

Komunikasi D2D yang Energi Efisien Pada Sistem *Heterogeneous Network* Arah *Downlink*

1 Nur Izza Rahma
Fakultas Teknik Elektro
Universitas Telkom
Bandung, Indonesia

2 Nachwan Mufti Adriansyah
Fakultas Teknik Elektro
Universitas Telkom
Bandung, Indonesia

3 Vinsensius Sigit Widhi Prabowo
Fakultas Teknik Elektro
Universitas Telkom
Bandung, Indonesia

nurizzarahma@student.telkomuniversity.ac.id

nachwanma@telkomuniversity.ac.id

vinsensiusvw@telkomuniversity.ac.id

Abstrak—Meningkatnya *cellular user* (CU) akan menyebabkan kepadatan trafik data pada *Base Station* (BS). Salah satu solusi untuk mengatasi padatnya trafik seluler di BS yaitu dengan menggunakan komunikasi *Device to Device* (D2D). Komunikasi D2D merupakan komunikasi secara langsung

antar perangkat tanpa menggunakan BS pusat sehingga dapat mengurangi kepadatan trafik. CU dan D2D *user* akan berbagi *Resource Block* (RB) yang sama, akan tetapi terdapat kekurangan yaitu akan menyebabkan interferensi. Penelitian ini menggunakan model sistem *Heterogeneous Network* (HetNet)

arah *downlink*. Untuk mengurangi interferensi dilakukan alokasi *resource* menggunakan algoritma *greedy*. Dilakukan penambahan dua *small cell base station* (SB) yaitu SB1 (SB ke-1) serta SB2 (SB ke-2) sehingga algoritmanya dapat ditulis menjadi algoritma *greedy with SB1SB2* dan yang dibandingkan adalah algoritma *greedy* (tanpa penambahan SB1 dan SB2). Pada penelitian ini, penulis melakukan variasi terhadap radius *macro cell base station* (MB). Hasil yang diperoleh dari simulasi yaitu algoritma *greedy with SB1SB2* mendapat nilai yang lebih rendah pada *sum data rate* dengan nilai sebesar $1.62 \times$ bps, efisiensi spektral dengan nilai sebesar 9.02 bps/Hz, *fairness* total (CU dan D2D) dengan nilai sebesar 0.4095. Sedangkan pada efisiensi daya, algoritma *greedy with SB1SB2* memiliki nilai yang lebih tinggi sebesar 10.40%.

Kata Kunci — *Device to Device, Algoritma Greedy, Heterogeneous Network*

Abstract—The increasement number of cellular users can cause traffic density in Base Station (BS). Device to device (D2D) communication is a solution to overcome the cellular traffic at BS. D2D communication is direct communication between devices without using a central BS so can reduce the the traffic load. CU dan D2D user will share the same Resource Block (RB), but has lackness that will cause interference. In this study use D2D communication under downlink in the system Heterogeneous Network (HetNet). Resource allocation to reduce interference by using Greedy Algorithm. Two small cell base stations (SB) were added, it is SB1 (1st SB) and SB2 (2nd SB) so the algorithm could be written as greedy algorithm with SB1SB2 and it was compared with greedy algorithm (without the addition of SB1 and SB2). Based on the simulation result, greedy algorithm with SB1SB2 has best performance the result got value of sum data rate 1.62 x bps, value of spectral efficiency 9.02 bps/Hz, value of fairness

total (CU and D2D) 0.4095. The other side, greedy algorithm with SB1SB2 has higher power efficiency and the results is 10.40%.

Keywords — *Device to Device, Greedy Algorithm, Heterogeneous Network*

I. PENDAHULUAN

Cellular User (CU) mengalami peningkatan yang sangat pesat seiring berjalannya waktu. Bertambahnya pengguna seluler akan menyebabkan kepadatan trafik data pada *Base Station* (BS) [1]. Salah satu solusi untuk mengatasi padatnya trafik di BS yaitu dengan menggunakan komunikasi *Device to Device* (D2D). Komunikasi D2D merupakan komunikasi secara langsung antar perangkat tanpa menggunakan BS pusat. Pada komunikasi D2D *in-band*, D2D *users* menggunakan *Resource Block* (RB) yang sama dengan CU pada *Uplink* (UL) maupun *Downlink* (DL) sehingga frekuensi yang digunakan D2D *users* sama dengan CU. Penggunaan RB yang sama pada D2D *users* dan CU dapat mengurangi *power consumption* dan kepadatan trafik [2]. Akan tetapi, penggunaan RB secara bersamaan juga memiliki kekurangan yaitu dapat menyebabkan interferensi tinggi pada komunikasi

D2D .

Untuk mengurangi interferensi, salah satu cara yang dapat dilakukan adalah alokasi *resource* dengan menggunakan algoritma *greedy*. Pada penelitian ini menggunakan sistem *Heterogeneous Network* (HetNet) dengan penambahan dua *small cell base station* (SB), yaitu SB1 (SB ke-1) dan SB2 (SB ke-2). Sehingga algoritma yang digunakan pada penelitian ini dapat ditulis menjadi algoritma *greedy with SB1SB2*. Hasil yang diperoleh kemudian dibandingkan dengan algoritma *greedy* (tanpa penambahan SB). Alokasi *resource* diharapkan dapat meningkatkan performansi sistem sehingga interferensi menjadi berkurang dan dapat bekerja secara optimal serta dapat mengurangi konsumsi daya yang digunakan dalam proses transmisi data sehingga dapat meningkatkan Efisiensi Energi (EE) D2D.

II. KAJIAN TEORI

A. Studi Terkait

Pada penelitian [3] alokasi spektrum menggunakan algoritma *proximal minimization* dengan tujuan dapat mengurangi konsumsi daya. Hasil yang diperoleh adalah efisiensi energi alokasi spektrum mencapai *data rate* yang tinggi dan dapat meminimalisir penggunaan daya. Pada penelitian [4] mengusulkan skema *efficient fractional frequency reuse* (FFR) untuk mengurangi interferensi. Hasil penelitian membuktikan bahwa skema FFR dan optimasi sistem dapat meningkatkan performa sistem dibandingkan dengan skema yang lain. Penelitian [5] membahas alokasi *resource* pada HetNet untuk meningkatkan efisiensi energi. efisiensi energi yang memiliki nilai yang paling tinggi ketika menggunakan algoritma JGXPSO. Penelitian [6] membahas tentang memaksimalkan efisiensi energi berdasarkan skema alokasi *resource* HetNet. Hasil simulasi menunjukkan bahwa solusi optimal dapat dicapai jika jumlah iterasi yang dilakukan relatif kecil. Berdasarkan hasil simulasi, jumlah *user* dan *data rate* sistem tidak selalu berpengaruh terhadap efisiensi energi suatu jaringan.

B. Heterogeneous Network (HetNet)

Heterogeneous Network (HetNet) adalah jaringan yang terdiri dari *macro cell base station* (MB) dan *small cell base station* (SB) [3]. MB memancarkan level daya yang tinggi, dan SB berada dalam cakupan MB. Penggunaan trafik data semakin bertambah namun penambahan MB telah mencapai batas di kota yang cukup padat. Untuk menangani masalah tersebut, salah satu hal yang dapat dilakukan yaitu menggunakan SB di area MB [7]. MB memiliki radius sel sekitar 1-10 km. SB dapat berupa *microcell*, *picocell*, *femtocell*, dll. Radius sel dari *microcell* kurang dari 1 km, *picocell* mempunyai radius sel sekitar 4-200 m, dan *femtocell* mempunyai radius sel sekitar 10-20 m [8].

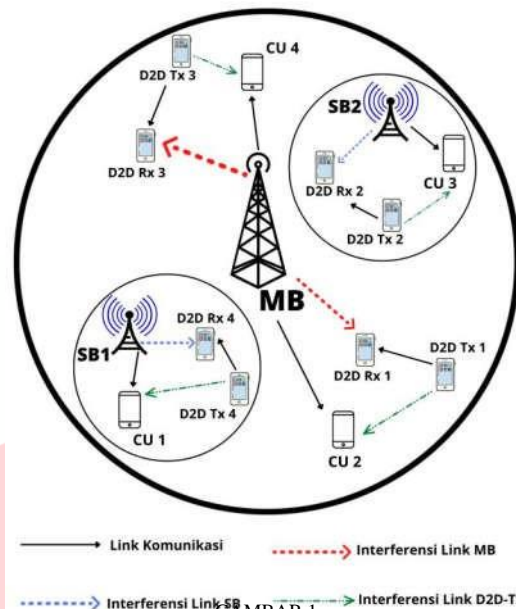
III. METODE

Pada penelitian ini dilakukan tahapan awal dengan merancang model sistem, kemudian menghitung *pathloss*, menghitung *Signal to Interference and Noise Ratio* (SINR), alokasi *resource* menggunakan algoritma *greedy*, menghitung parameter performansi yang digunakan, dan kemudian menganalisis hasil yang diperoleh pada parameter performansi.

A. Model Sistem

Pada penelitian ini menggunakan model sistem *Heterogeneous Network* (HetNet) yang terdiri dari *macro cell base station* (MB), *small cell base station* (SB) yang digunakan adalah dua SB yaitu SB1 (SB ke-1) dan SB2 (SB ke-2), sepasang *D2D user* (D2D Tx dan D2D Rx), dan *cellular user* (CU).

Komunikasi D2D yang digunakan adalah *underlay in-band* dengan arah transmisi *downlink*. Pada komunikasi *underlay*, D2D *user* dan CU menggunakan RB secara bersamaan yang dapat menyebabkan terjadinya interferensi. Model sistem yang digunakan pada penelitian ini dapat dilihat pada Gambar 1.



GAMBAR 1
MODEL SISTEM HETNET ARAH DOWNLINK

Interferensi terjadi dari D2D Tx ke CU (pada area MB, SB1, atau SB2), MB ke D2D Rx yang berada di area MB, SB1 ke D2D Rx yang berada di area SB1, SB2 ke D2D Rx yang berada di area SB2. Antar CU tidak saling menginterferensi karena CU di area MB, SB1, dan SB2 menggunakan RB yang berbeda-beda. Begitupun juga pada D2D *user*, antar pasangan D2D tidak saling menginterferensi karena RB yang digunakan berbeda-beda pada setiap D2D *user* sehingga tidak ada interferensi antar D2D *user*. Sehingga, interferensi yang diperhitungkan antara CU dan D2D *user* saja.

B. Parameter Simulasi

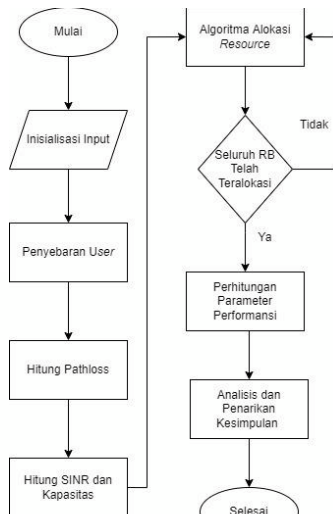
MB memiliki radius sel sekitar 1-10 km dan SB memiliki radius sel kurang dari 1 km. Pada penelitian ini, simulasi yang dilakukan hanya menggunakan radius MB 500-800 m dan radius SB 150 m.

TABEL 1
PARAMETER SIMULASI

Parameter	Nilai
Radius MB	500,550,...,750,800 m
Radius SB	150 m
Jumlah CU	100
Jumlah D2D User	50
Jarak Maksimum D2D	20-60 m
Frekuensi	2 GHz
Bandwidth sistem	20 MHz
Bandwidth RB	180 kHz
Daya Pancar CU, D2D	10 dBm, 24 dBm
Daya Pancar MB, SB	43d Bm, 30 dBm

C. Skema Simulasi

Simulasi dalam penelitian ini dilakukan melalui beberapa tahapan dan alur skema simulasi dapat dilihat pada Gambar 2.



GAMBAR 2 SKEMA SIMULASI PENELITIAN

D. Pathloss

Pathloss merupakan suatu metode yang digunakan untuk mengukur hilangnya kekuatan sinyal atau pengurangan daya dari transmitter ke receiver. Pathloss dapat dihitung menggunakan persamaan :

$$PL(d) = PL(d_0) + 10n \log_{10} \left(\frac{d}{d_0} \right) \tag{1}$$

PL(d) merupakan pathloss dengan d adalah jarak antara Tx dan Rx, PL(d₀) adalah pathloss pada jarak referensi terdekat dari Tx ke Rx, n merupakan pathloss exponent tergantung pada daerah pengukuran, dan X merupakan zero-mean Gaussian distributed random variable dalam standar deviasi dalam satuan dB.

E. Signal to Interference and Noise Ratio (SINR)

SINR merupakan perbandingan antara daya sinyal yang dipancarkan dengan noise dan interferensi yang ada. Perhitungan SINR dapat dilakukan dengan menggunakan persamaan :

$$SINR = \frac{P_s}{P_i + N} \tag{2}$$

P_s merupakan daya transmisi dalam satuan Watt, G_s merupakan gain transmisi, N merupakan noise,

P_i merupakan daya penginterferensi, G_i merupakan gain penginterferensi.

F. Algoritma Greedy

Algoritma Greedy merupakan algoritma yang digunakan untuk mengalokasikan RB kepada user. Cara kerja algoritma ini berdasarkan urutan kedatangan user dengan mengalokasikan RB yang mempunyai kapasitas maksimum. Pasangan D2D yang mempunyai urutan pertama

berkesempatan untuk memilih nilai kapasitas yang terbesar.

RB yang sudah teralokasi tidak dapat digunakan lagi oleh D2D lain. Cara kerja algoritma greedy dapat dilihat pada Gambar 3.



GAMBAR 3 ILUSTRASI CARA KERJA ALGORITMA GREEDY

G. Algoritma Greedy with SB1SB2

Penelitian ini menggunakan algoritma greedy sebagai proses alokasi RB dan menggunakan dua SB pada proses simulasi, yaitu SB1 (SB ke-1) dan SB2 (SB ke-2). Sehingga algoritmanya dapat ditulis menjadi algoritma greedy with SB1SB2. Terdapat CU dan D2D user yang berada di area

SB1, SB2, dan MB. CU yang berada di SB1 akan menggunakan RB dari SB1, CU yang berada di area SB2 akan menggunakan RB dari SB2, dan CU yang berada di area MB akan menggunakan RB dari MB. Cara kerja algoritma greedy with SB1SB2 sama dengan algoritma greedy yaitu alokasi RB berdasarkan waktu kedatangan user dan memilih nilai kapasitas yang maksimum. RB yang sudah dialokasikan tidak dapat dialokasikan kepada user selanjutnya. Yang membedakan adalah karena terdapat penambahan SB maka kapasitas yang digunakan juga berbeda.

IV. HASIL DAN PEMBAHASAN

Setelah melakukan simulasi, maka didapatkan hasil dari parameter performansi pada sum data rate, efisiensi spektral, efisiensi daya, dan fairness.

A. Data Rate

Data rate merupakan jumlah bit yang dikirimkan dalam setiap detik. Untuk menghitung data rate dapat menggunakan persamaan :

$$DR = \sum_{i=1}^I \sum_{j=1}^J R_{i,j} \tag{3}$$

$$DR = \sum_{i=1}^I R_{i,CU} + \sum_{j=1}^J R_{j,D2D} \tag{4}$$

R_{i,CU} merupakan data rate CU dan R_{j,D2D} merupakan data rate D2D user. B merupakan bandwidth resource block dalam Hz, S_{i,CU} merupakan SINR CU dan S_{j,D2D} merupakan SINR D2D user.

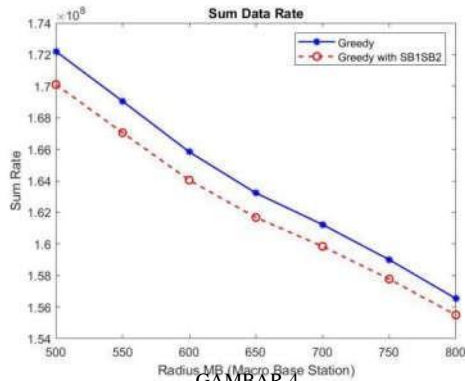
B. Sum Data Rate

Sum data rate didapatkan dengan cara melakukan penjumlahan seluruh data rate users (CU dan D2D user). Untuk menghitung sum data rate dapat menggunakan persamaan :

$$SR = \sum_{i=1}^I \sum_{j=1}^J R_{i,j} \tag{5}$$

SR adalah sum data rate, dimana I merupakan jumlah CU, J merupakan jumlah D2D user, R merupakan matriks

alokasi jika CU ke-i menggunakan resource yang sama dengan D2D ke-j.



GAMBAR 4
HASIL SIMULASI SUM DATA RATE

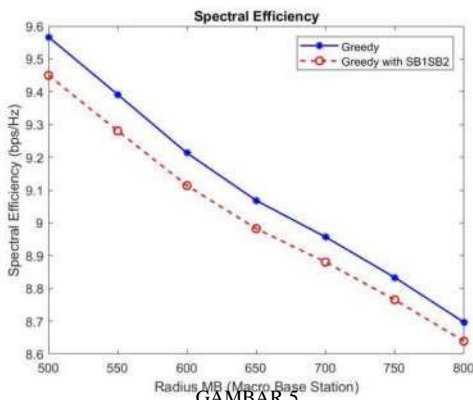
Gambar 4 menunjukkan hasil simulasi *sum data rate* pada penelitian yang dilakukan. Grafik mengalami penurunan seiring dengan bertambahnya radius MB. Semakin jauh jarak radius sel MB maka akan menyebabkan jarak antar *user* akan semakin jauh juga. Dengan begitu akan menyebabkan daya terima yang didapat melemah sehingga menyebabkan nilai semakin kecil. Kecilnya daya terima yang didapat oleh *user* akan membuat nilai *sum rate* juga semakin kecil dan akan membuat grafik semakin turun.

C. Efisiensi Spektral

Efisiensi spektral adalah parameter yang digunakan untuk menghitung jumlah bit yang dapat ditransmisikan per detik pada *bandwidth* yang diberikan. Perhitungan efisiensi spektral dapat menggunakan persamaan :

$$SE = \frac{SR}{C \cdot B} \quad (6)$$

SR merupakan *sum data rate*, RB merupakan *bandwidth resource blok*, C merupakan jumlah CU.



GAMBAR 5
HASIL SIMULASI EFISIENSI SPEKTRAL

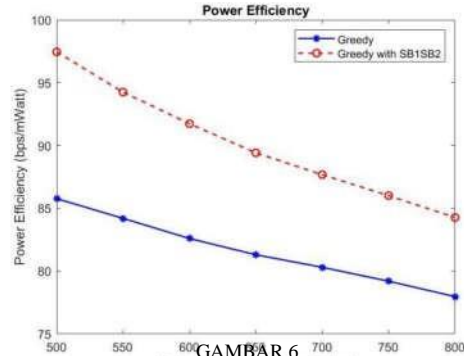
Hasil efisiensi spektral dipengaruhi oleh *sum rate*. Oleh karena itu, hasil simulasi yang dilakukan menunjukkan bahwa grafik dari efisiensi spektral mengalami penurunan seiring dengan bertambahnya radius MB. Sehingga penurunan hasil grafik dari *sum rate* menyebabkan hasil grafik efisiensi spektral juga mengalami penurunan.

D. Efisiensi Daya

Efisiensi daya adalah parameter performansi yang digunakan untuk mengetahui tingkat efisien daya yang dipakai suatu sistem dalam mentransmisikan data.

$$PE = \frac{SR}{C \cdot P} \quad (7)$$

SR merupakan *sum data rate*, PD merupakan daya pancar CU, PD merupakan daya pancar D2D *user*, C merupakan jumlah CU, D merupakan jumlah D2D *user*.



GAMBAR 6
HASIL SIMULASI EFISIENSI DAYA

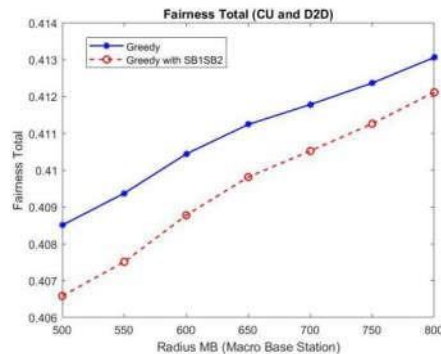
Hasil nilai efisiensi daya merupakan perbandingan *sum rate* terhadap total daya pancar dalam proses transmisi data. Berdasarkan dari hasil grafik pada gambar tersebut, hasil efisiensi daya mengalami penurunan seiring dengan bertambahnya radius MB. Hal ini dipengaruhi oleh penurunan nilai dari *sum rate* sehingga nilai efisiensi daya juga mengalami penurunan.

E. Fairness Total (CU dan D2D)

Fairness merupakan parameter yang menunjukkan tingkat keadilan *user* dalam mendapatkan *resource*. Untuk mengetahui nilai *fairness* dapat menggunakan Jain's *Fairness Index*. Rumus perhitungan *fairness* dapat menggunakan persamaan :

$$FI = \frac{\sum X_i^2}{(\sum X_i)^2} \quad (8)$$

n merupakan *user*, *X_i* merupakan kapasitas total *user* yang telah dialokasikan.



GAMBAR 7
HASIL SIMULASI FAIRNESS TOTAL (CU DAN D2D)

Nilai hasil dari *fairness* total dipengaruhi oleh jumlah user (CU dan D2D *user*) dan kapasitas total *user*. Hasil grafik yang diperoleh mengalami kenaikan seiring dengan bertambahnya radius MB. Hal ini disebabkan karena semakin luas jarak MB akan menyebabkan persebaran *user* menjadi semakin luas juga. Karena jarak antar *user* lebih jauh, mengakibatkan interferensi yang terjadi akan semakin berkurang. Sehingga performansi yang diperoleh akan menjadi lebih bagus. Dengan begitu nilai *fairness* total (CU dan D2D *user*) akan semakin meningkat.

V. KESIMPULAN

Berdasarkan dari simulasi yang dilakukan, dapat disimpulkan bahwa nilai *sum data rate* berpengaruh terhadap nilai efisiensi spektral dan efisiensi daya. Ketika hasil grafik *sum data rate* menurun, maka hasil grafik dari efisiensi spektral dan efisiensi daya mengalami penurunan juga. Hasil dari *fairness* total dipengaruhi oleh jumlah *user* (CU dan D2D *user*) dan kapasitas total *user*.

REFERENSI

- [1] A. Algedir and H. H. Refai, "A user association and energy efficiency analysis of d2d communication under hetnets," in 2018 14th International Wireless Communications & Mobile Computing Conference (IWCMC). IEEE, 2018, pp. 1184–1190.
- [2] A. Algedir and H. H. Refai, "Energy-efficient d2d communication under downlink hetnets," in 2019 IEEE Wireless Communications and Networking Conference (WCNC). IEEE, 2019, pp. 1–6.
- [3] G. Apostolos, K. Konstantinos, N. Aikaterini, F. Foukalas, and T. Khattab, "Energy efficient spectrum allocation and mode selection for mission-critical d2d communications," in 2016 IEEE Conference on Computer Communications Workshops (INFOCOM WKSHPS). IEEE, 2016, pp. 435–440.
- [4] A. Khazali, S. Sobhi-Givi, H. Kalbkhani, and M. G. Shayesteh, "Energy spectral efficient resource allocation and power control in heterogeneous networks with d2d communication," *Wireless Networks*, vol. 26, no. 1, pp. 253–267, 2020.
- [5] Z. Kuang, G. Li, L. Zhang, H. Zhou, C. Li, and A. Liu, "Energy efficient mode selection, base station selection and resource allocation algorithm in d2d heterogeneous networks," *Peer-to-Peer Networking and Applications*, vol. 13, no. 5, pp. 1814–1829, 2020.
- [6] L. AlWreikat, R. Chai, and O. M. Abu-Sharkh, "Energy-efficiency based resource allocation for d2d communication and cellular networks," in 2014 IEEE Fourth International Conference on Big Data and Cloud Computing. IEEE, 2014, pp. 722–728.
- [7] N. C. Syam, U. K. Usman, and A. Kurnia, "Perencanaan jaringan heterogen dengan relay node menggunakan range expansion di area kopo," *eProceedings of Engineering*, vol. 6, no. 2, 2019.
- [8] A. Mukherjee, S. Bhattacharjee, S. Pal, and D. De, "Femtocell based green power consumption methods for mobile network," *Computer Networks*, vol. 57, no. 1, pp. 162–178, 2013.