

PERFORMANSI *MULTIPOWER* PADA FRAKSI LED DI SISTEM VISIBLE LIGHT COMMUNICATION (VLC) DIDALAM RUANGAN TERTUTUP

PERFORMANCE ON MULTIPOWER IN FRACTIONS LED ON INDOOR VLC SYSTEMS

Berlian Nurfadhilah¹, Desti Madya Saputri², Brian Pamukti³

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

¹berliannurfadhilah@students.telkomuniversity.ac.id, ²destimadyas@telkomuniversity.co.id, ³brianp@telkomuniversity.ac.id

Abstrak

Teknologi jaringan nirkabel semakin berkembang sangat pesat. Teknologi jaringan nirkabel optik atau *Optical Wireless Communication* (OWC) sangat diminati untuk menunjang kebutuhan sebuah teknologi informasi dan komunikasi. *Visible Light Communication* (VLC) adalah teknologi baru di bidang komunikasi nirkabel optik, VLC merupakan media komunikasi melalui cahaya tampak dari *Light Emitting Diode* (LED) dapat di implementasikan untuk komunikasi sistem *Indoor* maupun komunikasi sistem *Outdoor*. Dalam Sistem *Indoor* VLC, Teknik penempatan dan daya masukan dari LED sangat berpengaruh terhadap sebuah *Interference fraction* cahaya LED. Semakin besar nilai *Coverage fraction* maka terdapat sebuah daerah cakupan LED yang tidak memiliki sinyal informasi.

Pada Tugas Akhir ini penulis akan melakukan mensimulasikan performansi *multipower* dengan pada fraksi LED pada sistem berbasis VLC didalam ruangan tertutup, dengan menggunakan teknik modulasi OOK-NRZ dalam dimensi ruangan komunikasi $5\text{ m} \times 5\text{ m} \times 3\text{ m}$. Hasil ini di dapatkan dengan menggunakan daya lampu sebesar 2.5 W dan 3 W LED sebagai *transmitter* yang memiliki ketinggian sebesar 3 m, berada di koordinat (2.1,2.1,3) meter dengan posisi *user* awal sebesar 2.15 m dengan kondisi *directed* LOS.

Hasil menunjukkan bahwa sistem VLC dengan fraksi lebih baik dibandingkan dengan sistem VLC tanpa fraksi. Hal ini di buktikan dengan hasil daya terima sistem VLC didalam ruangan, untuk penggunaan daya kirim sebesar 2.5 W dan 3 W mencapai minimum BER *threshold* sebesar $BER \leq 10^{-3}$ saat daya terima sebesar -15 dBm dan -14.5 dBm. Dengan cakupan link komunikasi terbaik pada sistem VLC dengan fraksi penggunaan daya kirim 3 W sebesar 25 m^2 .

Kata Kunci : Visible Light Communication, OOK-NRZ, Daya, Fotodioda, LED, OWC

Abstract

Wireless network technology is growing very rapidly. Optical wireless communication (OWC) technology is in a great demand to support the needs of information and communication technology. Visible Light Communication (VLC) is a new technology in optical wireless communication field, it is a communication medium through visible light from LEDs which can be implemented for Indoor communication systems and Outdoor communication systems. In VLC Indoor System, the placement technique and input power of the LED are very influential on the Interference fraction of LED light. Higher the value of coverage fraction, lesser the number of voids (regions with no signal) are present in the room.

In this Final Project, the simulation of multipower performance with the LED fraction on VLC based systems is performed in a closed room. with the dimensions of communication closed room $5\text{ m} \times 5\text{ m} \times 3\text{ m}$. Has, This result is obtained by using a light Emitting Diode (LED) power of 2.5 W and 3 W, which has a height of 3m being in the coodinat (2.1,2.1,3) meters with the start postion of user 2.15 m with the condition directed LOS propagation.

the result shows that the system VLC with a fraction better than the VLC system without fractions. This evidenced by the results of the simulation VLC system with a fraction receiving power of system vlc indoor closed room, which send power of 2.5 W and 3 W reaching the minimum BER threshold $BER \leq 10^{-3}$ when the received power is -15 dBm and -14 dBm. However, without a fraction, the VLC system received a minimum $BER \leq 10^{-3}$ is aboutt -16.5 dBm and -16 dBm.

Keyword : Visible Light Communication, OOK-NRZ, Power, Fotodioda, LED, OWC

1. Pendahuluan

Teknologi nirkabel semakin berkembang sangat pesat dengan revolusi standar teknologi komunikasi nirkabel menuju generasi keempat (4G) dan generasi ke-lima (5G) hal itu membuat teknologi Optical Wireless Communication (OWC) sangat diminati untuk menunjang kebutuhan pengembangan sebuah teknologi informasi dan komunikasi [1]. Teknologi komunikasi cahaya tampak (VLC) adalah teknologi baru di bidang komunikasi nirkabel optik. Pada sistem VLC menawarkan media komunikasi melalui cahaya tampak atau LED dapat diimplementasikan untuk sistem Indoor maupun sistem outdoor. Cahaya tampak digunakan untuk mengirim sebuah informasi dari LED yang berfungsi sebagai pemancar ke penerima yang dilengkapi dengan photodiode [2]. Panjang gelombang cahaya tampak sebesar (380 ~ 750 nm), VLC merupakan teknologi data tingkat tinggi yang terjangkau dan menjanjikan untuk kebutuhan pengiriman sebuah informasi Sistem teknologi RF telah berada pada titik lalu lintas nirkabel padat dikarenakan banyaknya penggunaan spektrum frekuensi radio (RF) [1]. Oleh karena itu media transmisi cahaya tampak adalah salah satu pilihan alternatif utama dalam memasuki era Optical Wireless Communication (OWC). LED sangat bermanfaat untuk meningkatkan efisiensi, konsumsi daya rendah, ramah lingkungan. Selain digunakan sebagai penerangan, LED bermanfaat untuk sumber cahaya optik untuk sistem komunikasi nirkabel optik dalam ruangan.

Berdasarkan latar belakang tersebut, dalam tugas akhir penelitian VLC dalam ruangan termasuk jenis Medium Range OWC Applications (dalam jarak menengah atau skala meter), VLC merupakan teknologi yang dapat mengirimkan sebuah data berbasis LED. Penelitian yang penulis lakukan bahwa dalam setiap penempatan koordinat LED di dalam ruangan, akan mempengaruhi kualitas cakupan pancaran cahaya yang ditransmisikan sebanding dengan daya yang diberikan kepada LED. Untuk memaksimalkan penerimaan sinyal di sisi penerima dengan baik. Oleh karena itu tugas akhir akan melakukan skenario penempatan LED dengan tanpa fraksi dan penempatan LED dengan fraksi dan membandingkan daya masukan LED.

Tujuan dari penelitian tugas akhir ini adalah mendapatkan nilai Bit Error Rate (BER), Signal Noise to Ratio (SNR), Optical Model Distribution dengan tujuan untuk mengusulkan penempatan LED yang ideal, besar nilai daya masukan yang akan mempengaruhi kualitas pancaran cahaya yang ditransmisikan dengan sangat baik.

2. Dasar Teori

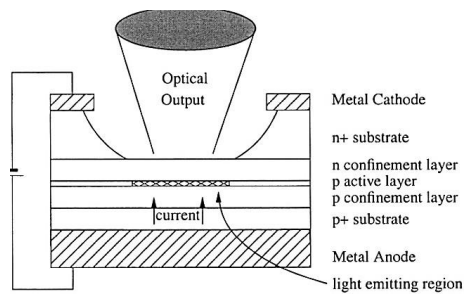
2.1 Visible Light Communication (VLC)

Visible light communication atau biasa disingkat dengan VLC merupakan suatu media komunikasi data yang media penyampaian informasinya berupa cahaya tampak. Cahaya tampak adalah bentuk dimana radiasi elektromagnetik dengan panjang gelombang dalam kisaran tertentu diinterpretasikan oleh otak manusia [3]. Komunikasi cahaya tampak (VLC) adalah media komunikasi data menggunakan cahaya tampak antara 400 THz (780 nm) dan 800 THz (375 nm) [1]. Dalam dunia medis cahaya tampak tidak berbahaya bagi penglihatan. VLC dapat digunakan sebagai media komunikasi untuk komputasi dimana mana, karena perangkat penghasil cahaya (seperti lampu *indoor/outdoor*, TV, rambu lalu lintas, menampilkan komersial, lampu mobil/lampu belakang) [1].

2.2 LED

LED muncul sebagai generasi penerus perangkat pencahayaan. Lampu LED memiliki banyak manfaat seperti konsumsi daya yang rendah, toleransi tinggi terhadap kelembaman, LED adalah suatu perangkat semikonduktor p-n *junction* yang memberikan radiasi optik secara spontan ketika diberikan sebuah tegangan bias maju dan memancarkan cahaya berwarna pada panjang gelombang spektrum tertentu [3], panjang gelombang dari cahaya yang dipancarkan tergantung dari selisih pita energi dari bahan yang membentuk p-n *junction*. LED bisa beroperasi jika diberikan tegangan tertentu sesuai dengan daya yang dapat diterima oleh LED dengan kata lain LED memiliki batas daya atau tegangan untuk dapat beroperasi. LED memiliki beberapa jenis *material* yang berbeda dengan panjang gelombang diantaranya LED GaP dengan panjang gelombang (470 nm) memancarkan cahaya hijau, LED AlGaInP/GaAs memiliki panjang gelombang (625-700 nm) memancarkan cahaya merah, orange, dan kuning, LED AlGaN/GaN memiliki panjang gelombang (230-350 nm).

LED merupakan perangkat elektronika yang sangat bermanfaat untuk implementasi teknologi *Visible Light Communication* (VLC) dimana LED memiliki peran untuk mentransmisikan data dari *transmitter* menuju *receiver*. Cahaya yang dihasilkan oleh LED terjadi saat perubahan tingkat energi yang berada di dioda semikonduktor yang ditunjukkan pada gambar 2.2. Perubahan energi ini menghasilkan energi foton, namun energi foton teradiasi secara acak yang menyebabkan turunya daya *Output* LED oleh karena itu terdapat hubungan antara daya optik yang terpancar dan arus kenaikan dari daya optik berbanding lurus dengan kenaikan arus.



Gambar 2 Struktur LED [3].

2.3 LED Overlapping

LED *overlapping* adalah kondisi saat cakupan dua LED yang berdekatan cahaya LED tersebut tumpang tindih (*overlapping*) sehingga menyebabkan sebuah interferensi. Pada gambar 2.3 dijelaskan bahwa terdapat dua cakupan LED yang berdekatan pada tiga penempatan *receiver*. Penempatan *receiver* paling awal terlihat tidak ada *overlapping* atau interferensi di daerah dua cakupan LED, saat kondisi penempatan *receiver* berada paling bawah terlihat terdapat banyak sekali *overlapping* dalam cakupan area LED, ketika penempatan *receiver* berada di tengah-tengah yang menyebabkan menurunnya interferensi *overlapping* dan pada satu titik terdapat minimal *overlapping*. Aspek cakupan dari penempatan LED termasuk *interference fraction*, *coverage fraction*, dan interfeferensi ratio cakupan.

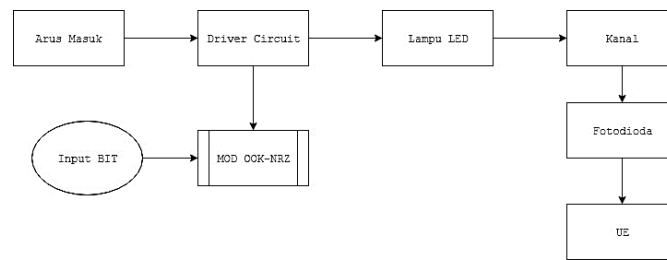
Coverage fraction adalah sebuah ratio dari area cahaya LED yang masih didalam cakupan dengan jalur kanal *Line of Sight* (LOS) pada seluruh area cakupan didalam ruangan. Yang menjelaskan bahwa kapasitas penempatan LED untuk memenuhi cakupan LED didalam ruangan dengan cahaya. Semakin besar nilai *coverage fraction* semakin kecil daerah yang tidak memiliki sinyal didalam ruangan. *Interference fraction* merupakan nilai ratio dari area yang terkena tumpang tindih atau *overlapping* dari total area didalam ruangan. Bahwa penempatan LED sangat rentan untuk terjadi interferensi, semakin kecil nilai interferensi fraksi semakin baik performansi sistem yang dihasilkan. Intefeferensi fraksi juga merupakan aspek penting dikarenakan interferensi fraksi memberikan informasi mengenai presentase dari cakupan area mana saja yang rentan terjadi sebuah interferensi.

2.4 Photodetector

Dalam *Optical Wireless Communication* terdapat *phodetector* optik yang berfungsi sebagai pendeteksi cahaya atau sinyal yang telah di kirimkan oleh *transmitter* dan *photodetector* mendeteksi sumber cahaya yang datang lalu mengubah foton menjadi sinyal elektron. Sumber optik di sisi pengirim melakukan konvergensi sinyal listrik menjadi sinyal optik, kemudian dikirim dengan panjang gelombang tertentu dan jarak tertentu, pada sisi penerima, sinyal optik yang telah dikirimkan di lakukan konversi kembali dari sinyal optik menjadi domain sinyal listrik. Proses konversi ini dilakukan oleh *photodetector*. Terdapat berbagai macam jenis *photodetector* yang digunakan sesuai dengan kebutuhan sistem komunikasi, diantaranya adalah PIN *diodes* dan APD *diodes*.

3.1 Performansi multipower pada fraksi LED untuk sistem VLC

Pada Tugas Akhir ini dilakukan perancangan model system *Visible Light Communication* (VLC) yang dimana menjadi inti bahasan dari penelitian ini yaitu bagaimana pengaruh daya masukan pada sistem VLC terhadap BER,SNR dan *Optical Model Distribution* saat penempatan LED tanpa fraksi dan penempatan LED dengan fraksi, Serta bagaimana analisis yang diperoleh sehingga mendapatkan parameter nilai saturasi daya dan parameter *receiver* terjauh dari transmitter saat nilai $BER = 10^{-3}$. Berikut ini adalah model sistem *Visible Light Communication* (VLC).



Gambar 3 Rancangan Sistem VLC.

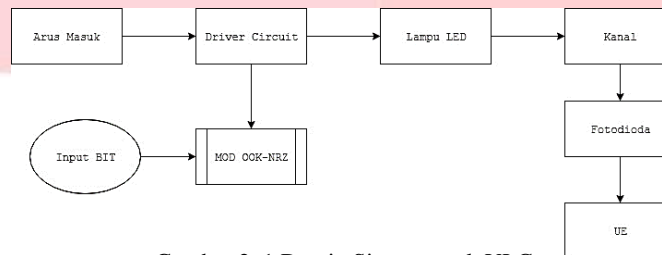
Pembahasan dan perancangan sistem

Tugas akhir ini dikerjakan dalam beberapa tahap diantaranya, pertama dengan melakukan perancangan sistem pada VLC yang akan disimulasikan, maka dengan itu perlu diketahui komponen pendukung yang digunakan. Langkah kedua yaitu menentukan parameter-parameter yang akan digunakan, pada tugas akhir ini menggunakan ruangan persegi panjang dan memiliki ukuran 5x5x3 meter, menambahkan jumlah LED yaitu dengan menggunakan 1 buah lampu dan 2 buah lampu, jarak pengirim dan penerima, serta besar orientasi sudut penerima. Langkah selanjutnya dengan melakukan simulasi sistem dengan menggunakan perangkat lunak Matlab R2018a, simulasi dilakukan dengan memodelkan parameter yang telah ditentukan kedalam syntax program.

Parameter kualitas yang ditargetkan pada penelitian ini adalah tingkat kesalah penerjemahan bit / BER sebesar 10^{-3} . Jika sistem memenuhi target tersebut maka sistem dapat dikatakan baik. Selanjutnya dapat dilakukan analisis dari hasil simulasi yang didapatkan. Kemudian dapat dilakukan penarikan kesimpulan serta saran yang disampaikan dalam pelaporan pada tahapan akhir penelitian.

2.5 Model Sistem

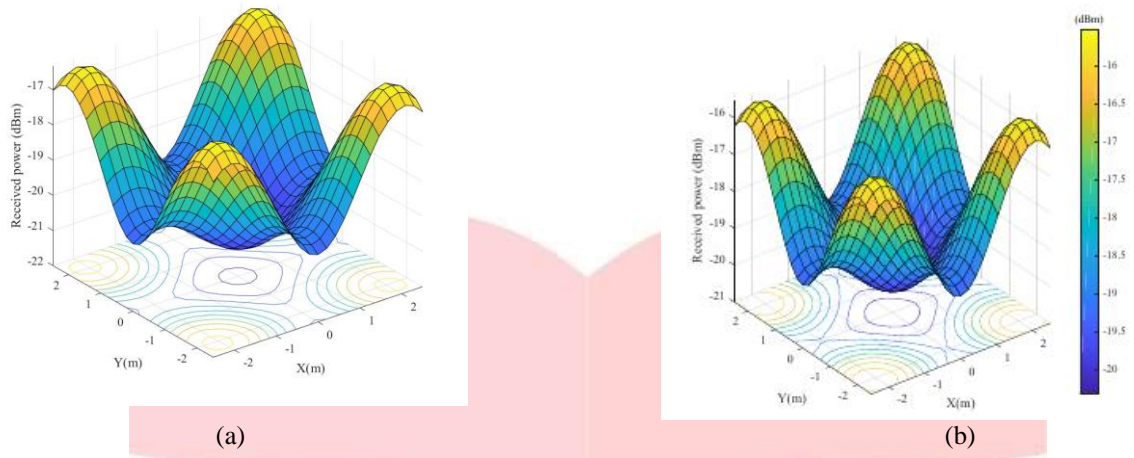
Blok diagram desain sistem VLC untuk komunikasi cahaya tampak yg disimulasikan pada penelitian ini terlihat pada gambar 2.3. Secara garis besar, sistem, terdiri dari 3 bagian yaitu, transmitter, receiver dan model kanal.



Gambar 2. 1 Desain Sistem untuk VLC

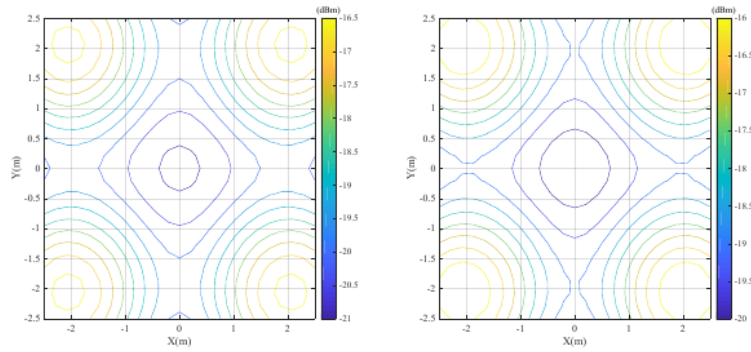
Gambar 2.1 merupakan rancangan sistem VLC pada Tugas Akhir ini. Diawali oleh arus listrik dan sinyal digital atau kode biner yang masuk ke modulator. Di dalam modulator, proses input bit digital pulsa biner 0 dan 1 yang membawa sinyal informasi data dimana saat active high bernilai '1' dan *active low* '0' dan dilakukan proses modulasi OOK-NRZ dan sinyal informasi yang telah di modulasi ditumpangkan ke perangkat *driver circuit* dan ditransmisikan data oleh LED, sinyal yang telah termodulasi ini dipancarkan berupa cahaya oleh LED, kemudian masuk kedalam kanal, pada Tugas Akhir ini menggunakan kanal *directed Line of Sight* (LOS). Setelah melalui medium kanal, maka cahaya yang di pancarkan di tangkap oleh *photodetector*, dimana *Photodetector* berfungsi untuk pengubah sinyal cahaya yang ditransmisikan menjadi besaran listrik sebagai penerima data, photodiode juga berfungsi untuk mendeteksi sinyal gelombang cahaya yang telah melalui kanal untuk langsung diterima oleh user

3. Analisis Simulasi
 3.1 Analisis Simulasi Skenario I



(a)

(b)

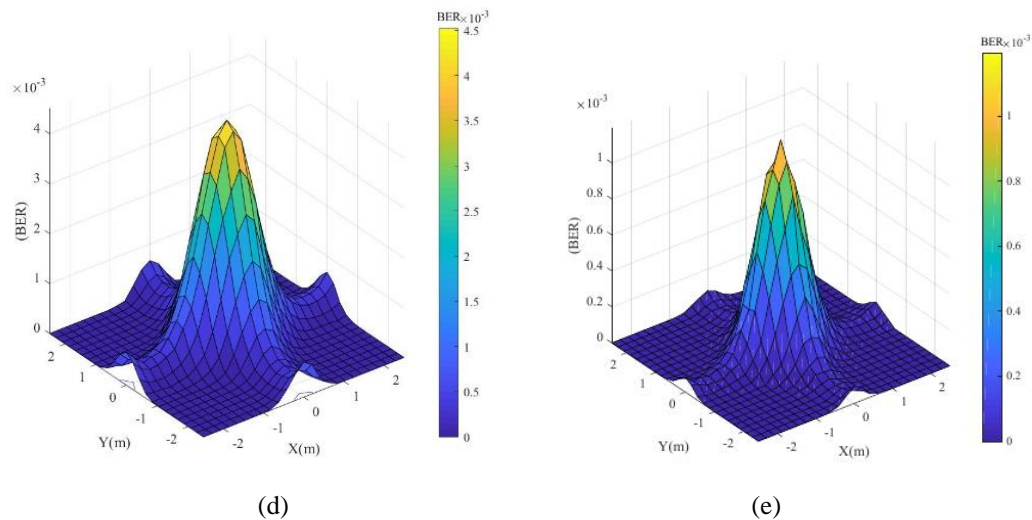


(c)

Gambar (a) menunjukkan realisasi performansi distribusi daya VLC pada skenario I, dimana performansi distribusi daya ini memiliki empat buah LED tanpa fraksi untuk sistem komunikasi VLC bersifat \textit{downlink} dengan dimensi ruang komunikasi panjang, lebar, dan tinggi seluas $5\text{ m} \times 5\text{ m} \times 3\text{ m}$. pada Gambar (a) empat buah lampu LED diletakkan di atas ruangan. sumbu x(m) dan sumbu Y(m) adalah dari dimensi ruang sedangkan sumbu Z (dBm) adalah nilai daya diterima atau daya yang terdistribusi dalam sistem tanpa VLC tanpa fraksi, dimana color bar berwarna kuning menjelaskan bahwa daya yang terdistribusi semakin besar, namun jika color bar mendekati berwarna biru maka semakin lemah daya yang terdistribusi, dengan sistem VLC tanpa fraksi menghasilkan daya terdistribusi tertinggi sebesar -16.5 dBm dan daya terdistribusi terlemah pada daya -21 dBm tepat berada daerah di tengah ruangan, Hal ini terjadi karena penempatan empat buah lampu berada di koordinat 2,1 meter.

Untuk distribusi daya dengan menggunakan daya kirim 3W seperti ditunjukkan pada gambar (b) memiliki nilai koordinat dan jumlah LED yang sama dengan gambar (a), dimana dipatkan daya terdistribusi tertinggi dengan simbol color bar berwarna kuning sebesar -16 dBm dan daya terdistribusi terendah dengan simbol color bar berwarna biru sebesar -20 dBm, Hal ini terjadi dikarenakan semakin besar daya kirim sistem semakin tinggi juga daya yang terdistribusi oleh \textit{transmitter}. Performansi distribusi daya dapat dilihat dari tampak atas dari \textit{transmitter} seperti gambar dibawah ini merupakan distribusi daya dari tampak atas. Dimana daya cahaya yang paling tinggi terpusat tepat koordinat 2.1 meter disimbolkan dengan warna kuning pada kontur untuk daya kirim.

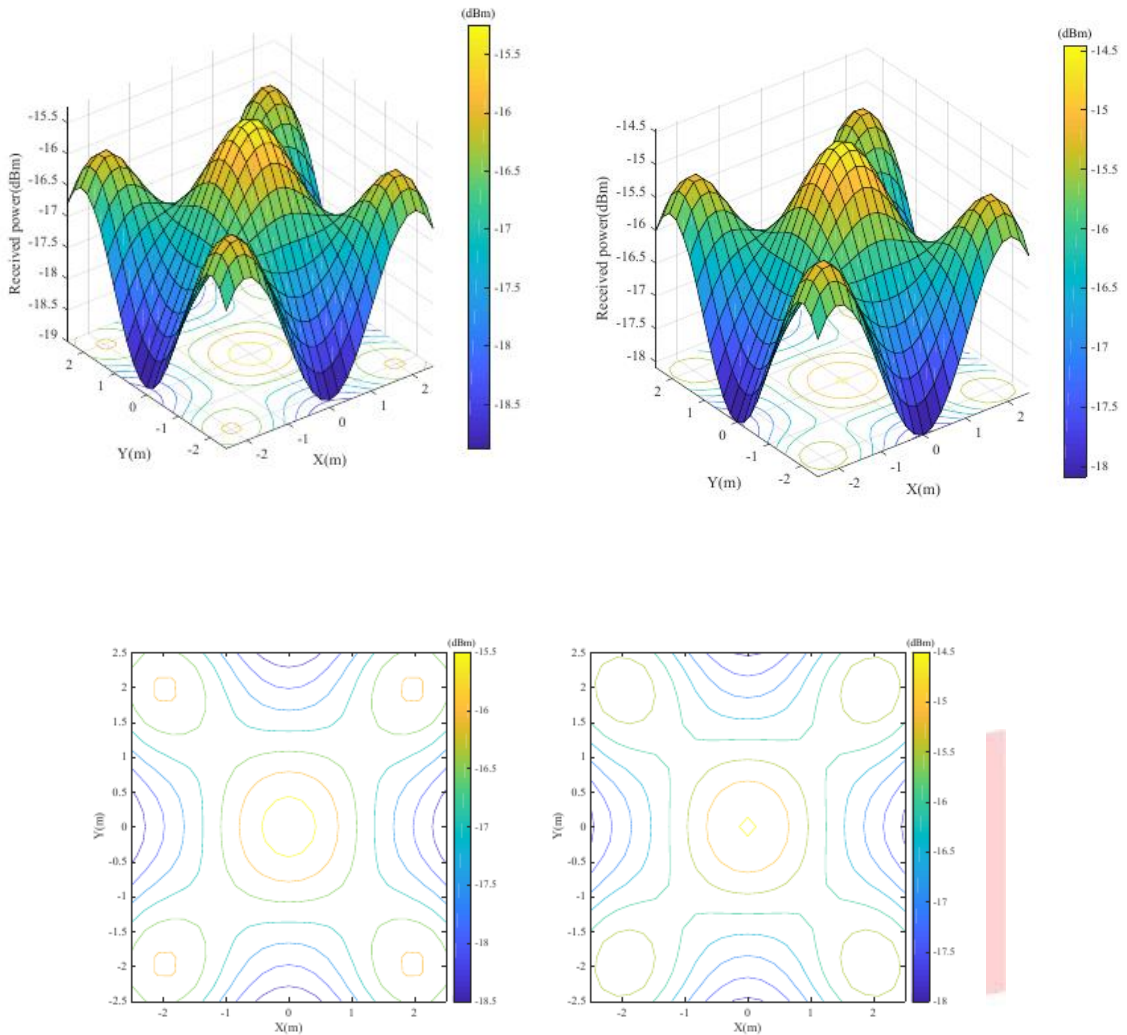
Gambar © menunjukkan kontur distribusi daya 2.5 W pada sistem tanpa fraksi dengan menggunakan empat buah LED, seperti pemaparan pada Gambar (a) dan Gambar (c), dimana daya cahaya yang paling tinggi terpusat tepat koordinat 2.1 meter disimbolkan dengan warna kuning pada color bar baik untuk penggunaan daya kirim sebesar 2.5 W dan 3 W, sehingga idealnya user harus berada disekitar area garis countour berwarna kuning untuk mendapatkan probabilitas BER yang sangat kecil, namun jika *user* berada pada garis color bar berwarna biru akan mendapatkan probabilitas BER yang semakin besar, dikarenakan semakin jauh dari sumber cahaya transmitter.



Gambar (d) menunjukkan luas daerah cakupan sistem VLC menggunakan modulasi OOK-NRZ, dimana dihasilkan cakupan link komunikasi untuk scenario I sebesar 25 m^2 , cakupan link komunikasi di dapatkan dari menjumlahkan luas tiap cell grid dari dimensi ruangan dimana satu cell grid dalam dimensi ruangan memiliki luas sebesar $0,04 \text{ m}^2$, sehingga dari seluruh dimensi ruangan yang memiliki nilai minimum BER threshold $BER \leq 10^{-3}$ dikalikan dengan luas satu cell grid lalu dijumlahkan. Grafik ini merupakan grafik performansi cakupan BER 3D dimana alas panjang $X(\text{m})$ terhadap sumbu X bernilai 5 m serta $Y(\text{m})$ merupakan alas panjang terhadap sumbu Y bernilai sama dengan $X(\text{m})$. Pada sistem tanpa fraksi dengan menggunakan 4 buah lampu LED memiliki nilai BER tertinggi 4.5×10^{-3} dengan disimbolkan pada warna kuning, semakin mendekati cell berwarna biru maka semakin kecil terjadi probabilitas bit error atau $BER = 0$.

Gambar (e) menunjukkan luas daerah cakupan BER sistem VLC menggunakan modulasi OOK-NRZ, dimana dihasilkan cakupan link komunikasi untuk scenario I sebesar 25 m^2 , cakupan link komunikasi di dapatkan dari menjumlahkan luas tiap cell grid dari dimensi ruangan dimana satu cell grid dalam dimensi ruangan memiliki luas sebesar 25 m^2 , sehingga dari seluruh dimensi ruangan yang memiliki nilai minimum BER threshold $BER \leq 10^{-3}$ dikalikan dengan luas satu cell grid lalu dijumlahkan. Grafik ini merupakan grafik performansi cakupan BER 3D dimana alas panjang $X(\text{m})$ terhadap sumbu X bernilai 5 m serta $Y(\text{m})$ merupakan alas panjang terhadap sumbu Y bernilai sama dengan $X(\text{m})$. Pada sistem tanpa fraksi dengan menggunakan 4 buah lampu LED memiliki nilai BER tertinggi 1×10^{-3} dengan disimbolkan pada warna kuning, semakin mendekati cell berwarna biru maka semakin kecil terjadi probabilitas bit error atau $BER = 0$. hal ini terjadi dikarenakan daya kirim pada gambar (e) adalah sebesar 3W sehingga memiliki BER yang lebih kecil dibandingkan dengan BER *coveragee* pada gambar (e).

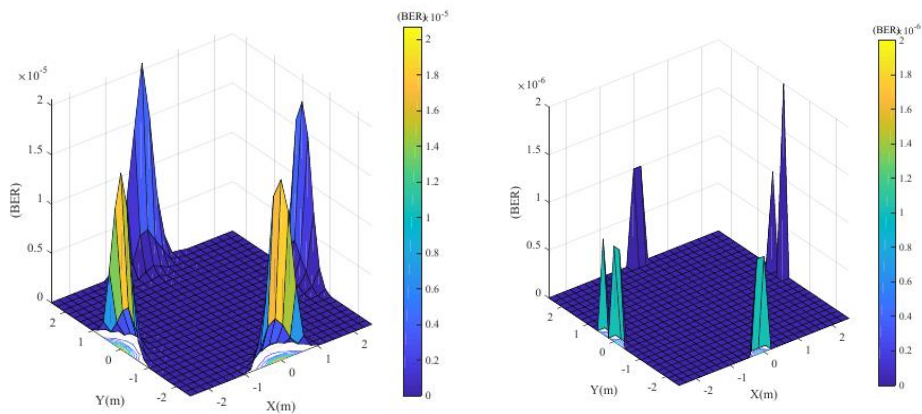
3.2 Analisis Simulasi Skenario II



Gambar (a) menunjukkan realisasi performansi distribusi daya di ruangan komunikasi dengan menggunakan lima buah lampu yang membentuk cahaya fraksi , dimana didapatkan daya yang terdistribusi tertinggi sebesar -15.5 dBm serta daya yang terdistribusi terlemah sebesar -18.5 dBm menunjukkan daya yang diterima dengan sistem VLC membentuk sebuah fraksi lebih besar dibandingkan daya terima sistem VLC tanpa fraksi sebesar -16.5 dBm pada gambar 4.6. sistem VLC tanpa fraksi pada skenario II ini menggunakan lima lampu LED dengan koordinat $A=(2.1,2.1);B=(-2.1,2.1);C=(-2.1,-2.1);D=(2.1,-2.1), E=(0,0)$.

Gambar (b) menunjukkan bahwa terjadi peningkatan distribusi daya di dalam dimensi ruangan dengan daya terima tertinggi dengan simbol kan warna kuning sebesar -14.5 dBm dan daya terima terendah memiliki simbol berwarna biru sebesar -14 dBm. sehingga sistem VLC tanpa fraksi dengan menggunakan daya kirim 3 W memiliki nilai hasil daya terima yang lebih tinggi dibandingkan menggunakan daya kirim 2.5 W.

Gambar 4.13 menunjukkan perbandingan kontur distribusi daya dari tampak atas \textit{transmitter} untuk gambar pertama adalah kontur distribusi daya untuk penggunaan daya 2.5 W, dan gambar yang kedua adalah kontur distribusi daya 3 W, dimana untuk penggunaan daya 2.5 W dan 3 W, \textit{user} akan mendapatkan daya terbesar tepat berada di pusat ruangan atau koordinat (0,0) serta di koordinat (2.1,2.1) jika user berada tepat diluar dari koordinat tersebut maka daya sinyal yang diterima kian melemah seiring dengan pergerakan \textit{user} mendekati area garis kontur berwarna biru. Akan tetapi untuk sistem VLC dengan fraksi ini lebih memiliki keuntungan dari sistem VLC tanpa fraksi, karena semakin besar daya atau cahaya yang tertumpang tindih atau *overlap* maka semakin besar daya yang akan di terima dan memiliki kemungkinan probabilitas BER yang kecil



Sesuai dengan teori referensi pada penelitian [2], Gambar (d) menunjukkan hasil performansi cakupan BER sistem VLC dengan fraksi memiliki cakupan link komunikasi sebesar 25 m^2 , bahwa seperti ditunjukkan oleh Gambar (d) BER coverage sistem VLC tanpa fraksi untuk penggunaan daya 2.5 W masih terdapat bit error sebanyak 53 cell yang masih memenuhi batas minimum BER threshold $BER \leq 10^{-3}$ di dalam ruangan. Sehingga penulis melakukan simulasi sistem VLC dengan fraksi untuk mengoptimalkan BER yang didapat oleh seluruh dimensi ruangan, sehingga BER coverage sistem VLC dengan fraksi untuk daya kirim sebesar 2.5 W memiliki BER yang sangat baik atau $BER = 0$ disekitar koordinat (0,0) tepat pada titik pusat ruangan dan di sekitar koordinat (2,1,2,1) mendominasi dengan simbol *color bar* berwarna biru di dalam ruangan dengan nilai BER terkecil sebesar 0, namun untuk nilai BER tertinggi didapat sebesar 2×10^{-3} .

dengan menggunakan daya kirim 3 W , bahwa Gambar \ref{fig:bercov} menunjukkan hasil performansi cakupan BER dengan fraksi, memiliki nilai BER terkecil sebesar $BER = 0$ mendominasi seluruh dimensi ruangan komunikasi, seperti pada Gambar (e) masih terdapat error sebanyak 53 cell menurun menjadi 9 cell bit yang error dari seluruh didalam ruangan, dengan memiliki probabilitas BER terbesar sebesar 2×10^{-6} Hal ini terjadi karena terjadi sebuah penguatan cakupan daya yang distribusikan dikarenakan penggunaan lima lampu LED yang di sematkan dalam ruangan komunikasi. khususnya pada bagian cahaya LED yang terjadi fraksi atau *overlap* akan mendapatkan probabilitas ber yang sangat kecil atau menyentuh nilai $BER = 0$, sehingga hal ini menyebabkan sistem VLC dengan fraksi lebih efektif untuk sistem komunikasi VLC.

4. Kesimpulan

Berdasarkan hasil simulasi dan analisis penelitian yang telah dilakukan dapat disimpulkan sebagai berikut:

1. Dari segi daya yang diterima, sistem VLC dengan fraksi lebih baik dari sistem VLC tanpa fraksi. Hal ini dibuktikan dengan sistem VLC dengan fraksi memiliki daya terima sebesar -14.5 dBm jika dengan sistem VLC tanpa fraksi sebesar -16.5 dBm .
2. Penambahan jumlah LED hingga membentuk fraksi dapat meningkatkan performansi kinerja sistem VLC. Hal tersebut dibuktikan dengan menurunnya probabilitas error yang terjadi didalam ruangan komunikasi. Saat sistem VLC tanpa fraksi dari 59 cell menjadi hanya 9 cell bit error pada saat sistem VLC dengan fraksi yang memenuhi minimum BER \textit{threshold} Pada penggunaan tiga buah LED dengan menggunakan orientasi 0° , 15° , dan 35° ,
3. dari segi jangkauan komunikasi, sistem VLC dengan fraksi lebih baik dibandingkan dengan sistem VLC tanpa fraksi, Hal tersebut dibuktikan oleh lebih kecil jarak *receiver* dari transmitter saat mencapai BER optimal atau $BER = 0$, untuk sistem VLC dengan fraksi memiliki jarak *receiver* dari *transmitter* tepat 4.13 m mencapai $BER = 0$, sedangkan untuk sistem VLC tanpa fraksi memiliki jarak 4.93 m untuk mencapai $BER = 0$.

Daftar Pustaka:

- [1] Z. Ghassemlooy, S. Arnon, M. Uysal, Z. Xu, and J. Cheng, "Emerging Optical Wireless Communications-Advances and Challenges," *IEEE J. Sel. Areas Commun.*, vol. 33, no. 9, pp. 1738–1749, 2015.
- [2] S. Shashikant, R. Saini, and A. Gupta, "Comparative analysis of coverage aspects for various LEDs placement schemes in indoor vlc system," *2017 2nd Int. Conf. Conver. Technol. I2CT 2017*, vol. 2017–January, pp. 487–491, 2017.
- [3] I. Stefan and H. Haas, "Analysis of optimal placement of LED arrays for visible light communication," *IEEE Veh. Technol. Conf.*, 2013.
- [4] A. Vavoulas, H. G. Sandalidis, T. A. Tsiftsis, and N. Vaiopoulos, "Coverage Aspects of Indoor VLC Networks," *J. Light. Technol.*, vol. 33, no. 23, pp. 4915–4921, 2015.
- [5] D. Yulian, D. Darlis, and S. Aulia, "Perancangan Dan Implementasi Perangkat Visible Light Communication Sebagai Transceiver Video," *J. Elektro dan Telekomun. Terap.*, vol. 2, no. 2, 2016.
- [6] Z.Ghassemlooy., W.papoola., and S.Rajbhandari, *OPTICAL WIRELESS COMMUNICATION*, vol. 39, no. 5. 2009.
- [7] S. Hranilovic, *Wireless optical communication systems*. 2005.
- [8] H. Lehpahmer, *MICROWAVE TRANSMISSION NETWORKS*, SECOND EDI. San Diego, California: Mc Graw Hill Company, 2010.
- [9] J. Quan, Y. Li, and Y. Zhang, "Configuring indoor visible light communication networks," *2012 1st IEEE Int. Conf. Commun. China Work. ICC 2012*, pp. 54–58, 2012.