

Analisis Kinerja Alokasi Sumber Daya Radio Untuk Memaksimalkan Efisiensi Energi Pada Komunikasi *Device – To - Device*

1st Lista Anggayani
Fakultas Teknik Elektro
Universitas Telkom
Bandung, Indonesia

listaanggayani@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

Seiring perkembangan teknologi terutama pada bidang telekomunikasi terus mengalami kemajuan untuk memenuhi kebutuhan manusia. Namun, jumlah pengguna jaringan seluler yang semakin bertambah, mengakibatkan kepadatan trafik pada *Base Station*. Salah satu cara untuk mengatasi hal tersebut adalah dengan menerapkan sistem komunikasi *Device-To-device* (D2D). Namun ketika *D2D User Equipment* (DUE) menggunakan kembali *resource* saluran *Cellular User Equipment* (CUE), maka interferensi akan terjadi. Penelitian ini dilakukan untuk mengurangi masalah interferensi yang terjadi dan memaksimalkan efisiensi energi pada CUE dan DUE. Skema *optimal power control* akan memanfaatkan nilai *threshold* daya pancar. Skema simulasi pada sistem komunikasi D2D yang digunakan yaitu model sistem sel tunggal arah *uplink* dan mode *underlay*. Berdasarkan hasil simulasi yang telah dilakukan, algoritma *greedy* menggunakan *power control* mendapatkan kinerja yang lebih unggul pada *sum rate* sebesar 1.7975×10^7 bps dengan kenaikan 36.0355%. *Spectral efficiency* sebesar 2.4965 bps/Hz dengan kenaikan 36.0355%. Efisiensi energi sebesar 2.0882×10^3 bps/mw dengan kenaikan 118.4779%. Sedangkan Algoritma *greedy* tanpa *power control* mendapatkan kinerja yang lebih unggul pada *Fairness* CU sebesar 1.00 dengan kenaikan 50.1462%. *Fairness* D2D sebesar 1.00 dengan kenaikan 162.300%. Dan *fairness* total sebesar 0.9998 dengan kenaikan sebesar 84.0005%.

Kata kunci—D2D communication, resource allocation, Skema Optimal Power Control, Algoritma Greedy.

I. PENDAHULUAN

Seiring dengan perkembangan zaman, teknologi terutama pada bidang telekomunikasi terus mengalami kemajuan untuk memenuhi kebutuhan manusia. Sistem komunikasi seluler generasi kelima (5G) saat ini menjadi teknologi yang dapat menyediakan berbagai layanan dan akses informasi tak terbatas dengan kemampuan berbagi data dimanapun, dan kapanpun [1]. Seiring dengan meningkatnya penggunaan layanan dan kemampuan tersebut, berdampak pada jumlah pengguna jaringan seluler yang semakin bertambah. Hal ini dapat mengakibatkan kepadatan trafik pada *Base Station*.

Permasalahan tersebut dapat menyebabkan pemrosesan informasi lebih rumit dan memakan waktu [2]. Salah satu cara untuk mengatasi hal tersebut adalah dengan menerapkan sistem komunikasi *Device-To-device* (D2D).

5G yang saat ini menjadi teknologi yang dapat menyediakan berbagai layanan dan akses informasi tak terbatas dengan kemampuan berbagi data dimanapun, dan kapanpun [1]. Salah satu layanan pada 5G yang tidak ada pada teknologi sebelumnya adalah *Device to Device* (D2D). D2D adalah teknologi komunikasi daya rendah jarak pendek, dimana perangkat seluler dapat berinteraksi secara langsung dengan perangkat seluler lainnya tanpa melalui BS [3]. Komunikasi D2D dapat meningkatkan efisiensi spektrum dan kapasitas pada jaringan seluler, hal tersebut sangat penting untuk memenuhi interaksi informasi antar user. Namun, ketika pasangan D2D dan CUE menggunakan sumber daya saluran secara bersamaan, akan terjadi interferensi. Jika interferensi tidak dihilangkan, maka kinerja sistem akan menurun. Tanpa mekanisme koordinasi daya yang baik, konsumsi energi akan menjadi masalah utama dalam pengembangan komunikasi D2D [4]. Maka dari itu cara untuk mengurangi interferensi yang terjadi pada CUE dan DUE dengan menglokasikan resource dan dengan menggunakan sistem kontrol daya secara tepat.

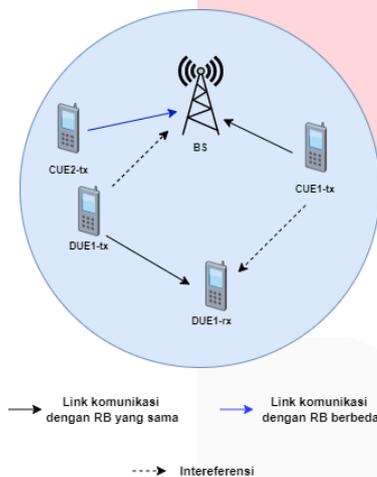
Pada pengerjaan tugas akhir ini, akan dilakukan simulasi berdasarkan penelitian [2]. pengalokasian *resource* akan menggunakan algoritma *greedy* dengan kontrol daya menggunakan skema *optimal power control* yang bertujuan untuk mengurangi interferensi dan memaksimalkan efisiensi energi seluruh sistem. Parameter yang akan dianalisis pada tugas akhir ini tidak hanya efisiensi energi seperti penelitian sebelumnya, tetapi terdapat parameter tambahan yaitu *sum rate*, *spectral efficiency*, dan *fairness*.

II. METODE

A. Model sistem

Dalam Tugas Akhir ini, desain model sistem yang digunakan yaitu berdasarkan pada model *single cell*. CUE dan DUE tersebar secara acak disekitar BS dengan asumsi diam. Jarak maksimal antar DUE yang digunakan adalah 25 m. Pada sistem model ini, BS akan mengalokasikan *resource* kepada CUE.

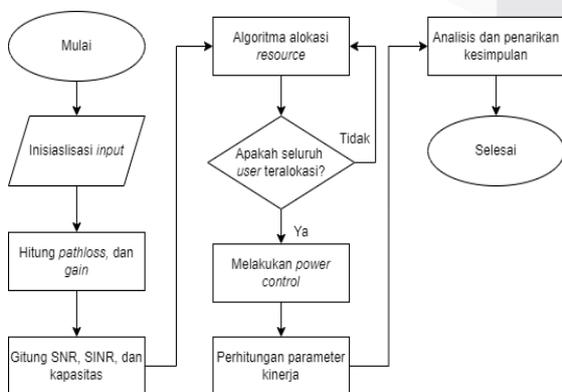
komunikasi D2D menggunakan mode *underlay* dimana pasangan DUE akan menggunakan *resource* yang sama dengan CUE yang telah diberikan oleh BS. *Resource* pada CUE hanya dapat digunakan kembali oleh satu pasang DUE, dan sebaliknya. Pada gambar 1 menunjukkan sistem bekerja pada mode *uplink*.



GAMBAR 1. Model sistem

B. Skema Simulasi

Skema simulasi untuk pengalokasian resource menggunakan algoritma Hungaria 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

C. Perhitungan *Path loss*, SINR, *Data Rate*

1. *Path loss*

Pathloss merupakan keadaan berkurangnya daya sinyal informasi yang dipancarkan dari pengirim ke penerima yang terjadi selama proses transmisi sinyal. Mode saluran yang di gunakan yaitu *Rayleigh fading channel* dengan asumsi keadaan *cell* adalah *urban micro cell* (UMi), sehingga untuk mendapatkan nilai *pathloss* dapat menggunakan persamaan berikut [5]:

$$PL = 22.0 \log_{10} (d) + 28.0 + 20 \log_{10} (fc), \quad (1)$$

dengan d adalah jarak antara pengirim dan penerima dalam m dan fc adalah frekuensi *carrier* dalam GHz.

2. SINR

Signal to Interference plus Noise Ratio (SINR) merupakan perbandingan nilai antara daya yang diterima dengan interferensi dan jumlah daya *noise* yang terjadi. Secara matematis, SINR dapat dirumuskan dengan menggunakan persamaan 2 dan persamaan 3 [2].

$$Y_{c_{i,j}} = \frac{P_i G_{i,BS}}{P_j G_{jTx,BS} + \sigma^2}, \quad (2)$$

$$Y_{d_{i,j}} = \frac{P_j G_{jTx,jRx}}{P_i G_{i,jRx} + \sigma^2}, \quad (3)$$

Dengan $Y_{c_{i,j}}$ adalah SINR CUE, $Y_{d_{i,j}}$ adalah SINR DUE, P_i adalah daya transmit CUE ke i , P_j adalah daya transmit D2D j , $G_{i,BS}$ adalah *gain* CUE ke BS, $G_{jTx,BS}$ adalah *gain* DUE Tx j ke BS, $G_{jTx,jRx}$ adalah *gain* DUE Tx ke DUE Rx, dan $G_{i,jRx}$ adalah *gain* CUE ke DUE Rx, dan σ^2 adalah *noise*.

3. *Data Rate*

Data rate adalah banyaknya data yang dapat ditransmisikan dalam jumlah dan waktu tertentu [6].

$$R_{c_{i,j}} = B \log_2 (1 + Y_{c_{i,j}}), \quad (4)$$

$$R_{d_{i,j}} = B \log_2 (1 + Y_{d_{i,j}}), \quad (5)$$

Dengan $R_{c_{i,j}}$ adalah *data rate* CUE, $R_{d_{i,j}}$ adalah *data rate* DUE, B adalah *bandwidth* RB dalam Hz, $Y_{c_{i,j}}$ adalah SINR CUE, dan $Y_{d_{i,j}}$ adalah SINR DUE.

D. Parameter Simulasi

Tabel 1 menunjukkan parameter yang sudah ditetapkan untuk digunakan dalam pelaksanaan simulasi.

TABEL 1. Parameter Simulasi

Parameter	Nilai
Jumlah CU	40 unit
Jumlah D2D	30 unit
Radius cell	200, 250, ..., 500 m
Frekuensi	2.3 GHz
Jarak maksimal antar DUE	25 m
Daya pancar CUE	24 dBm
Daya pancar DUE	21 dBm
Bandwidth RB	180 KHz
Noise power	-174 dBm/Hz
Pathloss	Model UMi

E. Parameter Performansi

1. Sumrate

Sumrate adalah total keseluruhan data rate dengan menjumlahkan nilai data rate pada CUE dan DUE. Sumrate dirumuskan sebagai berikut:

$$PL = 22.0 \log_{10}(d) + 28.0 + 20 \log_{10}(fc), \quad (6)$$

2. Spectral Efficiency

Spectral efficiency adalah jumlah data yang dapat ditransmisikan pada unit bandwidth yang teralokasikan pada sistem. Spectral efficiency dirumuskan sebagai berikut [7]:

$$SE = \frac{R_{sum}}{rb \cdot B}, \quad (7)$$

Dengan R_{sum} adalah sumrate, B adalah bandwidth, dan rb adalah resource block.

3. Efisiensi Energi

Efisiensi energi ditinjau dari nilai data rate yang dapat dicapai dalam 1 Watt. Efisiensi energi dirumuskan sebagai berikut [2]:

$$\eta_{ee} = \frac{R_{sum}}{P_{tot}}, \quad (8)$$

Dengan P_{tot} adalah total daya pada sistem dan R_{sum} adalah sumrate.

4. Fairness

Fairness merupakan parameter untuk menilai keadilan yang didapat oleh setiap user dalam

menerima resource. Fairness dirumuskan sebagai berikut [8]:

$$F = \frac{(\sum_{i=1}^n C_i)^2}{n \sum_{i=1}^n C_i^2}, \quad (9)$$

Dengan n merupakan total user pada sistem, dan C_i merupakan data rate user yang telah dialokasikan.

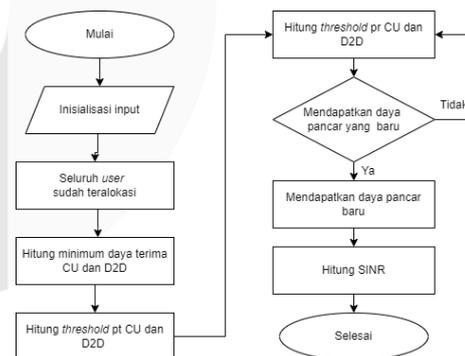
F. Algoritma yang diajukan

1. Algoritma Greedy

Algoritma greedy adalah algoritma yang digunakan untuk melakukan pengalokasian RB ke user. algoritma greedy melakukan proses pengalokasian RB dengan melihat kondisi kanal setiap user. Pengalokasian tersebut dilakukan pada saat pasangan D2D memilih RB yang dimiliki CUE dengan mencari nilai sumrate yang paling tinggi. Setelah pasangan D2D mendapatkan alokasi RB, pasangan D2D yang lain tidak dapat menggunakan RB yang sama.

2. Skema Optimal Power Control

Penggunaan skema optimal power control bertujuan untuk mengurangi interferensi dan meningkatkan efisiensi energi pada sistem. power control bekerja berdasarkan nilai daya pancar yang baru dengan menggunakan resource yang sama dengan algoritma greedy. Daya pancar sebagian user berasal dari threshold. Skema Optimal Power Control dapat dilihat pada gambar 3:



GAMBAR 3. Diagram Alir Skema Optimal Power Control

a. Perhitungan Minimum Daya Terima

Penggunaan skema optimal power control diawali dengan melakukan perhitungan terhadap minimum daya terima. Minimum daya terima dapat dirumuskan dengan persamaan 10 dan 11:

$$Prx_c^{min} = 0.5 \cdot \left(\text{mean} \left(\text{mean} (Prx_b^{dtx}) \right) \right), \quad (10)$$

$$Prx_d^{min} = \left(\min (Prx_{drx}^c) \right), \quad (11)$$

dengan Prx_c^{min} adalah nilai minimum daya terima CUE, Prx_d^{min} adalah nilai minimum daya terima DUE, Prx_b^{dtx} adalah daya terima dari D2D tx ke BS, dan Prx_{drx}^c adalah daya terima dari CUE ke D2D rx.

b. Perhitungan *Threshold* Daya Terima

Selanjutnya dilakukan perhitungan *threshold* daya terima menggunakan persamaan 12:

$$Prx_{th} = Y (Prx^{min} + N), \quad (12)$$

dengan Prx_{th} adalah *threshold* daya terima.

c. Perhitungan *Threshold* Daya Pancar

Setelah mendapatkan nilai *threshold* daya pancar, kemudian dilakukan perhitungan *threshold* daya terima menggunakan persamaan berikut:

$$Ptx_{th} = Prx_{th} + PL + \tau, \quad (13)$$

dengan Ptx_{th} adalah *threshold* daya yang dipancarkan, dan τ adalah *random variable* untuk *rayleigh fading*. Berikut merupakan persamaan untuk mendapatkan nilai daya pancar yang baru:

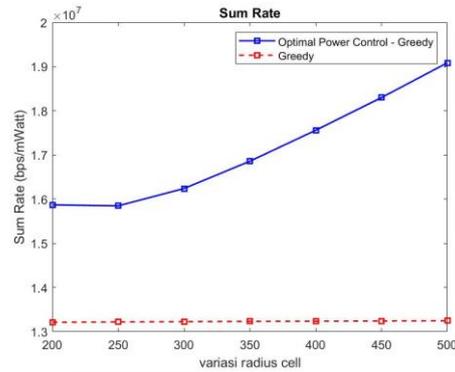
$$Ptx_c^{new} = \begin{cases} Ptx_c^{th}, & 0 < Ptx_c^{th} \leq Ptx_c \\ Ptx_c^{th}, & 0 < Ptx_c^{th} > Ptx_c \end{cases}, \quad (14)$$

$$Ptx_d^{new} = \begin{cases} Ptx_d^{th} \cdot Ptx_d, & 0 < Ptx_d^{th} \leq Ptx_d \\ Ptx_d^{th}, & 0 < Ptx_d^{th} > Ptx_d \end{cases}, \quad (15)$$

dengan Prx_c^{new} , Prx_d^{new} adalah daya pancar CUE dan DUE setelah menggunakan *power control*, Ptx_c^{th} , Ptx_d^{th} adalah *threshold* daya pancar CUE dan DUE yang sudah dialokasi, Ptx_c , Ptx_d adalah daya pancar CUE dan DUE sebelum menggunakan *power control*.

III. HASIL DAN PEMBAHASAN

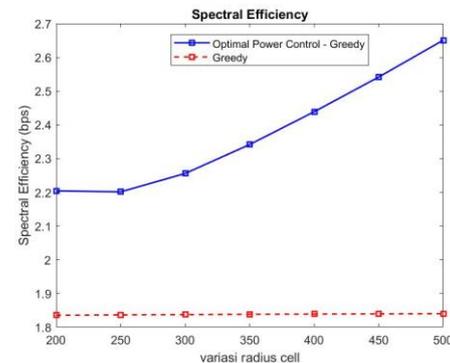
A. Sumrate



GAMBAR 4. Perbandingan *Sumrate*

Gambar 4 menunjukkan bahwa grafik pada plot skema *optimal power control* mengalami kenaikan *sumrate* seiring bertambahnya radius *cell*. Sedangkan pada plot algoritma *greedy* cenderung konstan. Hal ini disebabkan karena total daya yang digunakan pada skema *optimal power control* lebih kecil dibanding algoritma *greedy*. *Power control* akan memberikan lebih banyak daya untuk user yang memiliki *gain* yang lebih baik. Sebagian *power* yang digunakan pada skema *optimal power control* didapatkan dari nilai *threshold* daya pancar *user*.

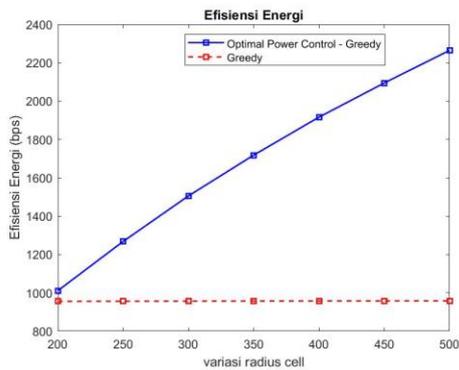
B. Spectral Efficiency



GAMBAR 5. Perbandingan *Spectral Efficiency*

Gambar 5 menunjukkan bahwa grafik pada plot skema *optimal power control* mengalami kenaikan *spectral efficiency* seiring bertambahnya radius *cell*. Sedangkan pada plot algoritma *greedy* cenderung konstan. Skema *optimal power control* memiliki nilai lebih tinggi dibandingkan algoritma *greedy* disebabkan karena *spectral efficiency* dipengaruhi oleh nilai *sumrate*. Saat nilai *sumrate* pada skema *optimal power control* lebih besar, maka *spectral efficiency* pada algoritma tersebut akan besar juga. Sedangkan pada *greedy*, nilai *sumrate* yang didapat tidak mengalami peningkatan sehingga *spectral efficiency* juga tidak mengalami kenaikan.

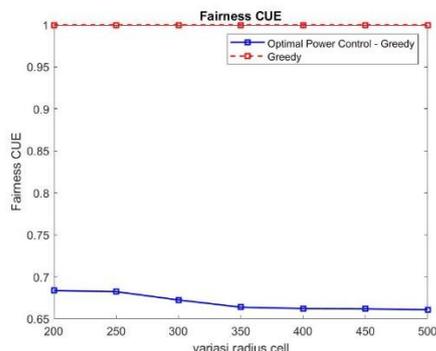
C. Efisiensi Energi



GAMBAR 6. Perbandingan Efisiensi Energi

Pada gambar 6 menunjukkan bahwa grafik pada plot skema *optimal power control* mengalami kenaikan *sumrate* seiring bertambahnya radius *cell*, hal tersebut dipengaruhi oleh kenaikan nilai *sumrate*. Sedangkan pada plot algoritma *greedy* cenderung konstan. Perbedaan terhadap kedua grafik tersebut disebabkan karena perbedaan penggunaan daya pancar yang digunakan. Algoritma *greedy* menggunakan daya pancar yang sudah diinisialisasi sebelumnya, sedangkan skema *optimal power control* menggunakan daya pancar yang dipengaruhi oleh nilai *threshold*.

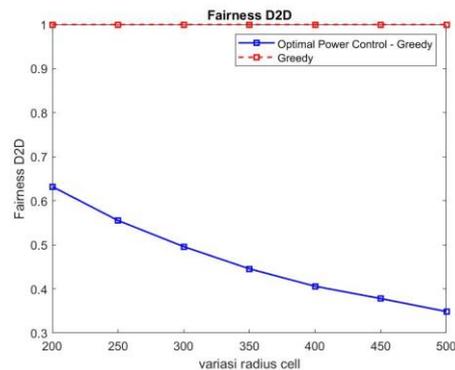
D. Fairness CUE



GAMBAR 7. Perbandingan Fairness CUE

Gambar 7 menunjukkan bahwa grafik pada plot skema *optimal power control*, *fairness CUE* mengalami penurunan seiring bertambahnya radius *cell*. Sedangkan pada plot algoritma *greedy* cenderung konstan. Perbedaan yang cukup signifikan berdasarkan grafik diatas disebabkan karena kesenjangan antar *user* yang semakin banyak. Nilai *fairness* pada algoritma *greedy* menunjukkan bahwa masing-masing *user* mendapatkan *resource* yang sama dimana nilai tersebut adil bagi setiap *user*.

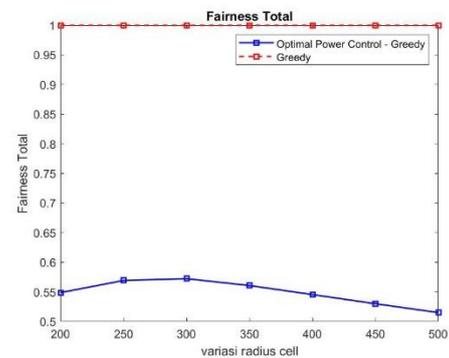
E. Fairness DUE



GAMBAR 8. Perbandingan Fairness DUE

Pada gambar 8 menunjukkan bahwa grafik pada plot skema *optimal power control*, *fairness DUE* mengalami penurunan seiring bertambahnya radius *cell*. Sedangkan pada plot algoritma *greedy* cenderung konstan. Perbedaan yang cukup signifikan berdasarkan grafik diatas disebabkan karena kesenjangan antar *user* yang semakin banyak. Nilai *fairness* pada algoritma *greedy* menunjukkan bahwa masing-masing *user* mendapatkan *resource* yang sama dimana nilai tersebut adil bagi setiap *user*.

F. Fairness Total



GAMBAR 9. Perbandingan Fairness Total

Pada gambar 9 menunjukkan bahwa grafik pada plot skema *optimal power control*, *fairness total* mengalami penurunan seiring bertambahnya radius *cell*. Sedangkan pada plot algoritma *greedy* cenderung konstan. Perbedaan yang cukup signifikan berdasarkan grafik diatas disebabkan karena kesenjangan antar *user* yang semakin banyak. Nilai *fairness* pada algoritma *greedy* menunjukkan bahwa masing-masing *user* mendapatkan *resource* yang sama dimana nilai tersebut adil bagi setiap *user*.

IV. KESIMPULAN

Hasil simulasi menunjukkan bahwa penggunaan *power control* pada alokasi *resource* dapat meningkatkan performansi seperti *sumrate*, *spectral efficiency*, dan efisiensi energi karena pengalokasian dilakukan dengan memberikan lebih banyak daya kepada user yang hanya memiliki *gain* yang lebih baik. Sedangkan user yang memiliki *gain* yang kecil, daya akan menyesuaikan nilai minimum yang berada dibawah nilai *threshold*. Pemaksimalan penggunaan daya tersebut akan membuat daya yang digunakan lebih sedikit namun dapat menyebabkan nilai *sumrate* lebih tinggi. Sedangkan algoritma *greedy* tanpa *power control* memiliki keunggulan terhadap *fairness* pada sisi CUE, DUE dan total. Hasil simulasi diperoleh dengan nilai *sumrate* 1.8274×10^7 bps, *power efficiency* 2.0529×10^3 bps/mwatt, *spectral efficiency* 2.5381 bps/Hz, *fairness* CU sebesar 0.9999, *fairness* D2D 1.00, dan *fairness* total sebesar 0.9998.

REFERENSI

- [1] U.S. Zulpratita, "Kunci teknologi 5g," Jurnal Ilmiah Teknologi Infomasi Terapan, vol. 4, no. 2, 2018.
- [2] S. Liu, Y. Wu, L. Li, X. Liu, and W. Xu, "A two-stage energy-efficient approach for joint power control and channel allocation in d2d communication," IEEE Access, vol. 7, pp. 16 940–16 951, 2019.
- [3] L. Jiang, H. Tian, Z. Xing, K. Wang, K. Zhang, S. Maharjan, S. Gjessing, and Y. Zhang, "Social-aware energy harvesting device-to-device communications in 5g networks," IEEE Wireless Communications, vol. 23, no. 4, pp. 20–27, 2016.
- [4] C. Kai, H. Li, L. Xu, Y. Li, and T. Jiang, "Energy-efficient device-to-device communications for green smart cities," IEEE Transactions on Industrial Informatics, vol. 14, no. 4, pp. 1542–1551, 2018.
- [5] M. Series, "Guidelines for evaluation of radio interface technologies for imtadvanced," Report ITU, vol. 638, pp. 1–72, 2009.
- [6] A. Goldsmith, Wireless communications. Cambridge university press, 2005.
- [7] D. Putri and M. Budi Setiyanto, "Perhitungan cakupan sel pada teknologi lte," JURNAL PENELITIAN TEKNIK ELEKTRO, vol. 3, no. 2010, 2010
- [8] F. Boabang, H.-H. Nguyen, Q.-V. Pham, and W.-J. Hwang, "Network-assisted distributed fairness-aware interference coordination for device-to-device communication underlaid cellular networks," Mobile Information Systems, vol. 2017, 2017.