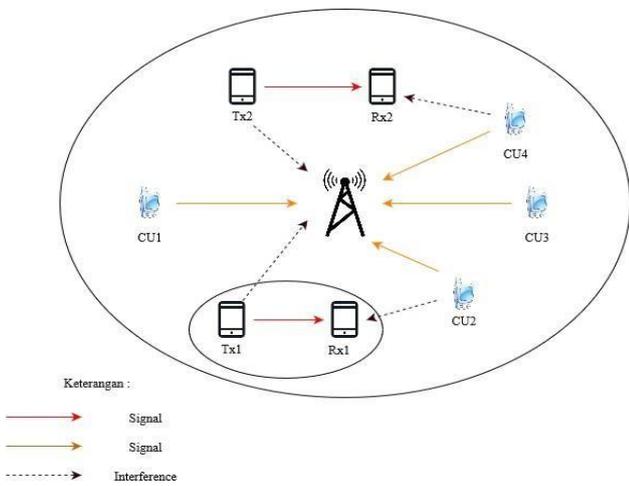
Asumsikan terdapat N penawar dan N objek. Keuntungan yang didapat f_{kj} diberikan dari pengalokasian objek jk ke penawar k . Tujuan dari masalah alokasi adalah untuk menetapkan setiap objek jk ke penawar k sehingga total keuntungan dapat dimaksimalkan. Proses penerapan konsep lelang dapat dilihat di bawah ini.

1. Inisiasi: tentukan $\epsilon > 0$; set N penawar dalam keadaan tidak mendapatkan resource dan set $r_j = \text{interferensi}, j = 1, \dots, N$.
2. Pengulangan
 - a) Pilih N penawar k , hitung nilai : maksimum profit1 $\gamma_{kj} = \text{Max}_j \{f_{jk} - r_j\}$
maksimum profit2 $\delta_{kj} = \text{Max}_{j, j \neq k} \{f_{jk} - r_j\}$.
 - b) Tugaskan objek jk ke penawar k .
If objek telah ditetapkan dengan penawar k sebelumnya, hapus penugasan ke penawar k . Selanjutnya, If penawar k telah di tetapkan untuk satu objek jk sebelum di tetapkan untuk objek jk . Tugaskan objek jk ke user k .
 - c) Update harga dari objek jk menjadi $r_{jk} = r_{jk} + \gamma_{kj} - \delta_{kj}$.
 - d) Set user k mendapat resource. Untuk memutuskan, jika user k mendapatkan resource atau tidak berdasarkan hasil alokasi, dapat di lihat pada kondisi:
 $f_{jk} - r_{jk} \geq \text{max}_j \{f_{jk} - r_j\} - \epsilon$
3. Sampai semua user mendapatkan resource

III. METODE PENELITIAN

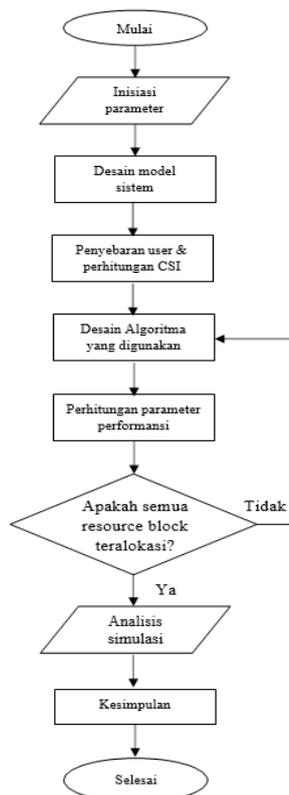
A. Model Komunikasi

Sistem pemodelan komunikasi D2D pada penelitian ini adalah menggunakan sel tunggal yang bandwidth resource block bernilai 180 KHz dan frekuensi carrier yang digunakan adalah 2.3 GHz. Model komunikasi yang digunakan yaitu uplink, dimana komunikasi terjadi pada sisi transmitter mengirimkan sinyal data ke eNB. Komunikasi tersebut mengakibatkan interferensi yang dapat mengganggu jaringan komunikasi. Pemodelan sistem komunikasi D2D yang digunakan dapat dilihat pada gambar di bawah ini:



Gambar 3. Model komunikasi

Sejumlah CUE dan pasangan D2D dibangkitkan pada satu sel secara random dan pada ketentuan jarak masing-masing. CUE memiliki ketentuan radius 1000 m sesuai dengan radius sel. Pasangan D2D memiliki ketentuan radius 100 m. Dalam sistem sel ini, eNB memberikan resource block kepada CUE dan diasumsikan sudah mengetahui CSI yang diperlukan. Pasangan D2D yang tersedia menggunakan resource yang sama dengan CUE serta penggunaan frekuensi yang sama dengan CUE. Jumlah CUE dan Pasangan D2D yang telah ditentukan akan didistribusikan secara acak didalam sel. Peranan algoritma terjadi saat, penggunaan bersama antara pasangan D2D dan CUE terjadi. Algoritma yang digunakan untuk memilih link mana yang terdapat interferensi paling rendah menghasilkan data rate yang optimal



Gambar 4. Diagram alir simulasi

Dalam penelitian ini, penulis akan menggunakan melakukan variasi D2D sebanyak 100 pasang D2D dimulai dari 20 sampai 100 dengan kenaikan D2D sebesar 10. Jumlah CUE yang tetap berada pada 100 user dan power transmitt CUE sebesar 27 dbm atau 0.5 watt. Setiap CUE diasumsikan mendapatkan satu resource block. Setiap pasangan D2D yang ingin berkomunikasi menggunakan resource block yang sama dengan CUE. Jika perbandingan antara pasangan D2D sama atau kurang dari jumlah resource block, maka pasangan D2D dapat berkomunikasi. Parameter simulasi dapat dilihat pada table di bawah ini:

Tabel 1. Parameter Simulasi

Parameter	Nilai
Jumlah CUE	100
Jumlah D2D pair	20,30,...,100
Radius sel	1000 m
Radius antar D2D Tx Rx	100 m
Frequency carrier	2,3 GHz
Bandwidth resource block	180 KHz
Power transmitter CUE	27 dbm
Power transmitter D2D	27 dbm
Pathloss	UMi NLOS

IV. HASIL DAN PEMBAHASAN

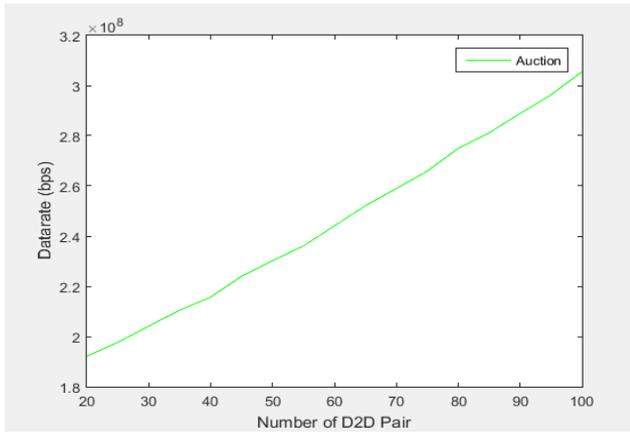
A. Hasil Data rate

Parameter performansi yang pertama ditinjau dalam pekerjaan ini adalah data rate. Penulis melakukan variasi jumlah pasangan D2D dimulai dari 20 sampai 100 dengan kenaikan jumlah pasangan D2D sebesar 10. Sehingga terdapat 9 jumlah data pasangan D2D yang ditinjau. Hasil data rate system dapat di lihat pada table 2 di bawah ini

Tabel 2. Nilai data rate pada algoritma auction

Jumlah D2D Pair	Data Rate (bps)
	Auction
20	1,9213x10 ⁸
30	2,0410x10 ⁸
40	2,1570x10 ⁸
50	2,3020x10 ⁸
60	2,4411x10 ⁸
70	2,5897x10 ⁸
80	2,7501x10 ⁸
90	2,8891x10 ⁸
100	3,0560 x10 ⁸
Rata-rata	2,4608x10 ⁸

Dapat dilihat dari tabel 2 diatas bahwa algoritma Auction memiliki nilai rata-rata data rate sebesar 2,4608x10⁸ bps.



Gambar 5. Grafik hasil nilai data rate

Pada tabel 2 menerangkan nilai data rate pada algoritma auction dengan variasi jumlah pasangan D2D. Dapat dilihat bahwa terjadi kenaikan nilai data rate seiring dengan penambahan jumlah pasangan D2D. Hal tersebut terjadi karena semakin banyak pasangan D2D, semakin rendah nilai interferensi pada sistem sehingga menghasilkan nilai data rate yang tinggi. Hal ini di sebabkan karena auction mengasumsikan D2D sebagai penawar dan mengatur setiap pasangan D2D untuk melakukan penawaran tertinggi untuk resource blok dengan harga maksimal dari nilai benefit – nilai interferensi. Untuk mendapatkan hasil data rate simulasi, penulis akan melakukan perhitungan parameter data rate sesuai dengan persamaan yang telah di bahas pada

$$Rk_{(D2D)} = \sum BW \log_2 \left(1 + \frac{SINR_{(D2D)}}{\Gamma} \right)$$

$$Rk_{(D2D)1,2,3,...,20} = \sum 180000 \log_2 \left(1 + \frac{SINR_{(1,2,3,...,20)}}{(-\log 5 \times 10^{-5})/1.5} \right)$$

$$Rk_{(D2D)} = \text{data rate D2D } 1,2,3, \dots, 20$$

$$Rk_{(CUE)} = \sum BW \log_2 \left(1 + \frac{SINR_{(CUE)}}{\Gamma} \right)$$

$$Rk_{(CUE)1,2,3,...,100} = \sum 180000 \log_2 \left(1 + \frac{SINR_{(1,2,3,...,100)}}{(-\log 5 \times 10^{-5})/1.5} \right)$$

$$Rk_{(CUE)} = \text{data rate CUE } 1,2,3, \dots, 100$$

$$Rk = Rk_{(D2D)1,2,3,...,20} + Rk_{(CUE)1,2,3,...,100}$$

$$\text{Total Rk} = \text{mean} (Rk \text{ 20 pasang})$$

$$\text{Total Rk} = 1,9213 \times 10^8 \text{ bps}$$

Perhitungan parameter performansi di atas merupakan perhitungan yang digunakan untuk mencari nilai data rate dari algoritma Auction, dengan $Rk(D2D)$ adalah data rate dari pasangan D2D Auction yang terdiri dari 20 pasang D2D dan $Rk(CUE)$ adalah data rate dari CUE Auction sebanyak 100 user. Untuk mendapatkan nilai total dari data rate Auction atau $Total Rk$, jumlah data rate dari pasangan D2D dan CUE dijumlah lalu kemudian di rata-ratakan menghasilkan total data rate Auction dengan 20 pasang D2D dan CUE sebanyak 100 user.

Hasil perhitungan data rate akan berbeda setiap kali menjalankan simulasi karena adanya sistem random yang

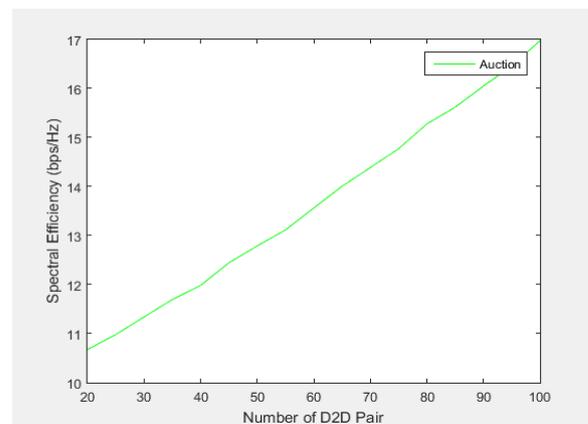
dilakukan pada penyebaran user yang menyebabkan jarak pada setiap user equipment menjadi bervariasi yang menyebabkan nilai dari pathloss dan SINR yang berbeda pada saat menjalankan simulasi.

B. Hasil Spectral Efficiency

Berikut ini merupakan table hasil spectral efficiency dari simulasi yang telah dilakukan :

Tabel 3. Nilai spectral efficiency

Jumlah D2D Pair	Spectral efficiency (bps/Hz)
	Auction
20	10,6740
30	11,3389
40	11,9837
50	12,7890
60	13,5619
70	14,3874
80	15,2785
90	16,0507
100	16,9778
Rata-rata	13,6713



Gambar 6. Grafik perbandingan hasil nilai spectral efficiency

Hasil yang diperoleh menunjukkan bahwa auction memiliki nilai rata-rata spectral efficiency sebesar 13,6713 bps/Hz. Total data rate menjadi salah satu bagian perhitungan dalam menghitung spectral efficiency. Total data rate dibagi dengan jumlah cellular user yang dikali dengan bandwidth resource block. Setiap spectral efficiency memiliki satuan bps/Hz, yang artinya dapat mengirimkan berapa banyak data bps dalam satu Hz.

Setelah mendapatkan nilai data rate pada algoritma auction. Nilai total data rate digunakan untuk mendapatkan nilai spectral efficiency, yaitu membagi total data rate algoritma dengan bandwidth resource dikali dengan jumlah CUE. Perhitungan spectral efficiency pada 20 pasang D2D dapat dilihat pada perhitungan di bawah

$$SE = \frac{\text{Totaldata rate}}{BW \times N}$$

$$SE_A = \frac{1,9213 \times 10^8}{180000 \times 100}$$

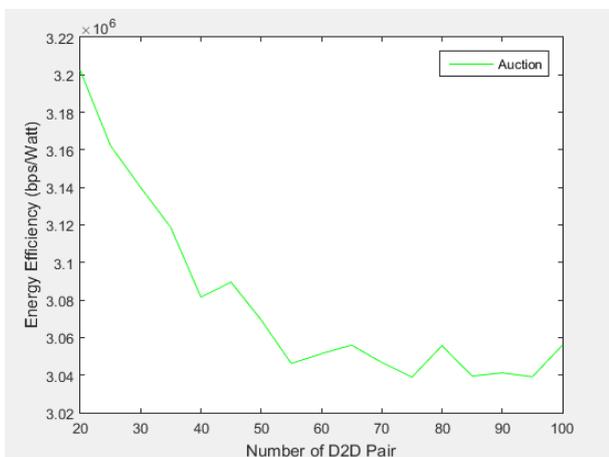
Perhitungan parameter performansi diatas menunjukkan nilai spectral efficiency pada algoritma auction dengan 20 pasang D2D, telah sesuai dengan output nilai spectral efficiency dengan 20 pasang D2D pada simulasi menggunakan matlab. Hasil dari perhitungan spectral efficiency tidak akan terpengaruh dengan adanya sistem random pada penyebaran user karena, nilai dari spectral efficiency bergantung pada nilai total data rate yang didapatkan

C. Hasil Energy Efficiency

Berikut ini merupakan tabel energy efficiency hasil simulasi komunikasi D2D menggunakan algoritma auction

Tabel 4. Tabel Hasil Energy Efficiency

Jumlah D2D Pair	Energy efficiency (bps/Hz)
	Auction
20	3,2022x10 ⁶
30	3,1400x10 ⁶
40	3,0815x10 ⁶
50	3,0693x10 ⁶
60	3,0514x10 ⁶
70	3,0467x10 ⁶
80	3,0468x10 ⁶
90	3,0411x10 ⁶
100	3,0560x10 ⁶
Rata-rata	3,0816x10 ⁶



Gambar 7. Grafik Energy Efficiency

Energy efficiency melakukan proses perhitungan dengan cara membagi total data rate dengan daya total. Dimana total data rate terdapat perhitungan rata-rata data

rate dari CU dan D2D. Sementara itu, pada daya total terdapat perhitungan penjumlahan antara daya pada sisi CUE yang dikali dengan jumlah CU ditambah dengan daya pada sisi D2D yang dikali dengan jumlah pasangan D2D.

Tabel 4 memberikan informasi perolehan nilai energy efficiency dari algoritma beserta dengan nilai rata-ratanya. Nilai Auction mendapatkan rata-rata energy efficiency sebesar 3,0816x10⁶ bps/watt. Setiap energy efficiency memiliki satuan bps/watt. Semakin besar nilai energy efficiency semakin besar data yang terkirim dalam satu watt sehingga dapat menghemat penggunaan daya. Perhitungan energy efficiency dapat dilakukan dengan membagi nilai total data rate algoritma dibagi dengan daya total. Daya total didapatkan berdasarkan persamaan (2.10) atau persamaan yang ditunjukkan pada table 4.1. Daya total dapat dihitung dengan $P_{total} = (P_e \times CU) + (P_d \times D2D)$. Dimana P_e adalah power enb, CU adalah jumlah CUE, P_d adalah power D2D tx, dan D2D adalah jumlah pasangan D2D.

$$P_{total} = (P_e \times CU) + (P_d \times D2D)$$

$$P_{total} = (0,5 \times 100) + (0,5 \times 20)$$

$$P_{total} = 60 \text{ watt}$$

Setelah mendapatkan nilai daya total, maka perhitungan energy efficiency dapat dilihat.

$$EE = \frac{\text{Totaldata rate}}{\text{Daya total}}$$

$$EE = \frac{1,9213 \times 10^8}{60}$$

$$EE = 3,2022 \times 10^6 \text{ bps/watt}$$

Berdasarkan perhitungan energy efficiency pada pasangan D2D sebanyak 20 pasang di atas, didapatkan nilai energy efficiency auction sebesar 3,2022x10⁶ bps/watt. Hasil perhitungan tersebut telah sesuai dengan output nilai energy efficiency pada simulasi menggunakan matlab.

D. Analisa Hasil Algoritma

Sub bab ini membahas tentang tabel resume untuk hasil dari simulasi yang dilakukan pada penelitian ini. Hasilnya dapat dilihat pada tabel 5 di bawah ini.

Tabel 5. Resume nilai parameter performansi dari algoritma auction

	Auction
Data rate(bps)	2,4608x10 ⁸
Spectral efficiency(bps/Hz)	13,6713
Energy efficiency(bps/watt)	3,0816x10 ⁶

Dapat dilihat pada tabel 4.5. Dapat dilihat pada table di atas nilai data rate yang diperoleh algoritma auction adalah 2,4608x108 bps. Nilai spectral efficiency yang diperoleh algoritma auction adalah 13,6713 bps/Hz. Nilai energy efficiency yang diperoleh algoritma auction adalah 3,0816x106 bps/watt. Nilai yang di hasilkan dari simulasi variasi D2D sebanyak 20 sampai 100 pasang dengan jumlah CUE sebanyak 100 perangkat,

V. KESIMPULAN

Dari simulasi yang dilakukan, penulis dapat menarik beberapa kesimpulan yaitu:

1. Hasil simulasi yang telah dilakukan menunjukkan algoritma auction memiliki nilai rata-rata semua parameter performansi yang baik. Simulasi dilakukan dengan menggunakan variasi D2D sebanyak 20,30,...,100 (kenaikan 10 pasang) dan jumlah CUE tetap sebanyak 100 user
2. Nilai rata-rata data rate yang diperoleh auction adalah 2,4608x108 bps. Nilai total data rate yang diperoleh akan menjadi nilai input pada penghitungan energy efficiency dan spectral efficiency. Nilai energy efficiency dan spectral efficiency dari algoritma auction masing-masing bernilai 3,0816x106 bps/watt dan 13,6713 bps/Hz.
3. Berdasarkan hasil simulasi dan perhitungan parameter performansi yang dilakukan maka dapat disimpulkan, algoritma auction dengan skema variasi D2D sebanyak 20,30,...,100 dan jumlah CUE tetap sebanyak 100 user dapat diimplementasikan.

REFERENSI

- [1] Ahmed, Ejaz, Ibrar Yaqoob, Abdullah Gani, Muhammad Imran, and Mohsen Guizani. "Social-aware resource allocation and optimization for D2D communication." *IEEE wireless communications* 24, no. 3. 2017. 122- 129.
- [2] Asadi, A., & Mancuso, V. "WiFi Direct and LTE D2D in action. IFIP Wireless Days (WD)" (pp. 1-8). 2013. IEEE.
- [3] Asadi, A., Wang, Q., & Mancuso, V. A survey on device-to-device communication in cellular networks. *IEEE Communications Surveys & Tutorials*, 16(4), 2014. 1801-1819.
- [4] Badan Pusat Statistik Indonesia. *Telecommunication Statistics in Indonesia 2019*. I S S N: 2476-9134. BPS Catalogue:8305002. 2019. BPS-Statistics Indonesia, Jakarta.
- [5] Black, P. E. "Greedy Algorithm, Dictionary of Algorithms and Data Structures". US Nat. Inst. Std. & Tech Report, 2012. 88, 95.
- [6] Fodor, G., Dahlman, E., Mildh, G., Parkvall, S., Reider, N., Miklós, G., & Turányi, Z. Design aspects of network assisted device-to-device communications. *IEEE Communications Magazine*, 50(3), 2012. 170-177.
- [7] Han, Z, Zhang, H., Wang, T., & Song, L. Graph-based resource allocation for D2D communications underlying cellular networks. *IEEE/CIC international conference on*

communications in China- workshops (CIC/ICCC) 2017. (pp. 187-192). IEEE.

[8] Hoydis, J., Björnson, E., & Sanguinetti, L. Massive MIMO networks: Spectral, energy, and hardware efficiency. *Foundations and Trends in Signal Processing*, 11(3-4), 2017. 154-655.