

ANALISIS PERFORMANSI MODULASI 16-PSK PADA KANAL KIM DAN KRUSE DI FREE SPACE OPTIC COMMUNICATION

(PERFORMANCE ANALYSIS OF 16-PSK MODULATION ON KIM AND KRUSE CHANNEL IN FREE SPACE OPTIC COMMUNICATION)

Annisa Inayah Salsabila¹, Kris Sujatmoko², M. Irfan Maulana³

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

¹annisainayah@student.telkomuniversity.ac.id, ²krissujatmoko@telkomuniversity.ac.id,

³muhammadirfanm@telkomuniversity.co.id

Abstrak

Free Space Optic (FSO) merupakan teknologi komunikasi berbasis *wireless* optik yang memanfaatkan cahaya untuk mentransmisi data melalui udara atau saluran atmosfer. Sudah lama teknologi ini dikembangkan, tetapi hingga saat ini masih belum digunakan kalangan umum karena minimnya standarisasi dari sistem *Free Space Optic*. Maka dari itu penelitian guna mengembangkan teknologi *Free Space Optic* masih akan terus dilakukan.

Pada penelitian ini, sistem FSO disimulasikan dan dianalisis menggunakan Modulasi 16-Phase Shift Keying (PSK) pada kanal model Kim dan Kruse. Dilakukan pengujian terhadap perubahan *visibility*, panjang gelombang, dan jarak *transmitter* ke *receiver*. Hasil akhir dari pengujian merupakan nilai *Bit Error Rate (BER)* pada setiap skenario yang dilakukan. Hasil pengujian menunjukkan bahwa jarak mempengaruhi kualitas performansi BER. Semakin tinggi nilai panjang gelombang, *visibility* dan daya kirim yang digunakan maka jarak tempuh yang didapat semakin jauh dan dihasilkan nya BER dengan kualitas yang baik.

Kata kunci: FSO, 16-PSK, Kim dan Kruse, BER

Abstract

Free Space Optic is an optical wireless-based communication technology that uses light to transmit data through the air or atmospheric channels. This technology has been developed for a long time, but until now it is still not used among the public due to the lack of standardization of the Free Space Optic system. Therefore, research to develop Free Space Optic technology will continue.

In this study, the FSO system was simulated and analyzed using 16-Phase Shift Keying (PSK) Modulation on the Kim and Kruse channels model. Tested against changes in visibility, wavelength, and distance from the transmitter to receiver. The final result of the simulation is the Bit Error Rate (BER) value in each scenario. The simulation results show that distance affects the quality of BER performance. The higher the value of the wavelength, visibility, and transmittance used, the distance obtained will be farther and the resulting BER with good quality.

Keywords: FSO, 16-PSK, Kim and Kruse, BER

1. Pendahuluan

Saat ini teknologi pada bidang telekomunikasi yang cepat dan efisien merupakan suatu hal yang dibutuhkan oleh masyarakat. Sarana telekomunikasi yang dibutuhkan harus mengarah untuk

memenuhi kebutuhan yang tidak hanya berlaku saat ini namun juga memenuhi kebutuhan layanan di masa mendatang. Sehingga dibutuhkan suatu teknologi untuk memenuhi kebutuhan tersebut, salah satunya yaitu dengan menggunakan teknologi komunikasi optik ruang bebas.

Komunikasi optik ruang bebas atau yang sering dikenal sebagai Free Space Optic (FSO) merupakan sistem komunikasi optik yang memanfaatkan atmosfer sebagai media transmisinya. Oleh karena itu, FSO mempunyai banyak faktor yang dapat meredam atau menginterferensi sinyal cahaya. Beberapa faktor yang harus dipertimbangkan pada FSO yaitu banyaknya molekul yang ada di udara, jarak dari transmitter dan receiver, serta kondisi pada atmosfer. Sistem komunikasi FSO pada umumnya menggunakan Light Amplification by Stimulated Emission of Radiation (LASER) sebagai light sourcena, karena LASER memiliki jarak pancaran yang jauh dan lebih terfokus.

2. Konsep Dasar

2.1. Free Space Optic

Free Space Optic (FSO) merupakan sistem komunikasi optik yang memanfaatkan cahaya sebagai pembawa untuk mentransmisikan data pada dua titik yang ada di saluran atmosfer. Terdapat beberapa faktor yang dapat meredam atau menginterferensi sinyal cahaya pada komunikasi FSO. Beberapa faktor yang harus dipertimbangkan pada FSO yaitu banyaknya molekul diudara, jarak dari *transmitter* ke *receiver*, serta kondisi pada atmosfer [1].

FSO memiliki tiga bagian utama yaitu *transmitter*, kanal atmosfer, serta *receiver*. Karakteristik yang dibutuhkan agar sebuah sistem komunikasi FSO bisa dibilang efektif yaitu dapat berkerja pada daya yang tinggi, menggunakan modulasi yang berkecepatan tinggi, mempunya daya yang rendah dan tahan pada berbagai kondisi cuaca sehingga untuk kinerja sistem *outdoor* lebih baik [1].

2.2. M-PSK

M-Ary Phase Shift Keying (M-PSK) merupakan sebuah skema modulasi digital yang sering digunakan pada sistem komunikasi digital, dimana M-PSK sendiri digunakan untuk menumpangkan data digital pada sinyal *carrier* dengan mengubah atau memodulasi fasa dari sinyal *carrier* tersebut. M adalah bilangan yang menunjukkan jumlah level digital. Salah satu cara untuk merepresentasikan M-PSK dengan menggunakan diagram konstelasi. 16-PSK memiliki n=4 setiap simbol sehingga menghasilkan beda fasa sebanyak enam belas yaitu 0000,0001,0010,...,1111. Setiap simbol pada diagram konstelasi 16-PSK memiliki perbedaan spasi sudut yang sama besar yaitu 22,5⁰ [2].

2.3. Kanal Kim dan Kruse

Model kanal *Kim* dan *Kruse* dapat digunakan untuk menghitung besar redaman atmosfer menggunakan *visibility*. Besarnya redaman atmosfer pada kanal dapat dihitung menggunakan persamaan berikut [3]:

$$A = \frac{3.91}{V} \left(\frac{\lambda}{550} \right)^{-q} \frac{dB}{Km} \tag{1}$$

Dimana A dalah redaman atmosfer dengan satuan dB/km, V adalah nilai *visibility* dalam km, λ adalah panjang gelombang dalam nm dan q adalah ukuran partikel pada atomesfer. Model kanal *Kim* dan *Kruse* memiliki perbedaan kondisi pada penggunaannya. Dimana untuk model kanal *Kim* digunakan pada saat kondisi berembun atau *visibility* yang rendah. Persamaan yang digunakan di kanal kim adalah [3]

$$q = \begin{cases} 1.6, & V < 50 \text{ km} \\ 1.3, & 6 \text{ km} < V < 50 \text{ km} \\ 0.16V + 0.34, & 1 \text{ km} < V < 6 \text{ km} \\ V - 0.5, & 0.5 \text{ km} < V < 1 \text{ km} \\ 0 & V < 0.5 \text{ km} \end{cases} \tag{2}$$

Sedangkan pada model kanal *Kruse* digunakan pada semua kondisi atmosfer. Persamaan yang digunakan pada kanal *Kruse* adalah [3]

$$q = \begin{cases} 1.6, & V \geq 50 \text{ km} \\ 1.3, & 6 \text{ km} \leq V < 50 \text{ km} \\ 0.585V^{1/3}, & V < 6 \text{ km} \end{cases} \quad (3)$$

Untuk mengetahui besar daya yang diterima dapat dilihat pada persamaan (4)

$$Pr = Pt\tau_t\tau_r \frac{D^2}{\theta^2 L^2} 10^{-AL/10} \quad (4)$$

Dimana P_t adalah daya yang dikirimkan, τ_t adalah efisiensi pengirim, τ_r adalah efisiensi penerima, D adalah diameter penerima, L adalah jarak antara pengirim dan penerima, A adalah redaman atmosfer dan θ adalah sudut divergensi pengirim.

3. Perancangan Sistem

3.1. Parameter Performansi Sistem

Pada penelitian ini pengukuran performansi sistem FSO dengan modulasi 16-PSK pada kanal *Kim* dan *Kruse* dihitung dengan menggunakan parameter-parameter sebagai berikut

Parameter	Nilai
Panjang Gelombang (λ)	1310 nm dan 1550 nm
<i>Visibility</i>	0 – 10 km, dengan rentang 0,1 km
Panjang <i>Link</i> (L)	0 – 10 km, dengan rentang 0,1 km
Daya Kirim LASER (P_t)	1 , 10 dan 20 Watt
Efisiensi Pengirim (τ_t)	0.75
Efisiensi Penerima (τ_r)	0.75
Sudut Divergensi Pengirim(A_g)	2×10^{-3} rad
Diameter Penerima (D)	1×10^{-5} cm
Responsivitas <i>photodetector</i>	0,7 (A/W)
Bandwidth (B)	2 Ghz
Dark Current (I_D)	10 Na
Hambatan di Penerima (R_L)	100 Ω
Suhu (T)	298 K
Indeks Modulasi (M)	16
Bit Modulasi (k)	4
<i>Figure Noise</i> PIN (Fn)	1
Konstanta Blotzman (Kb)	1.38×10^{-19} joule
Muatan Elektron (q)	1×10^{-9} Ampere
Kondisi Atmosfer	<i>Thick fog, light fog dan haze</i>

3.2. Parameter Pengukur Sistem

1. Signal-to-Noise Ration

Signal to Noise Ratio (SNR) merupakan perbandingan antara besar daya pada suatu sinyal yang diinginkan dengan daya *noise* atau daya sinyal yang tidak diinginkan. Kulit jaringan koneksi pada FSO salah satu caranya dihitung menggunakan perbandingan daya yang diterima oleh *photodetector*. Perhitungan SNR pada *photodetector* PIN dapat menggunakan persamaan (5) [3]

$$SNR = \frac{I_p^2}{2qB(I_p + I_D) + 4K_b T B F_n / R_L} \quad (5)$$

Dimana q adalah satuan unit elektron, I_D adalah *dark current*, B adalah *bandwidth*, T adalah suhu pada *photodetector*, F_n adalah *noise figure*, R_L adalah resistansi *photodetector* dan I_p adalah rata-rata arus yang di hasilkan cahaya. Rata-rata arus yang dihasilkan cahaya dapat dinyatakan pada persamaan [3]

$$I_p = P_r R \tag{6}$$

Dimana P_r daya yang diterima pada *photodetector* dan R adalah *responsivity* dari *photodetector*.

2. Bit Error Rate

Bit Error Rate (BER) merupakan sebuah nilai perbandingan dari bit yang dikirimkan dengan *bit error* yang terjadi dalam satu kali pengiriman pada sistem transmisi. BER merupakan parameter yang paling berpengaruh pada kinerja jaringan komunikasi optik, standart BER pada komunikasi optik bernilai 10^{-9} . Nilai BER untuk modulasi 16-PSK dapat dihitung menggunakan persamaan (7) [4] dan untuk modulasi QPSK dapat dihitung menggunakan persamaan (8) [4] dan tambahan variable Q pada persamaan (9) [4]

$$BER_{16-PSK} = \frac{2}{\log_2 M} Q \left(\sin \frac{\pi}{M} \sqrt{\frac{2E_b \log_2 M}{N_0}} \right) \tag{7}$$

$$Q = \frac{1}{2} \operatorname{erfc} \left(\frac{x}{\sqrt{2}} \right) \tag{8}$$

Dimana variable x dapat dicari dengan persamaan (10) [5] dan nilai E_b/N_0 dapat dicari dengan persamaan [6] (11)

$$x = \sqrt{\frac{3kE_b}{(M-1)N_0}} \tag{9}$$

$$\frac{E_b}{N_0} = \operatorname{SNR} + 10 \log \frac{B}{R} \tag{10}$$

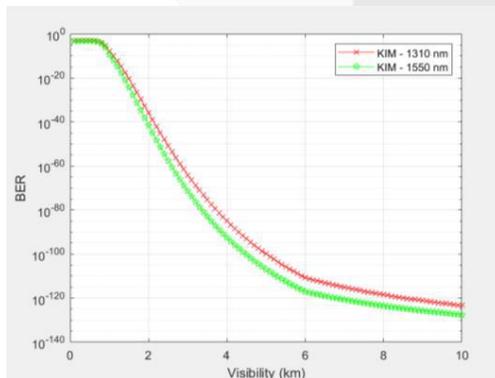
Dimana x adalah bit modulasi, B adalah *bandwidth* dan R adalah laju data.

4. Hasil Pengujian

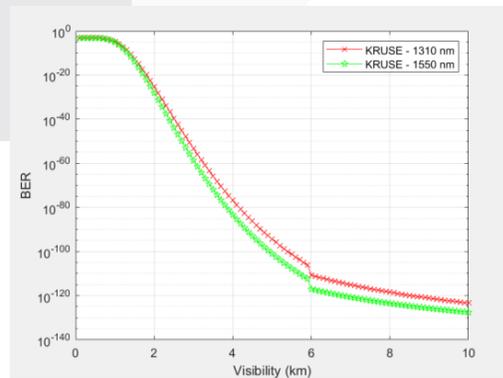
4.1. Analisis Hasil Skenario 1

Pada skenario pertama dilakukan pengujian modulasi 16-PSK pada kanal *Kim* dan *Kruse* dengan menggunakan dua jenis panjang gelombang yaitu 1310 nm dan 1550 nm. Kemudian terdapat perubahan *visibility* dari 0 km sampai 10 km dengan rentang tiap 0.1 km. Parameter jarak *transmitter* ke *receiver* yaitu sejauh 3 km dengan daya kirim 1 Watt.

1. Pengujian BER terhadap *visibility*



Gambar 1 Grafik BER – *visibility* kanal *Kim*

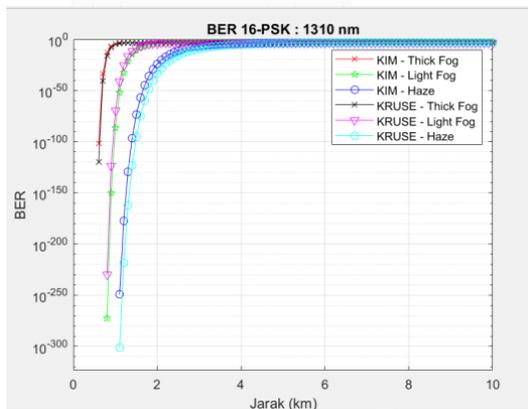


Gambar 2 Grafik BER – *visibility* kanal *Kruse*

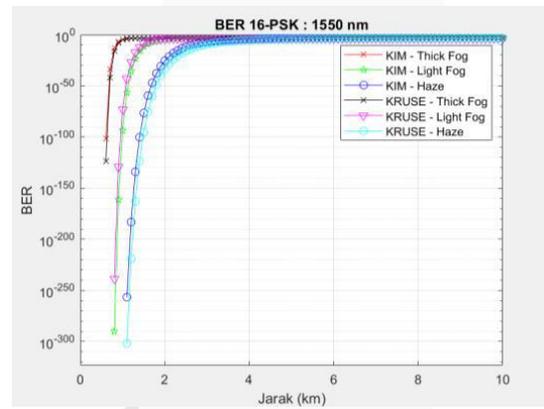
Pada Gambar 1 – 2 menunjukkan Grafik hasil pengujian dengan nilai *visibility* yang bervariasi. Pada hasil pengujian diatas dapat dilihat bahwa perubahan *visibility* berpengaruh pada nilai dan kualitas BER. Disaat nilai *visibility* meningkat terjadi kenaikan nilai BER. Hasil simulasi menunjukkan bahwa pada kanal *Kim* dengan panjang gelombang 1310 nm memiliki nilai BER 1.35E-10 dengan jarak 1,1 km, sedangkan pada kanal *Kim* dan panjang gelombang 1550 nm memiliki nilai BER 4.15E-10 dengan jarak 1 km. Pada kanal *Kruse* dengan panjang gelombang 1310 nm memiliki nilai BER 2.40E-09 dengan jarak 1,3 km sementara pada kanal *Kruse* dan panjang gelombang 1550 nm mendapatkan nilai BER 1.93E-09 dengan jarak 1,2 km. Dapat dilihat pada Gambar 2 terdapat penurunan grafik pada jarak 6 km, hal itu dikarenakan nilai q pada kanal *Kruse* memiliki perbedaan yang signifikan.

4.2. Analisis Hasil Skenario 2

Pada skenario kedua dilakukan pengujian modulasi 16-PSK pada kanal model *Kim* dan *Kruse* dengan menggunakan dua jenis panjang gelombang yaitu 1310 nm dan 1550 nm. Kemudian terdapat dua macam percobaan yaitu variasi jarak antar *transmitter* ke *receiver* dari 0 km sampai 10 km dengan rentang 0,1 km dan daya kirim 1 Watt. Pengujian ini dilakukan pada tiga kondisi atmosfer yaitu *thick fog* dengan nilai *visibility* 0,3 km, *light fog* dengan nilai *visibility* 0,8 km, dan *haze* dengan nilai *visibility* 4 km.



Gambar 3 Grafik BER pada variasi jarak 1310nm



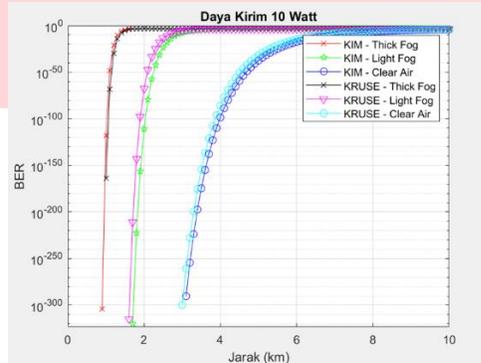
Gambar 4 Grafik BER pada variasi jarak 1550nm

Pada Gambar 3 – 4 menunjukkan Grafik hasil pengujian dengan jarak yang bervariasi. Pada hasil pengujian diatas dapat dilihat bahwa perubahan jarak berpengaruh pada nilai BER. Disaat jarak meningkat terjadi kenaikan nilai BER dikarenakan adanya redaman atmosfer. Hasil simulasi menunjukkan bahwa pada kanal *Kim* dengan kondisi atmosfer *light fog* dan panjang gelombang 1310 nm memiliki nilai BER 3.24E-11 km dengan jarak sejauh 1,5 km, sedangkan pada kanal *Kim* dengan panjang gelombang 1550 nm memiliki nilai BER 2.28E-09 dengan jarak sejauh 1,6 km. Pada kanal *Kruse* dengan kondisi atmosfer *light fog* dan panjang gelombang 1310 nm memiliki nilai BER 4.29E-09 dengan jarak sejauh 1,5 km sementara pada kanal *Kruse* dan panjang gelombang 1550 nm mendapatkan nilai BER 1.67E-09 dengan jarak sejauh 1,5 km.

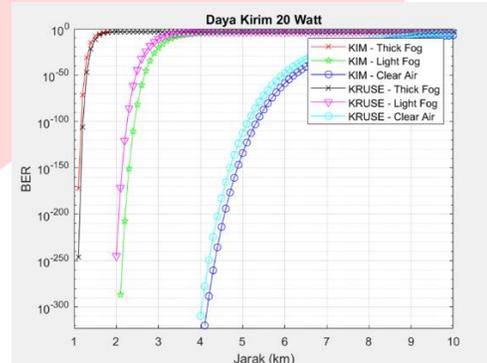
Pada kanal *Kim* dengan kondisi atmosfer *haze* dan panjang gelombang 1310 nm memiliki nilai BER 1.63E-09 km dengan jarak 2,7 km, sedangkan pada kanal *Kim* dengan panjang gelombang 1550 nm memiliki nilai BER 4.49E-09 dengan jarak 2,8 km. Pada kanal *Kruse* dengan kondisi atmosfer *haze* dan panjang gelombang 1310 nm memiliki nilai BER 5.38E-09 dengan jarak 2,7 km sementara pada kanal *Kruse* dan panjang gelombang 1550 nm mendapatkan nilai BER 2.16E-09 dengan jarak 2.7 km.

4.3. Analisis Skenario 3

Pada skenario kedua dilakukan pengujian modulasi 16-PSK pada kanal model *Kim* dan *Kruse* dengan menggunakan dua jenis panjang gelombang yaitu 1310 nm dan 1550 nm. Kemudian terdapat dua macam percobaan yaitu variasi jarak antar *transmitter* ke *receiver* dari 0 km sampai 10 km dengan rentang 0,1 km dan perbandingan tiga daya kirim yaitu 10 dan 20 Watt. Pengujian ini dilakukan pada tiga kondisi atmosfer yaitu *thick fog* dengan nilai *visibility* 0,3 km, *light fog* dengan nilai *visibility* 0,8 km, dan *haze* dengan nilai *visibility* 4 km.



Gambar 5 Grafik BER pada daya 10 Watt



Gambar 6 Grafik BER pada daya 20 Watt

Pada Gambar 5 – 6 menunjukkan Grafik hasil pengujian dengan daya yang berbeda. Pada hasil pengujian diatas dapat dilihat bahwa perubahan daya berpengaruh pada nilai BER. Semakin tinggi daya maka jarak yang dapat ditempuh semakin jauh dan kualitas BER semakin baik. Hasil simulasi menunjukkan bahwa pada kanal *Kim* dengan kondisi atmosfer *haze*, daya kirim 10 Watt dan panjang gelombang 1310 nm memiliki nilai BER $2.44E-09$ km dengan jarak sejauh 7,1 km dan pada daya kirim 20 Watt dengan panjang gelombang 1310 nm memiliki nilai BER $3.24E-10$ dengan jarak sejauh 9,1 km. Sedangkan pada kanal *Kim* dengan panjang gelombang 1550 nm dan daya kirim 10 Watt memiliki nilai BER $6.53E-09$ dengan jarak sejauh 7,4 km dan pada daya kirim 20 Watt pada panjang gelombang 1550 nm memiliki nilai BER $7.62E-09$ dengan jarak 9,6 km.

Pada kanal *Kruse* dengan kondisi atmosfer *haze*, daya kirim 10 Watt dan panjang gelombang 1310 nm memiliki nilai BER $7.36E-09$ dengan jarak sejauh 6,8 km dan pada daya kirim 20 Watt memiliki nilai BER $4.92E-09$ dengan jarak sejauh 8,6 km. Sementara pada kanal *Kruse*, daya kirim 10 Watt dan panjang gelombang 1550 nm mendapatkan nilai BER $4.92E-09$ dengan jarak 7 km dan pada daya kirim 20 Watt memiliki nilai BER $6.12E-09$ dengan jarak sejauh 9 km.

5. Kesimpulan

Hasil Pengujian yang dilakukan pada perubahan *visibility* menunjukkan bahwa semakin meningkat nilai *visibility* maka kualitas nilai BER semakin bagus. Kinerja FSO pada perbandingan tiga daya kirim dan dua panjang gelombang menunjukkan bahwa sistem dengan daya kirim dan panjang gelombang yang lebih besar mendapatkan nilai BER yang lebih baik dengan jarak tempuh yang lebih jauh dibanding dengan daya yang kecil. Pada pengujian variasi jarak dengan daya kirim 1 Watt dapat dilihat bahwa semakin jauh jarak maka kualitas nilai BER akan menurun, dikarenakan adanya redaman atmosfer. Pada seluruh skenario penelitian dapat dilihat bahwa kualitas BER yang paling baik ada pada kondisi atmosfer *haze* dengan panjang gelombang 1550 nm dan daya kirim 20 Watt dengan nilai BER $7.62E-09$ dengan jarak sejauh 9,6 km.

Referensi:

- [1] M. A. Ali, "Performance Analysis of Fog Effect on Free Space Optical Communication System," *IOSR Journal*, vol. 7, no. 2, p. 1, 2015.
- [2] J. C. S. Zhang, P. Kam, C. Yu and J. Chen, "Bit-error rate performance of coherent optical M-Ary PSK/QAM using decision-aided maximum likelihood phase estimation," *Optic Express*, 2010.
- [3] M. I. Mutaharrik, N. R. Syambas and B. Pamukti, "Performance of On-Off Keying Modulation for Free Space Optic Communication," *IEEE*, 2019.
- [4] E. Krouk and S. Semenov, *Modulation and Coding Techniques in Wireless Communication*.
- [5] J. Kaur, R. Miglani, J. Malhotra, G. S. and G. S. Gaba, "Performance Analysis of M-Ary QAM modulated FSO links over turbulent AWGN Channel," *International Journal of Applied Engineering Research*, 2015.
- [6] A. A. Aprian, S. M. Al-Sasongko and B. Kanata, "Analisis Kinerja Sistem OFDM pada Kanal AWGN dan Rayleigh dengan Modulasi M-QAM dan M-PSK Berbasis Simulink," *ISSN*, vol. 6, 2015.