

ANALISIS PENGARUH CUACA DAN INTERFERENSI KENDARAAN
SEKITAR TERHADAP PERFORMANSI VLC ANTAR KENDARAAN
*ANALYSIS OF WEATHER EFFECT AND VEHICLE INTERFERENCE ON
VEHICLE TO VEHICLE ON COMMUNICATION WITH VLC SYSTEM*

Achmad Yanatun¹, Kris Sujatmoko², Brian Pamukti³

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

¹achmadyanatun@student.telkomuniversitygmail.ac.id,

²krissujatmoko@telkomuniversity.ac.id ³briannp@telkomuniversity.ac.id

Abstrak

Visible Light Communication (VLC) merupakan teknologi komunikasi yang menggunakan cahaya tampak sebagai media transmisinya dan mempunyai berbagai macam kelebihan dan kekurangan. Kelebihan VLC yaitu VLC bebas dari regulasi, cakupan bandwidth yang lebih besar, tahan terhadap interferensi elektromagnetik, penyampaian informasi lebih aman, dan aman untuk kesehatan. Salah satu perkembangan dalam teknologi VLC yaitu *Vehicle to Vehicle Communication (V2V) with VLC system*. Salah satu kekurangan dalam teknologi V2V yaitu interferensi oleh cahaya kendaraan sekitar pada saat sistem komunikasi berjalan. Selain itu kondisi lingkungan pada saat proses komunikasi salah satunya yaitu kabut juga dapat mempengaruhi proses komunikasi tersebut. Penelitian ini menggunakan modulasi *On Off Keying Non Return to Zero (OOK- NRZ)* dengan 4 skenario percobaan yaitu skenario sistem VLC tanpa interferensi dan noise kabut, skenario dengan interferensi, skenario dengan kabut, dan skenario dengan interferensi dan kabut. Hasil pengujian didapatkan interferensi dan noise kabut dapat memperkecil nilai *Signal Noise Ratio (SNR)* dan memperbesar nilai *Bit Error Rate (BER)* dengan hasil, Skenario 1 menghasilkan nilai SNR 23,6524 dB, Skenario 2 menghasilkan nilai SNR 11,1435 dB, Skenario 3 mempunyai nilai 16,1475 dan Skenario 4 bernilai -7,78326. Sedangkan untuk nilai BER untuk menentukan jarak optimal komunikasi menghasilkan jarak optimal skenario secara berurutan yaitu 14,5 m untuk skenario 1, 13m untuk skenario 2, 11,5 m skenario 3 dan 11 m untuk skenario 4.

Kata kunci: *Visible Light Communication, Interferensi, Signal Noise Ratio, Bit Error Rate, Vehicle to Vehicle Communication.*

Abstract

Visible Light Communication (VLC) is a communication technology that uses visible light as its transmission media and has various advantages and disadvantages. The advantages of VLC are VLC is free from regulation, greater bandwidth coverage, resistant to electromagnetic interference, safer information delivery, and safe for health. One of the developments in VLC technology is *Vehicle to Vehicle Communication (V2V) with VLC system*. One of the shortcomings in V2V technology is interference by the ambient light at the time the communication system is running. In addition, environmental conditions during the communication process, one of which is fog, can also affect the communication process. This study used *On Off Keying Non Return to Zero (OOK- NRZ)* modulation with 4 experimental scenarios namely VLC system scenarios without interference and fog noise, scenarios with interference, scenarios with fog, and scenarios with interference and fog. The test results obtained interference and noise fog can reduce the value of *Signal Noise Ratio (SNR)* and increase the value of *Bit Error Rate (BER)* with the result, Scenario 1 produces an SNR value of 23.6524 dB, Scenario 2 produces an SNR value of 11.1435 dB, Scenario 3 has a value of 16.1475 and Scenario 4 is worth -7.78326. As for the BER value to determine the optimal distance of communication produces the optimal distance of the scenario in sequence which is 14.5 m for scenarios 1, 13m for scenario 2, 11.5 m scenario 3 and 11 m for scenario 4.

Keywords: *Visible Light Communication, Interferensi, Signal Noise Ratio, Bit Error Rate, Vehicle to Vehicle Communication.*

1. Pendahuluan

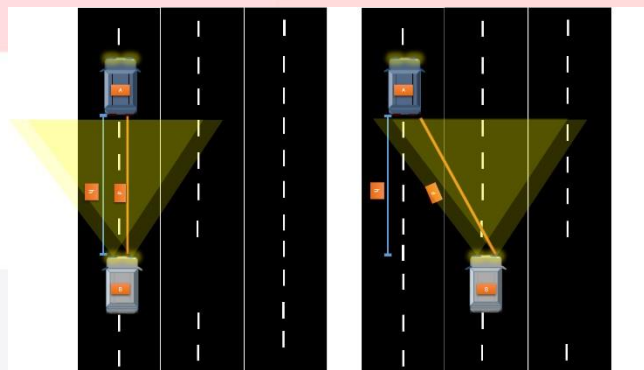
Visible Light Communication (VLC) menggunakan cahaya tampak sebagai media transmisi dengan kecepatan yang tinggi. Pemancar yang digunakan pada penelitian ini yaitu *Light Emitting Diode (LED)*. LED yang digunakan disesuaikan dengan komponen LED yang ada pada kendaraan yaitu LED dengan daya kirim 60W, LED disebut mempunyai kelebihan yaitu daya tahan, kecepatan kedip, serta konsumsi daya yang rendah[1]. Penerapan VLC pada luar ruangan memungkinkan terpengaruh oleh kondisi cuaca sekitar. Pada penelitian [2] menunjukan bahwa gangguan oleh

kendaraan sekitar yaitu adanya thermal noise serta cuaca yang berbeda sangat berpengaruh pada kinerja VLC dibandingkan pada kondisi normal. Pada penelitian ini dilakukan percobaan kinerja VLC apabila terdapat interferensi dari kendaraan sekitar. Selain dari interferensi kendaraan, cuaca yang berubah-ubah juga mempunyai pengaruh besar. Salah satu kondisi cuaca tersebut yaitu kabut. Dengan demikian pada penelitian ini dilakukan pula simulasi percobaan dalam kondisi cuaca berkabut yang bertujuan untuk pengaruh kabut dalam kinerja VLC dan dapat menentukan jarak ideal dalam melakukan proses komunikasi V2V tersebut.

2. Metodologi dan Perancangan Simulasi

Simulasi diasumsikan dengan 4 skenario dan pada kondisi malam hari. Skenario I yaitu dilakukan proses komunikasi antar kendaraan tanpa interferensi cahaya apapun. Skenario II dilakukan dengan proses komunikasi antar kendaraan dengan tambahan interferensi cahaya dari kendaraan sekitar dengan asumsi satu kendaraan interferensi. Skenario III dilakukan proses komunikasi dengan adanya *noise* kabut dengan tingkat visibilitas 0,2 Km. Skenario IV dilakukan proses komunikasi dengan tambahan interferensi dan *noise* kabut dengan tingkat visibilitas 0,2Km.

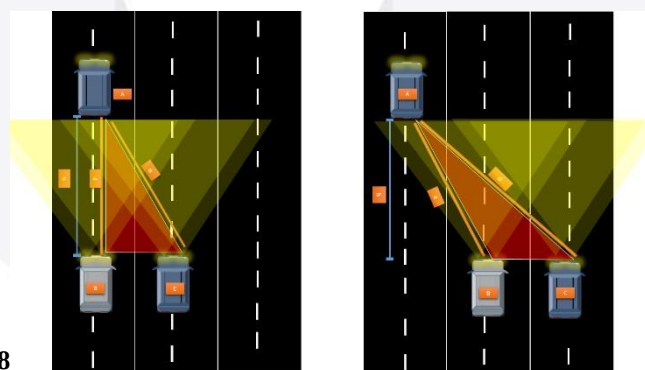
2.1. Desain Skenario I



Gambar 1. Pemodelan V2V Communication Skenario I

Gambar 1 memodelkan proses komunikasi V2V pada Skenario I. Simulasi pada skenario I dilakukan pada malam hari tanpa adanya interferensi kendaraan sekitar. Kendaraan A diasumsikan sebagai kendaraan *transmitter* dan kendaraan B sebagai *receiver*. Jarak antar kendaraan didefinisikan dengan d dan h sebagai jarak vertical antaran kendaraan A dan kendaraan B.

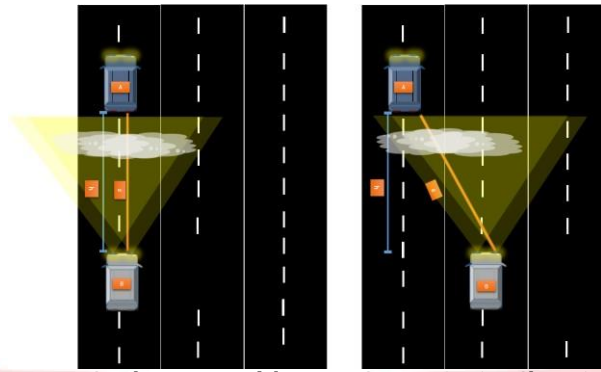
2.2. Desain Skenario 2



Gambar 2. Pemodelan V2V Communication Skenario 2

Gambar 2 memodelkan proses komunikasi V2V pada Skenario 2. Simulasi pada skenario 2 dilakukan pada malam hari dengan penambahan interferensi kendaraan sekitar. Kendaraan A diasumsikan sebagai kendaraan *transmitter*, kendaraan B sebagai *receiver*, kendaraan C sebagai kendaraan interferensi. Jarak antar kendaraan *transmitter* dan *receiver* didefinisikan dengan d , sedangkan jarak vertical antara kendaraan A dan kendaraan B didefinisikan sebagai h . Jarak antara kendaraan *receiver* dan interferensi didefinisikan dengan d_i .

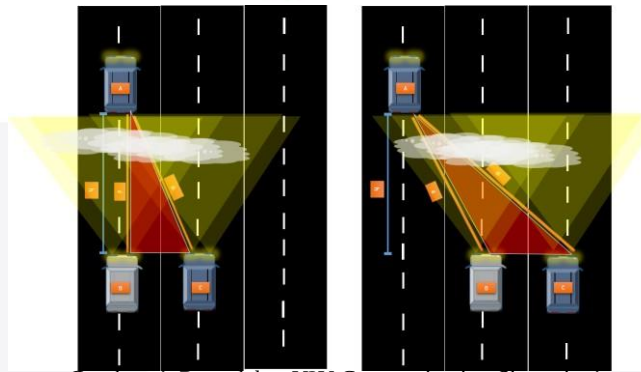
2.3. Desain Skenario 3



Gambar 3. Pemodelan V2V Communication Skenario 3

Gambar 3 memodelkan proses komunikasi V2V pada Skenario 3. Simulasi pada skenario 3 dilakukan pada malam hari dengan ditambahkan *noise* kabut namun tanpa ditambahkan interferensi kendaraan sekitar. Kendaraan A diasumsikan sebagai kendaraan *transmitter* dan kendaraan B sebagai *receiver*. Jarak antar kendaraan didefinisikan dengan d , dan h sebagai jarak vertical antaran kendaraan A dan kendaraan B. Kemudian kabut yang diberikan pada sistem diasumsikan mempunyai tingkat visibilitas 0.2km.

2.4. Desain Skenario 4



Gambar 4. Pemodelan V2V Communication Skenario 4

Gambar 4 memodelkan proses komunikasi V2V pada Skenario 4. Simulasi pada skenario 4 dilakukan pada malam hari dengan ditambahkan *noise* kabut serta interferensi kendaraan sekitar. Kendaraan A diasumsikan sebagai kendaraan *transmitter* dan kendaraan B sebagai *receiver*. Jarak antar kendaraan didefinisikan dengan d , dan h didefinisikan sebagai jarak vertical antar kendaraan A dan kendaraan B. Jarak antara kendaraan *receiver* dan interferensi didefinisikan dengan d_i . Kemudian kabut yang diberikan pada sistem diasumsikan mempunyai tingkat visibilitas 0.2km.

2.5. Kanal Transmisi

Pada penelitian ini, kanal transmisi yang digunakan yaitu LOS. Kanal transmisi LOS adalah dimana sinyal ditransmisikan dari *transmitter* menuju *receiver* secara langsung tanpa adanya penghalang. Kanal LOS mempunyai kecepatan pengiriman data yang lebih tinggi dari pada kanal *Non-Line of Sight*(NLOS), kecepatan tersebut mencapai ratusan Mbps[3]. Kanal LOS mempunyai kelebihan lain yaitu kanal ini lebih tahan terhadap interferensi cahaya lain serta mempunyai tingkat kesalahan pengiriman bit yang lebih rendah. Persamaan kanal LOS dijelaskan dengan[4] :

$$P_r = \frac{P_t \cdot A_r \cdot \cos(\Phi)}{2\pi d^2} \quad (1)$$

dengan A merupakan area pada *receiver* serta d merupakan jarak *receiver* pada *transmitter*. Sedangkan Φ adalah sudut pada *transmitter*. Sedangkan untuk nilai m merupakan persamaan lambertian, yang didefinisikan :

$$m = - \frac{\ln 2}{\ln(\cos(\Phi_1))} \quad (2)$$

selanjutnya daya yang diterima oleh *receiver* dirumuskan dengan:

$$P_r = P_t \cdot \left(\frac{1}{V} \right)^{\mu} \quad (3)$$

(3)

2.6. Kanal Kabut

Kabut biasanya terbentuk di tempat dingin dan sejuk. Tetesan air yang membentuk kabut ini dapat menjadikan VLC yang diciptakan terganggu yang air dan udara mempunyai indeks bias yang berbeda, sehingga cahaya dapat diserap atau dibiaskan oleh kabut tersebut. Pada penelitian ini kabut diukur dengan tingkat visibilitas 0.2km dan diterapkan dalam persamaan berikut [1] :

$$\gamma(\lambda) \sim \frac{17.35}{V^{550}} \left(\frac{\lambda}{550} \right)^{\mu} \quad (4)$$

dengan $\gamma(\lambda)$ merupakan koefisien atenuasi (dB/Km), V merupakan tingkat visibilitas, dan λ adalah panjang gelombang LED. Nilai μ merupakan variabel yang bernilai dengan ketentuan sebagai berikut:

1.6,	$V > 50 \text{ Km}$
1.3,	$6 \text{ Km} < V < 50 \text{ Km}$
$0.16 + 0.34$,	$1 \text{ Km} < V < 6 \text{ Km}$
$V - 0.5$	$0.5 \text{ Km} < V < 1 \text{ Km}$
0,	$V < 0.5 \text{ Km}$

Koefisien untuk kanal kabut yang didefinisikan dengan $\gamma(\lambda)$ dapat ditentukan dengan

menerapkan

hukum Beer [6]. Hukum tersebut menjelaskan hamburan cahaya dan serapan pada sebuah media. Persamaan tersebut dapat dijelaskan sebagai berikut:

$$P_r = P_t \cdot e^{-\gamma(\lambda)d} \quad (5)$$

(5)

2.7. Parameter Simulasi.

Pada simulasi ini menggunakan transmitter LED dengan daya kirim sebesar 60 Watt diasumsikan berada pada sisi kanan kendaraan dengan jumlah 1 buah. Pada receiver menggunakan photodetector jenis PIN Photodiode dan area detektor sebesar 1 cm^2 . Nilai responsivitas dari photodetector sebesar 0.85 A/W dan Field of View 70° . Pada interferensi, diasumsikan dengan 1 kendaraan dengan daya kirim yang sama dengan transmitter yaitu sebesar 60 W. Modulasi yang digunakan pada sistem ini yaitu Modulasi OOK-NRZ dengan bitrate 1Gbps. Parameter lain dijelaskan pada tabel berikut ini :

Tabel 1. Parameter Simulasi

Parameter		Nilai
Transmitter	Jenis	LED
	Daya kirim	60 Watt
	Jumlah	1 Buah
	Kanal	LOS
Receiver	Jenis	PIN Photodiode
	Responsivitas	0.85 A/W
	Area detector	1 cm^2
	FoV	70°
	Optical Concentrator	1
Interferensi	Jumlah Mobil	1

	Daya Kirim	60 W
Lain-lain	Modulasi	OOK-NRZ
	Bit Rate	1 Gbps
	Visibilitas Kabut	0,2 Km
	Bandwidth	2 GHz

2.8. Parameter Performa Sistem

Pada simulasi sistem VLC pada *Vehicle to Vehicle Communication* dalam menentukan performa sistem terdapat dua parameter utama, yaitu *Signal to Interference Noise Ratio*(SNR) dan *Bit Error Rate* (BER).

2.7.1 SNR

Signal to Noise Ratio(SNR) merupakan rasio perbandingan antara daya sinyal yang diinginkan dengan daya noise. SNR secara umum banyak digunakan untuk menjadi standar ukuran kualitas sinyal pada suatu sistem komunikasi. Sinyal informasi melalui medium dalam komunikasi mengalami banyak gangguan yang berakibat merusak sinyal informasi itu sendiri dan menurunkan kualitas sinyal tersebut. Kualitas sinyal informasi yang diterima dapat diukur dengan *Signal to Noise Ratio*(SNR) yang diukur pada satuan desibel(dB).

$$\text{SNR} = \frac{P_s}{P_n} = \frac{I_p^2}{2q(I_p + I_d) + \frac{4k_B T B}{R_L}} \quad (6)$$

dengan I_p mendefinisikan arus foto primer, q merupakan muatan elektron, B merupakan *bandwidth*, I_d merupakan arus gelap, T merupakan suhu *photodiode*, dan R_L merupakan tahanan beban.

2.7.2 SINR

SINR merupakan nilai yang dihasilkan dari perbandingan antara sinyal dengan *interference* dan *noise*. SINR dapat didefinisikan sebagai berikut:

$$\text{SINR} = \frac{P_s}{P_i + P_n} = \frac{I_{pi}^2}{I_{pi}^2 + 2q(I_{pi} + I_d) + \frac{4k_B T B}{R_L}} \quad (7)$$

dengan I_{pi} mendefinisikan arus primer pada saat terdapat interferensi. Nilai I_{pi} didefinisikan sebagai berikut :

$$I_{pi} = I_p \times R \quad (8)$$

Dengan nilai R merupakan nilai responsivitas dari *photodetector*.

2.7.3 Bit Error Rate

Bit Error Rate (BER) merupakan jumlah bit yang error dalam interval waktu tertentu yang dibagi dengan jumlah bit yang terkirim dalam interval yang sama. Untuk komunikasi optik, BER yang akurat yaitu sebesar 10⁻¹³ [11]. BER untuk SNR dapat dirumuskan dengan :

$$\text{BER} = \frac{1}{2} \text{erfc} \left(\frac{\sqrt{\text{SNR}}}{2\sqrt{2}} \right) \quad (9)$$

atau untuk SINR dirumuskan dengan :

$$\text{BER} = \frac{1}{2} \text{erfc} \left(\frac{\sqrt{\text{SINR}}}{2\sqrt{2}} \right) \quad (10)$$

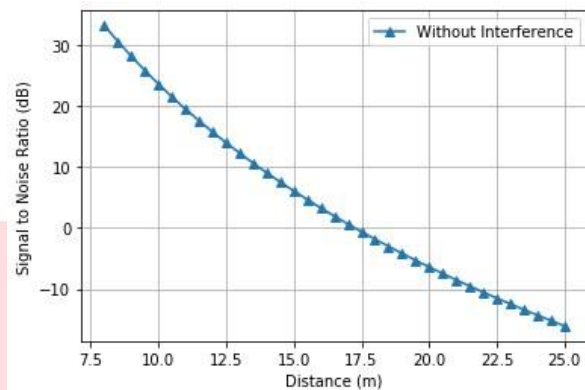
3. Hasil dan Analisis

Pada bab ini disajikan hasil simulasi sistem dari 4 skenario yang sudah dijelaskan

sebelumnya. Hasil analisis berupa analisis SNR/SINR dan BER.

4.1 Analisis Skenario I

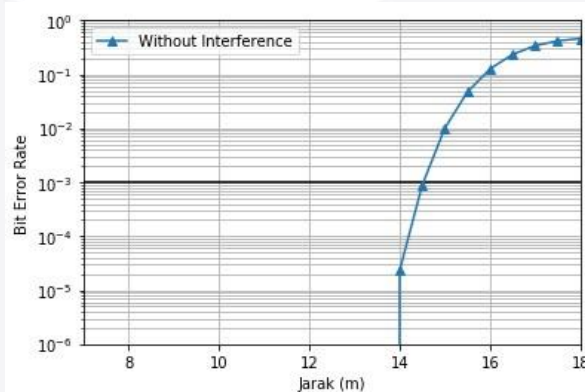
4.1.1 Analisis Nilai SNR Skenario 1



Gambar 5. SNR Skenario 1

Berdasar Gambar 5 dapat dianalisa semakin jauh jarak antara *Transmitter* dan *Receiver*, maka nilai SNR yang didapatkan semakin kecil. Nilai SNR yang dihasilkan dari perhitungan pada jarak 10 m yaitu bernilai 23,6524 dB. Nilai SNR yang semakin menurun pada saat jarak bertambah jauh disebabkan karena nilai SNR bergantung pada Noise dan daya terima yang dihasilkan pada setiap jaraknya, ketika jarak semakin jauh daya yang diterima semakin kecil.

4.1.2 Analisis Nilai BER Skenario 1

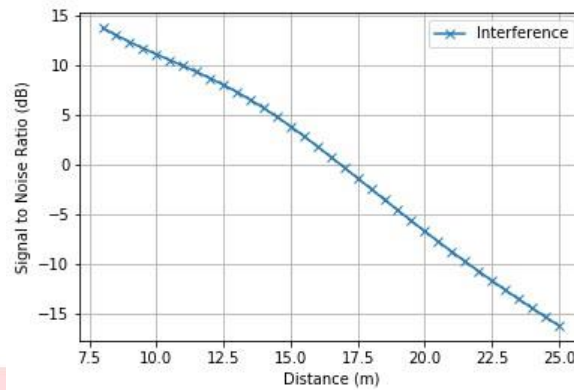


Gambar 6. BER Skenario 1

Berdasar Gambar 6 dapat diketahui bahwa ketika kanal VLC dengan daya kirim 60 W dan dengan jarak h sebesar 8 mencapai nilai yang bagus pada jarak yang diujicobakan dalam perhitungan yaitu jarak 10 m. Pada jarak tersebut belum ada bit error yang terjadi. Sedangkan nilai BER mulai terdapat pada jarak 14 m, yaitu sebesar 2.4×10^{-5} . Nilai maksimal error sebelum mencapai threshold yaitu pada jarak 14,5 meter. Dari nilai yang didapatkan, dapat disimpulkan bahwa semakin jauh jarak antara *Transmitter* dan *Receiver*, maka nilai BER akan semakin tinggi. Hal ini terjadi karena semakin jauh jarak, nilai SNR atau Signal to Noise Ratio semakin kecil, yang berarti daya yang dikirim dibanding dengan noise semakin kecil, sehingga nilai BER akan semakin besar. Dengan hasil demikian, maka didapatkan bahwa kanal yang diujicobakan pada skenario 1 yaitu kanal tanpa interferensi dan noise dapat melakukan komunikasi tanpa gangguan yang berarti hingga jarak 14,5 m.

4.2 Analisis Skenario 2

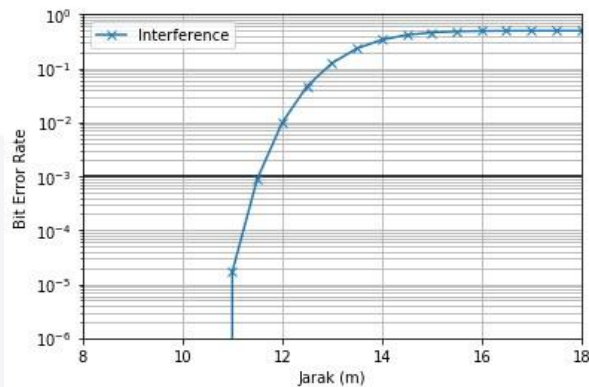
4.2.1 Analisis Nilai SNR Skenario 2



Gambar 7. SNR Skenario 2

Berdasar Gambar 7 didapatkan bahwa semakin jauh jarak antara Inteferece dan Receiver, maka nilai SINR yang didapatkan semakin kecil. Nilai SINR yang dihasilkan dari perhitungan pada jarak propagasi 10 m yaitu bernilai 11,435 dB. Kurva pada Gambar 7 menurun disebabkan karena semakin jauh jarak, nilai dari daya terima oleh Receiver semakin kecil, yang menyebabkan nilai SINR semakin kecil.

4.2.2 Analisis Nilai BER Skenario 2

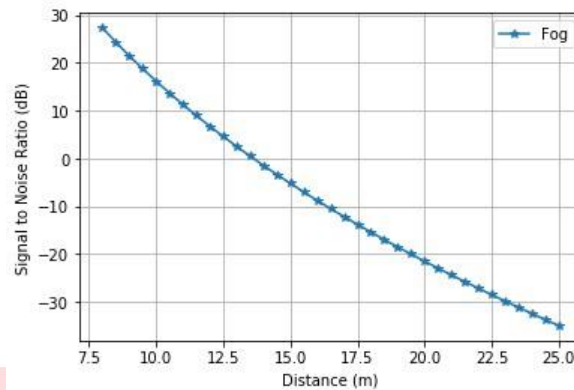


Gambar 8. BER Skenario 2

Berdasar Gambar 8 didapatkan bahwa kanal VLC dengan daya kirim 60W, jarak h sebesar 8, jarak interferensi 13 dan jarak Tx-Rx bernilai 10 dapat mencapai nilai yang bagus. Pada jarak tersebut belum ada bit error yang terjadi. Nilai BER mulai terdapat pada sistem yaitu pada saat jarak 11 m dan bernilai 1.7×10^{-5} . Sedangkan pada jarak 11,5 m, nilai BER sudah melewati batas *threshold*, yang berarti performa sistem sudah tidak bagus. Berdasar gambar dapat kita lihat bahwa semakin jauh jarak, maka nilai BER akan semakin besar, hal ini terjadi karena semakin kecil nilai daya terima akan menyebabkan kemampuan komunikasi akan berkurang dan nilai BER akan semakin besar. Pada skenario 2 dapat disimpulkan bahwa kanal dengan interferensi dari kendaraan sesuai dengan skenario mempunyai kemampuan untuk berkomunikasi dengan baik hingga jarak 11,5 m.

4.3 Analisis Skenario 3

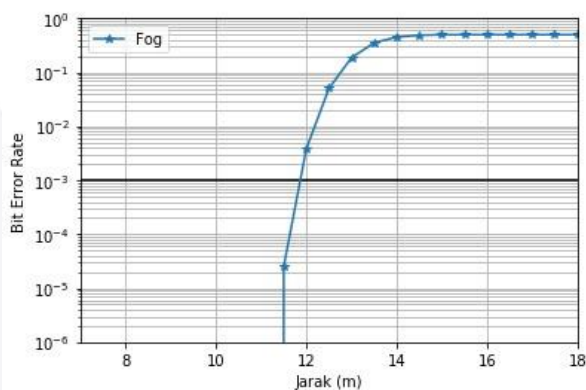
4.3.1 Analisis Nilai SNR Skenario 3



Gambar 9. SNR Skenario 3

Berdasar Gambar 9 dapat dianalisa bahwa semakin jauh jarak antara Transmitter dan Receiver, maka nilai SNR yang didapatkan semakin kecil. Nilai SNR yang dihasilkan dari perhitungan pada jarak 10m yaitu bernilai 16,1475 dB. Semakin jauh jarak antara Transmitter dan Receiver membuat nilai SNR semakin kecil. Hal tersebut disebabkan karena daya yang terima semakin kecil. Selain itu nilai SNR semakin kecil daripada skenario sebelumnya karena adanya *noise* kabut yang mempengaruhi daya terima *receiver*.

4.3.2 Analisis Nilai BER Skenario 3

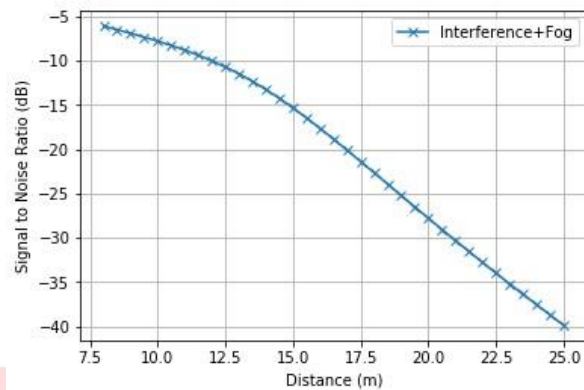


Gambar 10. BER Skenario 3

Berdasar Gambar 10 kanal VLC dengan daya kirim 60W dan dengan jarak h sebesar 8 serta terdapat noise kabut dengan nilai visibilitas 0,2 km dapat mencapai nilai yang bagus pada jarak yang diujicoba yaitu 10 m. Pada jarak tersebut belum ada bit error yang terjadi, sedangkan nilai BER mulai terdapat pada jarak 11.5 m, yaitu sebesar 2.5×10^{-5} . Sedangkan pada jarak 12 m, nilai BER sudah melewati batas threshold, yang berarti performa sistem sudah tidak bagus. Dengan demikian, pada kanal VLC yang terdapat noise dengan tingkat visibilitas 0,2 km dapat mencapai jarak komunikasi hingga jarak 11,5 m. Pada Gambar 4.6 nilai BER semakin besar ketika jarak semakin jauh, hal ini karena daya terima yang dihasilkan semakin kecil. Dengan daya terima yang semakin kecil, maka kemampuan komunikasi sistem berkurang yang menyebabkan nilai BER semakin besar.

4.4 Analisis Skenario 4

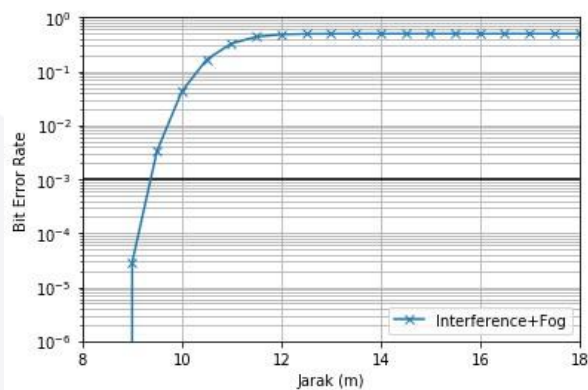
4.4.1 Analisis Nilai SNR Skenario 4



Gambar 11. SNR Skenario 4

Berdasar Gambar 11 dapat dianalisa bahwa semakin jauh jarak antara Transmitter dan Receiver, maka nilai SNR yang didapatkan semakin kecil. Nilai SNR yang dihasilkan dari perhitungan pada jarak interferensi 13m dan jarak Tx-Rx sejauh 10m yaitu bernilai $-7,78326$ dB. Pada Gambar 11 nilai SNR semakin kecil pada saat jarak semakin jauh disebabkan karena nilai daya yang terima oleh receiver semakin kecil. Selain itu noise kabut dan interferensi dari kendaraan menyebabkan nilai daya terima semakin kecil sehingga nilai SINR juga akan semakin kecil.

4.4.2 Analisis Nilai BER Skenario 4

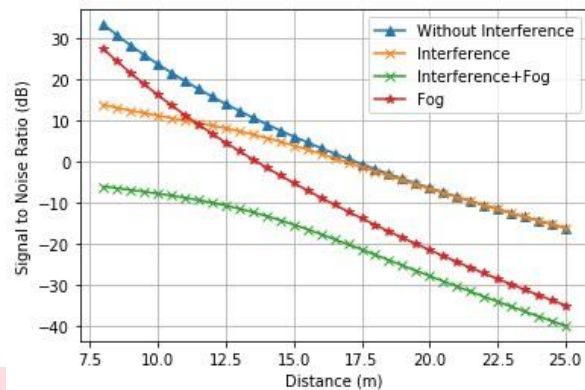


Gambar 12. BER Skenario 4

Berdasar Gambar 12 didapatkan nilai ketika kanal VLC dengan daya kirim 60W, jarak h sebesar 8 serta terdapat interferensi kendaraan sekitar dan noise kabut dengan nilai visibilitas 0,2 km. Nilai BER dapat dilihat mulai terdapat pada jarak 9 m, yaitu sebesar $2,9 \times 10^{-5}$. Nilai BER sudah melebihi nilai threshold pada jarak 9,5 m. Semakin jauh jarak, maka nilai BER semakin besar karena kemampuan komunikasi sistem berkurang akibat daya terima yang dihasilkan juga semakin kecil. Dengan demikian, proses komunikasi pada sistem VLC dengan tambahan interferensi kendaraan sekitar dan kabut dengan ketebalan 0,2 km dapat beroperasi secara optimal hingga jarak 9 m.

4.5 Analisis Skenario Keseluruhan

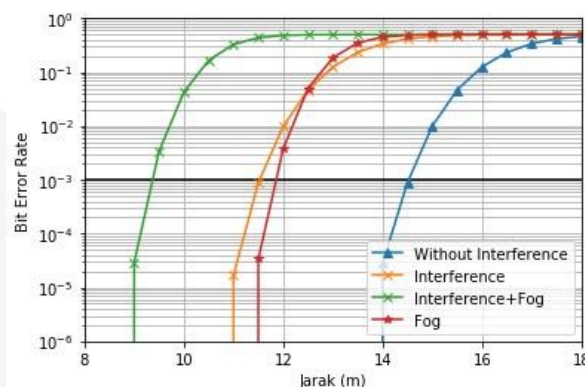
4.5.1 Analisis Nilai SNR



Gambar 13. Nilai SNR

Berdasar Gambar 13 dapat dilihat terdapat 4 nilai yang tertera dari 4 skenario yang berbeda. Keseluruhan skenario ini disimulasikan dengan daya kirim sebesar 60W dan nilai jarak h sejauh 8 m. Skenario 1 menganalisa parameter output yang melalui kanal VLC tanpa adanya noise kabut dan interferensi kendaraan lain, Skenario 2 menganalisa parameter output yang melalui kanal vlc dengan interferensi kendaraan sekitar, skenario 3 menganalisa parameter output yang melalui kanal kabut tanpa interferensi, dan untuk skenario 4 menganalisa nilai output yang melalui kanal dengan noise kabut dan interferensi.

4.5.2 Analisis Nilai BER



Gambar 14. Nilai BER

Berdasar Gambar 14 dapat diketahui bahwa pada skenario 1 mempunyai nilai BER yang lebih baik dibandingkan dengan skenario yang lain. Nilai BER pada skenario 1 mulai terdeteksi pada jarak 14 m yaitu bernilai 2.3×10^{-5} . Namun berdasarkan nilai BER yang belum melebihi nilai threshold, sistem masih dapat melakukan komunikasi secara optimal hingga jarak 14,5 m. Sedangkan skenario 2 yang menerapkan interferensi pada sistem VLC, nilai BER terdeteksi pada jarak 11 m yaitu senilai 1.7×10^{-5} . Nilai BER dari skenario 3 yang menambahkan noise kabut yaitu sebesar 2.5×10^{-5} mulai terdeteksi pada jarak 11,5 m. Pada skenario 4, yaitu penambahan interferensi kendaraan sekitar dan noise kabut dapat menjalankan skenario dengan baik hingga jarak 9 m. Pada jarak 9,5 m, nilai BER yang dihasilkan yaitu sebesar 0.003356 dan sudah melebihi threshold, sehingga sistem yang dijalankan pada skenario 4 sudah tidak optimal. Berdasarkan hasil percobaan, pengaruh kabut dengan tingkat visibilitas 0,2 km dalam penurunan nilai BER masih lebih besar dibanding dengan pengaruh interferensi kendaraan yang dilakukan sesuai dengan skenario. Dengan demikian, jarak optimal dalam pelaksanaan proses komunikasi setiap skenario secara berurutan yaitu 14,5 m untuk skenario 1, 11,5 m untuk skenario 2, 11,5 m skenario 3 dan 9 m untuk skenario 4. Hal tersebut dapat terjadi karena pada skenario penelitian ini menambahkan adanya noise kabut dan interferensi sekaligus.

4. Kesimpulan

dapat ditarik kesimpulan sebagai berikut:

1. Nilai SNR/SINR yang dihasilkan paling baik ditunjukan pada skenario I. Hal ini dapat dibuktikan dengan nilai dari hasil pengambilan nilai SNR/SINR pada masing-masing skenario. Hasil ini membuktikan bahwa penambahan noise ataupun interferensi akan mengurangi kehandalan sistem

dalam melakukan proses komunikasi.

2. Noise kabut dengan tingkat visibilitas 0,2 km lebih berpengaruh dalam proses komunikasi VLC V2V dibandingkan dengan penambahan interferensi pada sistem. Hal ini terbukti dari perbedaan nilai parameter SNR pada skenario 2 dan 3. Dimana nilai SNR pada skenario 3 lebih baik hingga jarak 11 dan setelahnya mempunyai nilai yang tidak lebih baik .
3. Nilai BER pada skenario 4 menjadi nilai BER paling tinggi. Hal ini menunjukkan bahwa pada skenario 4 merupakan sistem yang paling buruk dalam proses komunikasi VLC V2V, yang berarti selain pada SNR, noise kabut dan interferensi juga sangat berpengaruh pada nilai BER untuk sistem komunikasi ini

References

- [1]. Y. H. Kim, W. A. Cahyadi, and Y. H. Chung, "Experimental demonstration of vlc-based vehicle-to-vehicle communications under fog conditions," *IEEE Photonics Journal*, vol. 7, no. 6, pp. 1–9, 2015.
- [2]. G. Singh, A. Srivastava, and V. A. Bohara, "Impact of weather conditions and interference on the performance of vlc based v2v communication," in *2019 21st International Conference on Transparent Optical Networks (ICTON)*. IEEE, 2019, pp. 1–4.
- [3]. R. Mulyawan, A. Gomez, H. Chun, S. Rajbhandari, P. P. Manousiadis, D. A. Vithanage, G. Faulkner, G. A. Turnbull, I. D. Samuel, S. Collins et al., "A comparative study of optical concentrators for visible light communications," in *Broadband Access Communication Technologies XI*, vol. 10128. International Society for Optics and Photonics, 2017, p. 101280L.
- [4]. D. Bykhovsky and S. Arnon, "Multiple access resource allocation in visible light communication systems," *Journal of Lightwave Technology*, vol. 32, no. 8, pp. 1594–1600, 2014.
- [5]. S. Singh, G. Kakamanshadi, and S. Gupta, "Visible light communicationan emerging wireless communication technology," in *2015 2nd International Conference on Recent Advances in Engineering & Computational Sciences (RAECS)*. IEEE, 2015, pp. 1–3.
- [6]. H. Weichel, *Laser beam propagation in the atmosphere*. SPIE press, 1990, vol. 10319.