

ANALISIS PENGGUNAAN ALGORITMA ALOKASI PRIORITY-BASED HEURISTICAL DAN JOINT POWER CONTROL UNTUK MENINGKATKAN EFISIENSI ENERGI PADA KOMUNIKASI D2D

ANALYSIS OF USING PRIORITY-BASED HEURISTICAL ALLOCATION ALGORITHM AND JOINT POWER CONTROL TO IMPROVE EFFICIENCY ENERGY IN D2D COMMUNICATION

Enrico Akbar¹, Arfianto Fahmi², Vinsensius Sigit Widhi Prabowo³

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

¹enricoakbar@student.telkomuniversity.ac.id, ²arfiantof@telkomuniversity.ac.id,

³vinsensiusvsw@telkomuniversity.ac.id

Abstrak

Jurnal ini membahas tentang analisis penggunaan algoritma *priority-based heuristical* dan *joint power control* pada komunikasi D2D. Algoritma yang digunakan adalah *invers waterfilling* sebagai metode *joint power control*. *Equal Power Allocation (EPA)* dan algoritma *waterfilling* menjadi pembanding algoritma *invers waterfilling*. Algoritma *greedy* sebagai metode *priority-based heuristical* digunakan untuk mengalokasikan RB kepada *user*. Kontrol daya dilakukan terlebih dulu. Algoritma *greedy* dilakukan setelah kontrol daya. Dari hasil simulasi, didapatkan peningkatan nilai *data rate* dan *energy efficiency* pada skema IWF Greedy dibandingkan dengan skema WF greedy tetapi mengalami penurunan nilai *data rate* dan *energy efficiency* dibandingkan dengan skema EPA Greedy.

Kata kunci : D2D, Energy Efficiency, Greedy, Invers Waterfilling.

Abstract

This journal discusses the analysis of using *priority-based heuristical* algorithm and *joint power control* in D2D communication. The algorithm used is *inverse waterfilling* as a *joint power control* method. *Equal Power Allocation (EPA)* and *waterfilling* algorithm are compared to the *invers waterfilling* algorithm. *Greedy* algorithm as a *priority-based heuristical* method is used to allocate RB to users. Power control is done first. *Greedy* algorithm is executed after power control. From the simulation results, get an increase value of *data rate* and *energy efficiency* in the IWF Greedy scheme compared to the WF Greedy scheme, but get decrease value of *data rate* and *energy efficiency* of EPA Greedy compared to the EPA Greedy.

Keywords: D2D, Energy Efficiency, Greedy, Invers Waterfilling.

1. Pendahuluan

Ilmu pengetahuan saat ini sedang mengalami perkembangan yang sangat pesat. Bidang telekomunikasi merupakan salah satu ilmu pengetahuan yang mengalami perkembangan yang sangat pesat. Salah satu kemajuan pada bidang telekomunikasi yaitu komunikasi seluler. Komunikasi seluler telah mengalami banyak perubahan, dimulai dari generasi pertama atau sering disebut 1G hingga generasi kelima atau sering disebut 5G. Perkembangan yang sangat pesat pada bidang telekomunikasi membuat aktivitas yang dapat dilakukan menjadi lebih mudah dan hal ini menyebabkan bertambahnya jumlah pengguna seluler. Seiring bertambahnya pengguna seluler, kepadatan lalu lintas pada layanan komunikasi semakin meningkat. Oleh karena itu, penyedia layanan seluler harus meningkatkan kapasitas layanan pada komunikasi seluler untuk memenuhi kebutuhan pelanggan seluler.

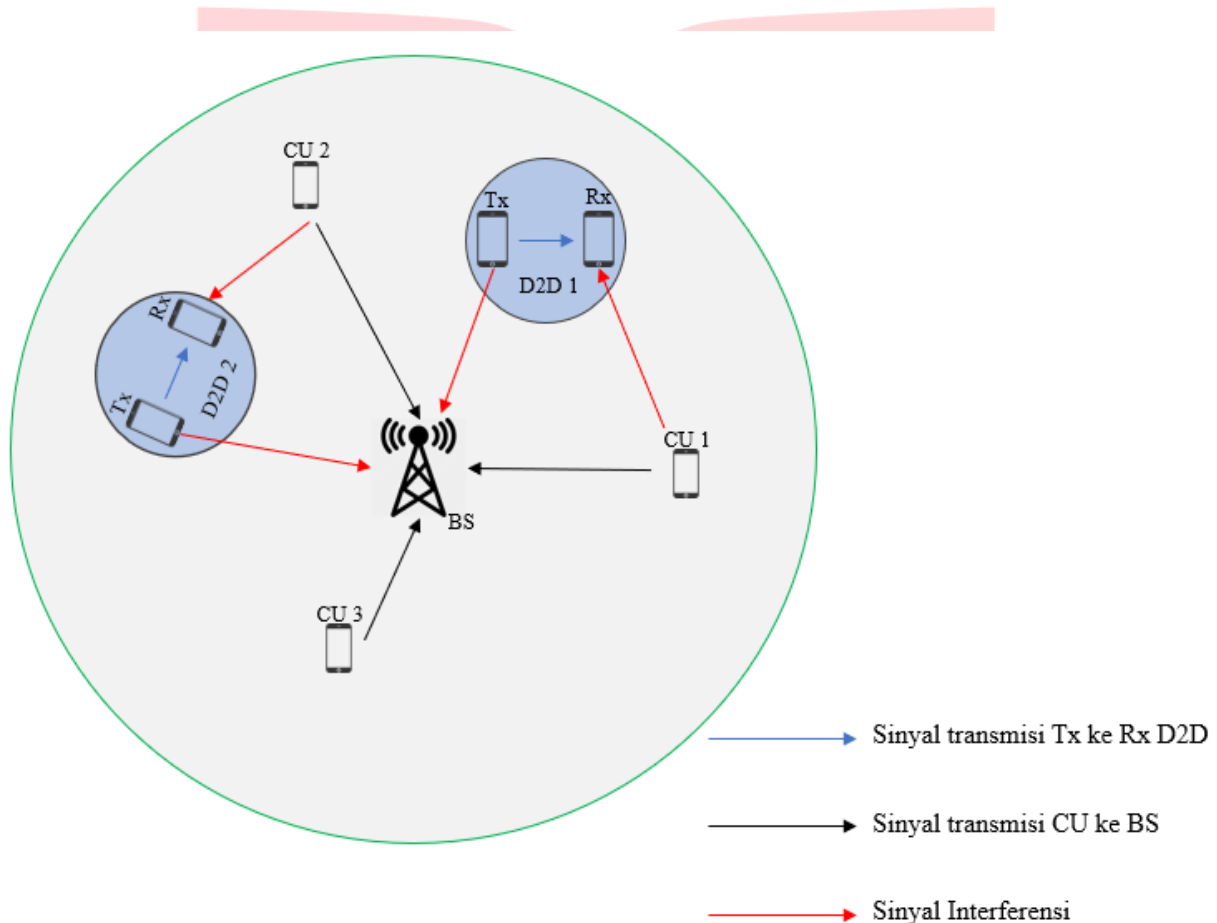
Pada 5G, komunikasi D2D merupakan fitur yang memungkinkan komunikasi secara langsung antara pengguna tanpa harus melalui BS [1]. Komunikasi D2D merupakan teknologi yang memungkinkan komunikasi secara langsung antara pengguna tanpa harus melalui BS sehingga komunikasi D2D dapat mengurangi *traffic load* layanan komunikasi yang melalui BS [1]. Komunikasi D2D ini dapat membantu pengguna berkomunikasi secara langsung dengan pengguna yang lain pada jarak tertentu. Ketika melakukan komunikasi, komunikasi D2D dapat menggunakan spektrum frekuensi yang sama dengan pengguna seluler tetapi hal tersebut dapat menyebabkan terjadinya interferensi antara pengguna seluler dan D2D [1]. Selain itu, dalam melakukan komunikasi diperlukan adanya daya dalam melakukan transmisi. Daya yang digunakan harus dimanfaatkan

secara efisien. Oleh karena itu, manajemen interferensi dan control daya diperlukan untuk meningkatkan performa layanan dengan daya yang efisien [2].

Pada jurnal ini dilakukan simulasi *joint power control* terlebih dulu dengan menggunakan algoritma *invers waterfilling* lalu diikuti dengan *priority-based heuristical* dengan menggunakan algoritma *greedy* untuk pengalokasian *resource block* (RB) [2]. *Joint power control* akan dilakukan menggunakan algoritma *invers waterfilling*. Algoritma *waterfilling* dan *equal power allocation* (EPA) menjadi pembanding algoritma *invers waterfilling*. Parameter keluaran yang dianalisis pada jurnal ini adalah *data rate* dan *energy efficiency* (EE).

2. Dasar Teori dan Perancangan

2.1. Model Sistem



Gambar 1. Model Sistem

Model sistem dapat dilihat pada gambar 1. Sistem ini hanya berfokus pada satu sel saja dan dianggap tidak ada interferensi antar sel. Simulasi dilakukan dengan menggunakan frekuensi *carrier* 1800 MHz dengan *bandwidth* RB 180 KHz. *User* dianggap tidak bergerak dan komunikasi dilakukan hanya pada arah UL. Komunikasi D2D menggunakan skema *Peer-to-Peer* D2D. Pada sel terdapat BS, CU, Tx D2D, dan Rx D2D. CU dan Tx D2D disebar secara acak dalam cakupan sel dan Rx D2D disebar dengan jarak tertentu terhadap Tx D2D. RB akan dialokasikan oleh BS ke masing-masing CU, setiap CU hanya mendapatkan satu RB saja. Ketika D2D *pair* sedang melakukan komunikasi maka CU akan berbagi RB dengan D2D *pair*. Pada gambar 1 menunjukkan bahwa CU 1 sedang melakukan komunikasi dengan BS dengan sinyal transmisi yang disimbolkan garis panah berwarna hitam. Pada saat yang bersamaan Tx D2D 1 sedang melakukan komunikasi dengan Rx D2D 1 dengan sinyal transmisi yang disimbolkan garis panah berwarna biru. Karena penggunaan RB yang sama, maka CU 1 akan menginterferensi Rx D2D 1 dan Tx D2D 1 akan menginterferensi BS dengan symbol garis panah berwarna merah. Hal yang sama juga terjadi pada CU 2 yang sedang berbagi RB dengan Tx dan Rx D2D 2. Pada CU 3 tidak terjadi interferensi, hal ini dikarenakan CU 3 sedang tidak berbagi RB.

2.2. Joint Power Control

Dalam jurnal ini, dilakukan control daya pada D2D *pair* dan CU dengan menggunakan algoritma *invers waterfilling*.

2.2.1 Algoritma Invers Waterfilling

Invers Waterfilling merupakan suatu algoritma dimana daya yang tinggi akan diberikan kepada *user* dengan nilai CSI besar dan daya yang rendah akan diberikan kepada *user* dengan nilai CSI kecil [3]. Alokasi daya dengan menggunakan *invers waterfilling* dapat dirumuskan dengan persamaan:

$$P_{i,j} = \frac{CSI_{i,j}}{\sum_{c=1}^C \sum_{d=1}^D CSI_{i,j}} P_t \quad (1)$$

dimana $P_{i,j}$ merupakan daya yang dialokasikan kepada *user*, $CSI_{i,j}$ merupakan matriks yang berisikan nilai CSI berdasarkan SINR, dan P_t merupakan total daya dari *transmitter*. Langkah-langkah dalam melakukan control daya dengan algoritma *invers waterfilling* dapat dilihat pada Algorithm 1.

Algoritma 1. Invers Waterfilling

```

1: function IWF(CSI, Ptotal)
2:   CSItotal = sum(CSI);
3:   Pi,j = (CSI * Ptotal) / CSItotal;
4: end function

```

2.3 Priority-Based Heuristical

Priority-based heuristical pada jurnal ini adalah algoritma *greedy* dimana digunakan untuk mengurangi kompleksitas suatu perhitungan sehingga dalam pengalokasian RB kepada *user* didapatkan nilai *channel state information* (CSI) terbaik dalam waktu yang cepat.

2.3.1 Algoritma Greedy

Algoritma *greedy* akan mengalokasikan nilai CSI terbaik pada RB ke *user* [4]. Dalam jurnal ini, setiap *user* hanya dapat memilih satu nilai CSI terbaik pada RB, dan RB yang tidak dipilih akan di-nol-kan nilainya. Langkah-langkah dalam melakukan alokasi RB dengan menggunakan algoritma *greedy* dapat dilihat pada Algorithm 2.

Algoritma 2. Greedy

```

1: function Greedy(CSI, Di, Cj)
2:   dummy = CSI;
3:   for i = 1: |D| do
4:     x = 0; y = 0;
5:     for j = 1: |D| do
6:       if a < dummyi,j then
7:         Mencari nilai terbaaik dari CSI
8:         a = dummyi,j;
9:         b = j;
10:      end if
11:    end for
12:    CSIi,j yang tidak terpilih nilai akan menjadi nol;
13:    #Nilai terbaik dari CSIi,j akan dialokasikan ke user
14:    i* = a;
15:  end for
16: end function

```

2.4 Parameter Simulasi

Parameter simulasi yang akan dilakukan pada jurnal ini dapat dilihat pada tabel 1.

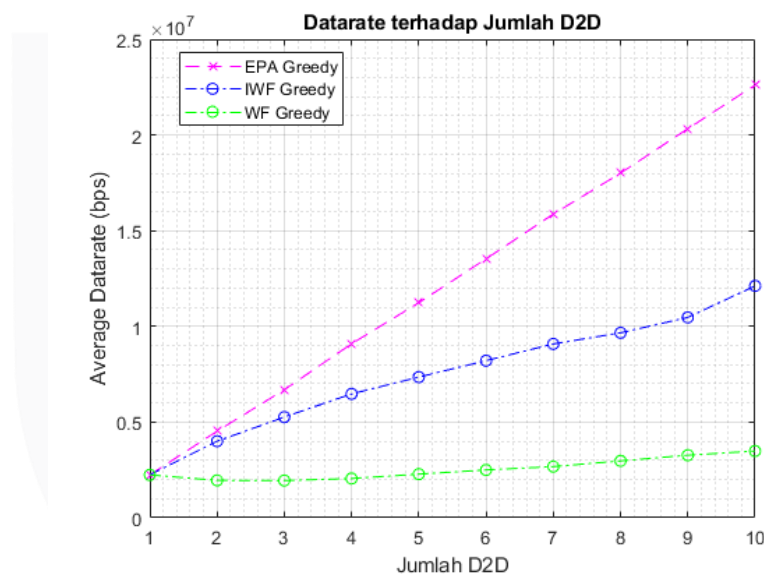
Tabel 1. Parameter Simulasi

Radius Sel	500 meter [2]
Jumlah CU	10 [2]
Jumlah D2D <i>pair</i>	1-10 [2]
Daya transmisi CU	27 dBm [2]
Daya transmisi D2D	21 dBm [2]
SINR gap	8,8 dB [2]
Daya <i>Noise</i>	-174 dBm [2]
Jarak D2D <i>pair</i>	50 meter
Frekuensi <i>carrier</i>	1800 MHz
Jumlah TTI	5000

3. Pembahasan

3.1. Data Rate

Parameter performansi yang dibahas pertama adalah *data rate*. Pada jurnal ini, nilai *data rate* dengan skema IWF Greedy akan dibandingkan dengan skema EPA Greedy dan WF Greedy.



Gambar 2. Perbandingan Nilai Energy Efficiency terhadap jumlah D2D pair

Tabel 2. Nilai Energy Efficiency terhadap jumlah D2D pair

Jumlah D2D <i>pair</i>	IWF <i>Greedy</i>	EPA <i>Greedy</i>	WF <i>Greedy</i>	Selisih (IWF <i>Greedy</i> - EPA <i>Greedy</i>)	Selisih (IWF <i>Greedy</i> - EPA <i>Greedy</i>)
1	2242386	2242554	2242386	-168	0
2	4001304	4526302	1956281	-524997.5	2045024
3	5264514	6690816	1945594	-1426301	3318921
4	6473821	9091896	2054009	-2618075	4419812
5	7353439	11237328	2280716	-3883889	5072722
6	8207461	13529345	2500501	-5321885	5706960
7	9084092	15866295	2676417	-6782202	6407675

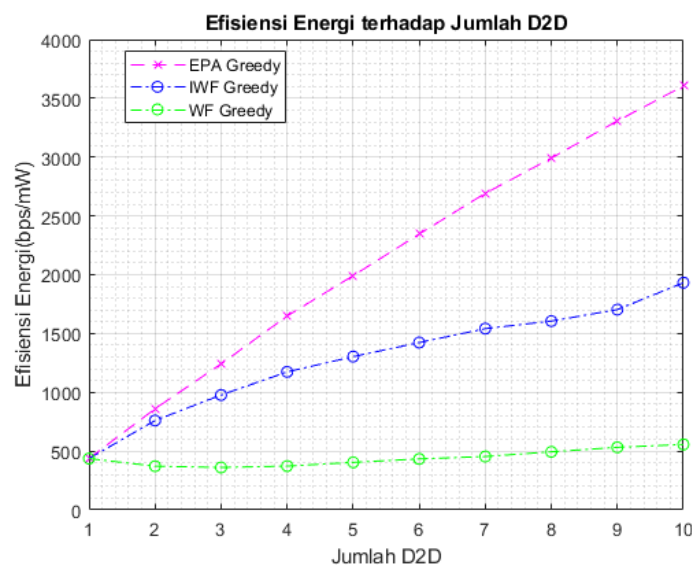
8	9665379	18006736	2972224	-8341356	6693155
9	10468165	20327148	3270429	-9858983	7197736
10	12115866	22603425	3488703	-10487558	8627164
Rata-rata	7487643	12412184	2538726	-4924542	4948917

Dari gambar 3 dapat dilihat bahwa nilai *data rate* untuk ketiga skema mengalami peningkatan nilai seiring bertambahnya jumlah D2D *pair*. Hal ini dipengaruhi oleh jumlah D2D *pair* pada system yang dapat meningkatkan jumlah layanan. Pada grafik dalam gambar 3 menunjukkan bahwa skema IWF Greedy berada dibawah skema EPA Greedy tetapi berada diatas skema WF Greedy. Hal ini disebabkan oleh penggunaan algoritma *invers waterfilling* sebagai metode kontrol daya sehingga daya yang tinggi akan diberikan kepada *user* dengan nilai CSI tinggi, sehingga pada alokasi RB dengan menggunakan algoritma *greedy*, apabila *user* selanjutnya memiliki nilai CSI terbaik yang berada dikolom yang sama dengan nilai CSI terbaik *user* saat ini, maka pada *user* selanjutnya nilai CSI tersebut akan di-nol-kan dan harus mencari nilai CSI terbaik lainnya sehingga nilai *data rate* skema IWF Greedy berada dibawah skema EPA Greedy. Sedangkan untuk skema WF Greedy berada dibawah skema WIF Greedy dan EPA Greedy, hal ini disebabkan oleh penggunaan algoritma *waterfilling* yang merupakan kebalikan dari algoritma *invers waterfilling* sebagai kontrol daya untuk menyamaratakan performa semua *user* sehingga mendapatkan nilai *data rate* yang lebih kecil dibanding skema IWF Greedy dan EPA Greedy.

Tabel 2 merupakan hasil simulasi nilai *data rate*. Dari table 2 didapatkan nilai selisih rata-rata antara skema IWF Greedy dengan EPA Greedy sebesar -4,924 Mbps sehingga mengalami penurunan performa sebesar 39,67% dan IWF Greedy dengan WF Greedy sebesar 4,948 Mbps sehingga mengalami peningkatan performa sebesar 194,93%. Dapat disimpulkan bahwa penggunaan skema IWF Greedy lebih baik dibandingkan dengan skema WF Greedy tetapi tidak lebih baik dibandingkan dengan skema EPA Greedy.

3.2 Energy Efficiency

Parameter performansi yang dibahas selanjutnya adalah *energy efficiency*. Pada jurnal ini, nilai *energy efficiency* dengan skema IWF Greedy akan dibandingkan dengan skema EPA Greedy dan WF Greedy.



Gambar 3. Perbandingan Nilai Fairness terhadap jumlah D2D pair

Tabel 3. Nilai Fairness terhadap jumlah D2D pair

Jumlah D2D pair	IWF Greedy	EPA Greedy	WF Greedy	Selisih (IWF Greedy- EPA Greedy)	Selisih (IWF Greedy- EPA Greedy)
1	436.4516	436.4843	436.4516	-0.0327	0
2	760.1756	859.9157	371.658	-99.74	388.5176
3	976.8004	1241.442	360.9937	-264.64	615.8067
4	1173.763	1648.444	372.4105	-474.68	801.3521

5	1303.493	1991.962	404.2866	-688.47	899.206
6	1423.121	2345.901	433.5706	-922.78	989.55
7	1541.474	2692.342	454.1596	-1150.9	1087.315
8	1605.808	2991.643	493.806	-1385.8	1112.002
9	1703.552	3307.968	532.218	-1604.4	1171.334
10	1932.109	3604.553	556.3411	-1672.4	1375.768
Rata-rata	1285.675	2112.066	441.5896	-826.39	844.0851

Dari gambar 4 dapat dilihat bahwa nilai *energy efficiency* pada ketiga scenario mengalami peningkatan nilai seiring bertambahnya jumlah D2D *pair*. Hal ini dipengaruhi oleh *data rate* terhadap total daya sehingga mendapatkan peningkatan nilai *energy efficiency* pada system. Pada grafik dalam gambar 4 menunjukkan bahwa skema IWF Greedy berada dibawah skema EPA Greedy tetapi berada diatas skema WF Greedy. Hal ini disebabkan oleh penggunaan algoritma *invers waterfilling* sebagai metode kontrol daya dimana daya yang tinggi akan diberikan ke *user* dengan nilai CSI tinggi dan begitu pula sebaliknya. Selain itu, nilai *efficiency energy* bergantung pada nilai *data rate* dan total daya *user*. Sedangkan untuk skema WF Greedy berada dibawah skema IWF Greedy dan EPA Greedy. Hal ini disebabkan oleh penggunaan algoritma *waterfilling* yang merupakan kebalikan dari algoritma *invers waterfilling* sebagai kontrol daya untuk menyamaratakan performa semua user sehingga mendapatkan nilai *data rate* yang lebih kecil dibanding skema IWF Greedy dan EPA Greedy.

Tabel 3 merupakan hasil simulasi nilai *energy efficiency*. Dari table 3 didapatkan nilai selisih rata-rata antara skema IWF Greedy dengan EPA Greedy sebesar -826,39 Kbps/W sehingga mengalami penurunan performa sebesar 39,13% dan IWF Greedy dengan WF Greedy sebesar 844,085 Kbps/W sehingga mengalami peningkatan performa sebesar 191,14%. Dapat disimpulkan bahwa penggunaan skema IWF Greedy lebih baik dibandingkan dengan skema WF Greedy tetapi tidak lebih baik dibandingkan dengan skema EPA Greedy.

4. Kesimpulan

Dari hasil simulasi yang dilakukan didapatkan beberapa kesimpulan, antara lain:

1. Pada parameter performansi *data rate*, skema IWF Greedy mendapatkan peningkatan performa sebesar 194,93% dibandingkan dengan skema WF Greedy tetapi mengalami penurunan performa sebesar 39,67% dibandingkan dengan skema EPA Greedy.
2. Pada parameter performansi *energy efficiency*, skema IWF Greedy mendapatkan peningkatan performa sebesar 191,14% dibandingkan dengan skema WF Greedy tetapi mengalami penurunan performa sebesar 39,13% dibandingkan dengan skema EPA Greedy.

Daftar Pustaka:

- [1] T. D. Hoang, L. B. Le, and T. Le-Ngoc, "Radio resource management for optimizing energy efficiency of d2d communications in cellular networks," in *2015 IEEE 26th Annual International Symposium on Personal, Indoor, and Mobile Radio Communications (PIMRC)*. IEEE, 2015, pp. 1190-1194.
- [2] S. Lv, X. Wang, X. Meng, Z. Zhang, dan K. Long, "Energy-efficient joint power control and resource allocation for d2d-aided heterogenous networks," in *2017 IEEE/CIC International Conference on Communication in China (ICCC)*. IEEE, 2017, pp.1-6.
- [3] H. Al-Shatri dan T. Weber, "Fair power allocation for sum-rate maximization in multiuser ofdma" in *2010 International ITG Workshop on Smart Antennas (WSA)*. IEEE, 2010, pp. 350-354.
- [4] S. Najeh, H. Besbes, dan A. Bouallegue, "Greedy algorithm for dynamic resource allocation in downlink of ofdma system," in *2005 2nd International Symposium on Wireless Communication Systems*. IEEE, 2015, pp. 475-479.