

Algoritma Alokasi Sumber Daya Radio Berbasis Hungarian Dengan Metode Sarsa Pada D2d Berbasis Pd-Noma

1st Wiwit Monica Putri
Fakultas Teknik Elektro
Universitas Telkom

Bandung, Indonesia
wiwitmonicaputri@student.telkomu
niversity.ac.id

2nd Nachwan Mufti Adriansyah
Fakultas Teknik Elektro
Universitas Telkom

Bandung, Indonesia
nachwanma@
telkomuniversity.ac.id

3rd Vinsensius Sigit Widhi Prabowo
Fakultas Teknik Elektro
Universitas Telkom

Bandung, Indonesia
vinsensiusvsw@telkomuniversity.ac
.id

Abstrak

Komunikasi D2D dilakukan dengan menggunakan *resource block* dari *Cellular User Equipment* (CUE). Penggunaan *resource block* secara bersamaan antara pasangan D2D dengan CUE menyebabkan interferensi dan tidak efisien daya pada komunikasi D2D. Oleh karena itu dibutuhkan skema pengalokasian *resource block* untuk mengurangi interferensi dan mengalokasikan daya untuk mengurangi daya yang dibutuhkan. Pada penelitian ini pengalokasian *resource block* menggunakan algoritma *Hungarian*, kemudian mengalokasikan daya menggunakan algoritma SARSA berbasis *Power Domain Non-Orthogonal Multiple Access* (PD-NOMA). Setelah *resource block* dialokasikan, selanjutnya melakukan alokasi daya untuk dilakukan perbandingan performansi antara skema alokasi daya dengan *fixed* dan alokasi daya dengan SARSA dengan metode PD-NOMA. Hasil simulasi diperoleh dengan nilai *sum data rate* 3.83×10^7 bps, *power efficiency* 0.84×10^5 bps/mwatt dan *spectral efficiency* 10.63 bps/Hz.

Kata Kunci : *Device-to-device, PD-NOMA, SARSA, Hungarian.*

Abstract

D2D communication is carried out using resource blocks from Cellular User Equipment (CUE). Use of resource blocks between D2D and CUE pairs causes interference and power inefficiency in D2D communications. Therefore, a block resource to reduce interference and allocate power to reduce the required power. In this study, the resource block algorithm Hungarian, then allocates power using SARSA based on Power Domain Non-Orthogonal Multiple Access (PD-NOMA). After the resource block is allocated, the next step is to allocate power to compare the performance between the schema fixed power allocation and SARSA power allocation with the PD-NOMA method. The simulation results are obtained with a sum data rate of 3.83×10^7 bps, power efficiency 0.84×10^5 bps/mwatt and spectral efficiency of 10.63 bps/Hz.

Keywords: *Device-to-device, PD-NOMA, SARSA, Hungarian.*

I. PENDAHULUAN

Jumlah *Cellular User Equipment* (CUE) terus mengalami peningkatan seiring dengan perkembangan teknologi dibidang seluler. Peningkatan jumlah *user* menyebabkan bertambahnya beban di *Base Station* (BS), sistem komunikasi D2D dapat dijadikan sebagai solusi untuk mengurangi beban di BS.

Komunikasi D2D merupakan komunikasi yang dilakukan secara langsung antar *user* tanpa harus melalui BS [1]. Akan tetapi, komunikasi D2D menyebabkan interferensi akibat penggunaan *resource block* secara bersamaan dengan CUE. Oleh karena itu, salah satu upaya

untuk mengurangi interferensi adalah mengalokasikan *resource block* dan mengalokasikan daya.

Pada penelitian ini algoritma yang digunakan untuk mengalokasikan *resource block* adalah algoritma *Hungarian*, selanjutnya mengalokasikan daya dengan menggunakan metode SARSA.

II. KAJIAN TEORI

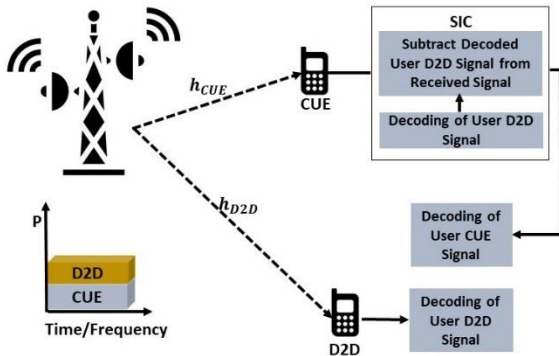
Sistem komunikasi D2D dapat mengurangi beban *traffic* di BS, akibat penggunaan *resource block* secara bersamaan dengan CUE. Penggunaan *resource block* secara bersamaan

menyebabkan interferensi. Pada penelitian [2] melakukan alokasi *resource block* dengan menggunakan metode *Power Domain Non-Orthogonal Multiple Access* (PD-NOMA), dimana hasilnya dapat meningkatkan nilai *spectral efficiency* dan nilai *sum data rate*. Pada penelitian [3] melakukan alokasi *resource block* berbasis PD-NOMA pada komunikasi D2D, dengan algoritma *iterative* yang memiliki kompleksitas rendah untuk memaksimalkan efisiensi energi dari pasangan sistem komunikasi D2D.

III. METODE

a. Model Sistem

Pada penelitian ini, model sistem yang akan digunakan adalah model sistem *single user* dengan tujuan untuk menghindari interferensi dari *cell* tetangga. Kemudian menggunakan arah transmisi *downlink*, arah transmisi *downlink* merupakan sinyal yang bergerak dari BS menuju CUE. Sistem komunikasi D2D yang akan dirancang adalah sistem berbasis PD-NOMA.



Gambar 1. Model sistem

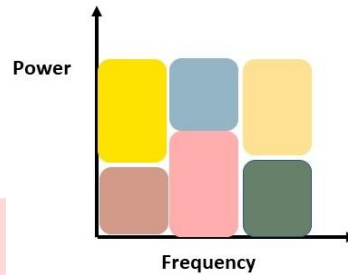
Sinyal ditumpangkan satu sama lain dengan daya *allocation* yang berbeda. *User* dengan *channel gain* yang kuat akan dialokasikan pada daya yang rendah, sedangkan untuk *user* dengan *channel gain* yang lemah akan dialokasikan pada *power* yang tinggi.

b. PD-NOMA

Power Domain Non-Orthogonal Multiple Access (PD-NOMA) merupakan salah satu jenis *Non-Orthogonal Multiple Access* (NOMA). Dimana NOMA terdapat dua jenis yaitu *Power-Domain* NOMA dan *Code-Domain* NOMA, pada penelitian ini yang dibahas adalah *Power-Domain* NOMA. *Power-Domain* NOMA

menggunakan *Superposition Coding* (SC) di sisi pemancar dan *Successive Interference Cancellation* (SIC) di sisi penerima.

NOMA akan menggabungkan beberapa *user* dengan waktu dan frekuensi yang berbeda secara bersamaan.



Gambar 2. Alokasi *resource* NOMA

c. Perhitungan SINR, SNR, *Pathloss*, *Data Rate* dan *Sum Data Rate*.

d. SINR

Signal to Interference Noise Ratio (SINR) merupakan hasil perbandingan daya sinyal yang diterima terhadap jumlah interferensi dan noise. Berikut ini adalah persamaan yang digunakan untuk menghitung SINR pasangan D2D [4]:

$$\gamma_{m,r} = \frac{P_{m,r} \Gamma_{m,r} d_m^{-n}}{1 + P_{c,r} \Gamma_{m,r}} \quad (1)$$

dimana $\gamma_{m,r}$ merupakan SINR pasangan D2D, $P_{m,r}$ merupakan daya alokasi dari pasangan D2D terhadap RB, $\Gamma_{m,r}$ merupakan *Channel-to-Noise Ratio* (CNR) dari pasangan D2D terhadap RB, n merupakan *pathloss exponent* dengan nilai 4, d_m merupakan jarak antar pasangan D2D dan $P_{c,r}$ merupakan alokasi daya CUE terhadap RB.

e. SNR

SNR merupakan nilai perbandingan antara sinyal daya yang diterima oleh *receiver* dengan jumlah *noise*. Berikut ini adalah persamaan untuk menghitung SNR pada sisi CUE [4]:

$$\gamma_{c,r} = P_{c,r} \Gamma_{c,r} \quad (2)$$

dimana $\gamma_{c,r}$ merupakan SNR CUE, $P_{c,r}$ merupakan daya alokasi dari CUE terhadap RB, $\Gamma_{c,r}$ merupakan *Channel-to-Noise Ratio* (CNR) dari CUE terhadap RB.

f. *Pathloss*

Pathloss merupakan pelemahan daya sinyal informasi yang dikirimkan oleh suatu antena *transmitter* menuju *receiver* melalui medium udara.

Persamaan yang digunakan dalam perhitungan adalah *log-distance path-loss model* [5].

$$PL(d) = PL(d_0) - 10n \log_{10}\left(\frac{d}{d_0}\right) \quad (3)$$

dimana $PL(d_0)$ merupakan *pathloss* pada jarak referensi d_0 , n merupakan *pathloss exponent* (PLE).

g. Data Rate

Data rate merupakan banyak data yang dikirimkan dalam satu detik. *Data rate* yang dihitung pada penelitian ini adalah dua sisi yaitu *data rate* D2D dan *data rate* CUE.

$$R_{m,r} = \Delta f \log_2\left(1 + \frac{P_{m,r} \Gamma_{m,r} d_m^{-n}}{1 + P_{c,r} \Gamma_{m,r}}\right) \quad (4)$$

$$R_{c,r} = \Delta f \log_2(1 + P_{c,r} \Gamma_{c,r}) \quad (5)$$

h. Sum Data Rate

Sum data rate merupakan total keseluruhan *data rate* CUE dan D2D. *Sum data rate* dapat dihitung dengan persamaan berikut:

$$R_{sum} = \sum_{r=1}^R \sum_{m=1}^M \sum_{c=1}^C (R_{m,r} + R_{c,r}) \quad (6)$$

i. Power Efficiency

Power efficiency merupakan perbandingan nilai *data rate* terhadap nilai total daya. Berikut ini adalah persamaan untuk menghitung *Power efficiency* :

$$P = \frac{R_{sum}}{P_{tot}} \quad (7)$$

dimana R_{sum} merupakan *sum data rate* dan P_{tot} merupakan daya total pada sistem.

j. Spectral Efficiency

Spectral efficiency merupakan parameter yang menunjukkan jumlah data yang dapat dikirimkan dalam bit per waktu yang

ditransmisikan per unit *bandwidth*. Berikut ini adalah persamaan untuk menghitung *spectral efficiency* :

$$SE = \frac{R_{sum}}{\Delta f R} \quad (8)$$

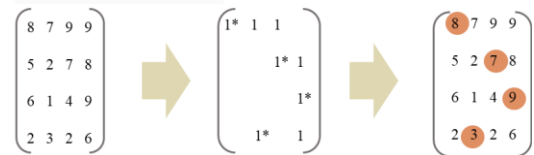
dimana R_{sum} merupakan *sum data rate*, Δf merupakan *bandwidth* dan R merupakan jumlah *resource block* yang digunakan.

k. Algoritma yang diajukan

Algoritma yang diajukan pada penelitian ini terdapat dua algoritma, algoritma untuk alokasi *resource block* menggunakan algoritma *Hungarian* sedangkan untuk alokasi daya menggunakan algoritma SARSA.

l. Algoritma Hungarian

Algoritma *Hungarian* akan memilih *assignment* terbaik dari sekumpulan *assignment* yang tersedia di dalam matriks berbobot tersebut. Gambar 3. memperlihatkan matriks berbobot sederhana dan solusi nilai optimum dengan menggunakan konsep *Hungarian* [6] :



Gambar 3. Matriks algoritma *Hungarian*

m. Algoritma SARSA

Setiap *step* terdapat beberapa *action* yang akan dilakukan, selanjutnya *agent* akan mengalami pergeseran setelah melakukan *action* dan mendapatkan *reward* sesuai dengan *action* yang dilakukan. *Reward* tersebut membantu untuk memutuskan *action* selanjutnya.

IV. HASIL DAN PEMBAHASAN

Pada penelitian ini akan dilakukan perbandingan performansi alokasi *resource block* dengan alokasi daya *fixed* dan alokasi daya dengan metode SARSA.

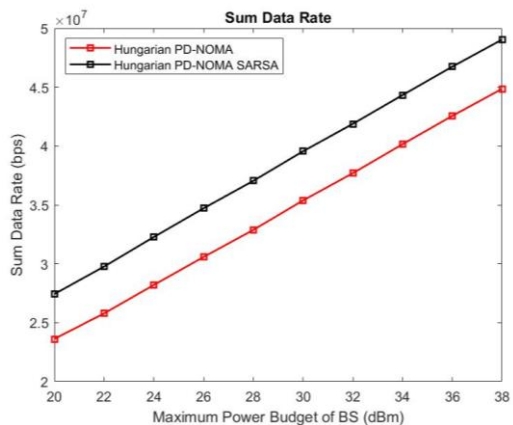
Tabel 1. Menunjukkan parameter simulasi yang akan dilakukan pada penelitian ini.

Tabel 1. Parameter simulasi

| Parameter | Nilai |
|------------------------------|------------------|
| Jumlah pasangan D2D | 20 |
| Jumlah CUE | 20 |
| Noise power spectrum density | -144 dBm/Hz |
| Path loss exponent | 4 |
| Bandwidth RB | 180 KHz |
| Frekuensi Kerja | 2.3 GHz |
| Radius cell | 100 m |
| Daya maksimum pada BS | 20,22,...,38 dBm |
| Model path loss | Log distance |

a. Sum Data Rate

Sum data rate merupakan hasil penjumlahan data rate CUE dan data rate D2D dalam satu detik. Pada Gambar 4. terdapat 2 skema alokasi, skema alokasi pertama adalah skema alokasi tanpa alokasi daya SARSA diberi warna merah, sedangkan skema alokasi kedua adalah skema alokasi dengan alokasi daya SARSA. Penambahan daya maksimum pada BS memberikan pengaruh terhadap kenaikan sum data rate, hal ini disebabkan oleh semakin besar daya yang dialokasikan untuk setiap user.



Gambar 4. Sum data rate

Tabel 2. menunjukkan nilai rata-rata sum data rate dari setiap skema alokasi. Berdasarkan data tersebut sum data rate menggunakan skema alokasi kedua lebih baik dari skema alokasi pertama. Hal ini disebabkan skema alokasi dengan alokasi daya akan mengalokasikan user sesuai dengan kondisi kanal dan daya pancar sebelumnya. Sedangkan skema pertama hanya

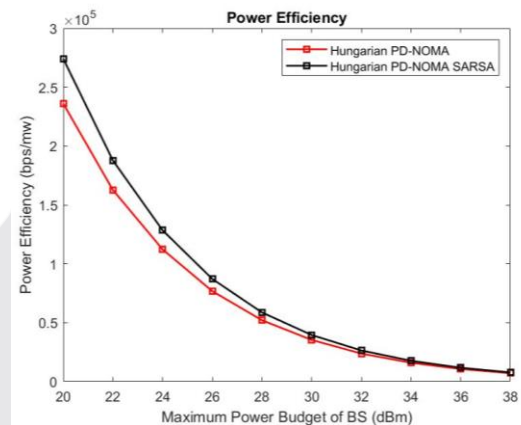
disebarkan secara rata tanpa mempertimbangkan kondisi kanal.

Tabel 2. Rata-rata sum data rate

| Algoritma | Sum data rate |
|------------------------------|--------------------|
| Hungarian PD-NOMA | 3.42×10^7 |
| Hungarian PD-NOMA with SARSA | 3.83×10^7 |

b. Power Efficiency

Power efficiency merupakan besarnya daya yang digunakan untuk mentransmisikan sejumlah bit dalam satu watt. Pada Gambar 5. terdapat 2 skema alokasi, skema alokasi pertama adalah skema alokasi tanpa alokasi daya SARSA diberi warna merah, sedangkan skema alokasi kedua adalah skema alokasi dengan alokasi daya SARSA. Penambahan daya maksimum pada BS memberikan pengaruh terhadap kenaikan sum data rate, hal ini tentu mempengaruhi nilai power efficiency, akan tetapi penambahan daya maksimum pada BS memberikan pengaruh terhadap kenaikan besar daya yang dialokasikan untuk setiap user, sehingga total daya meningkat yang akan menyebabkan power efficiency



menurun.

Gambar 5. Power efficiency

Tabel 3. menunjukkan nilai rata-rata power efficiency dari setiap skema alokasi. Berdasarkan data tersebut power efficiency menggunakan skema alokasi kedua lebih baik dari skema alokasi pertama. Hal ini disebabkan skema alokasi dengan alokasi daya akan mengalokasikan user sesuai dengan kondisi kanal dan daya pancar sebelumnya. Sedangkan

skema pertama hanya disebarakan secara rata tanpa mempertimbangkan kondisi kanal.

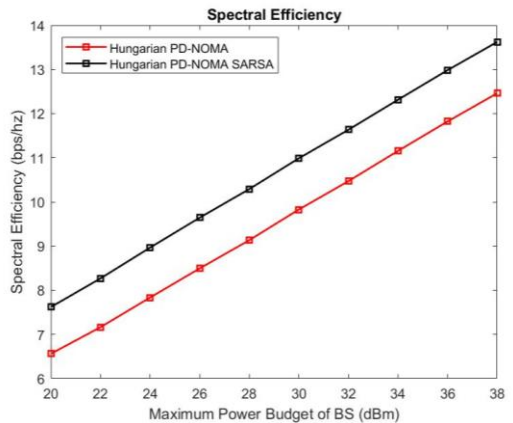
| | |
|------------------------------|-------|
| Hungarian PD-NOMA with SARSA | 10.63 |
|------------------------------|-------|

Tabel 3. Rata-rata power efficiency

| Algoritma | Power Efficiency |
|------------------------------|--------------------|
| Hungarian PD-NOMA | 0.73×10^5 |
| Hungarian PD-NOMA with SARSA | 0.84×10^5 |

c. Spectral Efficiency

Spectral efficiency merupakan jumlah data yang ditransmisikan dalam bit per waktu yang ditransmisikan per unit bandwidth. Pada Gambar 6 terdapat 2 skema alokasi, skema alokasi pertama adalah skema alokasi tanpa alokasi daya SARSA diberi warna merah, sedangkan skema alokasi kedua adalah skema alokasi dengan alokasi daya SARSA. Penambahan jumlah daya maksimum pada BS memberikan pengaruh terhadap kenaikan sum data rate, hal ini tentu mempengaruhi nilai spectral efficiency.



Gambar 6. Spectral efficiency

Tabel 4. menunjukkan nilai rata-rata spectral efficiency dari setiap skema alokasi. Berdasarkan data tersebut spectral efficiency menggunakan skema alokasi kedua lebih baik dari skema alokasi pertama. Hal ini disebabkan skema alokasi dengan alokasi daya akan mengalokasikan user sesuai dengan kondisi kanal dan daya pancar sebelumnya. Sedangkan skema pertama hanya disebarakan secara rata tanpa mempertimbangkan kondisi kanal.

Tabel 4. Rata-rata spectral efficiency

| Algoritma | Spectral Efficiency |
|-------------------|---------------------|
| Hungarian PD-NOMA | 9.49 |

V. KESIMPULAN

Berdasarkan hasil simulasi dapat disimpulkan bahwa:

1. Penambahan daya maksimum pada BS memberikan pengaruh yang baik terhadap sum data rate, peningkatan sum data rate mempengaruhi nilai parameter performansi lainnya seperti power efficiency dan spectral efficiency, akan tetapi power efficiency mengalami penurunan akibat total daya user meningkat.
2. Skema alokasi resource block dengan algoritma Hungarian dan alokasi daya dengan metode SARSA memiliki performansi yang lebih bagus dibandingkan dengan alokasi resource block dan alokasi daya fixed. Hasil simulasi diperoleh dengan nilai sum data rate 3.83×10^7 bps, power efficiency 0.84×10^5 bps/mwatt dan spectral efficiency 10.63 bps/Hz.

REFERENSI

- [1] M. H. Adnan and Z. Ahmad Zukarnain, "Device-to-device communication in 5g environment: Issues, solutions, and challenges," Symmetry, vol. 12, no. 11, p. 1762, 2020.
- [2] G. Vinod, A. K. Menon, T. Akash, and S. Kirthiga, "Resource allocation using power domain non-orthogonal multiple access," in 2020 International Conference on Communication and Signal Processing (ICCSP). IEEE, 2020, pp. 1068–1071.
- [3] L. Pei, Z. Yang, C. Pan, W. Huang, M. Chen, M. Elkashlan, and A. Nallanathan, "Energy-efficient d2d communications underlying noma-based networks with energy harvesting," IEEE Communications Letters, vol. 22, no. 5, pp.914–917, 2018.
- [4] M. S. Al-kahtani, L. Ferdouse, and L. Karim, "Energy efficient power domain non-orthogonal multiple access based cellular device-to-device communication for 5g networks," Electronics, vol. 9, no. 2, p. 237, 2020.
- [5] A. Alwarafy, A. I. Sulyman, A. Alsanie, S. A. Alshebeili, and H. M. Behairy, "Path-loss channel models for receiver spatial diversity systems at 2.4 ghz," International Journal of Antennas and Propagation, vol. 2017, 2017.
- [6] H. W. Kuhn, "The hungarian method for the assignment problem," Naval research logistics quarterly, vol. 2, no. 1-2, pp. 83–97, 1955.