

Analisis Performansi Alokasi Sumber Daya Radio Berbasis Algoritma Greedy pada Sistem Komunikasi D2d *Underlying*

Analysis Performance Radio Resource Allocation with Greedy Algorithm In D2dD *Underlying* Communication

Bayu Setho Kusuma Sakti^{1*}, Arfianto Fahmi², Vinsensius Sigit Widhi Prabowo³

^{1,2,3}Teknik Telekomunikasi, Fakultas Teknik Elektro, Telkom University
matusbetho@student.telkomuniversity.ac.id ^{1*}, arfiantof@telkomuniversity.ac.id²,
vinsensiusvsw@telkomuniversity.ac.id³

Abstrak – Sistem komunikasi Device-to-Device (D2D) *underlying* dapat menjadi solusi dalam meningkatkan data rate dan mengurangi beban kerja eNodeB. Sistem komunikasi ini bekerja dengan membagikan resource yang dimiliki Cellular User Equipment (CUE) kepada pasangan D2D. Akan tetapi, salah satu permasalahan yang dihadapi sistem komunikasi D2D *underlying* adalah masalah interferensi antara perangkat yang menggunakan resource yang sama baik arah uplink maupun downlink. Oleh karena itu, dibutuhkan suatu skema pengalokasian Resource Block (RB) sehingga RB yang dimiliki CUE dapat digunakan oleh pasangan D2D untuk melakukan komunikasi. Proses penjadwalan RB arah uplink yang dimiliki oleh CUE kepada pasangan D2D menggunakan algoritma join greedy. Proses pengalokasian RB hanya dilakukan pada sisi perangkat D2D dengan perangkat CUE yang telah terjadwal. Parameter analisis yang digunakan untuk menguji tiga algoritma tersebut adalah data rate. Dari hasil simulasi didapatkan dengan adanya pasangan D2D dalam sistem dapat meningkatkan data rate sistem sebesar 30% dan skema join greedy mengalokasikan RB 3,059% lebih baik dari mean greedy dan 4,33% lebih baik dari skema alokasi greedy

Kata Kunci: Resource Block, Join Greedy, *Underlying*, Device-to-Device.

Abstract – Communication system Device-to-Device (D2D) *underlying* may be the solution in increasing system data rate and reduce the workload of eNodeB. This communication system is working by sharing resource owned by Cellular User Equipment (CUE) to D2D pair. However, one of the problems faced by the system communication D2D *underlying* is interference between the devices that used same resource either uplink or downlink. Therefore, it required a plan to allocate Resource Block (RB) so RB which owned by the CUE can be used by D2D pair to communicate with. Process CUEs RB allocation in uplink way with D2D pair will be done by using Join Greedy algorithm. The process of RB scheduling only done on D2D side with CUE device has been scheduled. Parameter analysis used to test Greedy algorithm are data rate.. From the simulation, system with the D2D pair can increase the system data rate by 30%. The join greedy scheme allocates RB 3.059% better than mean greedy and 4.33% better than greedy scheme.

Keywords: Resource Block, Join Greedy, *Underlying*, Device-to-Device.

1. Pendahuluan

Beberapa dekade terakhir, jumlah trafik *mobile broadband* meningkat pesat dan permintaan akan *data rate* juga semakin meningkat. *User Equipment* (UE) dengan berbagai jenis layanan dewasa ini menyebar dan berkembang secara cepat. Sebagai tambahan, *Internet-of-Things* (IOT) juga mulai berkembang, dan dapat diprediksi beberapa tahun kedepan trafik yang dibawa UE kepada *Base Station* (BS) akan meningkat tajam, ketika teknologi wireless communication berkembang. Untuk menyikapi hal tersebut dibutuhkan suatu teknologi yang dapat secara efisien menggunakan frekuensi yang terbatas serta dapat mengurangi beban kerja eNodeB. Teknologi komunikasi *Device-to-Device* (D2D) *Underlaying* menarik perhatian sebagai solusi terhadap teknologi yang dapat menggunakan frekuensi secara efisien dan dapat mengurangi beban kerja eNodeB [1].

Komunikasi D2D *Underlaying* dapat mengurangi beban trafik yang dirasakan oleh eNodeB dan dapat meningkatkan *data rate* sistem. Dengan D2D *underlaying*, UE tidak harus terhubung ke eNodeB untuk dapat berkomunikasi dengan UE lainnya. Akan tetapi, teknologi komunikasi ini memiliki beberapa kelemahan yang menjadi hal menarik untuk diteliti. Karena sistem komunikasi D2D *Underlaying* dapat menggunakan *Resource Block* (RB) yang sama dengan *Cellular User Equipment* (CUE) maka interferensi antara dua perangkat tersebut tidak dapat dihindari [2]. Interferensi dapat terjadi antara perangkat CUE dengan perangkat penerima D2D (D2DRX) dan perangkat pemancar D2D (D2DTX) dengan eNodeB.

Proses alokasi RB yang dimiliki perangkat CUE kepada pasangan D2D harus dilakukan dengan efektif. *Resource* yang diberikan kepada pasangan D2D harus dapat memberikan dampak yang baik dan serta dapat mengurangi efek dari interferensi antara perangkat. Dalam pekerjaan ini proses penjadwalan *resource* menggunakan algoritma *join greedy*, sebuah algoritma hasil pengembangan dari algoritma *greedy*. Pada pekerjaan [3], [4] telah dilakukan penelitian mengenai alokasi *resource* dengan menggunakan algoritma *greedy* dan memberikan performa sistem yang baik. Selain algoritma *greedy*. Pada pekerjaan [5] telah dilakukan penelitian mengenai alokasi *resource* pada sistem komunikasi D2D *underlaying* dengan menggunakan algoritma *Two-phase Auction Based, Fair and Interference Aware Resource Allocation Algorithm* (TAFIRA). Pekerjaan [5] meminimalkan interferensi sistem ketika tetap meningkatkan *sumrate* sistem. Pekerjaan [6] mengalokasikan *resource* kepada pasangan D2D berdasarkan informasi lokasi setiap UE, pasangan D2D yang memiliki jarak sedikit dari CUE memiliki prioritas terlebih dahulu. Pekerjaan [6] menunjukkan *throughput* sistem yang baik. Pekerjaan [7] menggunakan skema alokasi yang berdasarkan pada *graph* dan menunjukkan performa sistem ketika diberikan pasangan D2D meningkat 10 %.

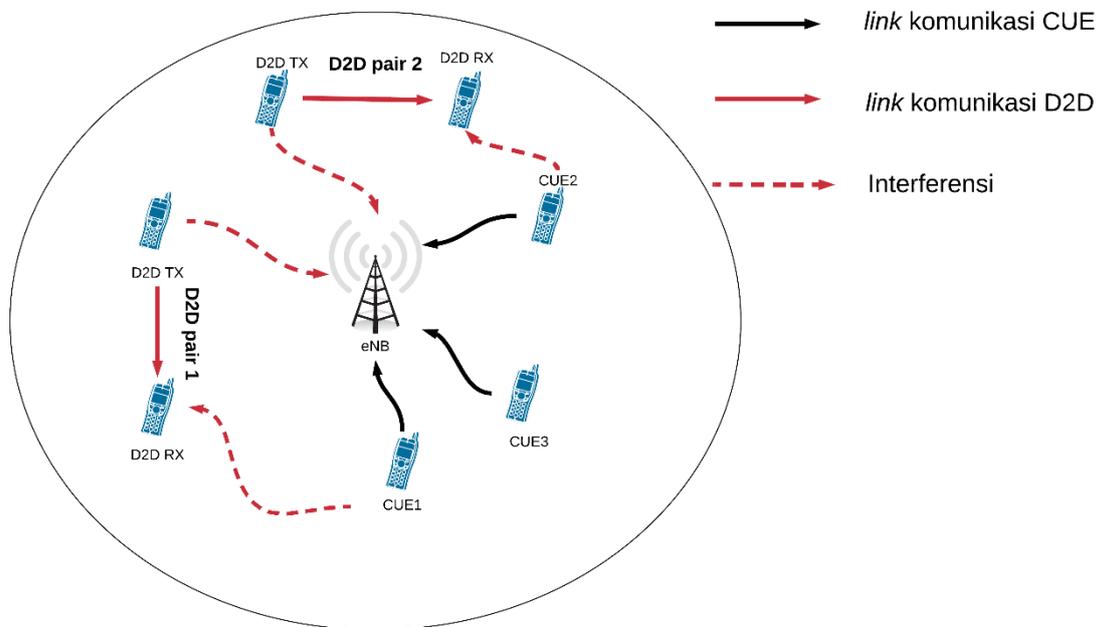
Dalam Komunikasi D2D, terdapat banyak kasus dimana performa dan efisiensi menurun yang disebabkan oleh interferensi. Oleh karena itu, dibutuhkan suatu metode untuk mengalokasikan *Resources Block* (RB) yang dimiliki CUE kepada pasangan D2D. Pada pekerjaan ini digunakan algoritma *join greedy* untuk mengalokasikan RB yang dimiliki CUE kepada pasangan D2D pada arah *uplink*. Dan menunjukkan kecenderungan *data rate* sistem ketika sistem terdiri atas pasangan D2D dan perangkat CUE dengan sistem yang terdiri atas perangkat CUE saja.

2. Sistem dan Channel model

Dalam bagian ini akan dibahas mengenai desain lingkungan sistem yang digunakan pada pekerjaan, formulasi masalah yang harus dipecahkan dan sistematika dalam pekerjaan.

2.1. Sistem Model

Sistem dimodelkan dengan sebuah *cell* yang didalamnya terdapat satu perangkat eNodeB, perangkat pemancar D2D (D2DTX), perangkat penerima D2D (D2DRX) dan perangkat CUE. Setiap perangkat pada *cell* tersebar secara acak. Skenario proses alokasi sumber daya radio dilakukan pada bagian *uplink* dengan CUE *i* dan pasangan D2D *j*. Dengan jumlah CUE yang lebih banyak dari pada pasangan D2D, $D \ll C$. Setiap pasangan D2D yang hendak melakukan komunikasi akan menggunakan *resource* yang dimiliki CUE dan hanya bisa menggunakan satu *resource*. Karena menggunakan *resource* yang sama dengan CUE maka akan ada perangkat yang terkena dampak interferensi yang disimbolkan dengan garis putus-putus berwarna merah. Perangkat yang terkena dampak interferensi adalah perangkat eNodeB disebabkan oleh perangkat D2DTX dan perangkat D2DRX disebabkan oleh perangkat CUE yang menggunakan *resource* yang sama [8]. Model sistem yang digunakan dapat lebih diperjelas melalui gambar 1.



Gambar 1. Sistem model.

2.2. Channel model

Dalam sistem yang dibangun, *channel* dimodelkan sebagai sebuah *multipath fading channel*. Karena sistem yang dibangun memiliki sifat *user* yang statis, maka *fast fading* dapat terjadi dalam rentang waktu yang sangat besar dan dalam lingkungan sistem hanya mempertimbangkan *pathloss* dan *shadowing*. Keseluruhan *channel gain* dapat didapatkan melalui persamaan berikut

$$G_{a,b} = PL_{a,b} + X_{a,b} + \Pi_{a,b} \tag{1}$$

dengan $G_{i,j}$ adalah *gain* antara perangkat a dengan perangkat b , $PL_{a,b}$ adalah nilai *pathloss*, $X_{a,b}$ adalah *large scale fading* yang berdistribusi *gaussian*, dan $\prod_{a,b}$ adalah *rayleigh small scale fading*.

2.3. Formulasi Masalah

Objektif dari permasalahan alokasi *resource* ini adalah untuk mendapatkan *data rate* keseluruhan sistem yang maksimal dengan mempertimbangkan minimum *rate* yang dibutuhkan CUE dan pasangan D2D. Secara umum formulasi masalah yang dibangun dapat didefinisikan melalui persamaan:

$$\text{Maximize} \quad \sum_{i=1}^c \mu c_i + \sum_{i=1}^c \sum_{j=1}^d \mu d_j \cdot x_{i,j} \tag{2}$$

$$\text{Subject to:} \quad \sum_{i=1}^C x_{i,j} \leq 1, \forall j \in \{1, \dots, D\} \tag{3}$$

$$\sum_{j=1}^D x_{i,j} \leq 1, \forall i \in \{1, \dots, C\} \tag{4}$$

$$x_{i,j} \in \{0,1\}, \forall i \in \{1, \dots, C\} \text{ dan } \forall j \in \{1, \dots, D\} \tag{5}$$

dengan, μc_i dan μd_j adalah *data rate* yang bersesuaian dengan $SINR_B$ dan $SINR_D$ yang dapat dikalkulasi dengan menggunakan teori kapasitas Shanon. Persamaan 3 dan 4 memastikan bahwa satu CUE i hanya dapat membagikan RB kepada satu pasangan D2D d dan pasangan D2D d hanya dapat menggunakan RB paling banyak satu yang dimiliki oleh CUE i . Persamaan 5 memastikan bahwa variabel $x_{i,j}$ bernilai biner yaitu bernilai 0 atau 1. Variabel $x_{i,j}$ adalah indikator fungsi yang bernilai 1 apabila perangkat CUE i membagikan *resource* kepada pasangan D2D d dan bernilai 0 apabila perangkat CUE i tidak membagikan *resource* kepada pasangan D2D d .

Dalam skenario *uplink*, eNodeB mendapatkan interferensi dari perangkat D2DTX dan perangkat D2DRX akan mendapatkan interferensi dari CUE i apabila menggunakan RB yang sama. Sehingga jika pasangan D2D j menggunakan RB arah *uplink* yang sama dengan CUE i , SINR yang diterima pada eNodeB dengan mendapatkan interferensi dari perangkat D2DTX j dapat dikalkulasi dengan persamaan sebagai berikut [9]

$$SINR_B = \frac{\sum_{i=1}^C P_C \cdot G_{B,i}}{N_0 + \sum_{i=1}^C \sum_{j=1}^D x_{i,j} \cdot P_D \cdot G_{B,jTX}} \tag{6}$$

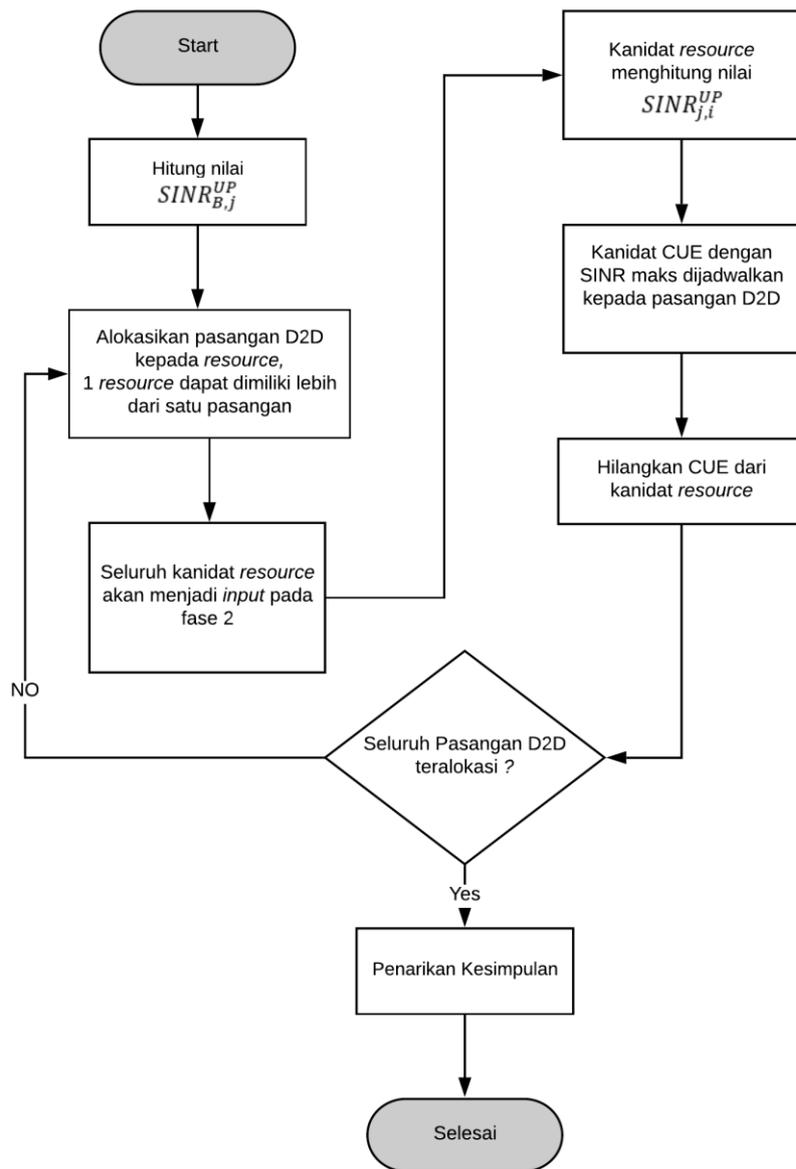
begitu juga halnya dengan SINR yang didapatkan oleh perangkat D2DRX dengan mendapatkan interferensi dari perangkat CUE i dapat dikalkulasi dengan persamaan sebagai berikut [9]

$$SINR_D = \frac{\sum_{j=1}^D P_D \cdot G_{jRX,jTX}}{N_0 + \sum_{i=1}^C \sum_{j=1}^D x_{i,j} \cdot P_C \cdot G_{jRX,i}} \quad (7)$$

Dengan $G_{B,i}$ merepresentasikan penguatan atau *gain* antara CUE i dengan perangkat eNodeB, $G_{B,jTX}$ merepresentasikan penguatan atau *gain* antara eNodeB dengan perangkat D2DTX j , $G_{jRX,jTX}$ adalah penguatan atau *gain* antara pasangan D2D d , $G_{jRX,i}$ merepresentasikan penguatan atau *gain* antara perangkat D2DRX j kepada perangkat CUE i dan P_c , P_d merepresentasikan daya pancar CUE dan daya pancar perangkat D2DTX. Dalam pekerjaan ini tidak ada skema *power control* semua daya pancar setiap perangkat diasumsikan sama.

2.4. Algoritma *Join Greedy*

Proses skema alokasi algoritma *join greedy* dilakukan menjadi dua fase. Fasa pertama, setiap pasangan D2D mengalkulasi $SINR_B$ Pasangan D2D mencari nilai $SINR$ maksimum $SINR_B$ yang akan menjadi kandidat. Pasangan D2D dapat memilih lebih dari satu kandidat perangkat CUE. Kandidat yang didapatkan pada fase pertama akan menjadi *input* fase kedua. Pada fase kedua, kandidat yang terpilih akan mengalkulasi $SINR_D$ Kandidat CUE yang memiliki nilai $SINR_D$ tertinggi akan dijadwalkan kepada pasangan D2D. Proses ini akan berulang hingga seluruh pasangan D2D mendapatkan RB dari perangkat CUE. Skema alokasi *join greedy* dapat lebih diperjelas melalui gambar 2.



Gambar 2. Diagram alur *join greedy*.

2.6 Data Rate

Data rate adalah besarnya jumlah bit yang ditransmisikan setiap detik. Dalam sistem komunikasi digital, besar nilai *bandwidth* sangat mempengaruhi laju bit yang dapat dikirimkan. Dalam pekerjaan ini, untuk menguji *data rate* sistem $\mu_{i,j}$ ketika perangkat CUE ke-*i* membagikan *resource* kepada pasangan D2D ke-*j* dapat dikalkulasi dengan persamaan [10]:

$$\mu_{a,b} = B \cdot \log_2 \left(1 + \frac{SINR_{a,b}}{\Gamma} \right) \quad (8)$$

$$\Gamma = \frac{-\ln(5 \cdot BER)}{1.5} \quad (9)$$

dengan Γ merepresentasikan *SINR gap* dan *B* adalah *bandwidth* yang dialokasikan kepada sebuah RB.

3. Simulasi dan Analisis

Dalam menguji algoritma yang diusung, pengujian algoritma akan dibandingkan dengan dua algoritma lainnya yaitu *greedy* dan *mean greedy*. Pengujian dilakukan pada komputer dengan *software* simulasi. Dengan parameter pengujian dipaparkan melalui tabel 1.

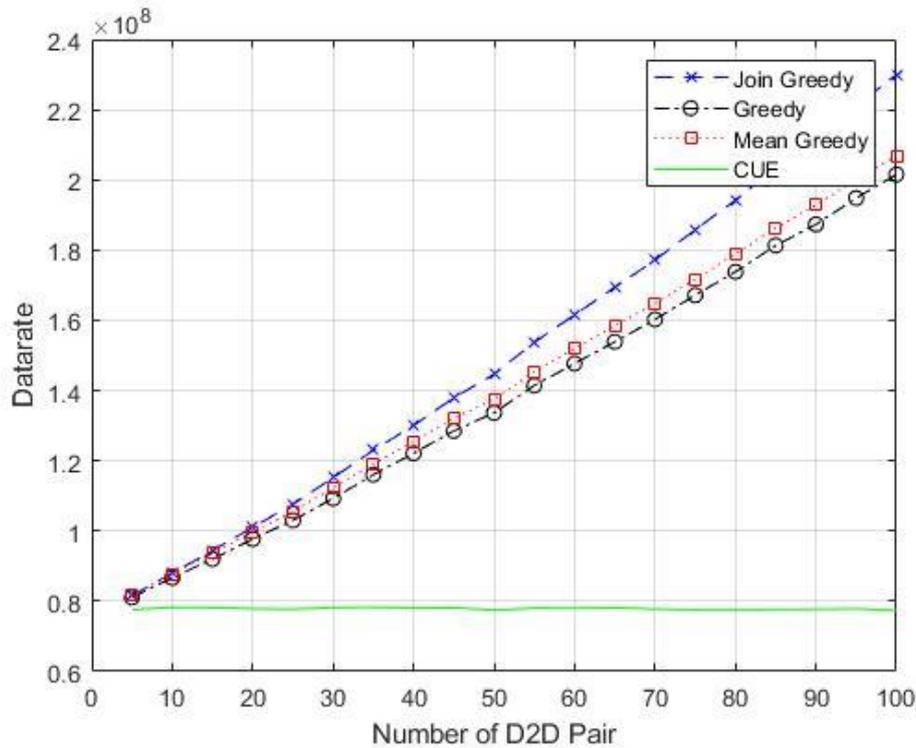
Tabel 1. Parameter simulasi.

Parameter	Nilai
Radius <i>Cell</i>	500m
Jumlah RB	100
Daya pancar UE (D2D dan CUE)	500 mW
Jumlah CUE yang aktif	100
Jumlah D2D yang aktif	5,10,15,...,100
Jarak maksimal D2DTX dengan D2DRX	80m
Log-normal <i>shadowing standard deviation</i>	8dB
UE <i>thermal noise</i>	-174 dBm/Hz
layout antena	<i>Omni-directional antenna</i>
TTI (<i>Time Transmission Interval</i>)	100

Analisis parameter yang digunakan untuk menguji algoritma yang diusung *data rate*. Seluruh parameter tersebut akan dianalisis dan dilihat kecenderungannya terhadap jumlah variasi pasangan D2D

Pada pekerjaan ini akan memaparkan perbandingan *data rate* setiap skema alokasi ketika sistem terdiri dari pasangan D2D dan perangkat CUE serta ketika sistem hanya terdiri dari perangkat CUE.

3.1. Data Rate



Gambar 3. Perbandingan data rate terhadap jumlah pasangan D2D.

Dari hasil simulasi yang dilakukan, dengan menambahkan perangkat D2D kedalam sistem dengan proses alokasi menggunakan algoritma *join greedy* memberikan kecenderungan yang positif dari segi *data rate*. Grafik perbandingan *data rate* pada setiap skema ditampilkan melalui gambar 3. Peningkatan ini diikuti dengan bertambahnya *user*. Hal ini disebabkan karena jumlah *user* dalam sistem semakin bertambah sehingga nilai SINR meningkat, peningkatan SINR ini akan mempengaruhi nilai *sumrate* yang secara matematis akan mempengaruhi nilai dari *data rate*. Sistem mengalami peningkatan sebesar 30% ketika mengalami penambahan pasangan D2D.

Tabel 2. Rata-rata data rate setiap skema alokasi.

Skema Alokasi	Data Rate (bps)
Join Greedy	1,516 x 10 ⁸
Mean Greedy	1,426 x 10 ⁸
Greedy	1,390 x 10 ⁸
CUE	0,779 x 10 ⁸

Berdasarkan tabel 2, dapat disimpulkan bahwa nilai *data rate* paling tinggi terjadi pada skema algoritma *join greedy* dengan nilai 1,516 x 10⁸ bps. Nilai tersebut lebih baik 3,059% dari skema alokasi *mean greedy* dan 4,33% dari skema alokasi *greedy*. Hal ini dikarenakan skema algoritma tidak hanya memilih nilai SINR tertinggi pada sisi CUE saja, namun juga memproyeksikan kandidat CUE terpilih pada SINR sisi D2D terbesar. Sehingga nilai SINR akan lebih tinggi yang akan meningkatkan rata-rata *data rate* sistem.

4. Kesimpulan

Dalam pekerjaan ini, menampilkan perbandingan *data rate* sistem ketika terdapat perangkat sekunder dengan sistem tradisional yang hanya terdiri atas perangkat primer dan menampilkan perbandingan *data rate* dari ketiga skema algoritma. Tujuan utama dari pekerjaan ini adalah untuk menganalisis performansi *data rate* sistem. Simulasi menunjukkan dengan adanya pasangan D2D dalam sistem dapat meningkatkan *data rate* sistem sebesar 30% .

Skema alokasi yang digunakan untuk menjadwalkan *resource* CUE kepada pasangan D2D adalah skema alokasi *join greedy* dengan dua skema pembanding yaitu *greedy* dan *mean greedy*. Dari hasil simulasi, skema alokasi *join greedy* memberikan kecenderungan *data rate* yang baik 3,059% dari skema alokasi *mean greedy* dan 4,33% dari skema alokasi *greedy* .

Dari pekerjaan ini dapat disimpulkan penambahan perangkat D2D pada sistem *underlying* dengan metode alokasi berbasis *join greedy* memberikan peningkatan yang baik pada sistem.

Referensi

- [1] K. Doppler, M. Rinne, C. Wijting, C. B. Ribeiro, and K. Hugl, "Device-to-device Communication as an Underlay to LTE-Advanced Networks," *IEEE Communications Magazine*, vol. 47, no. 12, pp. 42–49, 2009.
- [2] J. Chung, D. Kim and Y. Sung, "Design of Amplify-and-Forward Helper Stations for Cellular Networks with Device-to-Device Links", *The Journal of Korean Institute of Communications and Information Sciences*, vol. 41, no. 5, pp. 539-545, 2016.
- [3] O. Nwamadi, X. Zhu, and A. K. Nandi, "Enhanced Greedy Algorithm Based Dynamic Subcarrier Allocation for Single Carrier FDMA Systems", *2009 IEEE Wireless Communications and Networking Conference*. IEEE, 2009, pp. 1–6.
- [4] O. Nwamadi, X. Zhu and A. Nandi, "Multi-criteria Ranking Based Greedy Algorithm for Physical Resource Block Allocation in Multi-carrier Wireless Communication Systems", *Signal Processing*, vol. 92, no. 11, pp. 2706-2717, 2012.
- [5] M. Islam, A. Taha, S. Akl and S. Choudhury, "A Two-phase Auction-based Fair Resource Allocation for Underlying D2D Communications", *2016 IEEE International Conference on Communications (ICC)*, 2016.
- [6] S. Kang, J. Kim and J. Kim, "Resource Allocation with LBS Information for Cellular Based D2D Communication Networks", *2016 International Conference on Information and Communication Technology Convergence (ICTC)*, 2016.
- [7] H. Zhang, T. Wang, L. Song and Z. Han, "Graph-based Resource Allocation for D2D Communications Underlying Cellular Networks", *2013 IEEE/CIC International Conference on Communications in China - Workshops (CIC/ICCC)*, 2013.
- [8] Q. Chen, S. Zhao and S. Shao, "QoS-based Resource Allocation Scheme for Device-to-Device (D2D) Communication Underlying Cellular Network in Uplink", *2013 IEEE International Conference on Signal Processing, Communication and Computing (ICSPCC 2013)*, 2013.
- [9] X. Song, X. Han, Y. Ni, L. Dong and L. Qin, "Joint Uplink and Downlink Resource Allocation for D2D Communications System", *Future Internet*, vol. 11, no. 1, p. 12, 2019.
- [10] V. S. W. Prabowo, A. Fahmi, N. M. Adriansyah, and N. Andini, "Energy Efficient Resources Allocations for Wireless Communication Systems." *Jurnal Telkomnika*, vol. 17, no. 4, 2019.