

Analisis Alokasi Sumber Daya Pada Sistem Komunikasi D2d Dengan Skema *Reuse* Kanal Menggunakan Algoritma *Hungarian*

1st Andi Fany
Teknik Telekomunikasi
Fakultas Teknik Elektro
Bandung, Indonesia
affebriana@student.telkomuniversity.ac.id

2nd Nachwan Mufti Adriansyah
Teknik Telekomunikasi
Fakultas Teknik Elektro
Bandung, Indonesia
nachwanma@telkomuniversity.ac.id

3rd Vinsensius Sigit Widhi Prabowo
Teknik Telekomunikasi
Fakultas Teknik Elektro
Bandung, Indonesia
vinsensiusvsw@telkomuniversity.ac.id

Abstrak

Salah satu permasalahan pada komunikasi seluler yaitu meningkatnya trafik pada Base Station (BS) akibat banyaknya permintaan kebutuhan layanan komunikasi. Solusi yang ditawarkan untuk mengatasi permasalahan tersebut adalah dikembangkannya sistem komunikasi Device-To-Device (D2D). Konsep D2D memungkinkan satu pasangan pengguna berkomunikasi tanpa harus melalui BS. Hal tersebut terjadi karena satu pasangan pengguna menggunakan resource yang sama dengan Cellular User Equipment (CUE). Pada penelitian ini dilakukan pengalokasian resource D2D User Equipment (DUE) menggunakan algoritma Hungarian dengan skema reuse kanal dalam dua fase. Pada fase pertama, semua kanal yang tersedia akan diisi oleh satu pasangan D2D. Bagi pasangan D2D yang tidak teralokasi pada fase pertama akan dialokasikan ke kanal yang tersedia berdasarkan kualitas penggunaannya. Hasil penelitian dari skema 2 fase reuse kanal yang diperoleh akan dibandingkan dengan skema 1 fase reuse kanal. Skema 2 fase reuse kanal memperoleh nilai sumrate sebesar $2,231 \times 108$ bps, fairness pada sisi BS sebesar 0,643 dan fairness pada sisi D2D sebesar 0,467.

Kata Kunci : Device-To-Device, Hungarian, reuse kanal

Abstract

One of the problems in cellular communication is the increase in traffic on the Base Station (BS) due to the large number of requests for communication service needs. The solution offered to overcome these problems is the development of a Device-To-Device (D2D) communication system. The D2D concept allows a pair of users to communicate without having to go through the BS. This happens because one pair of users uses the same resource

as Cellular User Equipment (CUE). In this research, resource allocation for D2D User Equipment (DUE) was conducted using the Hungarian algorithm with a channel reuse scheme in two phases. In the first phase, all available channels will be filled by one D2D pair. For D2D pairs that were not allocated in the first phase, they will be allocated to available channels based on the quality of their users. The research results from the 2-phase channel reuse scheme obtained will be compared with the 1-phase channel reuse scheme. The 2-phase channel reuse scheme obtained will be compared with the 2-phase channel reuse scheme. The channel reuse scheme obtained a sum rate value of $2,231 \times 108$ bps, fairness BS of 0,643, and fairness D2D of 0,467.

Keywords: Device-To-Device, Hungarian, channel reuse

I. PENDAHULUAN

Perkembangan teknologi seluler membuat kebutuhan masyarakat ikut meningkat. Peningkatan

tersebut mengakibatkan peningkatan trafik pada *Base Station* (BS) yang dapat menjadi permasalahan sistem komunikasi. Salah satu solusi yang ditawarkan dalam mengatasi permasalahan tersebut adalah dikembangkannya sistem komunikasi *Device-To-Device* (D2D). Komunikasi *Device-To-Device* memiliki konsep satu pasangan *D2D User Equipment* (DUE) berkomunikasi tanpa melalui BS [1]. Hal tersebut terjadi karena CUE akan berbagi *resource* dengan DUE. Pada penelitian ini mengusulkan skema *reuse* kanal menggunakan algoritma *Hungarian* dalam dua fase untuk memanfaatkan komunikasi D2D. Selanjutnya, skema 2 fase *reuse* kanal akan dibandingkan dengan skema 1 fase *reuse* kanal untuk mengetahui performa dari kedua skema tersebut.

II. KAJIAN TEORI

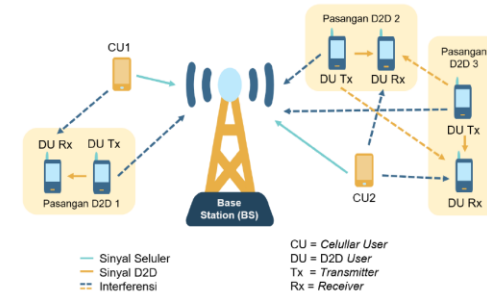
Salah satu kekurangan pada komunikasi D2D adalah timbulnya interferensi yang dapat menurunkan performa sistem. Maka dari itu, diperlukan solusi dalam mengalokasikan *resource* yang digunakan oleh CUE dan DUE. Pada penelitian [2] mengusulkan perbandingan antara pengalokasian sumber daya pertama menggunakan algoritma *Hungarian* dan pengalokasian kedua menggunakan *Priority-Based Sequential Algorithm* dengan algoritma *random allocation*. Diperoleh pengalokasian dua kali dengan nilai *sum rate* lebih unggul dari algoritma *random allocation*. Pada penelitian [3] mengusulkan algoritma *greedy* dalam mengalokasikan pasangan D2D pada *sub channel* dan menghasilkan *sum rate* yang baik pula. Pada penelitian [4] mengusulkan alokasi kanal dengan algoritma *Hungarian* dilanjutkan peningkatan performa. Penelitian tersebut dapat menangani banyak pengguna dengan algoritma pencocokan kanal. Pada penelitian [5] mengusulkan pengalokasian D2D untuk *multi-channel* dengan metode *Sequential Parametric Convex Approximation* dengan hasil yang didapatkan yaitu *sum rate* lebih bagus dibandingkan algoritma *random allocation*. Pada penelitian ini, akan diusulkan pengalokasian *resource* dengan dua fase menggunakan algoritma *Hungarian*.

III. METODE

Pada penelitian ini dimulai dengan merancang model sistem, menentukan parameter simulasi, memperoleh nilai *Path loss* dan SINR (*Signal to Interference & Noise Ratio*), simulasi dengan

pengalokasian *resources* menggunakan algoritma *Hungarian*, memperoleh hasil parameter performa dari simulasi yang telah dilakukan dan menganalisis hasil parameter performa.

a. Model Sistem



Gambar 1. Model Sistem

Model sistem yang akan disimulasikan memiliki satu BS dengan posisi BS berada di tengah area simulasi dan terdapat dua jenis pengguna yaitu CUE dan DUE dengan kondisi diam agar tidak terjadi *handover*. Arah transmisi *uplink*. Pada penelitian ini, model sistem dirancang dengan *user* dalam kondisi diam agar tidak terjadi *handover*. Diasumsikan interferensi pada komunikasi D2D tidak diperhitungkan karena kompleksitas yang rumit. Pasangan D2D menggunakan kanal dalam mode *underlay*. Ilustrasi model sistem yang akan disimulasikan telah ditunjukkan pada gambar 1.

b. Parameter Simulasi

Pengalokasian *resource* dengan memvariasikan radius CUE ke BS memiliki parameter simulasi yang telah ditetapkan pada tabel 1.

Tabel 1. Parameter Simulasi

Parameter	Nilai
Area simulasi	500 × 500 m
Jumlah CUE (N)	10
Jumlah pasangan D2D (M)	20
Radius maksimum D2D	50 m
Radius maksimum CUE ke BS	100, 150, ..., 500 m
Frekuensi (f)	2 GHz
Bandwidth (B)	2 MHz
Daya transmisi CUE	24 dBm
Daya transmisi DUE	10 dBm
Path loss exponent	3

c. Path loss

Path loss adalah adanya rugi-rugi transmisi pada lintasan antenna pengirim (Tx) ke penerima (Rx) [6]. Terjadinya *path loss* disebabkan seperti kondisi geografis, medium propagasi, jarak Tx dan Rx dan lokasi. Model *path loss* yang digunakan pada penelitian ini yaitu *model log distance path loss*. Secara matematis, *path loss* dinyatakan dalam persamaan [7]:

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

di mana $PL(d_0)$ adalah *path loss* dengan menggunakan referensi jarak d dekat, n adalah *path loss exponent*, d adalah jarak Tx ke Rx dan X adalah *zero-mean Gaussian distributed random variable* dengan standar deviasi dengan satuan dB.

d. SINR

Signal to Interference plus Noise Ratio (SINR) adalah parameter rasio perbandingan antara sinyal utama yang ditransmisi dengan interferensi. Interferensi biasanya terjadi pada proses komunikasi D2D dan komunikasi seluler.

Pada penelitian ini dibutuhkan nilai SINR pada sisi BS dan SINR pada sisi DUE Rx. Secara matematis, SINR pada BS dinyatakan pada persamaan (2) dan SINR pada D2D dinyatakan pada persamaan (3).

$$\gamma C_{n,m} = \frac{P_n G_{n,BS}}{P_m G_{mTx,BS} + \sigma^2} \quad (2)$$

$$\gamma D_{n,m} = \frac{P_m G_{mTx,mRx}}{P_n G_{n,mRx} + \sigma^2} \quad (3)$$

di mana $\gamma C_{n,m}$ adalah SINR pada BS, P_n adalah daya transmisi CUE n, $G_{n,BS}$ adalah *gain* CUE n ke BS, P_m adalah daya transmisi DUE m, G_{mTx} adalah *gain* DUE m ke BS, $G_{mTx,mRx}$ adalah *gain* DUE Tx ke D2D Rx, $G_{n,mRx}$ adalah *gain* CUE ke D2D Rx dan σ^2 adalah *noise*.

e. Alokasi Resource dengan Algoritma Hungarian

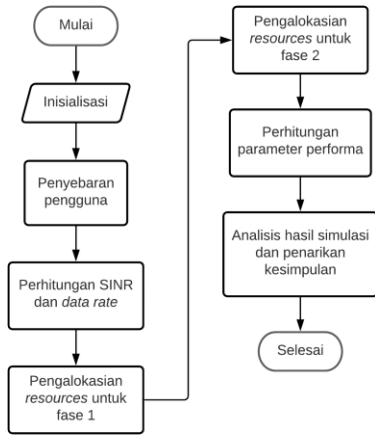
Alokasi *resource* dengan dua fase di mana fase pertama pengalokasian pasangan D2D ke kanal yang tersedia menggunakan algoritma *Hungarian*. Bagi pasangan D2D yang belum teralokasi, akan dialokasikan pada fase kedua dengan syarat *data rate* CUE melebihi *data rate* minimum D2D sebesar 10 Mbps. Jika yang memenuhi syarat tersebut hanya sebanyak N maka kanal yang bisa digunakan kembali sebanyak N pula.

Algoritma *Hungarian* adalah algoritma untuk mendapatkan solusi optimal dari permasalahan matriks berdimensi N x N [8]. Algoritma tersebut digunakan untuk mendapatkan SINR pada sisi BS dan sisi D2D yang paling optimal untuk mengalokasi *resource*. Berikut langkah-langkah algoritma *Hungarian* beroperasi dalam menyelesaikan permasalahan matriks berdimensi N x N sebagai berikut [9]:

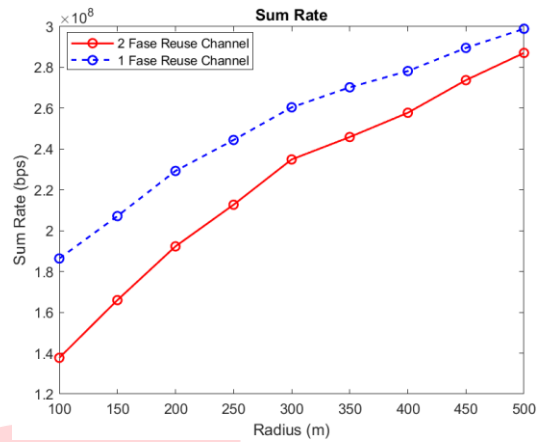
1. Menentukan nilai maksimum pada masing-masing baris dan kolom matriks.
2. Kalkulasi nilai maksimum yang telah diperoleh.
3. Menentukan nilai u_i dan v_j sesuai hasil penjumlahan nilai maksimum.
4. Beri nilai 1 pada posisi yang hasil penjumlahan u_i dan v_j yang sama dengan nilai matriks.
5. Beri tanda * pada angka 1 di setiap baris dengan kolom berbeda.
6. Mencari *possible* transfer yang memungkinkan dan lakukan perpindahan tanda *. Jika tidak didapati *possible* transfer, diwajibkan untuk lanjut ke aksi berikutnya.
7. Menentukan baris dan kolom yang esensial dengan catatan untuk kolom esensial, *cost assignment* akan ditambahkan atau dikurangi. Untuk baris tidak esensial, *cost assignment* akan dikurangi dan kolom tidak esensial tidak akan ditambah atau dikurangi budget assignment-nya.
8. Ulangi poin 6 dan 7 sampai mendapatkan solusi optimal.

f. Skema Simulasi

Skema simulasi untuk pengalokasian *resource* menggunakan algoritma *Hungarian* dilakukan dengan dua fase. Pada fase pertama, dilakukan pengalokasian satu pasangan D2D ke kanal yang ada. Selanjutnya pada fase kedua, beberapa pasangan D2D yang tidak teralokasi pada fase pertama dan memenuhi syarat dapat ditambahkan di kanal yang telah tersedia. Skema simulasi ditunjukkan pada gambar 2.



Gambar 2. Skema Simulasi



Gambar 3. Hasil Sum rate

Pada gambar 3 menampilkan hasil 2 grafik *sum rate* di mana masing-masing adalah skema 2 fase *reuse* kanal ditandai dengan warna merah dan 1 fase *reuse* kanal berwarna biru. Pada gambar 4.1 menunjukkan bahwa semakin besar radius CUE ke dalam sistem untuk masing-masing skema alokasi maka semakin besar pula *sum rate* yang diperoleh. Hal ini dikarenakan jarak antar pengguna DUE tetap dan tiap bertambahnya radius pengguna ke BS mengakibatkan interferensi yang dialami kecil.

IV. HASIL DAN PEMBAHASAN

Setelah dilakukan simulasi maka diperoleh hasil performa dari parameter *sum rate*, *fairness* pada sisi BS dan D2D.

a. Data rate

Data rate adalah banyaknya bit yang ditransmisikan di setiap detiknya. Pada penelitian ini, dilakukan perhitungan *data rate* pada sisi CUE dan *data rate* pada sisi DUE. Secara matematis, *data rate* pada sisi CUE dan *data rate* pada sisi DUE didefinisikan pada masing-masing persamaan 2.3 dan 2.4 [19]:

$$\mu C_{n,m} = B \log_2(1 + \gamma C_{n,m}) \quad (4)$$

$$\mu D_{n,m} = B \log_2(1 + \gamma D_{n,m}) \quad (5)$$

di mana B adalah *bandwidth*, $\gamma C_{n,m}$ adalah *data rate* pada sisi CUE dan $\gamma D_{n,m}$ adalah *data rate* pada sisi DUE.

b. Sum rate

Sum rate adalah jumlah keseluruhan *data rate* CUE dan DUE. Secara matematis, *sum rate* didefinisikan pada persamaan :

$$SR = \sum_{n=1}^N \sum_{m=1}^M (x_{n,m} \mu C_{n,m}) + (x_{n,m} \mu D_{n,m}) \quad (6)$$

di mana $x_{n,m}$ adalah matriks alokasi saat CUE ke n memakai *resource* yang sama dengan DUE ke m , $\mu C_{n,m}$ adalah *data rate* pada CUE dan $\mu D_{n,m}$ adalah *data rate* pada DUE.

Tabel 2. Nilai Rata-rata *Sum rate*

Skema Alokasi Resource	Sum rate (bps)
2 fase <i>reuse</i> kanal	$2,231 \times 10^8$
1 fase <i>reuse</i> kanal	$2,516 \times 10^8$

Pada tabel 2 menunjukkan bahwa *sum rate* pada skema 2 fase *reuse* kanal dengan pengalokasian menggunakan algoritma *Hungarian* diperoleh rata-rata *sum rate* sebesar $2,231 \times 10^8$ bps. Performa skema 2 fase *reuse* kanal lebih rendah 0,127% dari skema alokasi 1 fase *reuse*. Skema alokasi 1 fase *reuse* kanal lebih tinggi dengan nilai rata-rata *sum rate* sebesar $2,516 \times 10^8$ bps. Skema 2 fase *reuse* kanal memiliki performa lebih rendah dari skema 1 fase *reuse* dikarenakan nilai *data rate* pada CUE 2 fase *reuse* kanal paling rendah dibandingkan yang lainnya karena adanya pemanfaatan *resource* yang sama oleh banyak pengguna sehingga timbul interferensi lebih besar daripada skema 1 fase *reuse* kanal.

c. Fairness pada Sisi BS

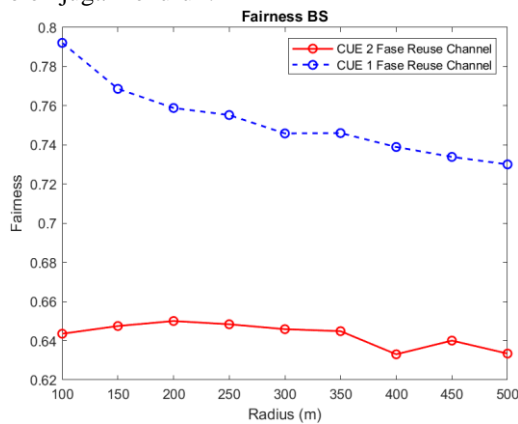
Fairness adalah tingkat adilnya pengguna dalam menggunakan *resource*. Digunakan *Jains*

Fairness Index (JFI) [10] dalam memperoleh *fairness* pada sisi BS yang didefinisikan pada persamaan:

$$Fairness_{BS} = \frac{(\sum_{n=1}^N \mu C_{n,m})^2}{N (\sum_{n=1}^N (\mu C_{n,m})^2)} \quad (7)$$

di mana $\mu C_{n,m}$ adalah *data rate* pada CUE, N adalah jumlah CUE. Nilai *fairness* mendekati 1 artinya pembagian *resource* yang diterima oleh pengguna dapat dikatakan adil.

Pada gambar 4 menampilkan hasil performa dari skema 2 fase *reuse* kanal mengalami penurunan tidak signifikan seiring bertambahnya radius karena CUE merasakan *sum rate* yang merata. Berbeda pada skema 1 fase *reuse* kanal dengan bertambahnya radius CUE ke dalam sistem dapat mempengaruhi penurunan performa *fairness* secara signifikan. Hal ini dikarenakan tiap bertambahnya radius CUE ke BS, *sum rate* CUE untuk masing-masing skema yang diperoleh juga menurun.



Gambar 4. Fairness pada Sisi BS

Pada tabel 3 menampilkan bahwa *fairness* di sisi BS dengan alokasi 2 fase *reuse* kanal menggunakan algoritma *Hungarian* diperoleh rata-rata *fairness* sebesar 0,643. Performa skema 2 fase *reuse* kanal lebih rendah dengan nilai 0,17% dari skema alokasi 1 fase *reuse* kanal. Skema alokasi 1 fase *reuse* kanal lebih tinggi dengan nilai rata-rata *fairness* sebesar 0,752. Skema 2 fase *reuse* kanal memiliki performa lebih rendah daripada skema 1 fase *reuse* kanal dikarenakan *resource* yang tersedia harus dibagikan kepada jumlah pasangan D2D yang lebih banyak daripada jumlah pasangan D2D pada skema 1 fase *reuse* kanal.

Skema Alokasi Resource	Fairness
2 fase <i>reuse</i> kanal	0,643
1 fase <i>reuse</i> kanal	0,752

Tabel 3. Nilai Rata-rata *Fairness* pada Sisi BS

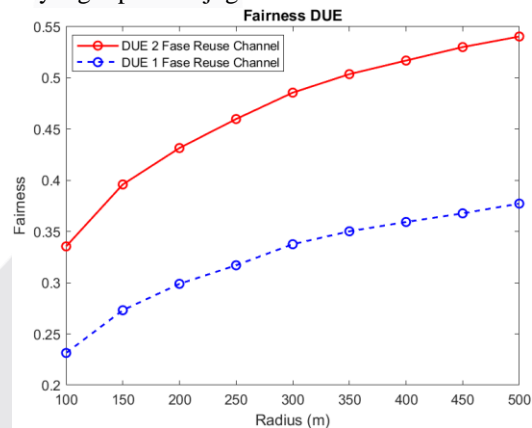
d. Fairness pada Sisi D2D

Digunakan *Jains Fairness Index* (JFI) [20] dalam memperoleh *fairness* pada sisi D2D yang didefinisikan pada persamaan:

$$Fairness_{D2D} = \frac{(\sum_{m=1}^M \mu D_{n,m})^2}{M (\sum_{m=1}^M (\mu D_{n,m})^2)} \quad (7)$$

di mana $\mu D_{n,m}$ adalah *data rate* pada DUE, M adalah jumlah DUE. Nilai *fairness* mendekati 1 artinya pembagian *resource* yang diterima oleh pengguna dapat dikatakan adil.

Pada gambar 5 menampilkan hasil performa *fairness* pada sisi D2D dengan dua skema yaitu skema 2 fase *reuse* kanal dan 1 fase *reuse* kanal. Skema 2 fase *reuse* kanal ditandai dengan warna merah dan skema 1 fase *reuse* kanal ditandai dengan warna biru. Pada gambar 4.5 dengan bertambahnya radius CUE ke dalam sistem untuk masing-masing skema alokasi mempengaruhi besarnya parameter *fairness* pada sisi D2D. Hal ini dikarenakan tiap bertambahnya radius CUE ke BS, *sum rate* DUE untuk masing-masing skema yang diperoleh juga besar.



Gambar 5. Fairness pada Sisi D2D

Tabel 4. Nilai Rata-rata *Fairness* pada Sisi D2D

Skema Alokasi Resource	Fairness
2 fase <i>reuse</i> kanal	0,467
1 fase <i>reuse</i> kanal	0,324

Pada tabel 4 menampilkan bahwa *fairness* di sisi D2D dengan alokasi *reuse* kanal diperoleh rata-rata *fairness* sebesar 0,467. Performa skema 2 fase *reuse* kanal lebih tinggi dengan nilai 0,441% dari skema alokasi 1 fase *reuse* kanal. Skema alokasi 1 fase *reuse* kanal lebih rendah dengan nilai rata-rata *fairness*

sebesar 0,324. Skema 2 fase *reuse* kanal memiliki performa lebih tinggi dari skema 1 fase *reuse* kanal dikarenakan *resource* yang tersedia lebih banyak digunakan oleh pasangan D2D dibandingkan pasangan D2D pada skema 1 fase *reuse* kanal.

V. KESIMPULAN

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

1. Skema 2 fase *reuse* kanal menghasilkan performa *sum rate* sebesar $2,231 \times 10^8$ bps, *fairness* pada sisi BS sebesar 0,643 dan *fairness* pada sisi D2D sebesar 0,467.
2. Skema 2 fase *reuse* kanal memiliki performa *fairness* pada sisi D2D yang bagus dibandingkan performa *sum rate*, dan *fairness* pada sisi BS. Dengan kata lain, skema 2 fase *reuse* kanal cocok diterapkan pada komunikasi D2D. Hal ini dikarenakan banyaknya pasangan D2D dapat teralokasi. Namun, untuk komunikasi CUE kurang cocok dengan skema 2 fase kanal.

REFERENSI

- [1] R. A. Mulyadi and U. K. Usman, "Komunikasi Device-to-Device pada Jaringan Seluler 5G menggunakan mmWave," *Avitec*, vol. 2, no. 1, pp. 65–73, 2020, doi: 10.28989/avitec.v2i1.614.
- [2] P. Mach, Z. Becvar, and M. Najla, "Resource Allocation for D2D Communication with Multiple D2D Pairs Reusing Multiple Channels," *IEEE Wirel. Commun. Lett.*, vol. 8, no. 4, pp. 1008–1011, 2019, doi: 10.1109/LWC.2019.2903798.
- [3] W. Zhao and S. Wang, "Resource Sharing Scheme for Device-to-Device Communication Underlying Cellular Networks," *IEEE Trans. Commun.*, vol. 63, no. 12, pp. 4838–4848, 2015, doi: 10.1109/TCOMM.2015.2495217.
- [4] Y. Li, M. C. Gursoy, S. Velipasalar, and J. Tang, "Joint mode selection and resource allocation for D2D communications via vertex coloring," *2017 IEEE Glob. Commun. Conf. GLOBECOM 2017 - Proc.*, vol. 2018-Janua, pp. 1–6, 2017, doi: 10.1109/GLOCOM.2017.8254604.
- [5] Y. Qian, T. Zhang, and D. He, "Resource allocation for multichannel device-to-device communications underlying QoS-protected cellular network," *IET Commun.*, vol. 11, Nov. 2016, doi: 10.1049/iet-com.2016.0437.
- [6] S. Nindito, N. A. Siswandari, and O. Puspitorini, "ABSTRAK Path loss exponent," pp. 1–5.
- [7] M. Viswanathan, *Wireless Communication Systems in Matlab. Independent*. 2014.
- [8] R. . dan N. M. Nikmatuzaroh, "濟無No Title No Title No Title," *Skripsi*, 2019.
- [9] H. W. Kuhn, "The Hungarian method for the assignment problem," *Nav. Res. Logist.*, vol. 52, no. 1, pp. 7–21, 2005, doi: 10.1002/nav.20053.
- [10] R. Jain, D. Chiu, and W. Hawe, "A Quantitative Measure Of Fairness And Discrimination For Resource Allocation In Shared Computer Systems." 1998, [Online]. Available: <http://arxiv.org/abs/cs/9809099>.