

ANALISIS INTERFERENSI DAN ALGORITMA MANAJEMEN DAYA PADA KOMUNIKASI D2D UNDERLAY JARINGAN SELULER 5G

I Putu Yowan Nugraha Suparta¹, Nachwan Mufti Adriansyah², Vinsensius Sigit Widhi Prabowo³

^{1,2,3}Universitas Telkom, Bandung

yowansuparta@student.telkomuniversity.ac.id¹, nachwanma@telkomuniversity.ac.id²,

vinsensiusvsw@telkomuniversity.ac.id³

Abstrak

Pada perkembangan zaman, kebutuhan manusia akan teknologi telekomunikasi semakin meningkat. Meningkatnya jumlah pengguna pada jaringan seluler menyebabkan kepadatan trafik pada *Base Station* (BS). Salah satu solusi yang ditawarkan untuk menyelesaikan masalah ini adalah dengan menggunakan teknologi komunikasi *Device to Device* (D2D). Komunikasi D2D memungkinkan pengguna dapat berkomunikasi secara langsung tanpa melalui BS. Keuntungan dari komunikasi ini adalah memungkinkan tercapainya banyak pengguna, namun di sisi lain, adanya dampak interferensi pada model komunikasi ini membutuhkan manajemen interferensi dan daya, agar efek interferensi dapat diminimalkan serta penggunaan daya dapat dihemat. Pada penelitian ini, penulis menawarkan solusi untuk meminimalkan dampak interferensi dengan mengalokasikan *Resource Block* (RB) menggunakan algoritma *greedy*, kemudian mengalokasikan daya dengan algoritma *mixed strategy*. Sistem simulasi yang akan dirancang yaitu semua *user equipment* menggunakan skema *uplink SC-FDMA*. Pada penelitian ini, penulis menggunakan skenario simulasi dengan memvariasikan jumlah pasangan D2D. Berdasarkan hasil simulasi yang diperoleh, metode yang diusulkan penulis mendapatkan hasil yang baik pada skenario yang diusulkan, dengan hasil *sumrate* rata-rata 2.49×10^8 bps, *Power Efficiency* rata-rata 12.37×10^4 bps/mWatt, dan *Spectral Efficiency* 2.51 bps/Hz.

Kata Kunci : *Device-To-Device, Mixed Strategy, Sumrate, Power Efficiency dan Spectral Efficiency*

Abstract

As time passed by development, the human need for telecommunication technology is increasing. The increasing number of users on mobile networks is causing traffic density at base stations (BS). One solution offered to solve this problem is to use Device to Device (D2D) communication technology. D2D communication allows users to communicate directly without going through BS. The advantage of this communication is that it allows the cover of many users, but on the other hand, the impact of interference on this communication model requires interference management, so that the interference effect can be minimized. In this study, the authors offered a solution to minimize the impact of interference by allocating Resource Block (RB) using greedy algorithms, and the study will continue by allocating power with mixed strategy algorithms. The simulation system that will be designed is all user equipment using the SC-FDMA uplink scheme. In this study, the authors used two different scenarios, namely by varying the number of D2D pairs and varying the radius distance of cells. Based on the results of the simulation obtained, the proposed method of the author got good results on both proposed scenarios, with the best results in the first scenario with a sumrate of 2.49×10^8 bps, power efficiency of 12.37×10^4 bps/mWatt, and spectral efficiency of 2.51 bps/Hz.

Keywords: *Device-To-Device, Mixed Strategy, Sumrate*

1. Pendahuluan

Seiring dengan perkembangan zaman, kebutuhan manusia akan penggunaan teknologi telekomunikasi semakin meningkat. Pertumbuhan pengguna layanan telekomunikasi ini dapat dilihat pada data dari Asosiasi Penyelenggara Jasa Internet Indonesia (APJII). Berdasarkan hasil survei yang diadakan lembaga

ini, terjadi peningkatan pengguna internet sebanyak 73.7% dari tahun 2019 hingga 2020, sehingga berdasarkan data hasil survei, hampir 266.9 juta penduduk di Indonesia menggunakan layanan teknologi telekomunikasi dan angka ini diprediksi akan terus meningkat [1]. Akibat dari adanya peningkatan pengguna seluler, kepadatan trafik pada *Base Station* (BS)

yang menyebabkan kesulitan dalam berkomunikasi dapat terjadi.

Salah satu cara untuk mengatasi kepadatan trafik yang terjadi pada BS adalah dengan menerapkan sistem komunikasi *Device to Device* (D2D). Komunikasi D2D adalah komunikasi yang memungkinkan antar perangkat seluler berkomunikasi secara langsung tanpa melalui BS atau *evolved Node B* (eNB) [2], namun komunikasi D2D ini rentan terhadap interferensi akibat dari penggunaan *resource* yang sama, maka dari itu dibutuhkan manajemen interferensi daya dan *power management* untuk dapat meminimalkan efek interferensi.

2. Studi Terkait

Pada komunikasi D2D *underlay*, pasangan D2D dapat berkomunikasi secara langsung dengan menggunakan RB yang sama yang digunakan pada komunikasi seluler konvensional untuk meningkatkan *spectral efficiency* (SE) dan *power efficiency* (PE), namun permasalahan interferensi yang terjadi pada pasangan D2D dengan pasangan seluler lainnya merupakan isu utama pada permasalahan ini, sehingga untuk menghindari permasalahan ini, penelitian terdahulu telah dilakukan untuk meminimalkan efek interferensi yang terjadi akibat dari penggunaan RB yang sama. Pada penelitian [3], Yucheng Wu dkk melakukan uji coba untuk meningkatkan efisiensi energi pada komunikasi D2D dengan memisahkan *power control* dan *channel allocation* menjadi *sub-problem* yang hendak diselesaikan. Untuk permasalahan *power control*, algoritma yang berdasarkan fungsi Lambert W, digunakan untuk meningkatkan efisiensi energi pada pasangan D2D, sedangkan untuk permasalahan *channel allocation*, algoritma Gale-Shapley digunakan untuk menghasilkan preferensi kanal yang dapat digunakan untuk meningkatkan *signal to interference plus noise ratio* (SINR) pada pengguna seluler dan efisiensi energi pada pasangan D2D, hasil diperoleh bahwa algoritma yang digunakan berhasil meningkatkan efisiensi energi dan peningkatan kualitas *transmission rate*. Penelitian lainnya [4], memanfaatkan *deep learning model reinforcement learning*, model ini bekerja melalui *trial and error* untuk dapat menghasilkan keputusan optimal pada konteks

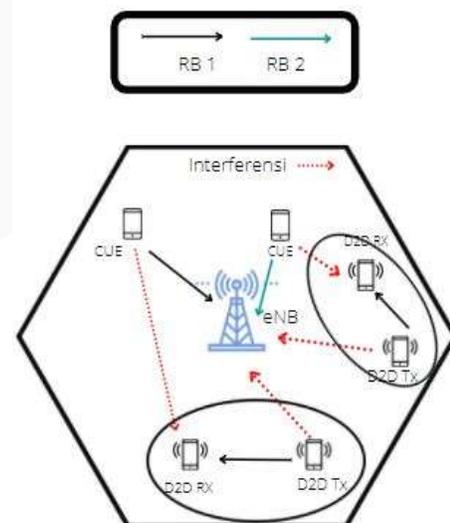
komunikasi D2D agar dapat meningkatkan alokasi daya, namun tetap mempertahankan kualitas yang baik. Hasil penelitian ini berhasil menunjukkan bahwa metode algoritma *non-cooperative learning deep reinforcement* dapat meningkatkan performa pada skenario *real-time* serta memberikan nilai QoS yang optimal. Penelitian lainnya [5] mengungkap pemanfaatan algoritma *greedy* dan *mean greedy* berbasis *heuristic* untuk pengalokasian RB pada komunikasi D2D yang bertujuan untuk meningkatkan *data rate sistem*. Penggunaan kedua algoritma berbasis *heuristic* ini berhasil meningkatkan *data rate sistem* secara keseluruhan.

3. Metode Penelitian

Pada penelitian ini dimulai dari merancang model sistem, Model sistem yang digunakan pada simulasi ini dapat dilihat pada bagian selanjutnya.

3.1 Model Sistem

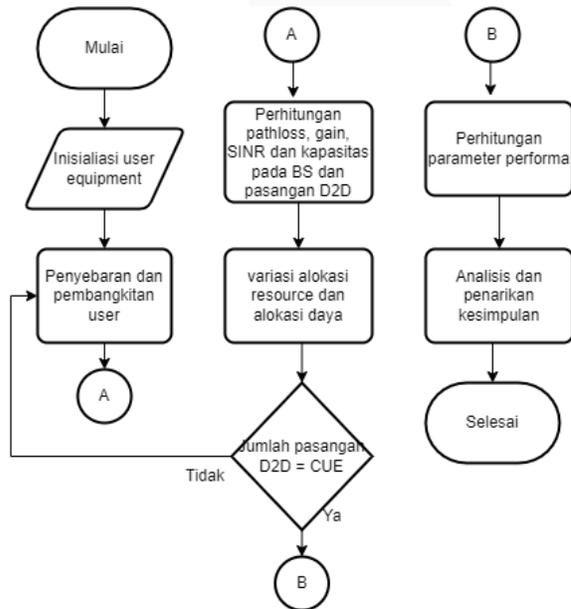
Model sistem yang diusung pada simulasi ini menggunakan skema *uplink SCC-FDMA* yang memperhatikan sumber interferensi yang pada perangkat seluler yang terlibat, terlihat pasangan D2D Rx mendapatkan interferensi dari *cellular user equipment* (CUE), sedangkan di sisi pasangan BS, pasangan D2D Tx memberikan interferensi. Untuk parameter simulasi yang dirancang dapat dilihat pada bagian selanjutnya.



Gambar 1. Model Simulasi Diusung.

3.2 Skenario Simulasi

Skenario simulasi dilakukan dengan pengalokasian *resource* menggunakan algoritma *greedy* untuk mendapatkan nilai kapasitas maksimal pada masing – masing kanal, baik itu dari kapasitas total, kapasitas total pada BS yang diproyeksikan ke kapasitas D2D atau menggunakan nilai kapasitas total dari pasangan D2D yang diproyeksikan ke kapasitas BS. Setelah alokasi *resource* berhasil dilakukan, maka akan dilakukan alokasi daya menggunakan algoritma *mixed strategy*, algoritma ini berperan dalam mencari daya pancar baru, sehingga nanti akan didapatkan nilai SINR dan kapasitas total yang baru. Setelah hasil ini diperoleh, maka akan dilakukan penyesuaian untuk mendapatkan nilai pada *Nash Equilibrium Point*, yang merupakan nilai optimal pada alokasi daya yang digunakan. Skenario simulasi dapat dilihat pada gambar 2.



Gambar 2.Skenario Simulasi

3.3 Alokasi Resource

Alokasi resource pada skenario ini menggunakan algoritma *greedy* untuk mendapatkan nilai kapasitas maksimal tiap kanal yang nantinya akan digunakan sebagai

input pada *mixed strategy*. Cara kerja algoritma *greedy* lebih lengkap dapat dilihat pada diagram alir yang disajikan.



Gambar 3. Diagram Alir Algoritma Greedy

3.4 Alokasi Daya

Alokasi daya yang digunakan untuk mendapat daya pancar optimum pada simulasi ini menggunakan algoritma *mixed strategy*. Algoritma *mixed strategy* merupakan algoritma yang merupakan bagian dari *game theory algorithm* yang memungkinkan perangkat seluler tidak hanya dapat memilih satu tindakan yang hendak dilakukan, namun dapat memilih beberapa tindakan bergantung pada keadaan, perangkat membentuk probabilitas terhadap aksi – aksi yang hendak dilakukan untuk mencapai kondisi yang disebut dengan *Nash Equilibrium Point*. Kondisi inilah yang berperan dalam pengambilan keputusan penggunaan daya yang optimal dalam proses alokasi daya pada komunikasi D2D.

3.5 Parameter Simulasi

Pada parameter simulasi akan dipaparkan beberapa parameter yang yang digunakan untuk mengatur hasil yang diinginkan Berikut adalah parameter simulasi yang digunakan pada perancangan simulasi.

Tabel 1. Parameter Simulasi

Parameter	Nilai
Radius Cell	500m
Radius D2D	50m
Jumlah pasangan D2D	10, ..., 20
Jumlah CUE	20
Daya Pancar CUE	0.2 W
Daya Pancar D2D	0.1 W
Energi Thermal dari Noise	10^{-7}
Frekuensi Kerja	2.3 GHz
Bandwidth Channel	5 MHz
Model Pathloss	Log distance model pathloss
Pathloss exponen value	3

3.6 Parameter Performa

1. Sum data rate

Sum data rate merupakan banyaknya jumlah bit yang ditransmisikan tiap detik. Sum data rate dirumuskan dengan:

$$SR = \sum_{i=1}^N i = 1^N \sum_{j=1}^M (x_{i,j} \mu C_{i,j}) + (x_{i,j} \mu D_{i,j}) \quad (1)$$

2. Spectral Efficiency

Spectral Efficiency (SE) adalah jumlah rata - rata bit per detik yang ditransmisikan dalam bandwidth yang teralokasi pada suatu sistem. SE diformulasikan dengan rumus:

$$SE_{i,j} = \sum_{i=1}^c \log_2 \left(1 + \frac{p_c^k g_c^k}{\sum_{i=1, j \neq 1}^N \gamma_{j,c} p_j^c g_j^c + N_0} \right) \quad (2)$$

$$SE_{i,j} = \frac{SR}{rb.B} \quad (3)$$

3. Power Efficiency

Power efficiency (PE) merupakan besar daya yang ditransmisikan pada sejumlah biat tiap detik. PE dirumuskan dengan:

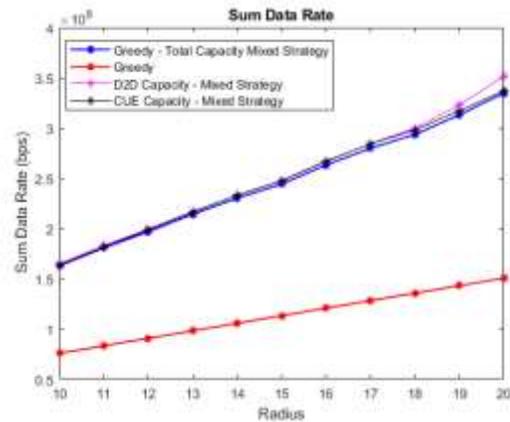
$$PE_{i,j} = \frac{SR}{P_C + P_D} \quad (4)$$

4. Hasil dan Pembahasan

Pada bagian ini akan dijelaskan hasil yang diperoleh dengan penggunaan alokasi daya algoritma mixed strategy dengan tanpa menggunakan algoritma mixed strategy.

4.1 Sum data rate

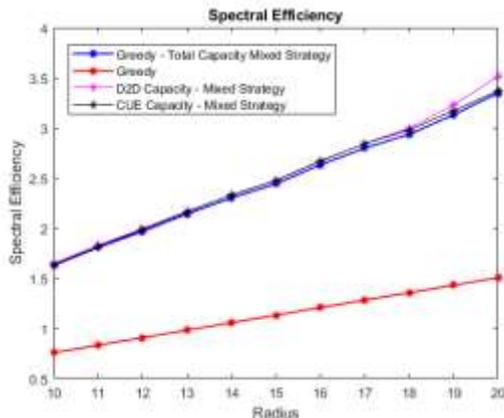
Sum data rate merupakan banyaknya jumlah bit yang ditransmisikan tiap detik. Nilai sumrate yang terplot pada grafik merupakan nilai yang didapatkan berdasarkan jumlah iterasi yang dilakukan. Hasil yang diperoleh menunjukkan unjuk kerja yang menggunakan algoritma mixed strategy yang memiliki tiga input variasi pada alokasi resource, Kemudian hasil dari algoritma mixed strategy dibandingkan dengan tanpa menggunakan algoritma alokasi daya. Hasil sumrate menunjukkan adanya penambahan pasangan D2D berperan dalam peningkatan nilai sum data rate, karena semakin jumlah pasangan D2D bertambah, maka akan mempengaruhi jumlah nilai SINR, sehingga meningkatkan nilai sumrate.



Gambar 4. Hasil Sum Data Rate

4.2 Spectral Efficiency

Berikut adalah nilai yang diplot pada grafik yang ditampilkan merupakan hasil rata - rata yang didapatkan berdasarkan iterasi yang dilakukan, diperoleh hasil sebagai berikut.

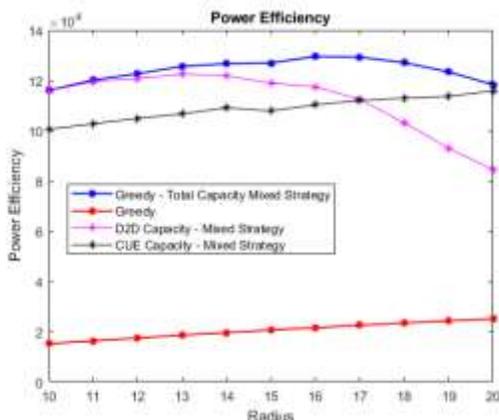


Gambar 5. Hasil Spectral Efficiency

Dapat dilihat pada grafik garis berwarna merah yang merupakan hasil dari algoritma yang tidak menggunakan alokasi daya, serta garis lainnya, merupakan variasi input pada *mixed strategy* dengan hasil SE yang cenderung berhimpit. Dapat dilihat pada perubahan jumlah pasangan D2D dapat diketahui bahwa terjadi peningkatan nilai SE, hasil ini memiliki disebabkan akibat dari nilai *sumrate* yang dihasilkan, apabila nilai *sumrate* tinggi, maka akan mempengaruhi hasil dari SE.

4.3 Power Efficiency

Berikut merupakan nilai yang di plot pada grafik yang disajikan merupakan nilai rata-rata berdasarkan jumlah iterasi. Hasil simulasi nilai *power efficiency* membanding hasil menggunakan algoritma *mixed strategy* dengan tidak menggunakan algoritma alokasi daya.



Gambar 6. Hasil Power Efficiency

Grafik berwarna merah pada gambar menunjukkan hasil *power efficiency* pada algoritma yang tidak

menggunakan alokasi daya, terlihat grafik yang muncul cenderung meningkat, sehingga dapat diketahui nilai *power efficiency* yang dihasilkan, di sisi lain, dapat diketahui bahwa penggunaan alokasi daya algoritma *mixed strategy* pada tiga variasi yang diusulkan penulis memiliki kecenderungan hasil *power efficiency* yang meningkat, namun mengalami fluktuasi penurunan nilai pada variasi akibat peningkatan jumlah pasangan D2D, walau demikian dengan merujuk hasil yang diperoleh, penggunaan algoritma alokasi daya *mixed strategy* terbukti mampu meningkatkan *power efficiency* pengguna, hal ini sejalan dengan pengaruh dari nilai *sumrate* yang dihasilkan.

5. Kesimpulan

Berdasarkan hasil simulasi didapatkan kesimpulan berikut, variasi penambahan pasangan D2D pada simulasi yang diusung memiliki pengaruh yang signifikan pada seluruh parameter performa yang diujikan, hal ini akibat dari perhitungan *sumrate* yang meningkat yang mempengaruhi parameter performa lainnya.

Referensi

- [1] N. Prawesty, "Pengaruh kualitas layanan Internet service provider seluler pada kepuasan mahasiswa terhadap perkuliahan Daring Masa Pandemi COVID-19," 2021, [Online]. Available: <http://digilib.uinsby.ac.id/id/eprint/48638>.
- [2] U. N. Kar and D. K. Sanyal, "An overview of device-to-device communication in cellular networks," *ICT Express*, vol. 4, no. 4, pp. 203–208, 2018, doi: 10.1016/j.ict.2017.08.002.
- [3] S. Liu, Y. Wu, L. Li, X. Liu, and W. Xu, "A Two-Stage Energy-Efficient Approach for Joint Power Control and Channel Allocation in D2D Communication," *IEEE Access*, vol. 7, pp. 16940–19951, 2019, doi: 10.1109/ACCESS.2019.2894003.
- [4] K. K. Nguyen, T. Q. Duong, N. A. Vien, N. A. Le-Khac, and M. N. Nguyen, "Non-cooperative energy efficient power allocation game in D2D communication: A multi-agent deep reinforcement learning approach," *IEEE Access*, vol. 7, pp. 100480–100490, 2019, doi: 10.1109/ACCESS.2019.2930115.
- [5] M. Erza, F. Putrafasa, A. Fahmi, V. Sigit, and W. Prabowo, "Analisis Penggunaan Algoritma Berbasis Heuristik Untuk Alokasi Resource Block Pada Komunikasi D2D

Analysis of Heuristic-Based Algorithms Utilization for Resource Block Allocation in D2D Communications,” vol. 7, no. 2, pp. 3308–3313, 2020.

