

Analisis Perbandingan Pengaruh Alokasi Daya Menggunakan Metode Power Domain Noma Diterapkan Dalam Sistem *Visible Light Communication Non-Orthogonal Multiple Access* Dalam Ruangan

Analysis Comparasional The Effect Power Allocation With Power Domain Noma Visible Light Communication Non-Orthogonal Multiple Access System For Indoor

1st Ade Sri Meilani M.
Fakultas Teknik Elektro
Universitas Telkom
Bandung, Indonesia
adesrimeilani@student.telkomuniv
ersity.ac.id

2nd Nachwan Mufti Adriansyah
Fakultas Teknik Elektro
Universitas Telkom
Bandung, Indonesia
nachwannma@telkomuniversity.ac
.id

3rd Brian Pramukti
Fakultas Teknik Elektro
Universitas Telkom
Bandung, Indonesia
brianpam@telkomuniversity.ac.id

Abstrak—Pada era sekarang *Visible Light Communication* (VLC) hadir menjadi media transmisi informasi tanpa menggunakan kabel, tetapi kelemahan utama pada sistem VLC yaitu, sempitnya *bandwidth* modulasi yang dapat mengurangi kapasitas capai sistem. Oleh karena itu, pada penelitian ini diimplementasikan menggunakan teknik *Non-Orthogonal Multiple Access* (NOMA) untuk meningkatkan kapasitas sistem. Tugas Akhir ini, melakukan perancangan simulasi pada ruangan berukuran 5 x 5 x 3 meter untuk membandingkan dua metode alokasi daya, yaitu *Static Power Allocation* (SPA) dengan *Gain Ratio Power Allocation* (GRPA) yang mempertimbangkan perbedaan kondisi kanal setiap *user*. Selain itu, akan dilakukan juga penelitian performansi sistem dengan kondisi kanal *Line of Sight* (LOS) dan *Non-Line of Sight* (NLOS). Hasil simulasi yang dilakukan, mampu menunjukkan hasil penerapan alokasi daya SPA dan GRPA pada sistem NOMA-VLC. Dalam simulasi penelitian ini juga mampu menunjukkan hasil performansi nilai rata-rata *data rate* pada alokasi daya GRPA dengan nilai sebesar 8.594 Mbps yang lebih efektif, dibandingkan dengan alokasi daya SPA dengan nilai sebesar 8.362 Mbps pada kanal LOS. Sedangkan, dengan nilai rata-rata *data rate* pada kanal NLOS sama dengan hasil simulasi pada kanal LOS karena hasil yang alokasi daya GRPA lebih tinggi dibandingkan alokasi daya SPA, tetapi terjadi penurunan performansi sistem yang disebabkan karena adanya interferensi.

Kata Kunci— VLC, NOMA, SIC, alokasi daya, SPA, GRPA, LOS, NLOS

Abstract—In today's era, *Visible Light Communication* (VLC) is present as a medium for transmitting information without using cables, but the main weakness of the VLC system is the narrow modulation bandwidth so that it can reduce system capacity. Therefore, in this study implemented using the technique of *Non-Orthogonal Multiple Access* (NOMA) to increase system capacity. This final project will design a room measuring 5 x 5 x 3 meters to compare two power allocation methods, namely *Static Power Allocation* (SPA) with *Gain Ratio Power Allocation* (GRPA) which takes into account the different channel conditions of each user. In addition, research on the performance of the system with *Line of Sight* (LOS) and *Non-Line of Sight* (NLOS) channel conditions will also be carried out. The simulation results are able to show the results of the application of SPA and GRPA power allocation on the NOMA-VLC system. In this research simulation is also able to show the average data rate performance on the GRPA power allocation with a value of 8.594 Mbps which is more effective, compared to the SPA power allocation with a value of 8.362 Mbps on the LOS channel. Meanwhile, the average value of the data rate on the NLOS channel is the same as the simulation results on the LOS channel because the GRPA power allocation result is higher than the SPA power

allocation, but there is a decrease in system performance due to interference.

Keywords— VLC, NOMA, SIC, power allocation, SPA, GRPA, LOS, NLOS

I. PENDAHULUAN

Pada zaman sekarang perkembangan teknologi informasi dan komunikasi semakin meningkat setiap tahunnya, kebutuhan akses komunikasi yang cepat serta efisiensi menjadi salah satu harapan pada bidang telekomunikasi. Salah satu komunikasi yang digunakan yaitu, komunikasi tanpa kabel adalah *Visible Light Communication* (VLC). VLC merupakan teknologi *Optical Wireless Communication* (OWC) yang memanfaatkan pancaran cahaya tampak dari lampu *Light Emitting Diode* (LED) di sistem komunikasi. Dengan adanya teknologi yang memanfaatkan cahaya tampak (*visible light*) sebagai media komunikasi, seseorang tidak wajib membeli sebuah *access point* untuk menerima data, tapi, hanya menggunakan cahaya tampak (*visible light*) dari lampu saja. Dengan demikian tingkat efisiensi dan mobilitas akan lebih tinggi [1].

VLC memiliki banyak keunggulan dibandingkan frekuensi radio, termasuk keamanan yang cukup tinggi, serta penggunaan biaya yang rendah [2]. VLC menunjukkan perkembangan yang sangat pesat dalam beberapa tahun terakhir ini, karena memiliki banyak fitur yang menarik seperti, biaya yang cukup rendah, bebas dari interferensi elektromagnetik, serta spektrum bebas lisensi, untuk mempertimbangkan sistem VLC dalam ruangan dengan pengguna seluler tunggal, sebab adanya mobilitas jarak antara dioda pemancar cahaya yang diaktifkan (LED) [3]. Tetapi, VLC memiliki kelemahan seperti, sempitnya *bandwidth* modulasi yang menjadi keterbatasan utama yang ada pada teknologi VLC sehingga menyebabkan berkurangnya kapasitas yang dicapai sistem [4].

Power Domain Multiple Access, juga dikenal sebagai *Non-Orthogonal Multiple Access* (NOMA), baru-baru ini telah diusulkan sebagai kandidat yang menjanjikan untuk jaringan nirkabel 5G [5]. Pada penelitian [6] NOMA merupakan teknik akses ganda yang diusulkan untuk sistem seluler dimasa depan, berdasarkan

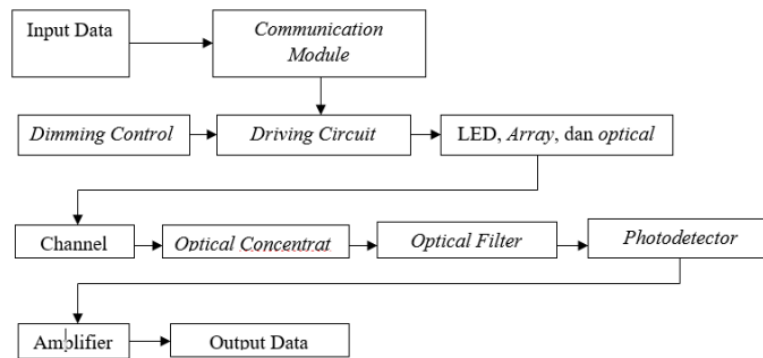
kondisi saluran dalam ruangan NOMA diterapkan ke saluran VLC dalam ruangan. NOMA telah dianalisis untuk saluran *downlink* VLC dalam ruangan. Meskipun, kompleksitas penerimaan sebagai kelemahan NOMA, mengembangkan mekanisme alokasi daya untuk jumlah penggunaan yang lebih tinggi dan membangun prototipe. Beralih pada penelitian [5] NOMA diimplementasikan dalam sistem *downlink* pada VLC. Untuk meningkatkan kapasitas sistem, dilakukan perbandingan alokasi daya antara *Static Power Allocation* (SPA) dan *Gain Ratio Power Allocation* (GRPA).

Model kanal propagasi *Line of Sight* (LOS) sering digunakan pada penelitian karena kanal LOS energi yang berdifusi lebih sedikit dibandingkan kanal *Non-direct Line of Sight* (NLOS) [4]. Namun, pada penelitian Tugas Akhir ini membahas tentang perbandingan alokasi daya antara SPA dan GRPA, menggunakan kanal yang berbeda yaitu, LOS dan NLOS. Maka, telah dirancang sebuah model sistem komunikasi nirkabel pada dimensi ruangan 5 x 5 x 3 m yang berbasis NOMA-VLC. Beberapa parameter uji dalam Tugas Akhir ini yaitu, rata-rata *data rate*, *sumrate*, dan *fairness*.

II. KAJIAN TEORI

A. *Visible Light Communication* (VLC)

Visible Light Communication (VLC) merupakan media komunikasi data yang menggunakan cahaya tampak antara 400 THz (375 nm) – 800 THz (780 nm). Teknologi komunikasi tersebut memanfaatkan sumber cahaya seperti, LED berfungsi sebagai *transmitter*, cahaya berfungsi sebagai media transmisi, dan *photodetector* berfungsi sebagai *receiver*. Kelebihan dari cahaya tampak tidak berbahaya bagi penglihatan manusia, karena mata manusia hanya peka terhadap panjang gelombang 400-720 nm, teknologi VLC digunakan untuk penerangan lampu ruangan (LED) yang memiliki kecepatan tinggi saat mentransfer data dan dapat juga digunakan untuk media transmisi sinyal atau sebagai media penyampaian informasi. Hal tersebut disebabkan, karena VLC mengacu pada komunikasi yang memanfaatkan sumber cahaya tampak sebagai pemancar sinyal cahaya dan susunan *photodetector* berfungsi sebagai komponen sinyal penerima (rx) untuk melakukan proses data yang sama atau sesuai [7].



GAMBAR 1.
BLOK DIAGRAM VLC.

Blok diagram VLC terlihat pada Gambar 2.1 [7]. Pengembangan dan penerapan VLC pada saat ini lebih berfokus pada kondisi di dalam ruangan. Karena teknologi VLC ini rentan terhadap interferensi cahaya lain. Akan tetapi teknologi ini lebih unggul dibandingkan dengan teknologi radio frekuensi yang pada saat ini masih digunakan yaitu mengenai sistem keamanan data serta kecepatan tinggi yang ditawarkan. VLC ini lebih sulit untuk disadap karena media rambat cahaya tidak dapat menembus dinding [8].

B. Kanal Transmisi

Kanal transmisi adalah media yang digunakan untuk pengiriman data dari *transmitter* menuju *receiver*. Pada VLC terdapat dua model kondisi kanal transmisi yaitu, *line of sight* (LOS), dan *non-direct line of sight* (NLOS).

1. Line of Sight (LOS)

Kanal transmisi *Line of Sight* (LOS) merupakan jenis kanal sinyal yang memungkinkan pengiriman data tanpa adanya penghalang. Model kanal ini merupakan pemodelan kanal yang sangat baik digunakan dalam penelitian berkaitan dengan teknologi VLC, karena presentase pengiriman sinyal informasi dapat terjamin dan energi yang berdifusi pada komponen lebih rendah dibandingkan dengan NLOS [4]. Tetapi, model kanal ini sangat jarang ditemukan pada realisasi ruangan. *Channel gain* pada model kanal transmisi LOS dapat dihitung dengan persamaan rumus berikut:

$$h_{los} = \frac{A_r (m+1)}{2\pi d^2} \cos^m(\Phi) T_s(\psi) g(\psi) \cos(\psi)$$

dengan A_r , d , Φ , ψ masing-masing merupakan area *photodetector*, jarak antara LED dengan *receiver*, sudut penyinaran pada transmitter, dan sudut terima pada *receiver*, $T_s(\psi)$ yaitu penguatan pada filter optik, $g(\psi)$ adalah konsentrator optik, dan m yaitu emisi lambertian yang dapat dituliskan dengan:

$$m = -\frac{\ln 2}{\ln(\cos \Phi_{1/2})}$$

2. Non- Line of Sight (NLOS)

Pada [4] kanal transmisi *Non-Line of Sight* (NLOS), nilai redaman atau optikal *path loss* yang dapat dihasilkan lebih kompleks disebabkan beberapa faktor yaitu, dinding, pantulan yang berasal dari langit-langit, dimensi ruangan, dan penyerapan cahaya oleh benda-benda yang ada di dalam ruangan tersebut. Sinyal yang diterima oleh *receiver* dengan kondisi kanal NLOS yang berisikan variasi sinyal yang berasal dari berbagai jalur *transmisi* dengan memiliki panjang lintasan jalur yang berbeda dan dapat menyebabkan terjadinya pelebaran pulsa pada sinyal yang diterima [4].

Pada skenario ruangan pada umumnya, terdapat benda yang dapat menghalangi dan menyerap cahaya. Hal ini menyebabkan *user* yang berada pada daerah yang terhalang oleh benda. *Channel gain* yang dapat diperoleh pada user ini dapat dihitung dengan rumus sebagai berikut:

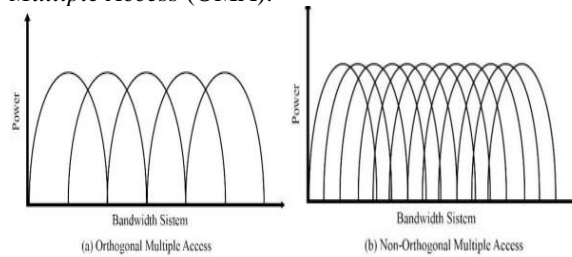
$$h_{shd} = \frac{A_r (m+1)}{2\pi d^2} \cos^m(\Phi) O_{shd} T_s(\psi) g(\psi) \cos(\psi)$$

dengan O_{shd} merupakan probabilitas cahaya yang berhasil sampai pada *receiver* setelah menembus penghalang.

C. Non-Orthogonal Multiple Access (NOMA)

Non-Orthogonal Multiple Access (NOMA) adalah salah satu dari file skema akses ganda, yang dimana awalnya diusulkan untuk RF komunikasi nirkabel dan juga telah diselidiki pada sistem VLC untuk meningkatkan kapasitas. Skema NOMA memungkinkan untuk setiap pengguna berbagi frekuensi, waktu, dan sumber daya ruang, yang dapat mendukung konektivitas masif, meningkatkan efisiensi spektral dan dapat meningkatkan sistem kapasitas pada system [9]. Selain itu, NOMA juga dianggap sebagai kandidat potensial untuk ditawarkan VLC tinggi efisiensi spektral dan peningkatan kapasitas. Keuntungan ini bisa dicapai dengan mengizinkan banyak pengguna untuk berbagi hal yang sama sumber daya waktu dan frekuensi dalam domain kekuatan atau kode. Khususnya, di power-domain NOMA [6]. NOMA juga memungkinkan banyak pengguna secara bersamaan memanfaatkan keseluruhan frekuensi dan sumber daya waktu yang tersedia, sehingga mengarah ke peningkatan yang lebih unggul dalam efisiensi

spektral dibandingkan dengan skema *Orthogonal Multiple Access* (OMA).



GAMBAR 2.
PERBEDAAN ANTARA OMA DAN NOMA

1. Power Domain NOMA (PD NOMA)

Power Domain NOMA (PD NOMA) memungkinkan pengguna saat multiplexing di domain daya untuk menetapkan tingkat daya yang berbeda pada setiap pengguna yang berbeda. PD NOMA telah terbukti sesuai untuk kerja sistem VLC *downlink* (DL) beberapa alasan [5]. Pertama, PD NOMA biasanya digunakan untuk multipleks beberapa jumlah pengguna, yang sejalan dengan persyaratan sistem VLC yang menggunakan LED sebagai sel kecil untuk melayani sejumlah kecil pengguna. Kedua, alokasi daya di PD NOMA secara eksklusif bergantung pada status saluran informasi tersedia di pemancar, dan saluran estimasi dalam VLC jauh lebih sedikit rawan kesalahan, dibandingkan ke RF, karena gain saluran invarian waktu yang tersisa konstan sampai lokasi terminal penerima berubah.

D. Multi-user Power Allocation

Power allocation merupakan suatu teknik untuk mendistribusikan total daya yang tersedia pada sisi *transmitter*. Pada sisi *transmitter* NOMA-VLC diterapkan *superposition coding* yang merupakan pemodelan penggabungan sinyal dan pengalokasian daya terima berdasarkan *channel gain* masing-masing *user*. Pada penelitian Tugas Akhir ini menggunakan beberapa metode *multi-user power allocation*, yaitu *static power allocation* (SPA), dan *gain ratio power allocation* (GRPA).

1. Static Power Allocation (SPA)

Static Power Allocation (SPA) merupakan teknik alokasi daya yang mana terlebih dahulu menetapkan faktor alokasi daya (α) dimana, diberikan secara acak dengan pemberian alokasi daya secara manual untuk setiap *user* dengan mempertimbangkan kondisi kanal *user* lain. Besarnya faktor alokasi daya (α) yang ditetapkan pada *receiver* memiliki rentang nilai :

$$(0 < \alpha < 1)$$

2. Gain Ratio Power Allocation (GRPA)

Pada *gain ratio power allocation* (GRPA), pengalokasian daya dilakukan dengan melibatkan nilai *channel gain user* lain terhadap *user* ke-n, menggunakan rumus berikut:

$$\alpha_n = \frac{\frac{h_1}{h_n}}{1 + \left(\frac{h_1}{h_n}\right) + \dots + \left(\frac{h_1}{h_N}\right)}, 1 \leq n \leq N$$

E. Successive Interference Cancellation (SIC)

Successive Interference Cancellation (SIC) merupakan suatu strategis *multi-user detection* yang diimplementasikan pada sisi *receiver* sebelum proses *decoding* sinyal informasi pada setiap *user*, sehingga dapat memperkecil terjadinya interferensi antara sinyal *user*. Pada sisi *receiver* SIC dapat berkerja dengan cara membatalkan sinyal yang lebih kuat dari sinyal *user* ke-n yang diperoleh dari alokasi daya sinyal kirim yang berasal dari proses *superposition coding* [4].

F. Signal to Interference plus Noise Ratio (SINR)

Signal to Interference plus Noise Ratio (SINR) merupakan suatu nilai perbandingan antara sinyal yang ditransmisikan terhadap interferensi dan *noise* yang terjadi di dalam sistem. Pada pengiriman sinyal informasi, adanya *noise* dan interferensi dapat mengganggu pemrosesan sinyal. Semakin besarnya nilai *noise* (N_p) dan interferensi (I_p) yang terjadi dalam pengiriman sinyal maka semakin kecil sinyal yang berhasil diterima (S_p) [4]. Secara umum, SINR dapat dinyatakan dengan rumus, berikut:

$$SINR = \frac{S_p}{I_p + N_p}$$

Proses SIC pada *user* ke-n berjalan dengan baik, yang berarti seluruh sinyal *user* lain dengan alokasi daya yang lebih besar berhasil dibatalkan, maka SINR *user* ke-n dapat diperoleh dengan rumus, berikut:

$$SINR_n = \frac{h_n^2 p_n}{h_n^2 \sum_{k=n+q}^N p_k + \sigma^2}$$

Dimana, h_n , p_n , masing-masing merupakan *channel gain*, p_k merupakan daya kirim, alokasi daya pada *user* ke-n, dan σ^2 merupakan nilai total, *shot noise* dan *thermal noise*.

G. Data Rate

Data rate merupakan salah satu parameter yang dapat menyatakan kecepatan bit per detik maksimum yang dikirimkan dari *transmitter* untuk setiap *receiver* dalam sebuah proses pengiriman data. Nilai kapasitas dapat diperoleh dari perhitungan dengan menggunakan teorema Shannon dengan persamaan rumus, berikut: (4)

$$R_n = B \cdot \log^2(1 + SINR_n),$$

dengan, B merupakan *bandwidth* dalam sistem VLC.

H. Fairness

Fairness merupakan metrik yang dikenal dengan luas digunakan untuk mengevaluasi keadilan

(5)

alokasi sumber daya, dengan menggunakan persamaan berikut:

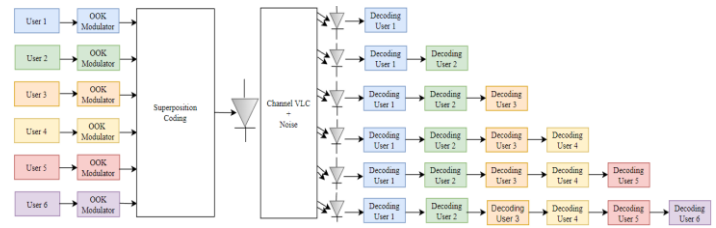
$$FI = \left(\frac{\sum_{c \in C} Rc}{|C| \sum_{c \in C} (Rc)^2} \right)^2$$

dimana, C merupakan himpunan semua aliran data, seperti $C = \{ 1, 2, \dots, |C|$, dan nilai FI terletak pada rentang $(0,1)$ yang dimana nilai kesatuan menunjukkan *fairness* yang maksimal.

III. METODE

A. Model Sistem

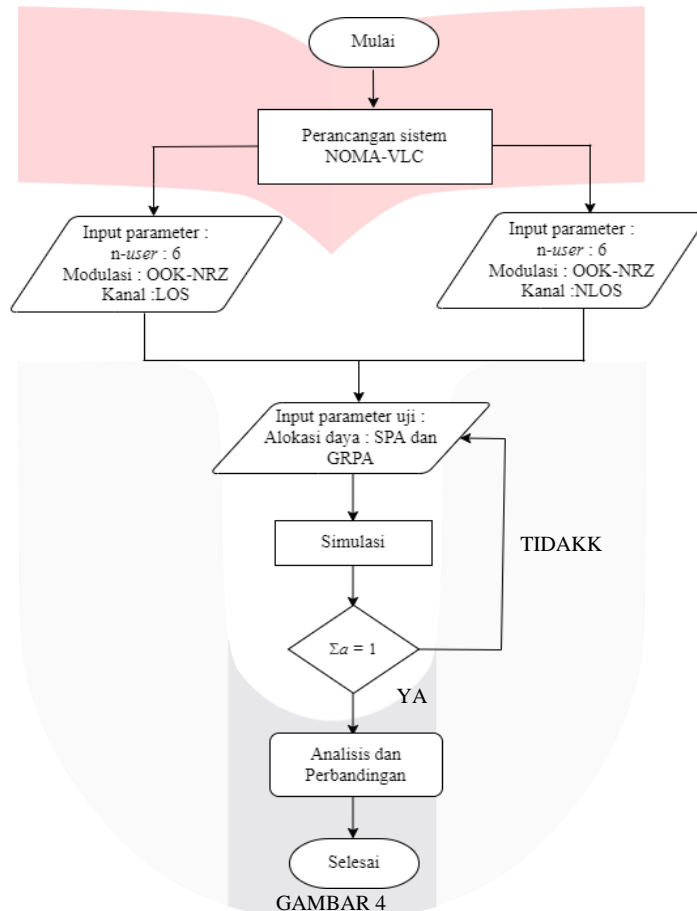
Pada Tugas Akhir ini dirancang model NOMA-VLC, seperti pada Gambar 3.



GAMBAR 3 BLOK DIAGRAM

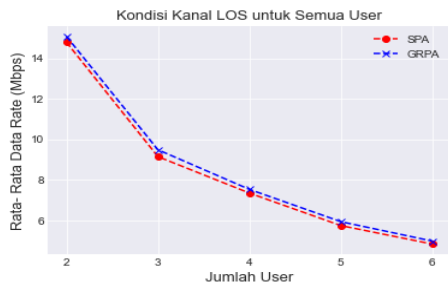
B. Diagram Alir

Perancangan simulasi model sistem NOMA-VLC pada Tugas Akhir ini dibuat dengan diagram alir, seperti pada Gambar 4.



GAMBAR 4 DIAGRAM ALIR PERANCANGAN SIMULASI SISTEM NOMA-VLC

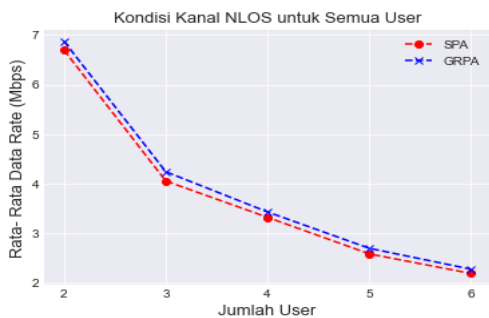
IV. HASIL DAN PEMBAHASAN



GAMBAR 5 RATA-RATA DATA RATE PADA ALOKASI DAYA SPA DAN GRPA

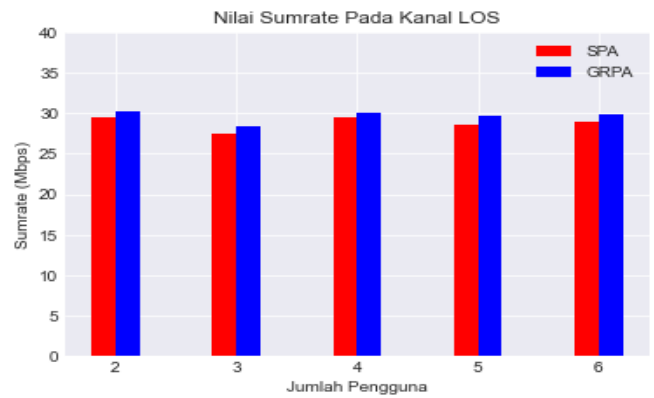
Pada Gambar 5 ditunjukkan performansi perbandingan model alokasi daya SPA dan GRPA pada sistem, dengan kondisi kanal LOS untuk masing-masing *user*. Dalam menggunakan satu buah LED sebagai pengirim daya dengan daya kirim sebesar 5 Watt. Terjadi penurunan performansi sistem seiring bertambahnya *user* yang berada dalam ruangan dengan nilai rata-rata *data rate* untuk SPA diperoleh pada penggabungan 2 *user* sebesar 14.788 Mbps, berkurang pada *user* 3 sebesar 9.141 Mbps, berkurang pada *user* 4 sebesar 7.380 Mbps, berkurang pada *user* 5 sebesar 5.721 Mbps, dan

berkurang pada *user* 6 sebesar 4.830 Mbps. Sedangkan, nilai rata-rata *data rate* untuk GRPA yang dihasilkan untuk penggabungan 2 *user* sebesar 15.076 Mbps, berkurang pada *user* 3 sebesar 9.482, berkurang pada *user* 4 sebesar 7.527 Mbps, berkurang pada *user* 5 sebesar 5.933, dan tambah berkurang pada *user* 6 sebesar 4.974. Diperoleh hasil bahwa pada penerapan alokasi daya GRPA menghasilkan nilai rata-rata *data rate* yang lebih tinggi dibandingkan dengan penerapan alokasi daya SPA dengan kondisi kanal LOS. Tetapi, mengalami penurunan performansi total alokasi daya dalam sistem NOMA-VLC karena harus sama dengan 1, maka semakin banyak jumlah *user*, semakin kecil alokasi daya yang diperoleh masing-masing *user*.



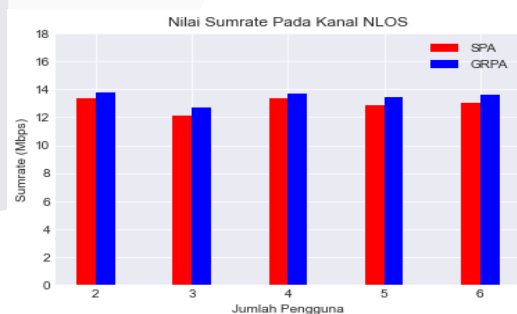
GAMBAR 6
RATA-RATA DATA RATE PADA ALOKASI DAYA SPA DAN GRPA

Sama seperti analisis pada kanal LOS, terjadi penurunan performansi seiring bertambahnya *user* ditunjukkan pada Gambar 6 dengan jarak antara *transmitter* dan *receiver* ditunjukkan pada Tabel 4.1. Pada kondisi kanal NLOS untuk masing-masing *user* diperoleh hasil rata-rata *data rate* yang lebih rendah, dengan alokasi daya SPA nilai rata-rata *data rate* diperoleh dengan menggabungkan 2 *user* sebesar 6.693 Mbps, berkurang pada *user* 3 sebesar 4.049 Mbps, berkurang pada *user* 4 sebesar 3.334 Mbps, berkurang pada *user* 5 sebesar 2.566 Mbps, dan tambah berkurang pada *user* 6 sebesar 2.182 Mbps. Sedangkan, untuk alokasi daya GRPA diperoleh penggabungan hasil nilai rata-rata *data rate* pada 2 *user* sebesar 6.873 Mbps, berkurang pada *user* 3 sebesar 4.236 Mbps, berkurang pada *user* 4 sebesar 3.424 Mbps, berkurang pada *user* 5 sebesar 2.689 Mbps, dan berkurang pada *user* 6 sebesar 2.266 Mbps. Diperoleh hasil bahwa pada penerapan alokasi daya GRPA menghasilkan nilai rata-rata *data rate* yang lebih tinggi dibandingkan dengan penerapan alokasi daya SPA dengan kondisi kanal NLOS, dan terjadi penurunan performansi sistem nilai rata-rata *data rate* setiap *user*, disebabkan karena adanya benda yang menghalangi cahaya antara *transmitter* dan *receiver*.



GAMBAR 7
SUMRATE PADA ALOKASI DAYA SPA DAN GRPA

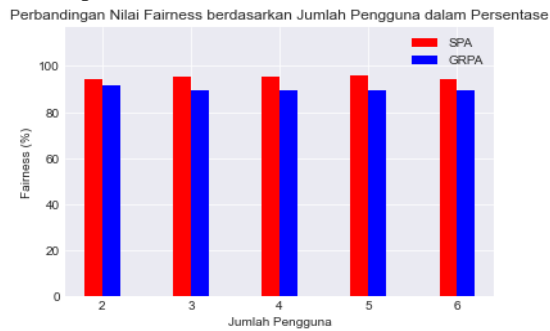
Dapat dilihat pada Gambar 7 diatas didapatkan hasil bahwa perbandingan power alokasi daya SPA dan GRPA lebih menghasilkan *sumrate* yang lebih tinggi, dimana *sumrate* merupakan penjumlahan dari semua *data rate user*, yaitu didapatkan hasil pada *user* 2 senilai 30.14 Mbps, *user* 3 senilai 28.43 Mbps, *user* 4 senilai 30.09 Mbps, *user* 5 senilai 29.65 Mbps, dan *user* 6 senilai 29.81 Mbps. Sedangkan dengan alokasi daya SPA mengalami penurunan performansi yaitu, *user* 2 senilai 29.57 Mbps, *user* 3 senilai 27.40 Mbps, *user* 4 senilai 29.50 Mbps, *user* 5 senilai 28.58 Mbps, dan *user* 6 senilai 28.94 Mbps. Hasil *sumrate* pada kondisi kanal LOS dengan alokasi daya GRPA lebih tinggi, dibandingkan dengan alokasi daya SPA. Hal ini sebabkan karena pengaruh nilai alokasi daya SPA diberikan secara acak dan manual, sedangkan alokasi daya GRPA diberikan dengan cara melibatkan nilai kanal, sehingga alokasi daya GRPA lebih tinggi dibandingkan dengan SPA.



GAMBAR 8
SUMRATE PADA ALOKASI DAYA SPA DAN GRPA

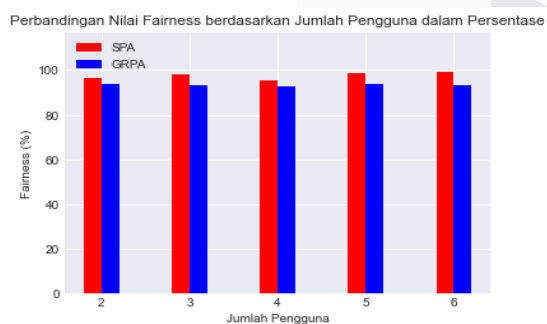
Pada Gambar 8 dapat dilihat bahwa hasil *sumrate* pada kondisi kanal NLOS mengalami penurunan hasil performansi sistem yaitu, *user* 2 senilai 13.37 Mbps, *user* 3 senilai 12.12 Mbps, *user* 4 senilai 13.32 Mbps, *user* 5 senilai 12.81 Mbps, dan *user* 6 senilai 13.05 Mbps untuk power alokasi SPA, sedangkan alokasi daya GRPA juga mengalami penurunan dari nilai *sumrate* pada kondisi kanal

LOS yakni, *user 2* senilai 13.74 Mbps, *user 3* senilai 12.69 Mbps, *user 4* senilai 13.68 Mbps, *user 5* senilai 13.43 Mbps, dan *user 6* senilai 13.54 Mbps. Perbandingan dengan hasil *sumrate* pada Gambar 7 menghasilkan nilai *sumrate* yang lebih tinggi, dibandingkan nilai *sumrate* pada Gambar 8, hal ini dikarenakan adanya penghalang cahaya pada kanal NLOS, sehingga terjadi penurunan performansi nilai *sumrate* pada kanal NLOS.



GAMBAR 9
FAIRNESS PADA KANAL LOS

Pada Gambar 9 menunjukkan hasil perhitungan *fairness* pada kondisi kanal LOS, dengan alokasi daya SPA dan GRPA. Hasil *fairness* atau nilai keadilan berdasarkan kapasitas kanal terhadap jumlah pengguna dalam sistem penerapan alokasi daya SPA memperoleh nilai yang bagus dengan presentase nilai sistem 95.20 %, sedangkan nilai *fairness* pada sistem alokasi daya GRPA mengalami penurunan dengan nilai presentase saat jumlah pengguna ditambahkan dalam sistem *indoor* NOMA-VLC. Dapat dilihat bahwa nilai *fairness* yang lebih adil digunakan saat perhitungan yaitu, dengan metode alokasi daya SPA karena nilai keadilan yang dihasilkan dalam percobaan penelitian lebih stabil dalam sistem.



GAMBAR 10
FAIRNESS PADA KANAL NLOS

Pada Gambar 10 menunjukkan hasil *fairness* pada kondisi kanal NLOS, dengan alokasi daya SPA dan GRPA. Hasil *fairness* atau nilai keadilan berdasarkan kapasitas kanal NLOS terhadap jumlah pengguna dalam sistem penerapan alokasi daya SPA memperoleh nilai yang bagus dengan presentase nilai sistem 99.11 %, sedangkan nilai *fairness* pada

sistem alokasi daya GRPA mengalami penurunan nilai presentase. Dapat dilihat bahwa nilai *fairness* yang lebih adil digunakan saat perhitungan yaitu, dengan metode alokasi daya SPA karena nilai keadilan yang dihasilkan stabil dalam sistem.

V. KESIMPULAN

Berdasarkan hasil analisis serta simulasi penelitian yang dilakukan mengenai pengaruh alokasi daya pada sistem NOMA-VLC dengan menggunakan alokasi daya yaitu SPA dan GRPA pada kondisi kanal yang berbeda, maka dapat disimpulkan bahwa :

1. Perubahan metode alokasi daya mempengaruhi performansi sistem NOMA-VLC. Pada penerapan alokasi daya GRPA pada kondisi kanal LOS lebih efektif digunakan dalam sistem dengan jumlah *user* yang banyak dalam satu cakupan LED. Sehingga, pada penelitian ini didapatkan hasil bahwa performansi dengan penerapan alokasi daya GRPA dapat meningkatkan kapasitas rata-rata dibandingkan dengan penerapan SPA.
2. Penerapan alokasi daya GRPA pada kondisi kanal NLOS lebih efektif digunakan, dibandingkan dengan alokasi daya SPA. Tetapi, hasil performansi kapasitas rata-rata yang didapatkan menurun. Hal ini disebabkan karena adanya berupa benda yang menghalangi cahaya antara *transmitter* dan *receiver*.
3. Hasil nilai *Sumrate* pada kondisi kanal LOS dengan alokasi daya GRPA didapatkan hasil lebih efektif dibandingkan alokasi daya SPA, karena pemberian nilai alokasi daya SPA dan GRPA pada setiap *user* berbeda. Hasil *sumrate* pada kondisi kanal NLOS didapatkan hasil performansi nilai *sumrate* yang menurun.
4. *Fairness* yang adil digunakan pada kondisi kanal LOS yaitu, dengan metode alokasi daya SPA karena nilai keadilan yang dihasilkan stabil dalam sistem, dan pada kondisi kanal NLOS metode alokasi daya yang stabil dalam sistem tersebut yaitu, SPA karena mendapatkan hasil yang lebih bagus dibandingkan dengan GRPA.

REFERENSI

- [1] A. R. Darlis, L. Lidyawati, and D. Nataliana, "Implementasi Visible Light Communication (VLC) Pada Sistem Komunikasi," J. Elkomika, vol. 1, no. 1, pp. 12–25, 2017.
- [2] A. Mahdy and J. S. Deogun, "Wireless optical communications: a survey," in 2004 IEEE Wireless Communications and Networking Conference (IEEE Cat. No.

- 04TH8733), vol. 4. IEEE, 2004, pp.2399-2404.
- [3] Z. Zheng, H. Du, J. Xue, Z. Wu, "Adaptive Spatial Modulation for Indoor Visible Light Communications". *IEEE Communications Letters*, vol 24, no.10, pp 2240 – 2244, 2020.
- [4] Z. Ghassemlooy, W. Popoola, and S. Rajbhandari, *Optical wireless communication: system and channel modelling with Matlab®*. CRC press, 2015.
- [5] Hanaa Marshoud, Vasileios M. Kapinas, George K. Karagiannidis, and Sami Muhaidat, "Non-Orthogonal Multiple Access for Visible Light Communications", *IEEE Photonics Technology Letters*, Vol. 28, No. 1, January 1, 2016.
- [6] R. C. Kizilirmak, C. R. Rowell, and Murat Uysal, "Non-Orthogonal Multiple Access (NOMA) for Indoor Visible Light Communications". IEEE, 2015.
- [7] Simeng Feng, Tong Bai, Lajos Hanzo, Fellow, "Joint Power Allocation for the Multi-User NOMA-Downlink in a Power-Line-Fed VLC Network". IEEE, 2019.
- [8] C. Wang, L. Wang, X. Chi, S. Liu, W. Shi, and J. Deng, "The research of indoor positioning based on visible light communication," *China Communications*, vol. 12, no. 8, pp. 85–92, 2015.
- [9] J. Song, T. Cao, and H. Zhang, "A low complexity NOMA scheme in VLC systems using pulse modulations". IEEE, 2020.