

ALOKASI SUMBER DAYA DENGAN MENGGUNAKAN ALGORITMA MEAN-GREEDY PADA VISIBLE LIGHT COMMUNICATION RESOURCE ALLOCATION WITH USING MEAN-GREEDY ALGORITHM IN VISIBLE LIGHT COMMUNICATION

Bella Meilani Putri, Nachwan Mufti Adriansyah², Arfianto Fahmi³

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

¹bellameilaniputri@student.telkomuniversitygmail.ac.id

²nachwanma@telkomuniversity.ac.id ³arfiantofahmi@telkomuniversity.ac.id

Abstrak

Pada jurnal ini akan membahas proses pengalokasian sumber daya pada sistem Visible Light Communication (VLC) untuk meningkatkan kualitas sistem. Pengujian pada jurnal ini akan berfokus pada pengalokasian sumber daya berupa *time slots* menggunakan algoritma *Mean-Greedy* pada *User Equipment* (UE) yang akan dilakukan penyebaran secara acak dalam ruangan dengan ukuran 5 x 5 x 3 meter terdapat jumlah UE dari 5 hingga 17 UE. Parameter pengujian berupa *Data Rate*, *Energy Efficiency* dan *Fairness*. Pada hasil pengujian total *Data Rate* terhadap jumlah UE memiliki kenaikan dengan algoritma *Mean-Greedy*. Pada konsumsi daya penggunaan algoritma *Mean-Greedy* hemat 5.8% untuk target 960 Mbps pada penggunaan 6.6 Watt. Kemudian pada hasil pengujian nilai *fairness* sistem dipengaruhi oleh jumlah UE, Nilai *fairness* tertinggi diperoleh pada saat 5 UE dengan nilai sebesar 0.79 dan terdapat jumlah *fairness* terendah diperoleh pada saat 17 UE dengan nilai sebesar 0.233 dengan bertambahnya jumlah UE nilai total *Data Rate* akan naik dan menurunkan nilai *fairness*.

Kata kunci: *Visible Light Communication, Resource Allocation, Channel State Information, Fairness*

Abstract

This journal will discuss the process of allocating resources on the Visible Light Communication (VLC) system to improve the quality of the system. The main subject in this journal will focus on allocating time slots resources using the Mean-Greedy algorithm in User Equipment (UE) that will be carried out randomly in a room with a size of 5 x 5 x 4 meters, there are amounts from 5 to 25 UE. In this journal will present the result of Data Rate, Energy Efficiency and Fairness. In the results of the total Data Rate test against the number of UE has an increase with the Mean-Greedy algorithm. At power consumption the use of the Mean-Greedy algorithm sparingly 5.8% for the target of 960 Mbps on the use of 6.6 watts. Then in the test results The system fairness value is affected by the number of UE, the highest fairness value gained at the time of 5 UE with a value of 0.79 and there is the lowest fairness amount gained at 17 UE with a value of 0.233 with an increase in the number of EU total value Data Rate will increase and decrease fairness value. **Key words :** *Visible Light Communication, Resource Allocation, Channel State Information, Fairness*

1. Pendahuluan

Saat ini zaman dimana perkembangan teknologi komunikasi dan informasi sangat berkembang pesat, diiringi dengan bertambahnya jumlah pengguna media komunikasi yang sangat meningkat. Teknologi terbaru wireless saat ini sedang dikembangkan pada teknologi Light Fidelity (Li-Fi) [1] Maka dari itu, dibutuhkan layanan media komunikasi data yang sangat cepat dan efisien dikalangan pengguna untuk saat ini. Komunikasi cahaya tampak atau yang dikenal sebagai Visible Light Communication (VLC) adalah media komunikasi data dengan menggunakan cahaya tampak sebagai pembawa informasi. Selain menggunakan cahaya *laser*, cahaya dari lampu LED digunakan dalam sistem komunikasi optik sebagai sumber cahaya yang tidak berbahaya bagi penglihatan mata, teknologi ini menggunakan lampu LED karena tidak mengandung material berbahaya untuk penggunaan dalam jangka waktu yang lama

Salah satu permasalahan performansi yang terdapat pada sistem VLC adalah adanya kekurangan pada efisiensi daya kirim terhadap jumlah UE dan kualitas sistem tersebut. Pada tahun 2017 terdapat

penelitian [2] menggunakan algoritma *Mean-Greedy* sebagai proses pengalokasian sumber daya untuk optimasi dalam jaringan *Long Term Evolution* (LTE), penelitian menggunakan algoritma tersebut dapat meningkatkan nilai *Data Rate* dan kualitas sistem. Kemudian berdasarkan teori dan referensi maka penelitian Tugas Akhir ini diharapkan dapat menganalisis pengaruh proses pengalokasian sumber daya menggunakan algoritma *Mean-Greedy* pada sistem VLC terhadap kualitas suatu kanal dengan mengukur nilai parameter yang baik pada nilai *Data Rate*, *Fairness* dari setiap UE serta *Energy Efficiency*.

2. Dasar Teori

2.1. Visible Light Communication

Visible Light Communication (VLC) adalah sistem komunikasi cahaya tampak dengan memanfaatkan panjang gelombang 380 nm – 780 nm sebagai penghantar informasi [3]. Teknologi sistem VLC ini dikembangkan untuk diterapkan pada dalam ruangan, sistem VLC menggunakan LED sebagai penghantar informasi dan *photodetector* sebagai penerima. Karakteristik dari sistem VLC ini adalah tidak terdapat sebuah regulasi dibandingkan dengan komunikasi *Radio Frequency* (RF) yang memiliki regulasi pemakaian *frequency band* tertentu. Adapun keunggulan sistem VLC lainnya yaitu memiliki *bandwidth* 10.000 kali lebih lebar dari RF [3].

2.2. Photodetector

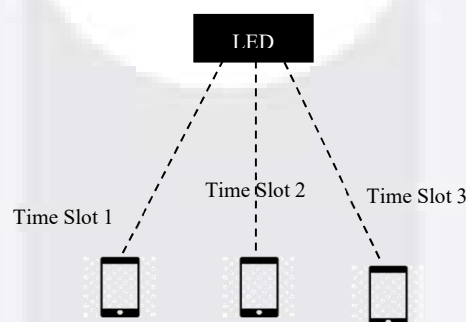
Photodetector digunakan sebagai pengukuran intensitas suatu cahaya. *Photodetector* menghasilkan sinyal listrik yang sebanding dengan sinyal optik, sehingga sinyal yang dihasilkan oleh *photodetector* selalu sebanding dengan daya optik yang diterima. Sinyal optik umumnya lemah setelah adanya proses transmisi melalui saluran komunikasi, maka *photodetector* harus memenuhi persyaratan seperti sensitifitas yang tinggi, *bandwidth* yang memadai, dan tingkat *noise* yang rendah dan terdapat jenis *photodetector* yang dapat digunakan di sisi penerima optik, yaitu *Positive Intrinsic Negative* (PIN), *Avalanche Photodiode* (APD) [4].

2.3. LED

Light Emitting Diode (LED) adalah perangkat elektronika semi-konduktor yang menghasilkan cahaya ketika arus listrik melewati celah antara katoda dan anoda didalam sistem perangkat tersebut terdapat *p-n junction* yang bergerak menyebabkan struktur positif dan negatif dapat berfungsi mengeluarkan cahaya saat menerima tegangan listrik [4].

2.4. TDMA

Time Division Multiple Access adalah teknik akses jamak yang berfungsi untuk memaksimalkan sumber daya yang disebabkan oleh banyaknya jumlah UE sehingga dapat menjaga kanal tersedia dengan baik. Pada sistem VLC ini menerapkan teknik TDMA menggunakan sinyal *carrier* pada proses pentransmisiian sinyal dengan pembagian *time slots* atau waktu [5]. Kemudian pada setiap satu *time slots* hanya melayani untuk satu UE seperti pada Gambar 1.



Gambar 1. TDMA pada sistem VLC [5].

2.5 Kanal Transmisi

Kanal adalah sebuah media yang berfungsi untuk mengirimkan informasi dari sisi pengirim ke sisi penerima. Pada sistem VLC cahaya LED berfungsi sebagai pengirim dan PIN *photodetector* sebagai penerima. Terdapat dua konfigurasi kanal transmisi yang digunakan pada sistem VLC dalam

ruangan yaitu *Line of Sight* (LOS) dan *Non-Light of Sight* (NLOS). Pada kanal LOS tidak adanya refleksi yang dipertimbangkan dan tidak ada benda penghalangan atau *obstacle* yang mempengaruhi *transmitter* dengan *receiver*. Kemudian pada pendistribusian sudut pada sistem VLC menggunakan intensitas radiasi Lambertian yang berhubungan dengan *semi-angle* atau *Full Width at Half Maximum* (FWHM) yang dirumuskan pada persamaan [4]:

$$m = \frac{-10 \log_{10}(2)}{\log_{10}(\cos\Phi_{1/2})} \quad (1)$$

$\cos\Phi_{1/2}$ merupakan simbol untuk nilai FWHM. Untuk kanal LOS dirumuskan dengan [4] :

$$H = \frac{(m+1) \cdot A_e \cdot \cos\phi^{(m+1)}}{2 \cdot \pi \cdot d^2} \quad (2)$$

dengan m adalah nilai emisi lambertian, A_e adalah cakupan luas wilayah *photodetector*, lalu d merupakan nilai suatu jarak antara pengirim dan ϕ adalah sudut penerima. Kemudian daya penerima yang dirumuskan pada persamaan [4]:

$$P_{rx} = P_{tot} \cdot H \cdot T_s(\Psi) \cdot g(\Psi) \cdot \cos(\psi) \cdot nLED, 0 \leq \psi \leq \psi_{con} \quad (3)$$

$T_s(\psi)$ adalah nilai penerima, kemudian simbol $g(\psi)$ sebagai nilai konsentrator gain, ψ_c merupakan nilai *Field of View* (FOV), total jumlah lampu LED yang digunakan pada penelitian ini diasumsikan dengan $nLED$.

2.5. Algoritma Mean-Greedy

Dalam penelitian Tugas Akhir ini menggunakan algoritma *Mean-Greedy* dengan menggunakan nilai CSI sebagai parameter pengalokasian sumber daya. Dalam menentukan suatu keputusan, Algoritma *Mean-Greedy* memiliki beberapa langkah untuk mendapatkan hasil keputusan terbaik. Berdasarkan [6] dan [7] dalam menentukan optimasi algoritma *Mean-Greedy* akan melihat posisi UE, selanjutnya dilakukan pemilihan UE dengan nilai terbaik dari hasil rata-rata UE pada setiap *time slots*. Sehingga seluruh UE akan mendapatkan pengalokasian sumber daya.

2.6. Signal to Noise Ratio

SNR merupakan perbandingan suatu daya sinyal yang kuat dan juga noise-nya yang untuk memperoleh kualitas kanal yang paling baik. Nilai SNR juga digunakan untuk mengetahui suatu nilai *noise*, semakin besar maka menunjukkan kualitas kanal yang makin baik. Perhitungan SNR dapat dilihat pada persamaan [4]:

$$SNR = \frac{(P_{rx} \cdot R \cdot M)^2}{2 \cdot q \cdot (I_p) \cdot B \cdot M^2 \cdot F(M) + 2 \cdot q \cdot (I_D) \cdot B \cdot M^2 \cdot F(M) + \frac{4 \cdot K_B \cdot T \cdot B}{R_L}} \quad (4)$$

q merupakan simbol untuk muatan elektron dengan ketetapan nilai $q = 1.602 \times 10^{-19}$, B adalah *bandwidth*, M adalah nilai multiplikasi ketetapan nilai 1 pada *photodetector* berjenis PIN *photodetector* I_p merupakan arus primer, I_D merupakan arus *dark*, $F(M)$ merupakan *noise figure* dengan kelipatan 1 pada *photodetector* PIN, I_L merupakan arus bocor, K_B adalah nilai konstanta Boltzman 1.38×10^{-23} J/K, T merupakan nilai untuk suhu noise dan R_L adalah nilai resistansi.

2.7. Fairness Indeks

Fairness Indeks sangat berguna untuk menyatakan keadilan kualitas alokasi sumber daya pada sistem VLC. Alokasi daya akan menjadi boros jika tidak menggunakan *fairness*. *Fairness* Indeks memiliki suatu nilai antara 0 sampai 1, jika nilai 1 maka sistem tersebut telah adil sedangkan jika bernilai 0 adalah sebaliknya. dalam penelitian ini pengukuran *fairness* indeks tiap *user* menggunakan rumus *Jain's Fairnes* [4] :

$$f(x) = \frac{(\sum x)^2}{n(\sum x^2)} \quad (5)$$

Simbol $f(x)$ untuk menyatakan nilai *fairness* (0 sampai dengan 1), n adalah jumlah UE dan x adalah jumlah *Data Rate*.

2.8. Data Rate

Datarate merupakan kapasitas kanal merupakan kecepatan data maksimum pada sisi penerima dengan nilai yang ideal tanpa ada kesalahan dan nilai rata-rata yang dikirim pada kanal akan sebanding dengan *bandwidth*. Rumus mencari nilai data rate atau kapasitas kanal menurut Shannon-Hartley adalah sebagai berikut [4]:

$$C = B \log_2(1 + SNR) \quad (6)$$

Simbol C merupakan nilai maksimum kapasitas dari suatu kanal (bit/detik), Kemudian simbol B merupakan nilai suatu *bandwidth* dan nilai SNR didapatkan pada sisi penerima.

2.9 Konsumsi Daya

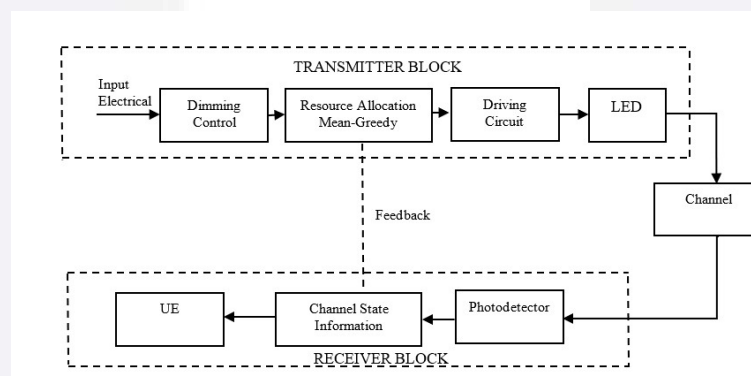
Konsumsi Daya digunakan untuk menentukan sebuah sistem memiliki nilai efisiensi yang baik. Konsumsi Daya diperoleh dari rumus berikut [4]:

$$\text{Konsumsi Daya} = \frac{\text{Usable Energy}}{\text{Total Energy}} \times 100 \% \quad (2.7)$$

dengan Konsumsi Daya adalah nilai rasio konsumsi daya, *Usable Energy* merupakan nilai daya yang diterima oleh masing masing UE dan *Total Energy* adalah nilai daya total.

3. Perancangan dan Simulasi Sistem

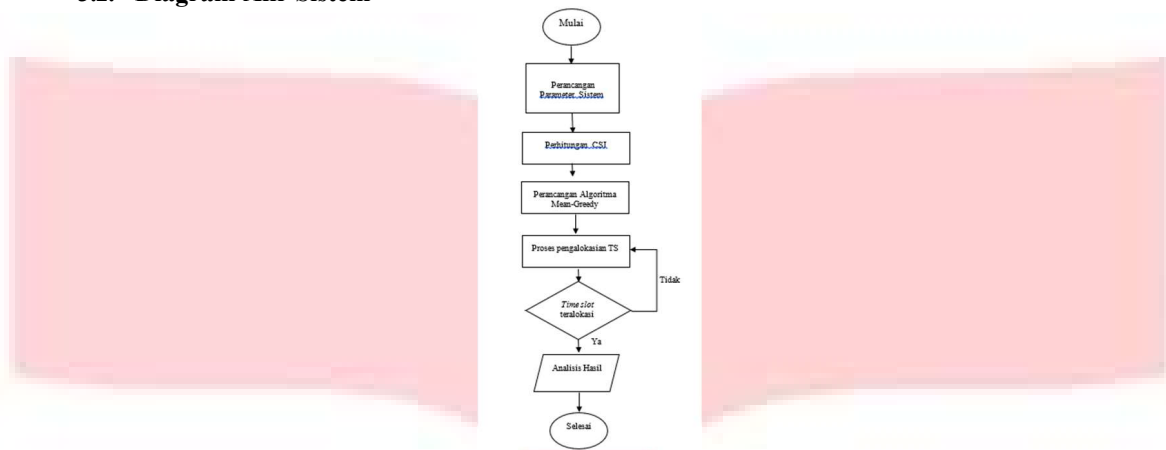
3.1. Blok Diagram Sistem



Gambar 2. Blok diagram sistem.

Pada Gambar 2 terdapat sistem VLC dengan proses pengalokasian sumber daya dengan menggunakan algoritma *Mean-Greedy*. Secara garis besar blok diagram terdiri dari blok *transmitter* dan blok *receiver*. Pada blok diagram sistem ini terdapat *feedback* dari pengirim ke penerima berupa nilai CSI yang berfungsi sebagai parameter pengambilan keputusan pada proses pengalokasian sumber daya dengan menggunakan algoritma *Mean-Greedy* [4].

3.2. Diagram Alir Sistem



Gambar 3. Daigram alir sistem.

Proses perancangan skenario pada sistem VLC dengan proses pengalokasian sumber daya berupa time slots di tunjukkan pada Gambar 3. Penelitian ini berfokus pada sistem VLC terhadap pengaruh dari kinerja sistem setelah proses pengalokasian menggunakan algoritma *Mean-Greedy*.

3.3. Desain VLC

Pada desain VLC, terdapat perancangan spesifikasi sistem VLC yang menjelaskan tentang teknis sistem yang digunakan. Parameter sistem VLC diambil dari penelitian terkait, yang terdiri dari spesifikasi LED, spesifikasi kanal, spesifikasi *photodetector*, dan algoritma pengalokasian yang digunakan.

3.3.1 Spesifikasi LED

Pada simulasi ini digunakan satu buah lampu LED dengan daya sebesar 7 Watt. LED tersebut akan ditempatkan ditengah atas ruangan.

3.3.2 Kanal Transmisi

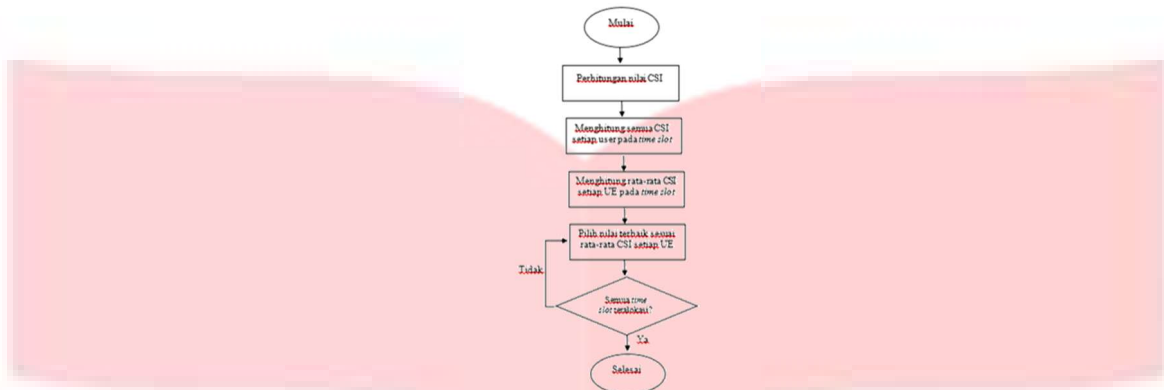
Model kanal yang digunakan dalam penelitian Tugas Akhir ini adalah *Line Of Sight (LOS)*. Dimana proses pengiriman antara pengirim dengan penerima bertemu langsung tanpa adanya penghalang baik interferensi cahaya atau *obstacle* seperti benda asing.

3.3.3 Spesifikasi *Photodetector*

Photodetector yang digunakan dalam penelitian Tugas Akhir adalah PIN *Photodetector*. *Photodetector* tersebut memiliki luas permukaan *area detector* sebesar 1cm^2 dengan *Field Of View (FOV)* sebesar 60° *Photodetector* tersebut memiliki rentang panjang gelombang 405nm serta memiliki responsivitas dari PIN sebesar 0.4 A/W.

3.3.4 Algoritma *Mean-Greedy*

Algoritma *Mean-Greedy* digunakan dalam penelitian ini dalam proses pengalokasian sumber daya pada sistem VLC. Proses algoritma *Mean-Greedy* akan menghasilkan nilai matriks CSI yang digunakan sebagai masukan, kemudian jumlah *time slots* ditentukan dalam pengujian terdapat 4 *time slot* pada setiap percobaan. Berdasarkan [7] dan [8] proses pengalokasian sumber daya berupa *time slots*, ada beberapa langkah untuk melakukan proses pengalokasian pada penelitian Tugas Akhir ini yang ditunjukkan pada Gambar 4.



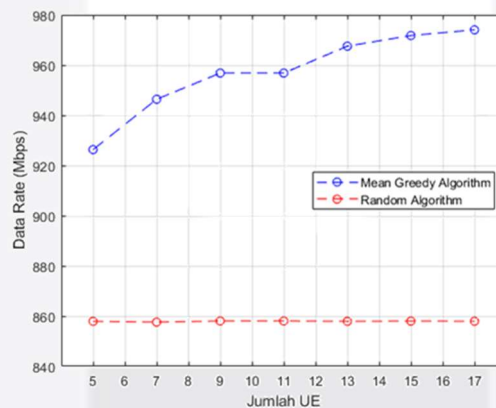
Gambar 4. Proses pengalokasian [7].

Pada diagram alir tersebut, *Mean-Greedy* melakukan pengalokasian *time slots* berdasarkan pada kondisi suatu kanal atau CSI yang diperoleh dari setiap UE. Nilai CSI dihitung untuk menentukan kualitas kanal pada setiap UE. Kemudian setelah melakukan perhitungan dilakukan pengecekan nilai CSI pada tiap UE. *Time slot* pertama memiliki proses pertama pada pemilihan UE dengan nilai CSI terbaik kemudian UE tersebut tidak dapat dipilih kembali oleh *time slot* berikutnya, langkah selanjutnya adalah memilih nilai terbaik sesuai rata-rata setiap UE pada *time slots*. Langkah terakhir dengan mengambil keputusan, apabila *time slots* seluruhnya telah teralokasi maka proses selesai.

4. Hasil dan Analisis

Pengujian dilakukan dengan beberapa parameter pengujian diantaranya menentukan nilai SNR atau nilai CSI, nilai total *Data Rate*, *Energy Efficiency*, dan nilai *Fairness* pada sistem. Setiap pengujian dilakukan dengan asumsi jumlah UE bervariasi, pada lokasi UE akan secara acak. Hasil tersebut kemudian dianalisis untuk mengetahui pengaruh proses pengalokasian sumber daya dengan menggunakan algoritma *Mean-Greedy* dan tanpa menggunakan algoritma *Mean-Greedy* terhadap kinerja pada sistem VLC.

4.1. Nilai Data Rate



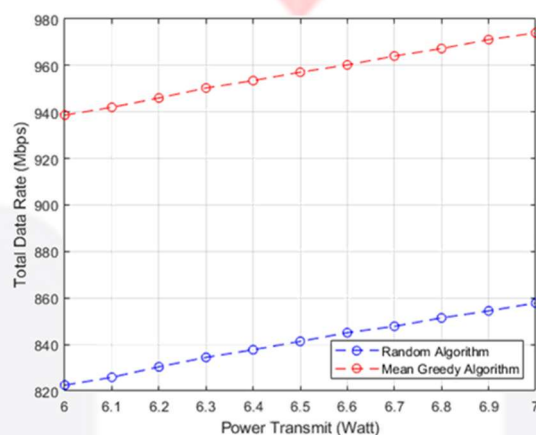
Gambar 5. Perbandingan dengan jumlah UE bervariasi dan tanpa menggunakan algoritma.

Pengujian *Data Rate* menggunakan persamaan (6) dengan menggunakan algoritma *Mean-Greedy* sebagai alokasi sumber daya. Pada gambar diatas terdapat nilai *Data Rate* sistem meningkat dari jumlah 5 UE hingga 17 UE ketika sistem VLC menggunakan algoritma *Mean-Greedy* akan menjaga kualitas sistem tersedia dengan baik. Hal ini disebabkan oleh dalam menentukan suatu keputusan, algoritma *Mean-Greedy* memiliki beberapa langkah untuk mendapatkan hasil keputusan terbaik, untuk menentukan optimasi algoritma akan melihat posisi UE selanjutnya dilakukan pemilihan UE dengan nilai terbaik dari hasil rata-rata UE pada *time slots*

sehingga kemungkinan nilai terkecil tidak pernah diambil. Semakin tinggi nilai SNR yang diperoleh UE yang terhubung pada sumber maka nilai Data Rate UE tersebut akan tinggi. Nilai terkecil dalam pengujian ini terdapat pada 5 UE dengan total nilai Data Rate sebanyak 926.232 Mbps dan nilai datarate tertinggi pada 17 UE dengan total nilai 974.205 Mbps. Rata-rata Data Rate pada sistem berada pada 926.205 Mbps.

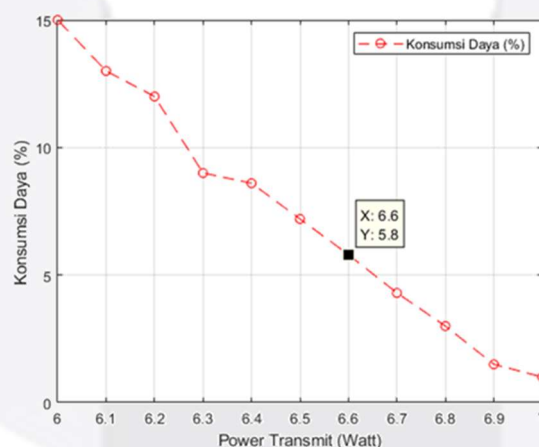
Kemudian pengujian *Data Rate* menggunakan persamaan (6) menggunakan algoritma *Random* sebagai alokasi sumber daya. Nilai *Data Rate* dalam pengujian ini cenderung dinamis dan stabil, Nilai *Data Rate* terkecil dalam pengujian ini terdapat pada 13 UE dngan nilai 856.907 Mbps dan nilai tertinggi pada 15 UE dengan nilai 857.883 Mbps, hal ini terjadi dikarenakan dalam proses pengalokasian tiap *time slots* secara berurutan dengan tidak meperhatikan kualitas nilai CSI yang dipilih. Proses alokasi sumber daya pada masing masing UE berdasarkan nilai kanal CSI yang menjadi nilai *feedback* antara UE dengan sumbernya.

4.2. Konsumsi Daya



Gambar 6. Perbandingan *Data Rate* terhadap nilai variasi daya kirim.

Proses pengujian dilakukan dengan menghitung nilai *Data Rate* dengan penggunaan variasi daya kirim 6 Watt hingga 7 Watt. Pengujian ini dilakukan untuk mengetahui nilai energi efisiensi yang diperoleh saat menggunakan algoritma *Mean-Greedy* dan tanpa menggunakan algoritma *Mean-Greedy*. Selanjtnya dilakukan pengujian target Data Rate yang akan diperoleh sebesar 960 Mbps.

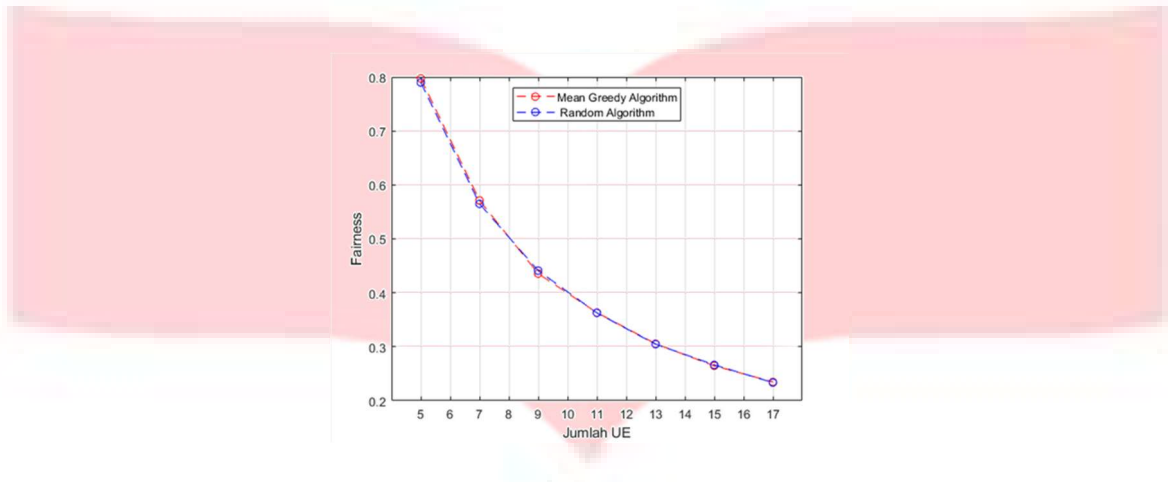


Gambar 7. Nilai presentase konsumsi daya degan target 960 Mbps

Pada Gambar 6 menunjukkan hasil kurva presentase konsumsi daya pada sistem terhadap variasi daya kirim 6 Watt Hingga 7 Watt dengan pengalokasian sumber daya menggunakan algoritma *Mean-Greedy*. Kemudian untuk memenuhi target Total *Data Rate* sebesar 960 Mbps maka nilai konsumsi daya dihitung menggunakan persamaan (2.7) dengan nilai daya yang digunakan sebesar 6.6

Watt dan daya total sebesar 7 Watt maka nilai konsumsi daya pada sistem VLC tersebut sebesar 5.8%.

4.3 Fairness Sistem



Gambar 8. Nilai *fairness* pada sistem.

Pada Gambar 8 menunjukkan grafik nilai *fairness* pada sistem. Hasil dari grafik tersebut menunjukkan penambahan jumlah UE yang dapat mempengaruhi nilai *fairness* pada sistem VLC tersebut. Sistem VLC dikatakan tidak adil apabila nilai *fairness* mendekati nilai 0 dengan bertambahnya jumlah UE. Terdapat nilai *fairness* tertinggi pada jumlah 5 UE dengan nilai 0.79 dan nilai *fairness* terendah pada saat jumlah 17 UE dengan nilai 0.233. Hal ini disebabkan karena pengaruh dari keterbatasan jumlah time slots yang hanya berjumlah 4 time slots.

5. Kesimpulan

Berdasarkan hasil analisis terhadap sistem VLC dengan proses pengalokasian menggunakan algoritma *Mean-Greedy*, dapat ditarik kesimpulan sebagai berikut :

1. Bertambahnya jumlah UE ketika pengalokasian sumber daya menggunakan algoritma *Mean-Greedy* pada sistem VLC dapat meningkatkan nilai total *Data Rate* sistem.
2. Berdasarkan perbandingan *Data Rate* sistem menggunakan algoritma *Mean-Greedy* mendapatkan nilai *Data Rate* tertinggi terdapat pada 17 UE dengan nilai 974 Mbps kemudian nilai *Data Rate* terkecil terdapat pada 5 UE dengan nilai 926.232 Mbps. Terdapat proses pengalokasian sumber daya tanpa menggunakan algoritma menghasilkan nilai *Data Rate* dinamis dan stabil seiring bertambahnya jumlah UE. Nilai *Data Rate* yang dihasilkan pada jumlah 5 UE hingga 17 UE berada pada nilai yang tetap yaitu dengan nilai 858 Mbps.
3. Pengujian konsumsi daya saat menggunakan algoritma *Mean-Greedy* terhadap variasi daya kirim dengan target 960 Mbps diperoleh 6.6 Watt dengan rasio konsumsi daya hemat 5.8%
4. Setiap bertambahnya jumlah UE maka nilai *fairness sistem* dapat berubah. Nilai *fairness* tertinggi diperoleh pada saat 5 UE dengan nilai sebesar 0.79 dan terdapat jumlah *fairness* terendah diperoleh pada saat 17 UE dengan nilai sebesar 0.233, tingkat sistem *fairness* akan menurun apabila terdapat banyak jumlah UE yang tidak mendapatkan alokasi.

DAFTAR PUSTAKA

- [1] G. I. Rinaldi, D. Darlis and H. Putri, "IMPLEMENTASI VISIBLE LIGHT COMMUNICATION (VLC) UNTUK KOMUNIKASI SUARA," Karya Ilmiah - TA (D3), vol. 1, p. 1, 2014.
- [2] V. . S. W. Prabowo, A. Fahmi and D. Perdana, "Modified Mean Greedy Allocation Algorithm in," e-Proceeding of Engineering, vol. 4, p. 932, 2017.
- [3] A. Trio, S. Fuada and A. Pradana, "Desain dan Realisasi Sistem Komunikasi Cahaya Tampak untuk Streaming Teks berbasis PWM," Jurnal Ilmiah SETRUM (Sistem-Kendali-Tenaga-Elektronika-Telekomunikasi-Komputer), vol. 6, no. 2, pp. 220-279, Desember 2017.
- [4] W. P. a. S. R. Z. Ghassemlooy, "Optical wireless communications: System and channel modelling with MATLAB", CRC Press, 2017.
- [5] S.-M. Kim, M.-W. Baek and S. H. Nahm, "Visible light communication using TDMA optical beamforming," EURASIP Journal on Wireless Communications, vol. 2017, no. 1, p. 56, 2017
- [6] A. Fahmi, M. Asvial and D. Gunawan, "Uplink resource allocation algorithms with fractional power control as power constraints for OFDMA system," IEEE Region 10 Annual International Conference, Proceedings/TENCON, p. 5, 1 Dec 2011.
- [7] V. S. Prabowo, Radio Resources Allocation Based-on Energy Saving for LTEAdvanced System, Bandung, 2016.
- [8] A. M. Abdelhady, O. Amin, A. Chaaban, B. Shihada and M.-S. Alouini, "Downlink resource allocation for dynamic TDMA-based VLC systems," IEEE Transaction On Wireless Communicatons, 2018.