ANALISIS PENGARUH *FULL WIDTH HALF MAXIMUM* TERHADAP JARAK MAKSIMAL ANTARA *SOURCE* KE *RECEIVER* PADA SISTEM *VISIBLE LIGHT COMMUNICATION*

ANALYSIS OF THE EFFECT OF FULL WIDTH HALF MAXIMUM ON MAXIMAL DISTANCE BETWEEN SOURCE TO RECEIVER IN VISIBLE LIGHT COMMUNICATION SYSTEM

Devin Benz Rizki[1], Arfianto Fahmi[2], Vinsensius Sigit[3]

[1,2,3]Prodi S1 Teknik Telekomunikasi, Fakultas Teknik Elektro, Universitas Telkom

[1]**devinbenzrizki@gmail.com**, [2]**arfiantof@telkomuniversity.ac.id**, [3]**vinsensiussigit@telkomuniversity.ac.id**

Abstrak

Teknologi informasi dan komunikasi sedang berkembang dengan cepat. *Visible Light Communication* (VLC) adalah perkembangan teknologi komunikasi yang multi fungsi untuk memenuhi dua kebutuhan manusia yaitu penerangan dan konektivitas internet. Namun pada kenyataan penerapan teknologi ini perlu memiliki standar parameter untuk tercapainya mobilitas pengguna yang maksimal dan juga konsumsi energi yang minim guna menciptakan teknologi multifungsi dan efesien.

Full Width Half Maximum (FWHM) adalah salah satu parameter yang mempengaruhi kinerja sistem VLC khusus nya pada sisi *transmitter*. Ideal nya FWHM ditentukan berdasarkan kebutuhan, namun guna menjawab tantangan mobilitas *user* yang terbatas maka FWHM ideal perlu ditentukan. Hasil yang didapatkan dengan performansi keberhasilan sistem adalah BER 10^{-3} adalah 22,72 meter persegi dari luas keseluruhan ruangan 25 meter persegi pada rentang FWHM 70º - 85º.

Kata Kunci : VLC, FWHM, *Coverage*, *Transmitter*, BER.

Abstract

Information and communication technology is developing rapidly. Visible Light Communication (VLC) is a development of multi-functional communication technology to meet two human needs, namely lighting and internet connectivity. But in reality the application of this technology needs to have a standard parameter to achieve maximum user mobility and also efficient energy consumption in order to answer existing problems.

Full Width Half Maximum (FWHM) is one of the parameters that affects the performance of the VLC system specifically on the side of transmitter. The ideal of FWHM is determined based on needs, but in order to answer the challenges of limited user mobility, the ideal FWHM needs to be determined. The results obtained with the system's successful performance are BER 10^{-3} is 22,72 meters from the total area of the room 25 meters in the FWHM range 70º - 85º.

***Keywords* :** *VLC, FWHM, Coverage, Transmitter, BER.*

1. Pendahuluan

Visible Light Communcation (VLC) adalah perkembangan dari teknologi *Optical Wireless Communcation* (OWC) yang menggunakan cahaya tampak sebagai media transmisi nya. Secara keseluruhan konsep, VLC sangat baik dan efesien karena dapat menyediakan penerangan dan koneksi internet secara bersamaan. Namun permasalahannya adalah seberapa jauh daya pancar dan sudut terima yang ideal agar dapat terkonesi dengan baik dan berapa jumlah LED agar seluruh ruangan dapat menerima konesi yang sama baik nya satu dengan yang lain. *Full Width Half Maximum* (FWHM) adalah salah satu parameter yang menentukan fokus penyebaran daya kirim LED. Daya kirim

yang terdistribusi secara luas dapat meningkatkan luas cakupan sistem VLC sehingga mobilitas pengguna dapat mencapai jarak yang maksimal.

Fokus distribusi BER dipengaruhi besar oleh FWHM, semakin luas distribusi BER maka cakupan sistem semakin luas. Maka dari itu penelitian kali ini akan Menganalisis pengaruh perubahan FWHM pada sistem VLC dari segi luas *coverage*, nilai SNR, dan daya terima. Serta penelitian ini akan menentukan FWHM ideal yang dapat diimplementasikan pada sistem VLC sehingga dapat efesien dalam segi penggunaan daya dan luas cakupan sistem.

2. Dasar Teori

2.1 Visible Light Communication (VLC)

Visible Light Communication (VLC) adalah bagian pengembangan dari teknologi *Optical Wireless Communication* (OWC), dimana VLC menggunakan cahaya tampak sebagai mediumnya. Awal penggunaan cahaya tampak sebagai mediumnya diawali pada sekitar tahun 1870 ketika Alexander Graham Bell berhasil mendemonstraikan transmisi dari sinyal audio menggunakan cermin yang dibuat bergetar oleh suara seseorang [2]. Keunggulan utama dari sistem VLC dibandingkan dengan komunikasi *Radio Frequency* (RF) adalah proses modulasi daya optik dengan data harga dan kompleksitas yang lebih rendah dibandingkan dengan komunikasi RF.

2.2 *Light Emitting Diode* (LED)

Light Emitting Diode yang biasa dikenal dengan LED adalah sebuah perangkat sumber cahaya bersifat semi konduktor dua arah yang akan memancarkan cahaya bila dalam keadaan aktif. LED dapat memancarkan beberapa warna cahaya dan panjang gelombang tergantung pada *band-gap* dari *p-njunction* yang terdapat pada material semi konduktor. LED memiliki keuntungan dibandingkan dengan menggunakan lampu yang biasa digunakan. LED di tidak berbahaya bagi kesehatan karena pada sinar LED tidak mengandung sinar *Ultra Violet* sehingga tidak merusak mata, menghasilkan suhu panas yang relatif lebih kecil dibandingkan lampu pada umumnya dan dapat diintegrasikan dengan barang elektronik.

2.3 Modulasi Digital OOK-NRZ

Penumpangan sinyal informasi kedalam sinyal pembawa disebut dengan proses modulasi. Modulasi analog dan modulasi digital adalah dua teknik modulasi yang ada. Teknik modulasi yang akan digunakan dalam Tugas Akhir ini adalah teknik modulasi digital, di mana sinyal penumpang berupa kode biner. Teknik modulasi yang umumnya digunakan dalam system kanal VLC adalah OOK. Penelitian Tugas Akhir ini menggunakan teknik modulasi digital OOK-NRZ. OOK-NRZ dapat diumpamakan sebagai saklar, dimana bit 1 menandakan bahwa sumber cahaya on sedangkan pada bit 0 menandakan bahwa sumber cahaya off. Format NRZ menunjukan bahwa pulsa untuk bit 1 menempati seluruh interval bit, dan tidakada pulsa yang digunakan untuk bit 0 [2].

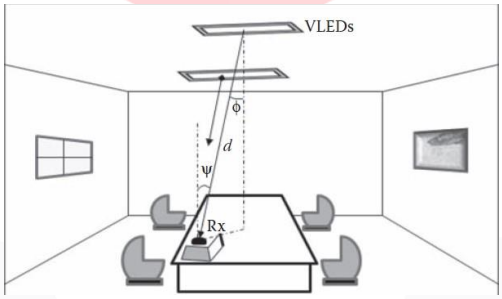
2.4 Photodiode

Photodioda adalah salah satu dari beberapa jenis foto detektor yang ada, dalam komunikasi optik, fotodioda lah yang digunakan karena dianggap memiliki keuntungan yang cukup banyak antara lain, sensitivitas tinggi pada panjang gelombang tertentu, memiliki respon waktu yang cepat sehingga *bandwidth* besar, dimensi fisik yang kompatibel, *noise* rendah, tidak terlalu *sensitive* terhadap perubahan temperatur suhu dan, memiliki waktu pakai yang panjang dengan harga yang lebih ekonomis. Saat *reverse-bias* diterapkan pada PIN photodetector mengakibatkan lebar daerah intrinsik akan mengalami penyempitan seiring dengan kenaikan tegangan. Energi foton harus lebih besar dari energi *band-gap* yang berasal dari material semikonduktor untuk mengubah foton menjadi arus listrik. Saat foton melepaskan

energy untuk mengeluarkan *electron* dari pita *valensi* menuju pita konduksi, sehingga menghasilkan pasangan *elektron-neutron* [2].

2.5 *Full Width Half Maximum* (FWHM)

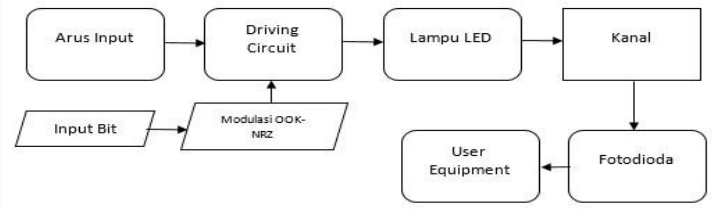
Full Width Half Maximum (FWHM) adalah sudut pancar setengah daya yang dikeluarkan oleh LED yang dapat mentransmisikan sinyal informasi. Sudut pancar cahaya yang dikeluarkan LED tentu saja sangat lebar untuk menerangi ruangan sekitar. Namun dalam pengaplikasian nya nilai FWHM sangat mempengaruhi daya terima UE dan berpengaruh pada luas coverage konektivitas dari VLC karena besar sudut FWHM terbentuk dari jarak *source* ke *receiver*. Perubahan FWHM tentu membuat fokus pancar LED yang mengirimkan data terbatas atau dengan kata lain mobilitas UE sangat terbatas sehingga tidak semua sudut ruangan dapat terkoneksi dengan baik oleh *transmitter*. Menurut jurnal [5] performansi BER semakin memburuk jika UE berada diluar pada FWHM ideal yaitu 70º sampai dengan 90º karena dapat mencakup area yang lebih luas. Penggambaran FWHM terbentuk oleh posisi *source* dan *receiver* akan dijelaskan pada Gambar 2.1 berikut.



Gambar 2.1. Ilustrasi FWHM

3. Perancangan Sistem

3.1 Diagram Sistem



Gambar 3.1. Diagram Sistem VLC

Perancangan simulasi yang dilakukan pada tugas akhir ini guna meneliti kinerja dari pendistribusian cahaya komunikasi dengan menggunakan jumlah LED yang berbeda. Jumlah LED yang digunakan sebanyak 1 (satu) dan 2 (dua) buah. Pada salah satu sisi ruangan simulasi, ditambahkan reflektor berupa cermin pantul. Gambar 2.1 mendeskripsikan bahwa pada system VLC, dirancang bagian transmitter yang berfungsi sebagai sumber informasi yang akan mengirimkan informasi berupa sinyal berbentuk cahaya tampak dan udara sebagai media rambatnya. Dalam blok transmitter terdapat beberapa komponen utama.

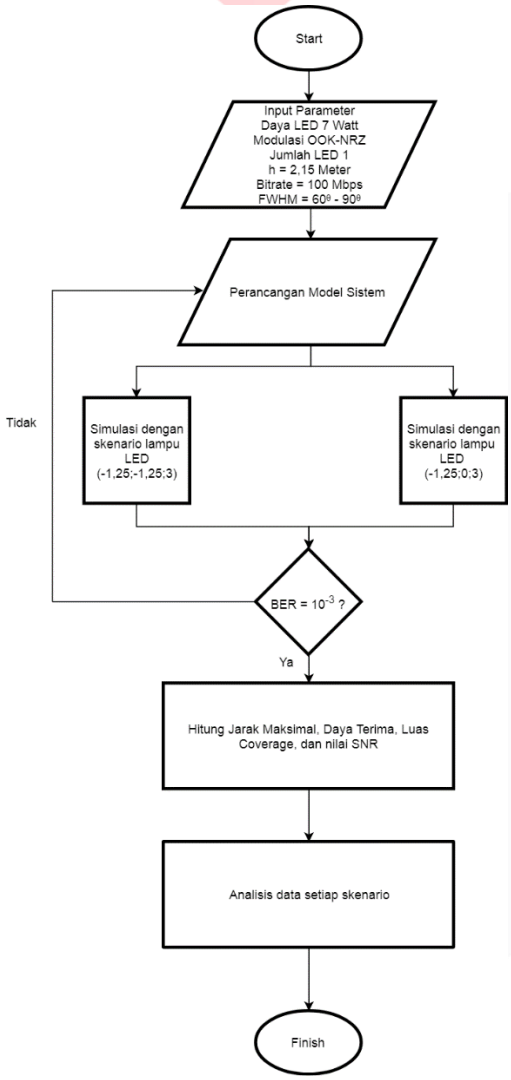
Komponen pertama adalah sumber teganggan, yang berfungsi sebagai pemberi arus sumber tegangan pada simulasi ini. Komponen kedua pada blok transmitter adalah driving circuit yang terhubung langsung ke tegangan sumber,dimana driving circuit berfungsi sebagai pengaktif blok transmitter agar dapat bekerja, ketika bit / data yang dimasukan = 0, maka akan off, dan ketika bit / data yang di input = 1maka akan on. Untuk mengaktifkan LED dan beberapa komponen didalamnya, terdapat komponen modulasi yang akan mengubah sinyal-sinyal informasi kedalam bentuk tertentu, sehingga dapat ditransmisikan ke tujuan.

Prinsip kerja dari dioda adalah mengubah sinyal listrik menjadi cahaya tampak yang akan dipancarkan oleh komponen selanjutnya, yaitu LED. Cahaya tampak yang dipancarkan oleh LED tersebut membawa sinyal-sinyal informasi yang akan merambat lewat media udara. Sinyal informasi yang telah termodulasi dari blok transmitter akan dikirimkan ke blok receiver dengan melewati kanal reflektor. Jenis reflektor yang digunakan pada kanal berupa cermin pantul, guna membuat masukan sinyal informasi secara maksimal pada receiver.

Pada blok receiver akan terjadi penangkapan cahaya informasi yang ditangkap oleh photodetector, kemudian akan diubah menjadi sinyal listrik. Jenis photodetector yang digunakan pada tugas akhir ini adalah jenis Positive Intrinsic Negative photodetector (PIN). Komponen terakhir yang terdapat pada blok receiver adalah decision circuit yang bekerja sebagai pengambil keputusan untuk meloloskan inyal yang lebih besar dibandingkan sinyal trashold dan dianggap bit 1,sedangkan sinyal dibawah sinyal trashold akan dianggap bit 0.

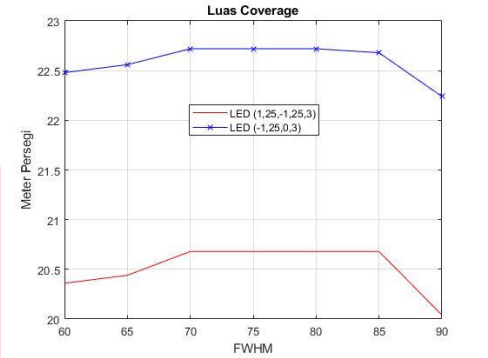
3.2 Diagram Alir Skenario

Diagram alir skenario simulasi yang akan dilakukan pada pengerjaan Tugas Akhir ini sebagai berikut.



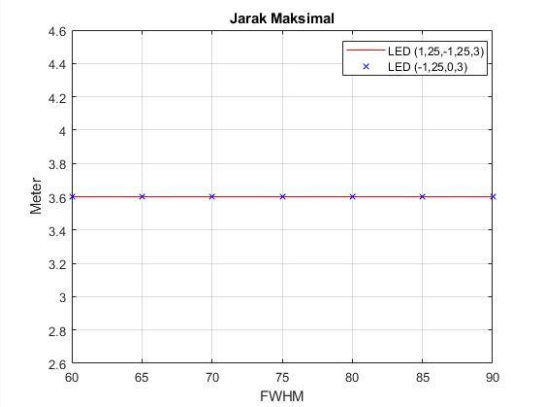
Gambar 3.2. Diagram Alir Skenario

4. Hasil Simulasi dan Analisis



Gambar 4.1. Grafik Luas *Coverage*

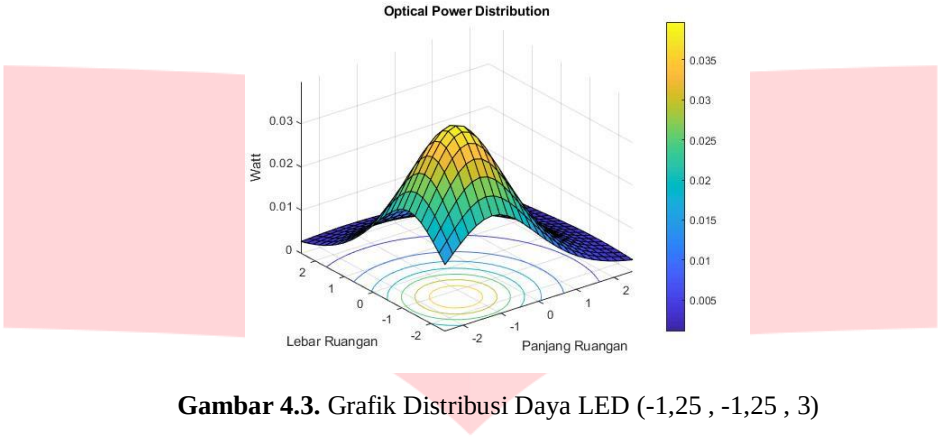
Gambar diatas menyajikan grafik dari data hasil simulasi skenario dengan variansi FWHM 60º sampai dengan 90º. Terlihat bahwa semakin besar nilai FWHM maka semakin luas *coverage* yang dihasilkan, dengan luas *coverage* maksimal adalah 20,68 meter persegi yang dihasilkan dari FWHM 70º sampai dengan 85º pada saat posisi LED (-1,25 , -1,25 , 3) dan 22,72 meter persegi pada LED (-1,25 , 0 , 3) pada FWHM 70º sampai dengan 85º. Luas *coverage* maksimal bernilai *steady state* atau tetap yang berarti sistem bekerja secara optimal dengan parameter FWHM tersebut. Tetapi pada saat FWHM 85º sampai dengan 90º terjadi penurunan luas *coverage* yang cukup signifikan. Hal itu disebabkan karena performa distribusi BER yang menurun dari FWHM sebelumnya, berkaitan dengan konsep *Wireless Communication* bahwa semakin jauh jarak yang ditempuh oleh sinyal maka probabilitas *Loss* akan lebih tinggi, dan daya terima akan mengecil. Daya terima berbanding lurus dengan nilai BER yang berarti semakin besar daya terima maka semakin bagus nilai BER. Bukti bahwa FWHM mempengaruhi fokus distribusi daya dalam sistem VLC ini dibuktikan dengan penurunan luas *coverage*, semakin kecil FWHM maka semakin fokus daya yang dipancarkan, namun hanya beberapa *cell* yang difokuskan sehingga luas *coverage* mengecil.



Gambar 4.2. Grafik Jarak Maksimal

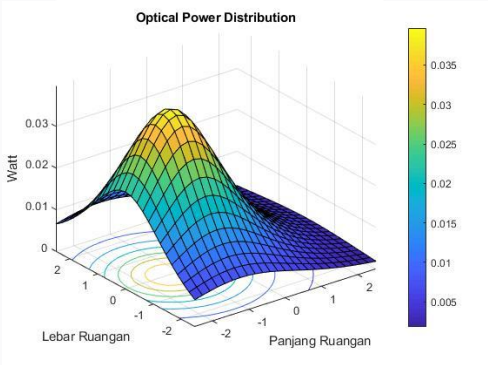
Terlihat bahwa nilai FWHM 60º sampai dengan 90º tidak berpengaruh terhadap jarak maksimal. Hal ini membuktikan bahwa FWHM 60º sampai dengan 90º hanya berpengaruh pada luas *coverage* namun tidak berpengaruh terhadap jarak maksimal. Pada pengujian skenario ini, didapatkan jarak maksimal antara *source* ke *receiver* sejauh 3,6 meter pada saat posisi LED (-1,25 , -1,25 , 3) maupun pada saat posisi LED (-1,25 , 0 , 3). Pada dasarnya, FWHM sangat mempengaruhi distribusi daya kirim yang tersebar keseluruh sudut ruangan, fokus penyebaran daya tergantung pada besarnya nilai FWHM seperti yang sudah dibahas pada skenario sebelumnya. Namun pada skenario ini, jarak

maksimal model sistem VLC yang dirancang hanya mendapat jarak maksimal sebesar 3,6 meter. Efesiensi *Wireless Communication* terletak pada fleksibilitas pergerakan pengguna karena sifatnya yang nirkabel. Jarak maksimal hanya menjadi salah satu parameter pendukung dari efesiensi sistem VLC yang dirancang, maka dari itu FWHM 60º sampai dengan 90º adalah nilai FWHM yang ideal untuk implementasi sistem jika yang difokuskan hanya jarak maksimal.



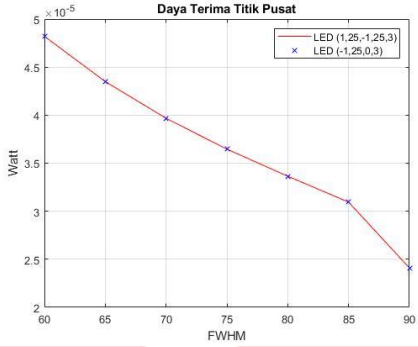
Gambar 4.3. Grafik Distribusi Daya LED (-1,25 , -1,25 , 3)

Gambar 4.3 memaparkan distribusi daya yang dihasilkan oleh simulasi saat posisi LED (-1,25 , -1,25 , 3) dan Gambar 4.4 memaparkan distribusi daya yang dihasilkan oleh simulasi saat posisi LED (-1,25 , 0 , 3), terlihat bahwa semakin dekat posisi *receiver* dengan *source* maka semakin besar daya yang diterima. Performansi BER yang menjadi titik acuan keberhasilan sistem sangat bergantung pada daya yang diterima, semakin besar daya terima maka semakin baik BER yang dihasilkan. FWHM bertugas untuk membagi fokus penyebaran daya, maka semakin besar FWHM semakin menyebar daya yang di distribusikan. Hal itu mengakibatkan daya terima akan lebih besar semakin fokus LED menyebarkan daya.



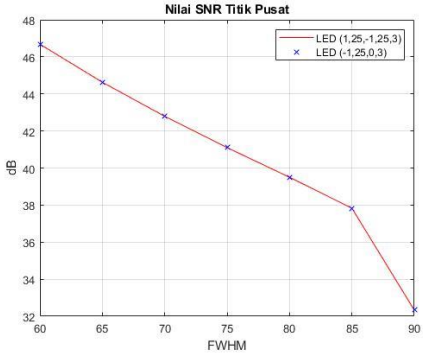
Gambar 4.4. Grafik Distribusi Daya LED (-1,25 , 0 , 3)

Fokus perhitungan dilihat pada titik sejajar antara *source* dan *receiver* atau secara jelas berada dibawah lampu LED. Semakin menjauh jarak antara *source* ke *receiver* maka semakin kecil daya terima. Untuk melihat tren dan kecenderungan data pengaruh FWHM terhadap daya terima akan dipaparkan pada grafik berikut.



Gambar 4.5. Grafik Daya Terima Titik Pusat

Gambar 4.4 memaparkan grafik hubungan daya terima dan FWHM dengan variansi FWHM 60º sampai dengan 90º. Dengan titik fokus pada titik sejajar antara *source* dan *receiver* terlihat bahwa daya terima akan mengecil saat FWHM membesar. Daya terima pada titik pusat adalah daya terima terbesar dari seluruh distribusi daya pada 625 *cell* yang disimulasikan. Terjadi kesamaan hasil pada 2 posisi LED yaitu pada saat FWHM 60º menghasilkan daya terima sebesar 4,82 x 10^{-5} dan pada saat FWHM maksimal yaitu 90º menghasilkan daya terima sebesar 2,41 x 10^{-5}.



Gambar 4.6. Grafik Nilai SNR Tititk Pusat

Sama hal nya dengan daya terima, SNR akan berbanding terbalik dengan nilai FWHM. SNR akan cenderung menurun jika FWHM semakin membesar. Pada dasar nya SNR memiliki standar kategori untuk keberhasilan sistem *Wireless Communication*, namun pada sistem VLC belum ditetapkan secara global. Nilai SNR pada kedua posisi LED saat FWHM 60º menghasilkan 46,68 dB dan pada saat FWHM 90º menghasilkan 32,33 dB. Hal ini disebabkan karena nilai SNR berbanding lurus dengan besar daya terima. FWHM membagi fokus penyebaran daya sehingga pada titik pusat atau titik sejajar akan mendapat daya terima dan nilai SNR terbesar dari seluruh titik lain.

Setelah melakukan seluruh skenario dengan variansi FWHM 60º sampai dengan 90º, data yang tertera nantinya akan ditarik kesimpulan untuk menentukan FWHM ideal yang dapat diimplementasikan pada sistem VLC agar bisa lebih efesien dari segi penggunaan energi dan juga harga produksi.Analisis secara menyeluruh dari seluruh percobaan mengambil garis besar bahwa tidak FWHM tidak harus paling besar untuk mendapat cakupan area yang luas, distribusi daya juga harus diperhatikan untuk penyebaran daya terima yang dihasilkan. FWHM ideal adalah yang menghasilkan daya terima terdistribusi secara luas, nilai SNR tinggi, dan juga luas *coverage* yang maksimal. Efesiensi penggunaan energi untuk lampu LED juga berpengaruh terhadap seluruh parameter, semakin besar daya yang digunakan membuat parameter keberhasilan sistem membaik.

5. Kesimpulan

Berdasarkan hasil simulasi dan analisis penelitian yang telah dilakukan, dapat diambil beberapa kesimpulan sebagai berikut :

1. Luas coverage, semakin besar FWHM maka semakin luas *coverage* yang dihasilkan oleh sistem. Terdapat nilai *steady state* pada skenario pertama dengan hasil 20,68 meter persegi yang dihasilkan dari FWHM 70º sampai dengan 85º pada saat posisi LED (-1,25 , -1,25 , 3) dan 22,72 meter persegi pada LED (-1,25 , 0 , 3) pada FWHM 70º sampai dengan 85º. Terjadi penurunan luas *coverage* pada FWHM 90º dikarenakan distribusi daya terima semakin kecil dan menyebabkan penurunan luas *coverage*.
2. Distribusi SNR untuk VLC, semakin besar daya kirim pada *source* maka semakin besar nilai rata-rata SNR yang didapatkan. Namun berbanding terbalik dengan besaran sudut *transmitter*, semakin besar sudut FWHM maka nilai rata-rata SNR yang didapatkan semakin kecil. Dengan nilai SNR maksimal yang dihasilkan dari FWHM 60º adalah 46,68 dB dan minimal dari FWHM 90º adalah 32,33 dB.
3. Daya terima *receiver*, semakin besar FWHM maka semakin menyebar distribusi daya yang dihasilkan, menimbulkan pengurangan daya pada posisi tertentu yang berakibat pada memburuknya parameter performansi sistem. Daya terima ideal untuk pengimplementasian sistem VLC dengan parameter keberhasilan BER = 10^{-3} adalah 0,000030 Watt sampai 0,000040 Watt diukur dari posisi sejajar antara *source* ke *receiver*.
4. Jarak maksimal tercipta saat FWHM 60º sampai dengan 90º bernilai stagnan atau *steady state* sebesar 3,6 meter diukur dari titik sejajar antara *source* dan *receiver*.

Daftar Pustaka:

[1] Sharma, S. Bajaj, dan S. Ahlawat. “Visible Light Communication”. International Journal of Science and Research Vol 4 Issue 7, July 2015

[2] Shubham Rastogi. “Li-Fi: A 5G Visible Data Communication”. International Journal of Science and Research Vol 5 Issue 9, September 2016.

[3] N. Yudhabrama, I, Wijayanto, S. Hadiyoso, “Perancangan dan analisis pengiriman data digital berbasis VLC” Seminar Nasional Inovasi Industri, February 2017.

[4] R. Sharma, A. Sanganal, S. Pati, “Implementation of A Simple Li-Fi Based System”, International Journal of Computing and Tech, Vol 1 Issue 9, October 2014.

[5] N. Sendani, R. Ghahrahmani, “Study the Effect of FOV in Visible Light Communication” International Research Journal Of Engineering and Tech Vol 04 Issue 10, October 2017.

[6] Z. Ghassemloy, W. Popoola, S. Rajbhandari. “Optical Wireless Communication” International Standard book Number-13: 978-1-4398-5325 (E-Book- pdf), 2013.

[7] A. Kassem and I. Darwazeh, “A high bandwidth modified regulated cascode tia for high capacitance photodiodes in vlc,” in 2019 IEEE International Symposium on Circuits and Systems (ISCAS). IEEE, 2019, pp. 1–5.

[8] F. Miramirkhani and M. Uysal, “Channel modeling and characterization for visible light communications,” IEEE Photonics Journal, vol. 7, no. 6, pp. 1–16, 2015.

[9] T. Woo, J. K. Park, and J. T. Kim, “Effects of incident angle and distance on visible light communication,” World Academy of Science, Engineering and Technology,International Journal of Electrical, Computer, Energetic, Electronic and Communication Engineering, vol. 11, no. 1, pp. 70–73.