Analisis Kinerja Algoritma *Hypergraph Coloring* Untuk Alokasi Sumber Daya Pada Sistem Komuniasi D2D

1st Muhammad Fawwaz Nesta Radha
Fakultas Teknik Elektro
Universitas Telkom
Bandung, Indonesia
fawwaznesta@student.telkomuniversity.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

Maraknya aktivitas masyarakat harus terhubung dengan internet, membuat pekerjaan lebih mudah. Banyaknya penggunaan internet memiliki dampak pada komunikasi seluler. Dengan kata lain dapat menyebabkan jumlah pengguna seluler bertambah. Seiring dengan meningkatnya pengguna seluler dapat menyebabkan peningkatan beban trafik jaringan data yang pesat. Dalam meningkatnya pengguna seluler, diberikan solusi yaitu komunikasi *Device-To-Device* (D2D). Namun, komunikasi D2D memiliki permasalahan dasar yaitu interferensi antar seluler saat tidak dialokasikan dengan benar. Jika interferensi antar seluler tidak diatasi dengan baik, maka komunikasi D2D dapat merusak kualitas komunikasi pengguna lainnya. Oleh karena itu diusulkan penelitian ini untuk mengatasi masalah tersebut dengan sistem komunikasi D2D underlay. Pada penelitian ini menggunakan dua algoritma sebagai pengalokasian *resources* yaitu algoritma *graph coloring* dan algoritma *greedy*. Berdasarkan hasil simulasi yang telah dilakukan diperoleh hasil terbaik yaitu pada *sumrate* sebesar 90.0248 Mbps, dan *fairness* total 0.8395.

Kata Kunci — *device-to-device,* radius *cell, greedy, graph coloring*

I. PENDAHULUAN

Perkembangan yang pesat di bidang telekomunikasi membuat aktivitas menjadi lebih mudah dan menyebabkan jumlah pengguna seluler bertambah [1]. Seiring dengan meningkatnya pengguna seluler dapat menyebabkan peningkatan jaringan data yang pesat, sehingga teknologi terdahulu tidak dapat memenuhi kebutuhan sekarang. Adanya teknologi komunikasi D2D (*Device-To-Device*) yang mengizinkan komunikasi secara langsung antar perangkat tanpa menggunakan BS (*Base Station*) untuk pengiriman data [2]. Pada penelitian ini dilakukan pengujian yang dirancang dengan pengalokasian *resources* dilakukan oleh algoritma *graph coloring* minimum. Untuk mengetahui kinerja dari penelitian ini, diberikan perbandingan antara performa pengalokasian oleh algoritma *graph coloring* dengan algoritma *greedy*.

II. KAJIAN TEORI

Timbulnya interferensi merupakan salah satu kekurangan pada komunikasi D2D yang dimana dapat menurunkan performa sistem. Diperlukan solusi dalam pengalokasian sumber daya yang digunakan oleh CUE (*Cellular User Equipment*) dan DUE (*D2D User Equipment*). Pada penelitian [3] komunikasi D2D dapat meningkatkan efisiensi spektral dan memberi manfaat besar pada kapasitas sistem, sehingga untuk membatasi saluran interferensi diusulkan skema transmisi MIMO guna menghindari interferensi dari arah downlink ke pengguna D2D yang berbagi sumber daya yang sama. Pada penelitian [4] setiap saluran pada pengguna seluler digunakan maksimal satu pasang pengguna D2D, dimana pada skenario beberapa pengguna D2D berbagi saluran pengguna seluler yang sama, berdasarkan teori *graph coloring* dapat dibuat skema grafik interferensi antar pengguna D2D bertujuan mengatasi konsumsi daya yang tinggi pada perangkat seluler sehingga diusulkan algoritma alokasi sumber daya sebagai pemastian kualitas layanan bagi pengguna seluler dan D2D. Pada penelitian [5] komunikasi D2D dapat menimbulkan gangguan pada jaringan seluler jika sumber daya radio tidak dialokasi dengan benar dan mengakibatkan interferensi timbal balik antara beberapa pasangan komunikasi D2D pada saluran yang sama, sehingga diusulkan alokasi sumber daya radio untuk menggunakan kembali frekuensinya untuk meminimalisirr interferensi antar pasangan D2D dan pengguna lainnya.

III. METODE

Langkah awal pada penelitian ini adalah merancang model sistem, menetapkan parameter simulasi penelitian, mendapatkan nilai SIR dari persamaan 1 dan SINR (*Signal to Interference & Noise Ratio*) dengan

persamaan 2, simulasi dengan pengalokasian *resources* menggunakan algoritma *graph coloring* minimum, mendapatkan hasil parameter performa dari simulasi yang telah dilakukan dan menganalisis hasil parameter performa.

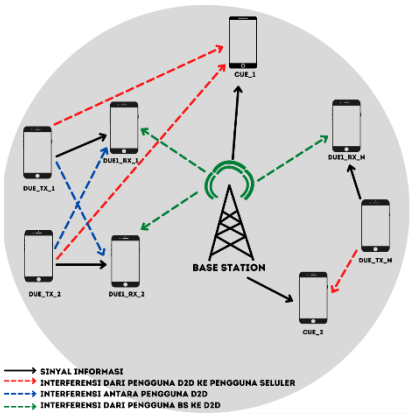
$$\mathrm{SIR} = \frac{P^{c}G_{c}^{b}}{P^{d}G_{dtx}^{b}} \quad (1)$$

dimana P^{c} merupakan daya pancar dari CUE, G_{c}^{b} merupakan *gain* dari BS ke CUE, P^{d} merupakan daya pancar DUE, G_{dtx}^{b} merupakan dari BS ke DUE *transmitter* (Tx).

$$\mathrm{SINR}_{c}^{n} = \frac{P_{bs}^{n}}{N + P_{jrx}^{cu}} \quad (2)$$

dimana SINR_{c}^{n} merupakan nilai SINR dari CUE, P_{bs}^{n} merupakan daya terima dari BS ke CU, N merupakan *noise*, dan P_{jrx}^{cu} merupakan nilai daya terima dari DUE *receiver* (Rx) ke CU.

A. Model Sistem



Gambar 1. Model Sistem

Model sistem yang digunakan pada penelitian ini ialah *single cell* dimana base station (BS) terletak ditengah cell dan terdapat Celuler *User Equipment* (CUE) dan *Device to Device User Equipment* (DUE) didalam cell yang tersebar secara acak. bahwa sistem arah transmisi yang digunakan ialah *downlink* dengan jarak minimal antar pengguna D2D 5 meter dan maksimal antar pengguna D2D 20 meter. Adapun parameter yang telah ditetapkan pada penelitian ini dapat dilihat pada tabel di bawah ini.

TABEL 1. Parameter Simulasi

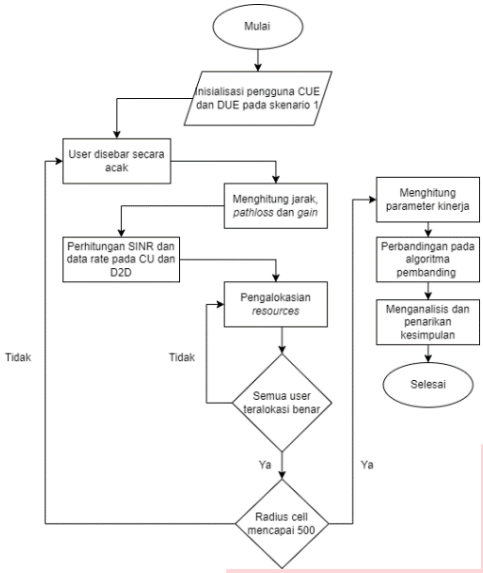
Parameter	Nilai
Jumlah CUE	50
Power CUE	26 watt
Power DUE	21 watt
Cell Radius	100 – 500 m
Frekuensi *Carrier*	2.3 Hz
Bandwidth Channel	180 MHz
Noise	-144 dB

B. Algoritma *Graph Coloring*

Setiap titik atau simpul pada algoritma *graph coloring* mewakili CUE dan pasang DUE, sedangkan untuk tepi akan mewakili setiap interferensi yang terjadi antara dua simpul yang saling terhubung. Pada awal proses algoritma *graph coloring* dilakukan sebuah inisialisasi *data rate*, CUE, DUE, dan SIR. Kemudian pada algoritma *graph* dari hasil nilai SIR, jika nilai suatu SIR kurang dari nilai *threshold* yang telah ditentukan, maka nilai *threshold* tersebut akan bernilai 1, dan jika nilai treshold lebih dari nilai yang telah ditentukan maka nilai treshold akan bernilai 0. *Graph* dapat terbentuk jika matrik bernilai 0 dan 1, apabila bernilai 1 maka terbentuk sebuah tepi, jika bernilai 0 maka akan berbentuk sebuah simpul atau titik.

Untuk melakukan alokasi pada *resources* maka dimulai dari nilai yang sering muncul atau derajat terbanyaknya dari matrik *graph*. Derajat yang dimaksud adalah sebuah *edge* yang masuk ke sebuah node. Kemudian untuk mengalokasikan nilai *sumrate* akan sesuai dengan derajat tertinggi hingga terendah, yang dimana untuk mencari nilai derajat tertinggi dapat dilihat tiap kolomnya. Contoh pengalokasian pada *sumrate* sama dengan pengalokasian pada algoritma *greedy*. Apabila terjadi memperbarui nilai SIR yang nilai threshold nya kurang dari nilai treshold yang telah ditentukan setelah nilai derajat terbanyak dialokasi, maka dilakukan pengulangan pada pengalokasian *sumrate* dengan mencari nilai maksimal dari *sumrate* sesuai dengan derajat tertinggi, dan proses alokasi terus berlanjut hingga semua nilai SIR dan *sumrate* dialokasi sepenuhnya.

C. Skema Simulasi

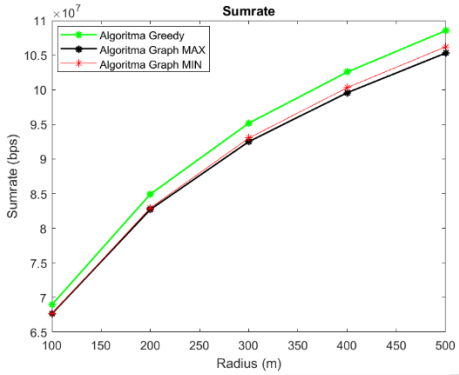


GAMBAR 2. Diagram Alir Simulasi

Skema simulasi dimulai dengan inisialisasi dan penyebaran *user*, perhitungan *pathloss* dan *gain*, perhitungan SINR, dan SIR, algoritma alokasi *resources*, parameter kinerja, analisis dan kesimpulan dengan penjelasan detail berdasarkan *flowchart* pada gambar 2.

IV. HASIL DAN PEMBAHASAN

A. *Sumrate*



GAMBAR 3. Grafik *Sumrate*

Dalam mengetahui total bit yang ditransmisikan di tiap satu detik, diperlukan nilai data rate dari hasil simulasi yang telah dilakukan. Selanjutnya, nilai data rate dari CUE dan DUE dijumlahkan untuk memperoleh nilai *sumrate*. Simulasi dilakukan sesuai dengan *Time Transmission Interval* (TTI). Selanjutnya, perolehan nilai rata-rata *sumrate* dan diplot pada gambar . Pada gambar tersebut menunjukkan perbandingan kinerja antara algoritma *greedy*, algoritma *graph* maximum, dan algoritma *graph* minimum. Algoritma *greedy* ditandai dengan garis hijau. Algoritma *graph* maximum ditandai dengan garis hitam. Algoritma *graph* minimum ditandai dengan garis merah. Ketiga grafik tersebut mengalami kenaikan nilai *sumrate* di setiap bertambahnya jumlah pasangan D2D. Hal tersebut terjadi karena bertambahnya jumlah pengguna yang teralokasikan yang mengakibatkan nilai SINR bertambah pula. Nilai SINR bertambah akan berdampak pada kenaikan nilai *sumrate*.

TABEL 2. *Sumrate*

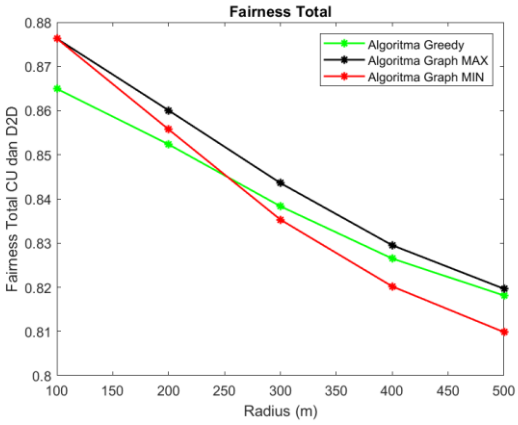
Algoritma	*Sumrate* (Mbps)
Greedy	92.0309
Graph Maximum	89.5497
Graph Minimum	90.0248

TABEL 3. *Fairness* Total

Algoritma	*Fairness* Total
Greedy	0.8400
Graph Maksimum	0.8458
Graph Minimum	0.8395

Pada tabel 2 menunjukkan bahwa algoritma *greedy* memiliki nilai rata-rata *sumrate* lebih besar yaitu 92.0309 Mbps jika dibandingkan dengan algoritma *graph coloring* minimum dengan nilai 90.0248 Mbps dan algoritma *graph coloring* maksimum dengan nilai 89.5497 Mbps. Dapat dilihat bahwa algoritma *greedy* unggul 2.18% dibandingkan algoritma *graph* minimum. Hal ini disebabkan pada algoritma *greedy* melakukan pengalokasian *resources* dengan cara mencari nilai maksimal *sumrate* pengguna. Selain itu, algoritma *graph* minimum lebih unggul 0.53% dibandingkan algoritma *graph* maximum. Algoritma *graph* minimum lebih unggul dibandingkan algoritma *graph* maximum dikarenakan hasil SINR yang diperoleh oleh algoritma *graph* minimum lebih besar dibandingkan algoritma *graph* maksimum.

B. *Fairness* Total



GAMBAR 4. Grafik *Fairness* Total

Fairness total merupakan nilai yang menyatakan keadilan *resource* yang dipengaruhi oleh jumlah DUE dan CUE dan nilai pada *sumrate*. Berdasarkan hasil simulasi dapat dilihat pada

gambar di atas bahwa garis berwarna hijau adalah algoritma *greedy*, garis berwarna merah adalah algoritma *graph coloring* minimum, dan garis berwarna hitam adalah algoritma *graph coloring* maximum. Pada grafik 4.6 menunjukkan grafik mengalami penurunan seiring bertambahnya radius. Dapat dikatakan saat bertambahnya radius berbanding terbalik terhadap *fairness* total.

Pada tabel 3 menunjukkan bahwa algoritma *graph coloring* maksimum memiliki nilai rata-rata *fairness* total lebih besar yaitu 0.8458 jika dibandingkan dengan algoritma *greedy* sebesar 0.84 dan dibandingkan dengan algoritma *graph coloring* minimum sebesar 0.8395. Dapat dilihat bahwa algoritma *graph* maksimum unggul 0.74% dibanding dengan algoritma *graph* minimum. Hal ini dikarenakan algoritma *graph* maximum unggul membagi *resources* yang lebih banyak dibandingkan algoritma *graph* minimum. Selain itu, algoritma *greedy* unggul 0.74% dibanding dengan algoritma *graph* minimum. Hal ini dikarenakan algoritma *greedy* unggul membagi *resources* yang lebih banyak dibandingkan algoritma *graph* minimum.

V. KESIMPULAN

Pada penelitian ini diusulkan pengalokasian dengan skema alokasi resource disimulasikan dengan memvariasikan radius. Berdasarkan hasil performa pada penelitian ini, diperoleh kesimpulan:

1. Performa dari algoritma *graph* minimum memperoleh nilai *sumrate* sebesar 90.0248 Mbps, dan *fairness* total 0.8395.
2. Dari ketiga tersebut, algoritma *greedy* memiliki performa lebih unggul disusul algoritma *graph* minimum dan algoritma *graph* maksimum.

REFERENSI

[1] E. Akbar, A. Fahmi, and V. S. W. Prabowo, “Analisis penggunaan algoritma alokasi priority-based heuristical dan joint power control untuk meningkatkan efisiensi energi pada komunikasi d2d,” *eProceedings of Engineering*, vol. 7, no. 2, 2020.

[2] M. E. F. Putrafasa, A. Fahmi, and V. S. W. Prabowo, “Analisis penggunaan algoritma berbasis heuristik untuk alokasi resource block pada komunikasi d2d,” *eProceedings of Engineering*, vol. 7, no. 2, 2020.

[3] C. Xu, L. Song, and Z. Han, Resource management for *Device-To-Device* underlay communication. Springer, 2014.

[4] R. M. Alsharfa, S. L. Mohammed, S. K. Gharghan, I. Khan, and B. J. Choi, “Cellular-d2d resource allocation algorithm based on user *fairness*,” *Electronics*, vol. 9, no. 3, p. 386, 2020.

[5] H. Zhang, L. Song, Z. Han, and Y. Zhang, “Radio resource allocation for *Device-To-Device* underlay communications,” in *Hypergraph Theory in Wireless Communication Networks*. Springer, 2018, pp. 21–39.