

ALOKASI SUMBER DAYA RADIO PADA KOMUNIKASI UNDERLAY D2D MENGGUNAKAN TWO PHASED AUCTION BASED FAIR AND INTERFERENCE RESOURCE ALLOCATION

RADIO RESOURCE ALLOCATION IN D2D UNDERLAY COMMUNICATION USING TWO PHASED AUCTION BASED FAIR AND INTERFERENCE RESOURCE ALLOCATION

Alfiya Syifana¹, Linda Meylani², V.S.W. Prabowo³

^{1,2,3} Universitas Telkom, Bandung

¹alfiyasyfn@telkomuniversity.ac.id, ²lindameylani@telkomuniversity.ac.id,

³vinsensiusvsw@telkomuniversity.ac.id

Abstrak

Pertumbuhan telekomunikasi yang pesat menyebabkan peningkatan trafik layanan komunikasi pada *eNodeB*, sehingga dapat diatasi dengan *Device to Device* (D2D). D2D memungkinkan komunikasi antar dua device tanpa melalui *eNodeB*, sehingga menggunakan resource yang sama dengan resource *Cellular User Equipment* (CUE). Namun penggunaan resource secara bersamaan akan menyebabkan terjadinya interferensi. Penelitian ini melakukan alokasi resource block bagi D2D menggunakan algoritma *Two Phased Auction Based Fair and Interference Resource Allocation* (TAFIRA) yang dilakukan dalam dua sudut pandang berbeda yaitu dari sisi CUE dan sisi D2D. Setelah proses alokasi, dilakukan perhitungan, analisis terhadap parameter performansi, dan perbandingan dengan algoritma *Greedy*. Pada skenario ini TAFIRA D2D mendapatkan nilai *sumrate* sebesar $16,86 \times 10^7$ bps *spectral effieicny* sebesar 18,73 bps/Hz, *power efficiency* sebesar $16,86 \times 10^3$ bps/watt, *fairness* CUE sebesar 0,377 dan *fairness* D2D sebesar 0,868. Algoritma TAFIRA D2D menghasilkan performansi paling baik ketika jumlah D2D sama dengan jumlah CUE dan pada saat radius CUE semakin besar.

Kata kunci : *Device to Device, Underlaying, TAFIRA, Resource Block.*

Abstract

Telecommunications rapid growth has led to an increased communication service traffic on eNodeB, which Device to Device (D2D) can overcome this problem. D2D allows communication between two devices without going through eNodeB. It uses the Cellular User Equipment (CUE) resources simultaneously. However, it can cause interference. This research allocates resources for D2D using the Two Phased Auction Based Fair and Interference Resource Allocation (TAFIRA) algorithm, which is carried out in two different perspectives, namely from the CUE side and the D2D side. After the allocation process, the performance parameters are calculated, analyzed, and compared with the Greedy algorithm. The results simulation results show that TAFIRA D2D algorithm has better performance compared with TAFIRA CUE and Greedy algorithm, it gets a sumrate of 16.86×10^7 bps, spectral efficiency of 18.73 bps/Hz, power efficiency of 16.86×10^3 bps/watt, CUE fairness of 0.377, and D2D fairness of 0.868. The TAFIRA D2D algorithm produces the best performance when the number of D2D is equal to the CUE number and when the CUE radius is getting bigger.

Keywords: *Device to Device, Underlaying, TAFIRA, Resource Block.*

1. Pendahuluan

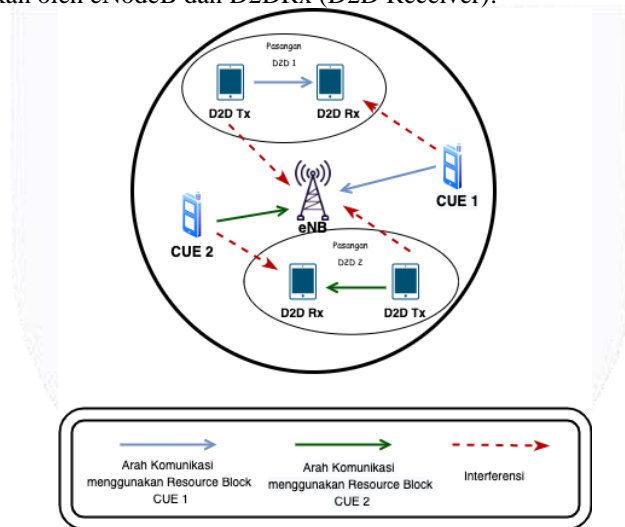
Pertumbuhan teknologi yang pesat terutama pada teknologi telekomunikasi menyebabkan terjadinya *traffic* pada *eNodeB* yang menyebabkan kualitas layanan menurun sehingga diperlukan penambahan kapasitas jaringan. Salah satu cara untuk meningkatkan kapasitas jaringan yaitu menggunakan fitur yang terdapat pada 5G yaitu *Device to Device* (D2D). D2D merupakan teknologi yang memungkinkan komunikasi langsung antar *device* tanpa melalui *eNodeB* sehingga dapat mengurangi *traffic* pada *eNodeB* [1]. Namun pada D2D belum mempunyai *resource* (sumber daya radio) sendiri untuk berkomunikasi sehingga D2D memanfaatkan spektrum frekuensi yang sama pada CUE (*Cellular User Equipment*) disaat yang bersamaan atau dapat disebut dengan komunikasi Underlay D2D. Hal tersebut menyebabkan timbulnya interferensi antar perangkat.

Oleh karena itu, salah satu upaya untuk mengurangi adanya interferensi yaitu dengan mengatur distribusi alokasi *resource*. Pada penelitian ini, distribusi alokasi *resource* menggunakan Algoritma *Two Phased Auction Based Fair and Interference Resource Allocation* (TAFIRA) yang dibandingkan dengan algoritma *greedy*. Kemudian parameter performansi yang dihasilkan akan dibandingkan dari setiap algoritma diharapkan dapat menemukan algoritma yang optimal untuk mengurangi interfeferensi.

2. Metodologi dan Perancangan Simulasi

2.1 Model Sistem

Pada penelitian ini model sistem yang digunakan yaitu *single cell* dengan tujuan untuk menghindari terjadinya interferensi yang disebabkan oleh *cell* tetangga. Pada gambar 1 menunjukkan bahwa komunikasi underlay D2D menggunakan arah transmisi uplink, dimana pasangan D2D berkomunikasi menggunakan *resource* yang secara bersamaan dengan CUE sehingga menimbulkan interferensi yang ditunjukkan dengan panah berwarna merah. Interferensi yang terjadi dirasakan oleh *eNodeB* dan D2DRx (D2D Receiver).



Gambar 1. Model sistem.

2.2 Signal to Noise Ratio (SINR)

SINR merupakan nilai perbandingan antara daya sinyal yang diterima *receiver* dengan jumlah daya interferensi dan *noise* yang terjadi. Semakin besar daya yang diterima maka nilai SINR yang dihasilkan semakin besar [2]. Namun daya yang digunakan harus berada dalam pada threshold yang telah ditentukan.

$$SINR_{i,j}^{eNB} = \frac{P_c \cdot G_{eNB,i}}{N_0 + P_D \cdot G_{eNB,jTx}} \tag{1}$$

$$SINR_{i,j}^{D2D} = \frac{P_D \cdot G_{jRx,jTx}}{N_0 + P_C \cdot G_{jRx,i}} \tag{2}$$

dimana P_c adalah daya pancar CUE dalam watt, P_D adalah daya pancar D2D Tx dalam watt, $G_{eNB,i}$ merupakan penguatan eNodeB terhadap CUE dalam watt, $G_{eNB,jTx}$ merupakan penguatan eNodeB terhadap D2D Tx dalam watt, $G_{jRx,jTx}$ merupakan penguatan D2D Tx ke D2D Rx dalam watt, $G_{jRx,i}$ merupakan penguatan D2D Rx terhadap CUE dalam watt, dan N_0 merupakan *noise* dalam watt.

Pada pekerjaan ini menggunakan model kanal *Urban Micro System* (Umi) dengan mempertimbangkan *pathloss* dan *shadowing* menggunakan persamaan (3).

$$G_{i,j} = PL_{i,j} + X_\sigma + \Pi \quad (3)$$

dimana $PL_{i,j}$ merupakan nilai *pathloss* dalam satuan dB, X_σ merupakan *large scale fading* yang terdistribusi Gaussian dan Π merupakan Rayleigh *small scale fading*.

$$PL = 36.7 \log_{10}(d) + 22.7 + 26 \log_{10}(fc) \quad (4)$$

dengan d adalah jarak antara *transmitter* dan *receiver* dalam meter dan fc adalah frekuensi *carrier* dalam giga hertz.

2.3 Algoritma yang diajukan

2.3.1 Algoritma TAFIRA

Algoritma TAFIRA (Two Phased Auction Based Fair and Interference Resource Allocation) merupakan salah satu algoritma yang dapat digunakan untuk mengurangi interferensi, baik pada *eNodeB* dan pada penerima pasangan komunikasi D2D dengan tetap mempertahankan target sistem *sum rate* dan memastikan *fairness* alokasi sumber daya di antara pasangan komunikasi D2D. Pada dasarnya, algoritma TAFIRA mencari interferensi terendah dari seluruh *user* lalu dari *user* tersebut dipilih kembali yang memiliki *data rate* tertinggi [3]. Berikut proses alokasi algoritma TAFIRA:

Fase 1:

- Inisiasi *input* kapasitas gabungan dari sisi *eNodeB* dan D2D.
- Semua *user* dialokasikan secara bersamaan.
- *User* yang memilih *resource* yang sama dialokasikan pada fase 2.

Fase 2:

- *User* yang mendapatkan *resource* terbesar dialokasikan.
- *User* yang belum mendapatkan *resource* dialokasikan kembali pada fase 1.
- *Resource* yang terpilih dihilangkan dari kandidat selanjutnya.

Proses tersebut akan berulang hingga seluruh *user* teralokasi. Pada penelitian ini algoritma TAFIRA dilakukan dengan dua sudut pandang yang berbeda yaitu pada sisi CUE dan sisi D2D. Algoritma TAFIRA dengan sudut pandang CUE yaitu CUE berbagi *resource* untuk D2D yang mendapatkan interferensi kecil. Algoritma TAFIRA dengan sudut pandang sisi D2D yaitu D2D memilih *resource* paling besar dari CUE untuk digunakan.

2.3.3 Algoritma Greedy

Pada komunikasi D2D, algoritma ini digunakan untuk penjadwalan. Urutan proses penjadwalan ditentukan berdasarkan urutan kedatangan *user*, *user* dengan urutan pertama dapat memilih *resource block* dengan kapasitas terbesar. *Resource block* yang telah digunakan oleh *user* tidak dapat digunakan kembali untuk *user* selanjutnya [4]. Berikut proses alokasi algoritma *Greedy*:

- Inisiasi *input* kapasitas gabungan dari sisi *eNodeB* dan D2D.
- Urutkan *user* berdasarkan waktu kedatangan.
- *User* memilih *resource* terbesar.
- *Resource* yang terpilih dihilangkan dari kandidat selanjutnya.

Proses tersebut akan berulang hingga seluruh *user* teralokasi.

2.4 Parameter Simulasi

Proses alokasi *resource* pada pekerjaan ini dilakukan menggunakan algoritma TAFIRA pada sisi D2D yang akan dibandingkan dengan algoritma TAFIRA CUE dan algoritma *Greedy*. Alokasi dilakukan dengan memvariasikan radius sel, yaitu dari 500 hingga 850 meter dengan kenaikan sebesar 50 meter, sedangkan radius D2D tetap yaitu 40 meter. Tabel 1 menunjukkan parameter simulasi yang akan digunakan.

Tabel 1. Parameter simulasi.

Parameter	Nilai
Radius <i>cell</i>	500-850 m
Radius D2D	40 m
Jumlah CUE	50
Jumlah pasangan D2D	50
Daya pancar CUE	0,5 watt
Daya pancar D2D	0,5 watt
Jumlah <i>resource block</i>	50
Bandwidth RB	180 KHz
Model <i>pathloss</i>	UMi Pathloss
Frekuensi kerja	1800 MHz
Model kanal	Rayleigh dengan ($\mu = 1$ dan $\sigma = 1$)
Model <i>Shadowing</i>	Lognormal dengan ($\mu = 0$ dan $\sigma = 1$)
Time Transmission Interval (TTI)	1000

Selanjutnya perhitungan parameter performansi setiap algoritma yang telah diajukan dan pengaruhnya terhadap variasi radius sel. Parameter performansi yang digunakan pada pekerjaan ini yaitu *sumrate*, *spectral efficiency*, *power efficiency*, dan *fairness*. *Sumrate* merupakan banyak data yang ditransmisikan dalam satu detik [5]. Persamaan (5) digunakan untuk menghitung nilai *sumrate*.

$$\mu_{i,j} = B \cdot \log_2(1 + SINR_{i,j}) \quad (5)$$

dimana SINR adalah *Signal to Interference Noise Ratio* dan B adalah *bandwidth* dalam satuan hertz. *Spectral efficiency* merupakan kecepatan data yang dikirimkan dalam setiap hertz [6]. Persamaan (6) digunakan untuk menghitung nilai *spectral efficiency*.

$$\epsilon_{i,j} = \frac{\mu_{i,j}}{B \cdot RB} \quad (6)$$

dimana $\mu_{i,j}$ adalah *sumrate* dan RB adalah *resource block* yang digunakan. *Power efficiency* merupakan seberapa efisien daya yang digunakan dalam mentransmisikan sejumlah bit dalam satu watt. Persamaan (7) digunakan untuk menghitung nilai *power efficiency* [7].

$$\eta_{i,j} = \frac{\mu_{i,j}}{I \cdot P_{CU} + J \cdot P_D} \quad (7)$$

dimana I adalah jumlah *user*, J adalah jumlah D2D, P_{CU} adalah daya pancar CUE dan P_D adalah daya pancar D2D. *Fairness* merupakan keadilan *sumrate* yang dirasakan oleh setiap *user* [8]. *Fairness* yang digunakan pada pekerjaan ini yaitu *Jains Fairness Index*. Persamaan (8) digunakan untuk menghitung nilai *fairness*.

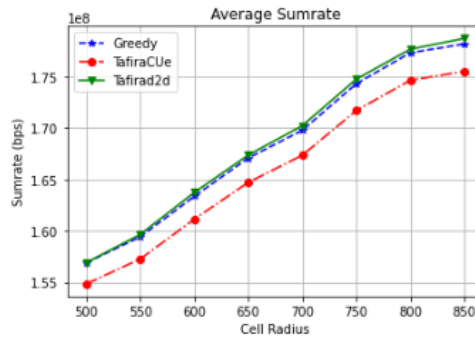
$$FI = \frac{(\sum_{i=1}^I \sum_{j=1}^J x_{i,j} \cdot \mu_{i,j})^2}{N \cdot \sum_{i=1}^I \sum_{j=1}^J (x_{i,j} \cdot \mu_{i,j})^2} \quad (8)$$

Nilai maksimum dari *fairness* adalah satu. Jika nilai *fairness* mendekati satu atau sama dengan satu maka setiap *user* mendapatkan *sumrate* secara adil.

3. Hasil dan Analisis

3.1 Sumrate

Pada gambar 2 menunjukkan perbandingan hasil *sumrate* dari setiap algoritma yang digunakan terhadap variasi radius sel. Dari gambar tersebut terlihat bahwa semakin besar radius sel nilai *sumrate* yang dihasilkan meningkat. Hal ini dikarenakan jarak antar D2D yang tetap dan jarak antar *user* ke *eNodeB* semakin jauh yang menyebabkan interferensi yang dirasakan kecil.



Gambar 2. Hasil *sumrate* setiap algoritma.

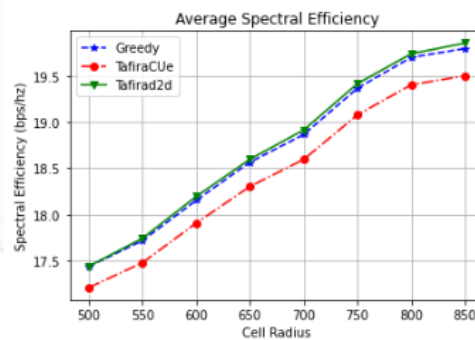
Tabel 2 menunjukkan nilai rata-rata *sumrate* setiap algoritma. Berdasarkan data tersebut terlihat bahwa *sumrate* tertinggi terjadi pada algoritma TAFIRA D2D, yaitu sebesar $16,83 \times 10^7$ bps. Nilai ini hampir sama dengan algoritma *Greedy* dengan perbedaan 0,03 bps lebih tinggi. *Sumrate* pada algoritma TAFIRA CUE 0,27 bps kurang efektif dibandingkan dengan algoritma TAFIRA D2D. Hal ini disebabkan jumlah D2D sama dengan jumlah CUE jarak D2D yang tetap sehingga membuat algoritma TAFIRA D2D memiliki nilai *sumrate* paling baik.

Tabel 2. Perbandingan rata-rata *sumrate* setiap algoritma.

Algoritma	Sumrate (bps)
<i>Greedy</i>	16.83×10^7
TAFIRA CUE	16.59×10^7
TAFIRA D2D	16.86×10^7

3.2 Spectral Efficiency

Pada gambar 3 menunjukkan perbandingan hasil *spectral efficiency* dari setiap algoritma yang digunakan terhadap variasi radius sel. Dari gambar tersebut terlihat bahwa semakin besar radius sel nilai *spectral efficiency* yang dihasilkan meningkat. Hal ini dikarenakan jarak antar D2D yang tetap dan jarak antar *user* ke *eNodeB* semakin jauh yang menyebabkan interferensi yang dirasakan kecil.



Gambar 3. Hasil *spectral efficiency* setiap algoritma.

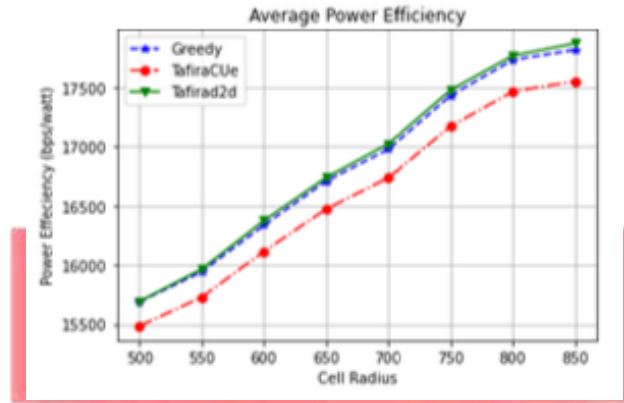
Tabel 3 menunjukkan nilai rata-rata *spectral efficiency* setiap algoritma. Berdasarkan data tersebut terlihat bahwa *spectral efficiency* tertinggi terjadi pada algoritma TAFIRA D2D, yaitu sebesar 18,73 bps/Hz. Nilai ini hampir sama dengan algoritma *Greedy* dengan perbedaan 0,03 bps/Hz lebih tinggi. *Spectral efficiency* pada algoritma TAFIRA CUE 0,3 bps/Hz kurang efektif dibandingkan dengan algoritma TAFIRA D2D. Hal ini disebabkan jumlah D2D sama dengan jumlah CUE jarak D2D yang tetap sehingga membuat algoritma TAFIRA D2D memiliki nilai *spectral efficiency* paling baik.

Tabel 3. Perbandingan rata-rata *spectral efficiency* setiap algoritma.

Algoritma	Spectral Efficiency (bps/Hz)
<i>Greedy</i>	18.7
TAFIRA CUE	18.43
TAFIRA D2D	18.73

3.3 Power Efficiency

Pada gambar 4 menunjukkan perbandingan hasil *power efficiency* dari setiap algoritma yang digunakan terhadap variasi radius sel. Dari gambar tersebut terlihat bahwa semakin besar radius sel nilai *power efficiency* yang dihasilkan meningkat. Hal ini dikarenakan jarak antar D2D yang tetap dan jarak antar *user* ke *eNodeB* semakin jauh yang menyebabkan interferensi yang dirasakan kecil.



Gambar 4. Hasil *power efficiency* setiap algoritma.

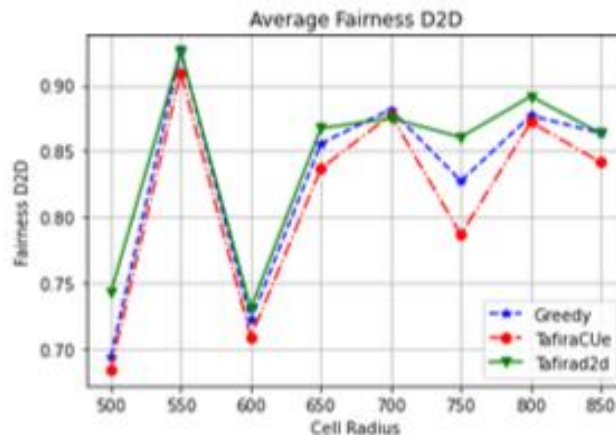
Tabel 4 menunjukkan nilai rata-rata *power efficiency* setiap algoritma. Berdasarkan data tersebut terlihat bahwa *power efficiency* tertinggi terjadi pada algoritma TAFIRA D2D, yaitu sebesar $16,86 \times 10^3$ bps/watt. Nilai ini hampir sama dengan algoritma *Greedy* dengan perbedaan 0,03 bps/watt lebih tinggi. *Spectral efficiency* pada algoritma TAFIRA CUE 0,27 bps/watt kurang efektif dibandingkan dengan algoritma TAFIRA D2D. Hal ini disebabkan jumlah D2D sama dengan jumlah CUE jarak D2D yang tetap sehingga membuat algoritma TAFIRA D2D memiliki nilai *power efficiency* paling baik.

Tabel 4. Perbandingan rata-rata *power efficiency* setiap algoritma.

Algoritma	Power Efficiency (bps)
Greedy	16.83×10^3
TAFIRA CUE	16.59×10^3
TAFIRA D2D	16.86×10^3

3.4 Fairness

Pada gambar 5 menunjukkan perbandingan hasil *fairness* D2D dari setiap algoritma yang digunakan terhadap variasi radius sel. Dari gambar tersebut terlihat bahwa semakin besar radius sel nilai *fairness* D2D yang dihasilkan naik turun. Hal ini dikarenakan data rate yang dirasakan setiap user berbeda-beda pada setiap iterasi sehingga mempengaruhi nilai *fairness*.



Gambar 5. Hasil *fairness* setiap algoritma.

Tabel 5 menunjukkan nilai rata-rata *fairness* D2D setiap algoritma. Berdasarkan data tersebut terlihat bahwa *fairness* D2D tertinggi terjadi pada algoritma TAFIRA D2D, yaitu sebesar 0,868. Nilai ini hampir sama dengan algoritma *Greedy* dengan perbedaan 0,015 lebih tinggi. *Fairness* D2D pada algoritma TAFIRA CUE 0,026 kurang efektif dibandingkan dengan algoritma TAFIRA D2D. Algoritma TAFIRA D2D lebih unggul dari algoritma TAFIRA CUE dan *Greedy* dikarenakan saat radius sel bertambah algoritma TAFIRA D2D membuat pasangan D2D merasakan *sumrate* yang merata.

Tabel 5. Perbandingan rata-rata *fairness* setiap algoritma.

Algoritma	<i>Fairness</i> D2D
<i>Greedy</i>	0.853
TAFIRA CUE	0.842
TAFIRA D2D	0.868

4. Kesimpulan

Berdasarkan hasil simulasi dapat disimpulkan bahwa:

1. Variasi radius CUE mengakibatkan kenaikan parameter performansi. Hal ini dikarenakan jarak antar *user* dan *user* ke *eNodeB* semakin jauh maka interferensi yang dihasilkan semakin kecil sehingga meningkatkan kinerja sistem.
2. Algoritma TAFIRA D2D memiliki parameter performansi paling baik yaitu nilai *sumrate* sebesar $16,86 \times 10^7$ bps, *spectral efficiency* sebesar 18,73 bps/Hz, *power efficiency* sebesar $16,86 \times 10^3$ bps/watt, *fairness* CUE sebesar 0,377 dan *fairness* D2D sebesar 0,868.
3. Algoritma TAFIRA menurut sudut pandang D2D menghasilkan parameter performansi yang paling baik. Hal ini dikarenakan jumlah D2D sama dengan jumlah CUE atau jumlah resource. Algoritma TAFIRA D2D juga menghasilkan kinerja yang baik diantara algoritma lainnya apabila jarak antar D2D tetap tapi jarak antar user dan jarak user ke *eNodeB* semakin jauh maka interferensi yang dirasakan sistem akan semakin kecil. Hal ini menyebabkan daya yang diterima pun semakin besar, sehingga kinerja yang dihasilkan meningkat.

REFERENSI

- [1] J. Huang, Y. Yin, Y. Zhao, Q. Duan, W. Wang, and S. Yu, "A Game-Theoretic Resource Allocation Approach for Intercell Device-to-Device Communications in Cellular Networks," *IEEE Trans. Emerg. Top. Comput.*, vol. 4, no. 4, pp. 475–486, 2016, doi: 10.1109/TETC.2014.2384372.
- [2] F. W. Zaki, S. Kishk, and N. H. Almfari, "Distributed resource allocation for D2D communication networks using Auction," in *National Radio Science Conference, NRSC, Proceedings*, 2017, no. Nrsc, pp. 284–293, doi: 10.1109/NRSC.2017.7893487.
- [3] M. T. Islam, A. E. M. Taha, S. Akl, and S. Choudhury, "A two-phase auction-based fair resource allocation for underlaying D2D communications," *2016 IEEE Int. Conf. Commun. ICC 2016*, 2016, doi: 10.1109/ICC.2016.7511460.
- [4] B. S. K. Sakti, A. Fahmi, and V. S. W. Prabowo, "Analisis Performansi Alokasi Sumber Daya Radio Berbasis Algoritma Greedy pada Sistem Komunikasi D2d Underlaying Analysis Performance Radio Resource Allocation with Greedy Algorithm In D2d Underlaying Communication," no. November 2019, pp. 260–268.
- [5] I. G. Fraimis and S. A. Kotsopoulos, "QoS-based proportional fair allocation algorithm for OFDMA wireless cellular systems," *IEEE Commun. Lett.*, vol. 15, no. 10, pp. 1091–1093, 2011, doi: 10.1109/LCOMM.2011.081211.111417.
- [6] J. Iqbal, M. A. Iqbal, A. Ahmad, M. Khan, A. Qamar, and K. Han, "Comparison of Spectral Efficiency Techniques in Device-to-Device Communication for 5G," *IEEE Access*, vol. 7, pp. 57440–57449, 2019, doi: 10.1109/ACCESS.2019.2914486.
- [7] D. T. Huynh, X. Wang, T. Q. Duong, N. S. Vo, and M. Chen, "Social-aware energy efficiency optimization for device-to-device communications in 5G networks," *Comput. Commun.*, vol. 120, pp. 102–111, May 2018, doi: 10.1016/J.COMCOM.2018.02.008.
- [8] M. Y. Ramadhan, V. Sigit, and A. Fahmi, "Alokasi Radio Resource Pada Jaringan Device To Device Menggunakan Algoritma Auction," vol. 16, no. 2, 2019.