

# ANALISIS FULL WIDTH AT HALF MAXIMUM DAN KOORDINAT LED PADA SISTEM BERBASIS VLC DI DALAM RUANGAN

## ANALYSIS OF FULL WIDTH AT HALF MAXIMUM AND COORDINATE ON INDOOR VLC SYSTEMS

Priya Aristo<sup>1</sup>, Desti Madya Saputri<sup>2</sup>, Brian Pamukti<sup>3</sup>

<sup>1,2,3</sup> Prodi S1 Teknik Telekomunikasi, Fakultas Teknik Elektro, Universitas Telkom

<sup>1</sup>aristop@students.telkomuniversity.ac.id, <sup>2</sup>destimadyas@telkomuniversity.co.id, <sup>3</sup>bripan@telkomuniversity.ac.id

### Abstrak

Tugas Akhir ini melakukan studi atas *Optical Wireless Communication*, pada saat ini teknologi telekomunikasi semakin berkembang sangat pesat. Salah satunya teknologi nirkabel, teknologi ini terbagi menjadi beberapa macamnya tergantung medium yang digunakan. *Visible Light Communication* adalah teknologi di bidang nirkabel optik yang menawarkan media komunikasi serta penerangan karena menggunakan cahaya tampak sebagai medium. VLC memiliki permasalahan, salah satunya adalah seberapa jauh cakupan yang dapat dipancarkan oleh lampu *Light Emitting Diode* (LED). Untuk mendapatkan seberapa jauh cakupan yang dapat dipancarkan, Tugas Akhir ini melakukan analisis sudut Full Width at Half Maximum dan koordinat LED. Tugas Akhir ini menggunakan empat buah LED yang diletakkan di atap ruangan yang mempunyai dimensi 5x5x3 m<sup>3</sup>. Kinerja sistem dievaluasi menggunakan beberapa parameter yaitu, *Bit Error Rate* (BER), *Signal to Noise Ratio* (SNR), dan *Optical Distribution*. Kontribusi Tugas Akhir ini adalah mendapatkan seberapa jauh cakupan yang didapat dipancarkan LED berdasarkan nilai  $BER \leq 10^{-3}$ . Hasil penelitian ini diperoleh bahwa dengan sudut FWHM 40°, jarak terjauh *receiver* dari *transmitter* adalah sebesar 2,51 m dan luas cakupannya sebesar 20,68 m<sup>2</sup>.

**Kata Kunci :** *Visible Light Communication, Full Width at Half Maximum, Light Emitting Diode, Bit Error Rate, Signal to Noise Ratio*

### Abstract

This final assignment conducts the study of *Optical Wireless Communication*, in this era telecommunication technologies is expanding very rapidly. One of them is wireless communication, it is divided into several kinds depending on the medium used. *Visible Light Communication* is one of the optical wireless technology which provides communication and illumination, because using visible light as a medium. One of the problem that occur on the VLC is how far the coverage that can emitted by *Light Emitting Diode* (LED). To get how far coverage can be emitted by LED, this final assignment performs an analysis of Full Width at Half Maximum and coordinate of LED. This final assignment uses 4 LED placed on the roof of a room that has dimension 5x5x3 m<sup>3</sup>. System performance is evaluated using several parameters i.e *Bit Error Rate* (BER), *Signal to Ratio Noise* (SNR), and *Optical Distribution*. The contribution of this final assignment is to get how far the coverage can be emitted by LED based on  $BER \leq 10^{-3}$ . The results of this final assignment were that acquired that with an angle of FWHM 40°, the receiver farthest distance from transmitter by 2.51 m and the wide coverage is 20.68 m<sup>2</sup>.

**Keyword :** *Visible Light Communication, Full Width at Half Maximum, Light Emitting Diode, Bit Error Rate, Signal to Noise Ration*

### 1. Pendahuluan

Seiring dengan perkembangan zaman, teknologi telah berkembang pesat, khususnya di bidang telekomunikasi. Teknologi di bidang telekomunikasi yang efisien dan cepat merupakan sesuatu kebutuhan yang diperlukan oleh masyarakat modern. Sehingga dibutuhkan teknologi telekomunikasi yang mempunyai performansi lebih baik, kecepatan pengiriman lebih cepat, kapasitas lebih besar, energi yang efisien. Salah satu teknologi yang dapat digunakan adalah *Visible Light Communication* (VLC). VLC adalah teknologi baru di bidang komunikasi nirkabel optik. Teknologi ini menyediakan pencahayaan serta komunikasi untuk sistem dalam ruangan. Cahaya tampak digunakan untuk membawa informasi dari *Light Emitting Diodes* (LED) yang bertindak sebagai pengirim, sedangkan di penerima dilengkapi dengan fotodiode. Penggunaan

cahaya tampak sebagai medium transmisi menawarkan beberapa keunggulan, yaitu tidak berbahaya bagi kesehatan manusia, murah dan mudah dalam implementasinya. Faktor-faktor ini membuat VLC lebih dapat diandalkan untuk sistem komunikasi dalam ruangan dibandingkan luar ruangan. Cahaya tampak tidak dapat melewati objek padat dan karenanya diperlukan *Line of Sight* (LOS) dari pengirim ke penerima. Pada penelitian [1] penempatan optimum LED berada dekat dinding yang saling berlawanan arah dengan sudut receiver sebesar  $85^\circ$ . Penelitian [2] menunjukkan bahwa distribusi daya optik saluran LOS didapatkan daya optik di pusat dengan kekuatan maksimum 2,2 dBm dan daya minimum -2,3 dBm. Namun, ketika *Full Width at Half Maximum* (FWHM) dengan sudut  $35^\circ$  didapatkan daya maksimum 4,4 dBm dan daya minimum -2,3 dBm. Namun, ketidakseragaman daya optik di pusat mencapai 3,2 dBm. VLC memiliki banyak kelebihan dibandingkan dengan teknologi lainnya. Akan tetapi masalah yang dimiliki VLC adalah seberapa jauh jarak maksimal *user* bisa menerima daya yang dikirimkan oleh *transmitter*. Oleh karena itu, penulis menganalisis performansi BER berdasarkan sudut FWHM dan koordinat LED.

## 2. Dasar Teori

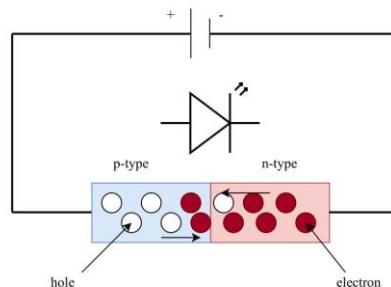
### A. Visible Light Communication

*Visible Light Communication* (VLC) adalah salah satu sistem komunikasi nirkabel optik yang membawa informasi dengan memodulasi cahaya dalam spektrum yang terlihat (400-700 nm). VLC menggunakan *Light Emitting Diodes* (LED) untuk tujuan penerangan dan komunikasi data dengan kecepatan yang sangat tinggi.

Pengembangan sistem VLC lebih difokuskan untuk penerapan dalam ruangan karena lebih layak, dapat diandalkan dan aman bagi kesehatan manusia. Cahaya tampak tidak dapat menembus sebuah objek dan membutuhkan keadaan *Line of Sight* (LOS) antara transmitter dan receiver. LOS sendiri terdapat 2 jenis, yaitu LOS, dan N-LOS. Secara teoritis, kecepatan transfer data LOS lebih tinggi dibandingkan dengan N-LOS karena tidak ada objek yang menghalangi.

### B. Light Emitting Diode

*Light Emitting Diode* (LED) adalah perangkat semikonduktor jenis dioda yang dapat melepaskan cahaya ketika diberikan tegangan. Secara umum, LED terdiri dari dua elemen bahan, yaitu semikonduktor tipe-P dan tipe-N. Kedua elemen ini diletakkan sejajar, sehingga membentuk daerah



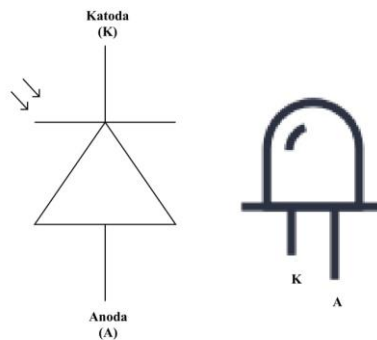
**Gambar 1** Struktur Dasar LED [3]

yang disebut *p-n junction*.

Gambar 1 menunjukkan bahwa struktur dasar LED terdiri dari daerah tipe-P dan daerah tipe-N. LED mempunyai beberapa kelebihan dibandingkan dengan lampu penerangan yang biasa digunakan saat ini. Pertama adalah lampu LED menggunakan daya yang rendah, sebagian jenis dapat dioperasikan dengan daya baterai. Kedua adalah efisiensi tinggi, LED hanya menghasilkan sedikit panas dibandingkan dengan lampu konvensional. Ketiga adalah umur panjang, saat dipasang dengan benar LED dapat berfungsi selama beberapa dekade.

### C. Fotodioda

Fotodioda adalah perangkat semikonduktor yang mengubah cahaya menjadi arus listrik. Arus listrik yang dihasilkan tergantung terhadap cahaya yang diterima oleh fotodioda. Cahaya yang dapat dideteksi oleh fotodioda adalah cahaya infra-red (IR), cahaya tampak, ultraviolet (UV) dan sinar-X. Prinsip kerja dari fotodioda adalah cahaya yang masuk ke fotodioda akan mengakibatkan terjadinya pergeseran foton yang akan menghasilkan elektron dan hole di kedua sisi sambungan. Ketika elektron masuk ke pita



Gambar 2 Fotodiode [4]

konduksi maka elektron akan mengalir ke arah positif sumber tegangan sedangkan hole yang dihasilkan mengalir ke arah negatif sumber tegangan sehingga arus mengalir di dalam.

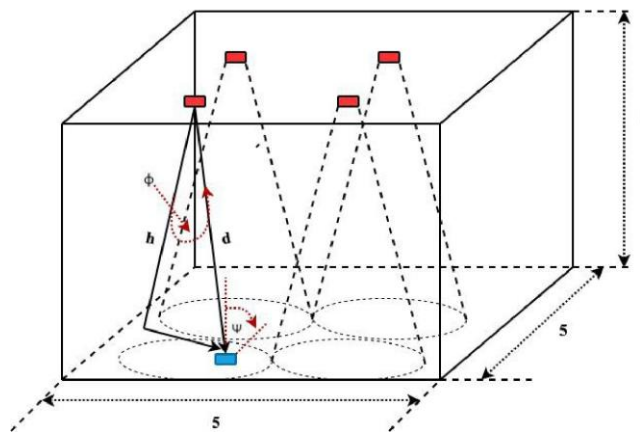
D. Model Kanal

Dalam sistem komunikasi VLC di dalam ruangan, terdapat dua model kanal yang dapat digunakan yaitu *Line of Sight* (LOS) dan *Non-Line of Sight* (NLOS). Keadaan LOS adalah ketika sinyal langsung diterima oleh *receiver* dari *transmitter* tanpa ada penghalang, seperti benda padat, bangunan dan sebagainya. Sedangkan, NLOS adalah ketika sinyal yang dikirim oleh *transmitter* tidak langsung diterima oleh *receiver*.

Pada penelitian ini, pengiriman data dari transmitter ke receiver menggunakan kanal LOS. Kanal indoor LOS-OWC saluran dapat dirumuskan sebagai berikut [5]:

$$H = \frac{(m+1) \cdot A \cdot \cos^{(m+1)} \cdot \psi}{2 \cdot \pi \cdot d^2}, \tag{1}$$

dengan A adalah area *photodetector* pada penerima, d adalah jarak *receiver* terhadap *transmitter*.  $\Psi$  adalah sudut terhadap *transmitter* dan m adalah parameter Lambertian yang berhubungan dengan *semi-angle* setengah daya atau *Full Width at Half Maximum*.



Gambar 3 Sistem OWC LOS dalam ruangan [5]

Persamaan m adalah [6]:

$$m = \frac{(-\log_{10}(2))}{\log_{10}(\cos \theta)}, \tag{2}$$

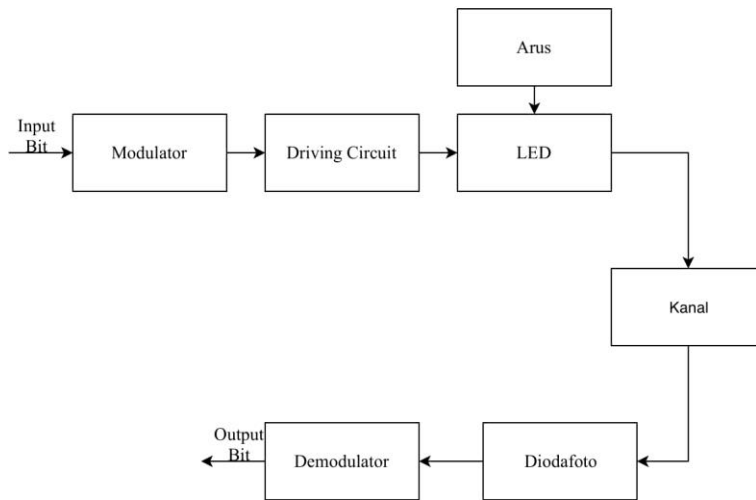
dengan  $\theta$  adalah parameter FWHM. Untuk menghitung daya yang diterima oleh *receiver* menggunakan rumus

$$P_{rx} = P_{tot} \cdot H \cdot G_{con} \cdot nLED, \tag{3}$$

dengan  $P_{tot}$  adalah daya total dari lampu LED, H adalah model kanal LOS seperti persamaan (1), dan  $G_{con}$  adalah *gain* dari *concentrator* dan *nLED* adalah jumlah lampu.

### 3. Perancangan Sistem

#### A. Perancangan Sistem Penelitian

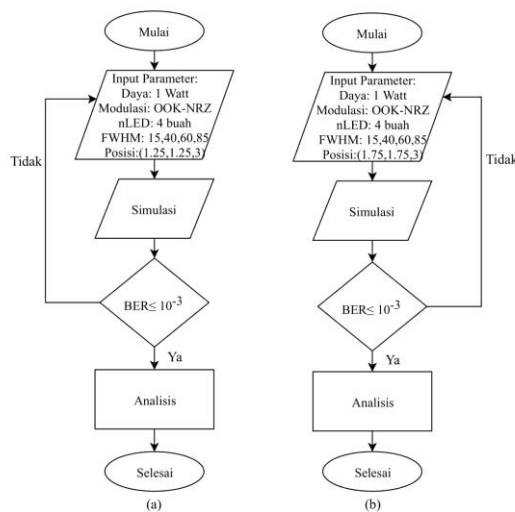


Gambar 4 Model Sistem Penelitian

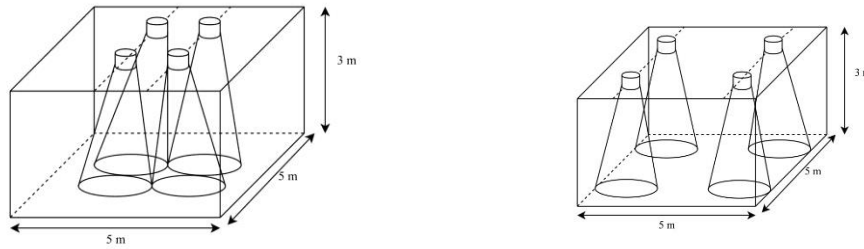
Gambar 4 merupakan rancangan sistem VLC yang dibuat pada penelitian tugas akhir ini. Dimulai dengan arus masuk ke dalam sistem VLC, kemudian input informasi yang berupa sinyal digital "0" dan "1" dengan menggunakan modulasi OOK-NRZ masuk ke dalam driver circuit. Kemudian driver circuit mengalirkan arus direct current (DC) menuju ke LED. Selanjutnya, LED mentransmisikan sinyal informasi tersebut dengan menggunakan cahaya yang menggunakan kanal *Indirected Line of Sight*. Cahaya tersebut kemudian ditangkap oleh fotodioda yang selanjutnya akan diproses menjadi sinyal listrik sehingga informasi yang ditransmisikan dapat diterima oleh *user equipment*. Contoh *user equipment* adalah telepon genggam, komputer, laptop, dan sebagainya.

#### B. Diagram Alir Sistem

Gambar 5 menampilkan alur dari penelitian tugas akhir ini, penulis menggunakan input parameter untuk sistem VLC yang dibuat adalah daya total LED sebesar 1 Watt, modulasi OOK-NRZ, jumlah LED 4 buah, dengan asumsi kondisi ideal dan di dalam ruangan berukuran 5x5x3 m<sup>3</sup>. Parameter yang diubah-ubah adalah sudut FWHM transmitter yaitu 15<sup>o</sup>, 40<sup>o</sup>, 60<sup>o</sup> dan 85<sup>o</sup>. Serta posisi transmitter yaitu sesuai dengan gambar 6. Setelah semua parameter telah dimasukkan, kemudian dilakukan simulasi pada komputer menggunakan *software* Matlab.



Gambar 5 Diagram Alir: (a) Skenario I (b) Skenario II



Gambar 6 Skenario I dan II

Pada penelitian ini, parameter kualitas yang digunakan untuk mencapai sistem yang baik adalah nilai BER sebesar  $10^{-3}$ . Setelah melakukan simulasi, apabila sistem tidak memenuhi parameter di atas maka dilakukan pengkajian dan penentuan parameter serta simulasi kembali. Tetapi, jika setelah simulasi sistem telah memenuhi parameter tersebut maka dilakukan analisis.

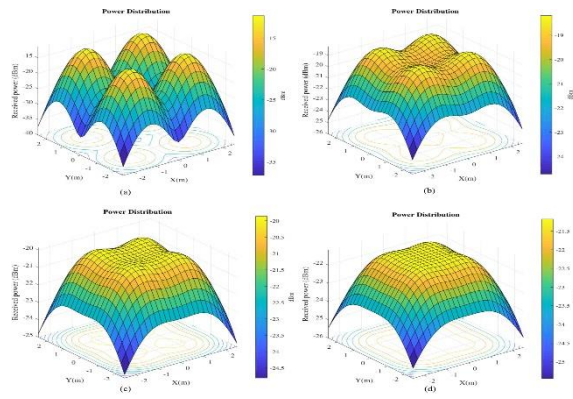
C. Parameter Lain

Tabel 1 Input Parameter

| Parameter          |                          | Nilai   |
|--------------------|--------------------------|---|
| <i>Transmitter</i> | Jenis                    | LED   |
|                    | Jumlah                   | 4   |
|                    | Daya                     | 1 Watt  |
|                    | Lokasi 1                 | (1,25,1,25,3;-1,25,-1,25,3;-1,25,1,25,3;1,25,-1,25,3) |
|                    | Lokasi 2                 | (1,75,1,75,3;-1,75,-1,75,3;-1,75,1,75,3;1,75,-1,75,3) |
|                    | FWHM                     | $15^{\circ}, 40^{\circ}, 60^{\circ}, 85^{\circ}$      |
|                    | Kanal                    | LOS   |
| <i>Receiver</i>    | Jenis                    | PIN   |
|                    | FOV                      | $70^{\circ}$  |
|                    | Responsivitas            | 0,55 A/W  |
|                    | <i>Gain concentrator</i> | 1   |
| Lain-lain          | Ukuran ruangan           | $5 \times 5 \times 3 \text{ m}^3$                     |
|                    | <i>Bit rate</i>          | 1 Gpbs  |
|                    | Laju bit                 | $10^6$ Bit  |

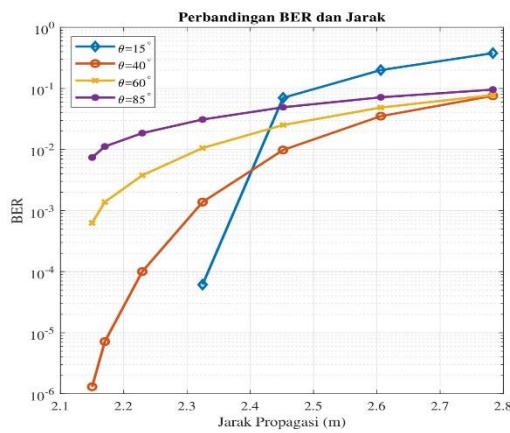
4. Hasil Simulasi

A. Skenario I



**Gambar 7** Distribusi daya: (a) 15° (b) 40° (c) 60° (d) 85°

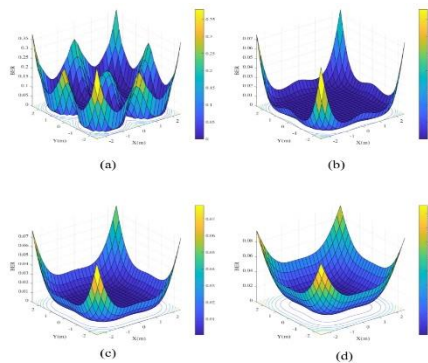
Gambar 7 merupakan gambar distribusi daya yang terjadi untuk skenario I. Sumbu x(m) dan y(m) adalah panjang dan lebar ruangan. Warna kuning merepresentasikan distribusi daya semakin besar, sedangkan warna biru merepresentasikan distribusi daya semakin kecil.



**Gambar 8** Perbandingan BER dan Jarak Propagasi

**Tabel 2** Hasil Jarak Propagasi

| BER Parameter      | FWHM(°) | Jarak Propagasi (m) |
|--------------------|---------|---------------------|
| $BER \leq 10^{-3}$ | 15      | 2,32                |
|                    | 40      | 2,45                |
|                    | 60      | 2,22                |
|                    | 85      | 2,15                |

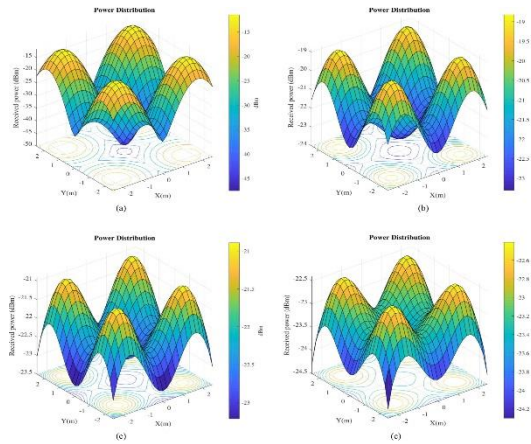


**Gambar 9** BER Coverage: (a) 15° (b) 40° (c) 60° (d) 85°

**Tabel 3** Hasil BER Coverage

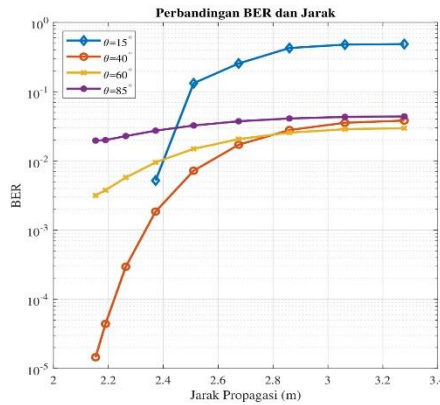
| BER Parameter  | FWHM ( $^{\circ}$ ) | Coverage ( $m^2$ ) |
|----------------|---------------------|--------------------|
| $\leq 10^{-3}$ | 15                  | 12,04              |
|                | 40                  | 20,68              |
|                | 60                  | 16,68              |
|                | 85                  | 8,84               |

**B. Skenario II**



**Gambar 10** Distribusi daya: (a)  $15^{\circ}$  (b)  $40^{\circ}$  (c)  $60^{\circ}$  (d)  $85^{\circ}$

Gambar 10 merupakan gambar distribusi daya yang terjadi untuk skenario I. Sumbu x(m) dan y(m) adalah panjang dan lebar ruangan. Warna kuning merepresentasikan distribusi daya semakin besar, sedangkan warna biru merepresentasikan distribusi semakin kecil.

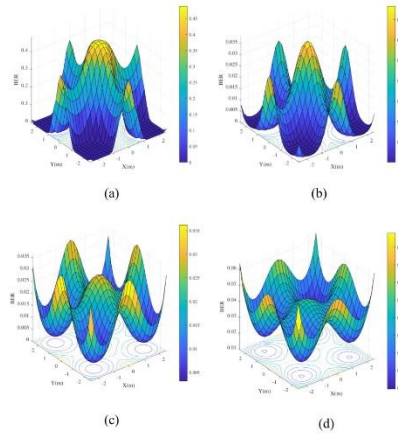


**Gambar 11** Perbandingan BER dan Jarak Propagasi

**Tabel 4** Hasil Jarak Propagasi

| BER Parameter  | FWHM ( $^{\circ}$ ) | Jarak Terjauh (m) |
|----------------|---------------------|-------------------|
| $\leq 10^{-3}$ | 15                  | 2,37              |
|                | 40                  | 2,51              |
|                | 60                  | 2,37              |
|                | 85                  | 2,15              |

Untuk sudut  $85^{\circ}$  jarak terjauh berada di 2.15 m, tetapi pada jarak tersebut sudah melewati BER parameter sehingga sudah tidak termasuk ke dalam link komunikasi.



**Gambar 12** BER Coverage: (a) 15° (b) 40° (c) 60° (d) 85°

**Tabel 5** Hasil BER Coverage

| BER Parameter  | FWHM (°) | Coverage (m <sup>2</sup> ) |
|----------------|----------|----------------------------|
| $\leq 10^{-3}$ | 15       | 11,04                      |
|                | 40       | 16,8                       |
|                | 60       | 8                          |
|                | 85       | 0                          |

Untuk sudut 85° luas cakupan 0 m<sup>2</sup>, dikarenakan nilai FWHM teralu besar dan posisi Tx berada di dekat ujung ruangan sehingga terjadi penurunan daya.

**5. Kesimpulan**

Kesimpulan yang didapatkan dari hasil analisis pada penelitian ini adalah untuk segi jangkauan komunikasi berdasarkan BER ≤ 10<sup>-3</sup> FWHM dengan sudut 40° mempunyai jarak terjauh yaitu 2,45 dan 2,51 m. Sedangkan untuk sudut 85° mempunyai jarak terdekat yaitu 2,15 dan 0 m. Dari segi luas cakupan, berdasarkan BER ≤ 10<sup>-3</sup>, FWHM dengan sudut 40° mempunyai luas terbesar yaitu 20,68 dan 16,8 m<sup>2</sup>. Sedangkan untuk sudut 85° mempunyai luas tersempit yaitu 8,84 dan 0 m. Untuk implementasi sistem VLC dengan ruangan berukuran, skenario I lebih baik dibandingkan dengan skenario II, dibuktikan dengan jangkauan komunikasi sebesar 2,45 m dan luas cakupan sebesar 20,68 m<sup>2</sup> dibandingkan dengan 2,51 m dan 16,8 m<sup>2</sup>.

**Daftar Pustaka:**

- [1] I. Stefan and H. Haas, "Analysis of optimal placement of led arrays for visible light communication," in 2013 *IEEE 77th Vehicular Technology Conference (VTC Spring)*, June 2013, pp. 1–5.
- [2] R. Shaaban and S. Faruque, "A survey of indoor visible light communication power distribution and color shift keying transmission," in 2017 *IEEE International Conference on Electro Information Technology (EIT)*, May 2017, pp. 149–153.
- [3] E. F Schubert, J. Cho, and J. K. Kim, "Light-emitting diodes," *Kirk-Othmer Encyclopedia of Chemical Technology*, pp. 1–20, 2000.
- [4] S. Hranilovic, *Wireless optical communication systems*. Springer Science & Business Media, 2006
- [5] Z. Ghassemlooy, D. Wu, M.-A. Khalighi, and X. Tang, "Indoor nondirected optical wireless communications optimization of the lambertian order," *J. Elect. Comput. Eng. Innov.*, vol. 1, no. 1, pp. 1–9, 2013
- [6] Y. See, N. M. Noor, and C. T. YM, "Investigation of indoor positioning system using visible light communication," in 2016 *IEEE Region 10 Conference (TENCON)*. IEEE, 2016, pp. 186–189