

ANALISIS PENGGUNAAN ALGORITMA ALOKASI SUMBER DAYA BERBASIS BIPARTITE MATCHING UNTUK SISTEM KOMUNIKASI DEVICE-TO-DEVICE

ANALYSIS OF THE USAGE OF RESOURCE ALLOCATION ALGORITHM BASED ON BIPARTITE MATCHING FOR DEVICE-TO-DEVICE COMMUNICATION SYSTEMS

Rifqi Naufal Julian¹, Nachwan Mufti Adiriansyah², Vinsensius Sigit Widhi Prabowo³

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

¹rifqinaufalj@student.telkomuniversity.ac.id, ²nachwanma@telkomuniversity.ac.id,

³vinsensiusvsw@telkomuniversity.ac.id

Abstrak

Dewasa ini, teknologi semakin berkembang khususnya pada dunia telekomunikasi. Perkembangan telekomunikasi ini ditandai dengan meningkatnya kebutuhan berkomunikasi menggunakan *smartphone*. Meningkatnya kebutuhan berkomunikasi, maka trafik data akan semakin tinggi yang menyebabkan permasalahan laju data dan efisiensi daya. Pada *Celular User* (CU) saat berkomunikasi perangkat harus mengirimkan sinyal melalui *Base Station* (BS) atau *evolved Node B* (eNB). *Device to device* (D2D) merupakan teknologi komunikasi yang menghubungkan langsung antar perangkat tanpa harus mengirimkan sinyal ke eNB. Dalam menyikapi permasalahan interferensi, perlu dilakukan *resource allocation* agar sumber daya dapat dipakai secara bersamaan dengan mempertahankan *Quality of Service* (QoS) pada komunikasi D2D. Pengalokasian sumber daya dilakukan pada jaringan komunikasi *underlying*. Sistem pengalokasian sumber daya hanya diperhitungkan pada arah *downlink*. Algoritma yang diajukan pada tugas akhir ini adalah *Bipartite Matching*, bertujuan untuk melakukan perbandingan pengukuran performansi *sum rate*, data rate rata-rata, fairness, efisiensi energi dan efisiensi spektral kemudian dibandingkan dengan algoritma *Greedy* dan *Random Allocation* pada satu sel dengan menambahkan sebanyak-banyaknya pasangan D2D. Tugas akhir ini membuktikan melalui hasil simulasi bahwa algoritma *Bipartite Matching* dengan metode maksimisasi Hungarian memperoleh *system sum rate* yang lebih unggul dibandingkan kedua algoritma pembandingnya. Pada hasil simulasi yang dilakukan pada tugas akhir ini, algoritma yang diajukan merupakan solusi pada keadaan tingkat kepadatan user yang tinggi dalam suatu sistem komunikasi.

Kata kunci : *Device-to-device, Underlying, Downlink, Resource Allocation Bipartite Matching, Greedy, Random Allocation*

Abstract

Nowadays, technology is growing especially in telecommunication. This telecommunications development is marked by the increasing use of smartphones to communicate. The more increasing need to communicate, then the data traffic will be higher which causes data rates and power efficiency problems. While communicating with Cellular Users (CU), the devices have to send signals through Base Stations (BSs) or evolved Node B (eNB) on Long Term Evolution (LTE) communications that requires a lot of power. Device to device (D2D) is a communications technology which connects each device directly without sending the signal to eNB. {To overcoming the interference problem, resource allocation needs to be done, so that resources can be used simultaneously while maintaining Quality of Service (QoS) D2D communication is carried out. Resource allocation is carried out on an underlying communication network. Resource allocation system to downlink direction. The algorithm proposed in this final project is Bipartite Matching, where the algorithm aims to make comparison of performance measurement sum-rate (amount of data rate), average of data rate, fairness, energy efficiency and spectral efficiency then compared with Greedy and Random Allocation algorithm in one cell by adding as many D2D pairs as possible. This final project has given prove with the simulation results that the Bipartite Matching algorithm with Hungarian maximization method gets a system sum-rate that is more superior than two comparison algorithms. In the results of simulations performed in this final project, the proposed algorithm is a solution in a state of high user density in a communication system.

Keywords : *Device-to-device, Underlying, Downlink, Resource Allocation Bipartite Matching, Greedy, Random Allocation*

1. Pendahuluan

Menurut Kementerian Komunikasi dan Informatika Republik Indonesia (Kemenkoinfo) akses Internet berbasis jaringan Generasi ke 5 (5G) akan direalisasikan untuk smartphone pada tahun 2020. Jaringan 5G akan menawarkan layanan yang dapat *scalable dan adaptable*, menjanjikan jaringan yang lebih cerdas, lebih cepat, dan efisien. Teknologi 5G membutuhkan standar baru untuk mendukung layanan latensi rendah dan kecepatan tinggi, oleh karena itu teknologi ini memiliki beberapa tantangan yaitu pita frekuensi, *volume* data yang besar, Teknologi *Multiple-Input Multiple-Output* (MIMO), *beamforming*, Komunikasi *Device-to-Device*, layanan latensi yang rendah, keamanan dan privasi, *ultra reliability network*, dan *smart automobile* [1]. Komunikasi D2D merupakan salah satu teknologi yang harus dikembangkan untuk mendukung adanya jaringan 5G di Indonesia.

Device-to-device (D2D) merupakan komunikasi yang menghubungkan langsung antar perangkat. D2D melakukan komunikasi tidak seperti *Cellular User* (CU) pada saat berkomunikasi perangkat harus mengirimkan sinyal melalui *Base Stations* (BS) [2]. Selain itu, jika CU berkomunikasi dalam jarak dekat memungkinkan tingkat interferensi akan lebih rendah dan membutuhkan daya transmisi yang kecil apabila dapat berkomunikasi secara langsung daripada berkomunikasi melalui *evolved Node B* (eNB) atau BS pada jaringan komunikasi LTE yang menghasilkan efisiensi daya dan *sum rate* yang tinggi. Meningkatnya kebutuhan berkomunikasi menggunakan *smartphone*, maka trafik data akan semakin meningkat yang menyebabkan laju data akan semakin tinggi. Untuk memanfaatkan lebar pita komunikasi dan menyikapi permasalahan interferensi, perlu dilakukan pengalokasian sumber daya agar pengguna sumber daya tetap memiliki *Quality of Service* (QoS) yang stabil dan penggunaan lebar pita yang efisien. Pada spektrum jaringan komunikasi seluler D2D *underlying* antara CU dan pengguna D2D berada dalam satu sel dan memakai sumber daya yang sama. Walaupun dalam satu sel yang sama, eNB tetap mengontrol komunikasi CU dan pengguna komunikasi D2D. Interferensi yang rendah dapat diatur dengan membatasi daya transmisi sebesar informasi untuk *Channel State Information* (CSI). Jika pengguna D2D dan CU memiliki *resource blocks* (RBs) khusus, interferensi antara kedua pengguna tersebut dapat diabaikan [3].

Pada tugas akhir ini, dilakukan proses simulasi pengalokasian sumber daya jaringan komunikasi *underlying* D2D arah *downlink* di jaringan *Long Term Evolution* (LTE) menggunakan algoritma *Bipartite Matching*. Algoritma ini juga dibuat untuk sebuah model dimana antara kedua pengguna D2D saling berbagi dengan hanya satu CU dengan mempertahankan QoS seperti *Signal-to-Interference-plusNoise-Ratio* (SINR) [3]. Hasil simulasi dari algoritma yang penulis ajukan membandingkan system *sum rate* dan parameter performansi lainnya seperti *data rate* rata-rata dan *fairness*.

2. Dasar Teori dan Metodologi Penelitian

A. Teknologi Generasi ke 5

Teknologi Generasi ke 5 (5G) akan menggunakan komunikasi D2D untuk digunakan pada beberapa aplikasi. Internet of Things (IoT) akan terhubung ke miliaran *smart things* (perangkat dan sensor) ke internet. 5G adalah standar telekomunikasi dan jaringan nirkabel generasi kelima yang akan mampu menangani kecepatan data dan efisiensi jaringan yang lebih besar dari generasi sebelumnya. Jaringan 5G akan menawarkan layanan yang dapat *scalable dan adaptable*, menjanjikan jaringan yang lebih cerdas, lebih cepat, dan efisien. Sistem baru ini diharapkan akan dikomersilkan pada awal tahun 2020-an [4].

B. Konsep Device-to-Device

Komunikasi D2D merupakan bagian dari teknologi 5G yang sedang dikembangkan untuk di aplikasikan pada teknologi 5G. Komunikasi D2D dapat didefinisikan sebagai komunikasi data transmisi yang dikembangkan untuk menghubungkan langsung antar 2 perangkat tanpa harus melalui *Base Stations* (BS) untuk meningkatkan efisiensi jaringan. Untuk memiliki suatu komunikasi yang stabil dan tanpa atau sedikit memiliki gangguan, perangkat harus selalu dekat dengan BS. Karena gangguan yang tinggi bisa terjadi pada saat sinyal terblokir oleh suatu fisik seperti dinding beton atau lokasi ruang bawah tanah, sinyal yang diterima akan lebih rendah dari yang dibutuhkan. Teknologi D2D merupakan solusi terbaik untuk meningkatkan skenario dalam meningkatkan atau menguatkan sinyal antar perangkat dengan kasus seperti itu.

C. Pathloss

Pathloss merupakan rugi-rugi yang terjadi antara antena pemancar dan antena penerima ketika data/ sinyal melewati media udara pada jaringan nirkabel dengan jarak tertentu. Pathloss dapat timbul oleh beberapa faktor, seperti kontur tanah, media propagasi, jarak antar antena, sampai dengan faktor cuaca

$$PL = 36,7 \log_{10} (dist) + 22,7 + 26 \log_{10} (fc) \quad (1)$$

dimana *dist* adalah jarak antara D2D pengirim dan penerima dengan satuan meter dan *fc* adalah frekuensi (dalam satuan GHz) [3].

D. *Signal-to-Interference-plus-Noise-Ratio (SINR)*

Untuk mendapatkan kualitas sinyal pada penerima maka digunakan perhitungan *Signal-to-Interferences-plus-Noise-Ratio* (SINR). SINR adalah rasio perbandingan daya sinyal dan daya interferensi ditambah *noise*. Apabila daya yang diterima semakin besar maka nilai SINR akan semakin baik. Besar nilai SINR pada sisi penerima yang diamati dapat dihitung dengan persamaan berikut [5]:

$$SINR = \frac{P}{I+N} \quad (2)$$

Dimana P adalah daya yang diterima (Watt), I adalah daya interferensi (Watt), dan N adalah daya noise (Watt).

E. *Data Rate*

Data rate adalah beberapa data yang dapat dikirimkan dari satu lokasi ke lokasi lain dalam jumlah dan waktu tertentu. *Data rate* merupakan salah satu parameter yang digunakan untuk menentukan kualitas dari suatu layanan komunikasi. Pada Persamaan 3 menggunakan teorema kapasitas *Shannon* dapat dihitung untuk menghitung nilai *data rate* [6]:

$$R = B \log_2 (1 + SINR) \quad (3)$$

Dimana R adalah kapasitas *data rate* (*bits per second*) dan B adalah *bandwidth* (Hz).

F. *Algoritma Bipartite Matching*

Algoritma Hungarian adalah salah satu penugasan untuk menyelesaikan masalah pengalokasi yang maksimal. Pada kasus ini menggunakan metode hungarian maksimisasi tidak normal karena asumsi pada penelitian ini adalah $m \gg n$, maka perlu membuat matriks persegi dengan menambahkan $m-n$ pasangan D2D. Jadi, di akhir algoritma, jika CU dialokasikan dengan dummy pasangan D2D, berarti CU tidak saling berbagi RBs dengan pasangan D2D asli. Metode algoritma ini hampir mirip dengan konsep matriks berbobot lainnya. Algoritma ini bertujuan untuk mencari solusi terbaik yaitu dengan nilai maksimum yang memiliki keuntungan dari sisi kompleksitas algoritmanya yang polinomial.

G. *Algoritma Greedy*

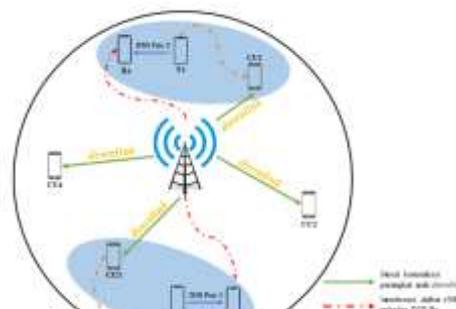
Algoritma Greedy bekerja mirip dengan algoritma Hungarian yaitu dengan mencari nilai *data rate* maksimum pada tiap baris dengan satu pasangan D2D mendapatkan satu resource block yang membedakan adalah tingkat kompleksitas pada algoritmanya. Pada algoritma ini mencari nilai maksimum pada tiap barisnya namun bekerja secara beruntun dan tidak mempertimbangkan *data rate* maksimum pada baris lainnya.

H. *Algoritma Random Allocation*

Proses pengalokasian sumber daya algoritma ini tidak mempertimbangkan keuntungan jalur yang diambil untuk pengalokasian ke pasangan D2D. Dalam penalokasian random allocation ini, perangkatpasangan D2D ke-ndiberi RBs ke-ndari semua RBs sehingga apabila dilihat dari matriks pengalokasiannya, mengambil nilai pada matriks identitas.

I. *Model Sistem*

Sistem dimodelkan dengan frekuensi carrier sebesar 1,7 GHz dan bandwidth resource block 180 KHz. Radius cell yang memiliki diameter 500 meter yang didalamnya terdapat eNB, perangkat D2D transmitter (Tx), perangkat D2D receiver (Rx) dengan jarak maksimal pasangan D2D 35 meter. Setiap komponen di dalam cell tersebar secara acak dan eNB mengetahui posisi masing-masing user dan user dianggap tidak bergerak pada satu kali pengamatan. Permodelan sistem dilakukan dengan simulasi skenario transmisi dari arah downlink, dimana



Gambar 1. Model Sistem

eNB akan melakukan broadcast

sinyal downlink ke m

perangkat CUs dan pengguna D2D melakukan komunikasi, maka komunikasi dilakukan dari D2D Tx menuju D2D Rx seperti pada Gambar 1. Oleh karena itu, CU hanya mengalami gangguan dari D2D Tx, sedangkan D2D Rx menghadapi gangguan dari eNB.

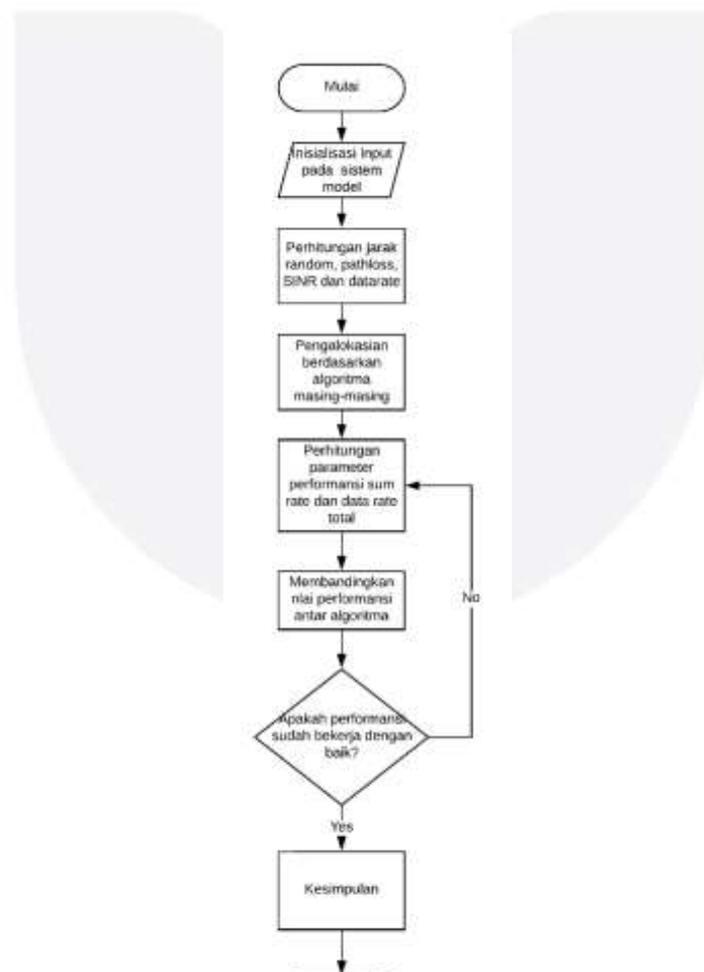
Ada pun parameter simulasi yang akan menjadi dasar simulasi pada tugas akhir ini seperti pada Tabel 1 [3].

Tabel 1. Parameter Simulasi

Paramater	Value
Cell Radius	500 m
Cellular User	100
D2D Pairs	50 – 100 (increments of 5)
Maximum D2D pair distance	35 m
Cellular user transmit power	20 dBm
D2D transmit power	20 dBm
Base Station transmit power	46 dBm
Noise power (AWGN)	-174 dBm
Carrier Frequency	1,7 GHz
Rayleigh and Shadowing	Random

J. Skenario Simulasi

Algoritma yang diajukan pada penelitian ini adalah *Maximum Weighted Bipartite Matching*, *Greedy* dan *Random Allocation*. Parameter performansi yang dianalisis berupa sistem *sum rate*, dan *data rate* rata-rata. Untuk melihat kelebihan dan kekurangan dari masing-masing algoritma dilihat dari parameter performansi, maka



Gambar 2. Flowchart Skenario Simulasi

dilakukan variasi dari jumlah pasangan D2D sebanyak 50-100 dengan kenaikan 5 hingga jumlah pasangan D2D dan CU sama. Skenario simulasi dapat dipetakan dalam diagram alur seperti Gambar 2.

3. Hasil dan Pembahasan

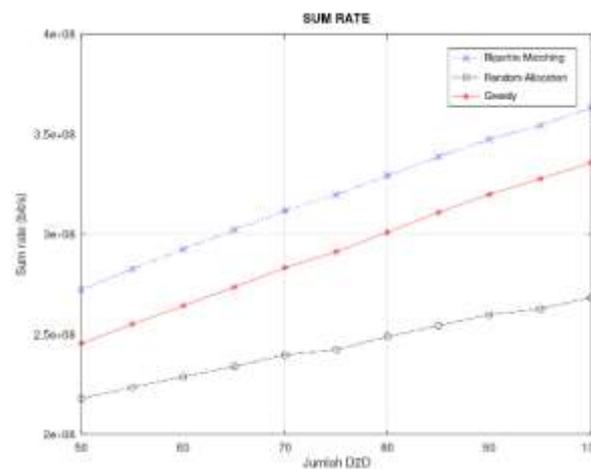
Sistem dirancang sebagai pemodelan dari sistem untuk memberikan gambaran penelitian yang dilakukan. Akuisisi data terbagi kedalam dua bagian yaitu pra-pengambilan data dan pengambilan data seperti yang ditampilkan pada Gambar 1.

A. Pengujian Skenario Simulasi

Pengujian skenario pada penelitian ini dilakukan variasi pada sisi jumlah pasangan D2D dengan kenaikan 5 pasangan D2D pada tiap pengujian dari 50 pasangan D2D hingga 100 pasangan D2D dengan jumlah CU sebanyak 100 user dan dengan iterasi sebanyak 250 kali. Sistem yang dijalankan adalah *underlying* dengan radius cell maksimal sejauh 500 meter dan jarak antar pasangan D2D 35 meter. Hasil parameter performansi berupa sum rate dan data rate rata-rata.

B. Sum rate

Sistem sum rate akan cenderung naik apabila jumlah user semakin banyak dikarenakan semakin banyak user semakin banyak data yang akan ditransmisikan sehingga nilai *sum rate* akan semakin besar.

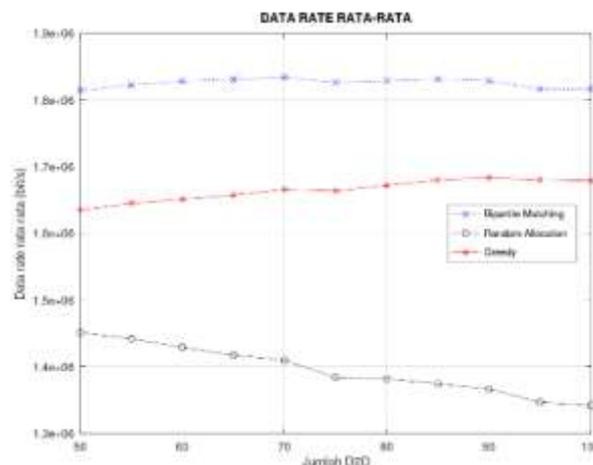


Gambar 3. Hasil Pengujian Sum Rate

Algoritma *Bipartite Matching* memiliki nilai sum rate yang lebih unggul dari kedua algoritma pembandingnya karena mengalokasikan nilai data rate paling maksimum dan terbaik terlihat seperti pada Gambar 3.

C. Data rate rata-rata

Data rate rata-rata merupakan nilai perbandingan antara *sum rate* dengan total jumlah pasangan D2D dan jumlah CU.



Gambar 4. Hasil Pengujian *Data Rate* Rata-Rata

Hasil *data rate* rata-rata pada Gambar 4. algoritma *Bipartite Matching* dan *Greedy* masih bekerja lebih baik karena setiap kenaikan jumlah D2D masih mempertahankan nilai *data rate* rata-rata, berbeda halnya dengan algoritma *Random Allocation* yang mengalami penurunan nilai *data rate* rata-rata pada setiap kenaikan jumlah D2D.

4. Kesimpulan

Skenario simulasi yang dijalankan pada penelitian ini adalah dengan melakukan variasi jumlah pasangan D2D dengan kenaikan 5 user dari 50 – 100 pasangan D2D, kemudian dilakukan iterasi sebanyak 250 kali pada tiap kenaikannya. Hasil diperoleh pada performansi dari sisi *sum rate* didapatkan rata-rata pada algoritma *Bipartite Matching* lebih unggul sebesar 319,42Mb/s dibandingkan kedua algoritma pembandingnya yaitu *Greedy* sebesar 291,57 Mb/s dan *Random Allocation* sebesar 243,56 Mb/s. Untuk performansi *data rate* rata-rata, algoritma *Bipartite Matching* selalu unggul dalam setiap kenaikan jumlah pasangan D2D dengan hasil rata-rata 1,8253 Mb/s diikuti algoritma *Greedy* sebesar 1,6648 Mb/s dan algoritma *Random Allocation* memiliki nilai *data rate* rata-rata terkecil yaitu sebesar 1,3950 Mb/s.

Daftar Pustaka

- [1] R. Page. (2018) What are the challenges in 5G technology kernel description. [Online]. Available: <https://www.rfpage.com/what-are-the-challenges-in-5g-technology/>
- [2] X. Shen, "Device-to-device communication in 5g cellular networks," IEEE Network, vol. 29, no. 2, pp. 2–3, 2015.
- [3] F. Hussain, M. Y. Hassan, M. S. Hossen, and S. Choudhury, "An optimal resource allocation algorithm for d2d communication underlying cellular networks," in 2017 14th IEEE Annual Consumer Communications & Networking Conference (CCNC). IEEE, 2017, pp. 867–872.
- [4] P. Marsch, "O. Bulakc,1, O. Queseth, and M. Boldi, "5g system design."
- [5] M. Zulhasnine, C. Huang, and A. Srinivasan, "Efficient resource allocation for device-to-device communication underlying lte network," in 2010 IEEE 6th International conference on wireless and mobile computing, networking and communications. IEEE, 2010, pp. 368–375.
- [6] A. Goldsmith, Wireless communications. Cambridge university press, 2005.