



**PENGARUH EFEK SINTILASI
PADA FREE SPACE OPTICS COMMUNICATION SYSTEM (FSOC)**

Tri Nopiani Damayanti

Akademi Teknik Telekomunikasi Sandhy Putra Jakarta, Indonesia

E-mail: damayanti@akademitelkom.ac.id

ABSTRAK

Komunikasi Optik Ruang Bebas atau Free Space Optical Communication (FSO) yang menjalar melalui udara pada cuaca cerah, akan mengalami fluktuasi irradians. Fluktuasi ini terjadi karena fluktuasi acak dari suhu atmosphere yang akan menyebabkan terjadinya sintilasi sehingga akan terjadi penurunan Signal to noise ratio (SNR) pada sistem. Penelitian ini akan membahas bagaimana dampak sintilasi pada Sistem Free Space Optic (FSO) pada panjang gelombang 1550 nm. Opti System Software digunakan pada simulasi FSO pada penelitian ini. Model simulasi diasumsikan berdasarkan pada saat kondisi system mengalami clear sampai weak turbulence.

Keywords-component; free-space optical communication (FSOC), turbulence media, Scintillation ,< BER>.

ABSTRACT

Free Space Optical Communications (FSOC) which is spread through in the clear weather, will experience fluctuations irradiance. These fluctuations occur due to random fluctuations of atmosphere temperature will cause scintillation and makes Signal to noise ratio (SNR) on the system will decrease. This study will explore how the impact of scintillation on Free Space Optics System (FSO) at a wavelength of 1550 nm. Optiwave System Software used in the simulation of FSO in this study. The simulation model is assumed based on current system conditions experienced clear to weak turbulence.

Keywords-component; free-space optical communication (FSOC), turbulence media, Scintillation ,< BER>.

I. PENDAHULUAN

Teknologi Free-Space Optical Communication (FSOC) system mulai banyak diminati karena memiliki beberapa keunggulan antara lain karena spektrum frekuensinya free-licence, memiliki bandwidth yang lebar, komponen yang murah, konsumsi daya yang kecil, dapat diintegrasikan dengan system yang lainnya^{[1]-[3]}. Pengembangan penelitian tentang teknologi FSOC saat ini telah banyak diaplikasikan untuk komunikasi teresterial, digunakan untuk teknologi Deep Space oleh NASA dan ESA dengan risetnya Mars Laser Communication Demonstration (MLCD) dan the Semiconductor Laser Inter Satellite Link Experiment (SILEX)^[4]. Teknologi FSOC telah diintegrasikan pada jaringan broadband di Jepang dengan jarak transmisi sebesar 2 km menggunakan laser diode 800 nm^[5].

Pada sistem *Free Space Optics Communication* (FSOC), besarnya daya yang diterima (P_{Rx}) tergantung pada daya yang dikirim (P_{Tx}) yang dipengaruhi oleh kondisi atmosfer sebagai media propagasinya. Media propagasi yang digunakan pada sistem FSOC bukan merupakan media yang ideal karena sangat dipengaruhi beberapa hal yang akan menyebabkan terjadinya *noise* (derau) pada sinyal informasi yang dikirimkan, yaitu^[6]: (1) *absorpsi* dan hamburan sinar oleh partikel gas yang mengakibatkan peredaman atau attenuasi sinyal informasi yang ditransmisikan; (2) *gradient temperature* di atmosfer yang mengakibatkan efek multi lensa disepanjang garis lurus transmisi (efek sintilasi) yang menyebabkan sinar meleset dari titik penerima; (3) turbulensi udara yang menyebabkan distribusi tekanan udara sebagai fungsi waktu, sehingga terjadi perubahan arah sinar dan derau pada front wave sebagai fungsi waktu. Ketiga permasalahan tersebut dapat menyebabkan degradasi *Signal to Noise Ratio* (SNR) dan *Bit Error Rate* (BER) pada sisi Penerima (RX).

Beberapa penelitian telah dikembangkan untuk mempelajari efek sintilasi yang mempengaruhi performansi FSOC. Penelitian ini menggunakan persamaan Rytov untuk indeks sintilasi yang didefinisikan oleh persamaan :

$$\sigma_1^2 = \frac{(I^2) - \langle I \rangle^2}{\langle I \rangle^2} = \frac{(I^2)}{\langle I \rangle^2} - 1$$

(1)

Persamaan indeks sintilasi ini menggambarkan kekuatan fluktuasi irradians. Untuk kondisi saat weak turbulens untuk plane wave maka persamaan rytov menjadi :

$$\sigma_1^2 = 1.23 C_n^2 k^{7/6} L^{11/6}$$

(2)

Dimana : $C_n^2 [m^{-2/3}]$ adalah parameter indeks bias^[7].

II. PEMODELAN SISTEM

Free Space Optics Communication (FSOC) system adalah sebuah komunikasi cahaya yang mempergunakan medium transmisinya berupa udara bebas (*free space*) dibandingkan menggunakan kabel optik. Sistem FSOC terdiri dari tiga bagian utama yaitu transmitter (TX), medium transmisi Udara bebas (Free Space), dan Receiver (RX).

Pemodelan system FSOC pada penelitian ini menggunakan program OptiSystem versi 7 oleh optiwave. Layout model simulasi yang digunakan pada penelitian ini dapat dilihat pada gambar 2.1. Panjang gelombang yang digunakan pada simulasi ini sebesar 1550 nm. Pada penelitian ini, tabel 2.1 merupakan parameter yang digunakan untuk mendesain jaringan FSOC. Nilai parameter FSOC ini dipilih berdasarkan parameter yang disediakan oleh vendor FSOC terbaru [8-10]. Photodetector yang digunakan pada penelitian ini adalah photodetector jenis APD dengan nilai Daya terima threshold sebesar -40 dBm^[11].

Konfigurasi system FSOC menggunakan metode *Direct Detection*. Metode *Direct Detection* ini memiliki keuntungan karena mudah dan tidak membutuhkan fiber optik pada focus dari lensa receivernya sehingga metode ini akan mengurangi effect dari *beam wandering*. Free Space Channel terdiri dari dua teleskop. *Diameter Aperture* yang digunakan untuk Transmitter (TX) sebesar 10 cm dan Receiver (RX) sebesar 10 cm. Jarak antara

TX/RX sejauh 1 Km dengan beam divergence sebesar 2 mrad.

Persamaan Daya terima pada receiver dijelaskan berikut ini :

$$P_R = P_T \times \frac{d_R^2}{(d_T + \theta R)^2} \times 10^{\frac{\alpha R}{10}} \quad (3)$$

Dimana :

P_R : Daya terima (dBm) pada receiver

P_T : Daya kirim (dBm)

d_R : Diameter Receiver Aperture (m)

d_T : Diameter Transmitter Aperture (m)

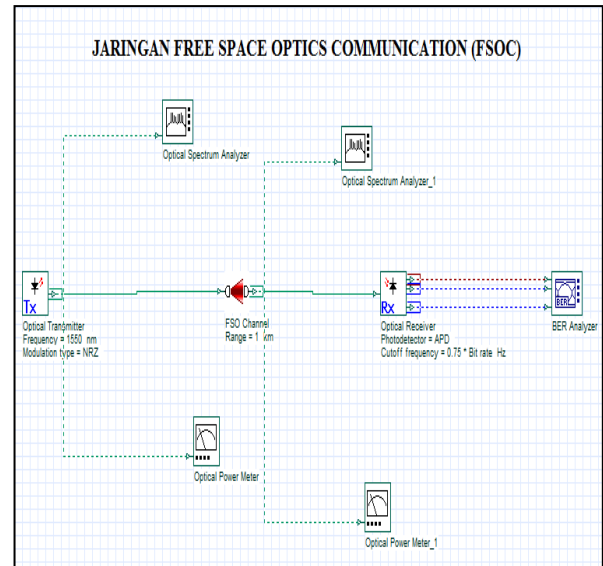
θ : Beam Divergence (mrad)

R : Panjang link optic (km)

α : Redaman Atmosphere (dB/km)

PARAMETER	SIMBOL	NILAI
Kecepatan Transmisi	Bit Rate	1.25 Gbps
Jarak link	Z	1 Km
Optical Transmitted Power (Gaussian Beam)	NRZ	22.6 dBm
Transmitter dan Receiver Aperture	DT, DR	10 cm
Transmitter dan Receiver Optics Efficiency	$\mu T, \mu R$	0.75 – 0.8
APD Responsivity	R	0.8 – 52 A/w
Hambatan Beban	RL	100 Ω
Low Pass Filter Cut Off Frequency (pada receiver)		0.75* Bit Rate

Tabel 2.1 Parameter Jaringan FSOC



Gambar 2.1 Jaringan Free Space Optics Communication

Kondisi Cuaca	Redaman (dB/Km) 1550 nm
Cerah	0.155
	0.441
Kabut tipis/uap air	1.537
	4.285
	10.115
Kabut / asap tebal	15.55
	33.961
	84.904

(FSOC)

Tabel 2.2 Redaman Sinyal FSOC

Tabel 2.2 menggambarkan nilai parameter redaman sinyal FSOC yang digunakan pada penelitian ini dengan berbagai kondisi cuaca. Pada saat kondisi cerah tidak ada turbulens sepanjang medium propagasi FSOC nilai SNR ditunjukkan oleh persamaan sebagai berikut [7] :

$$SNR_0 = \sqrt{\frac{\eta P_s}{2h\nu B}} \quad (4)$$

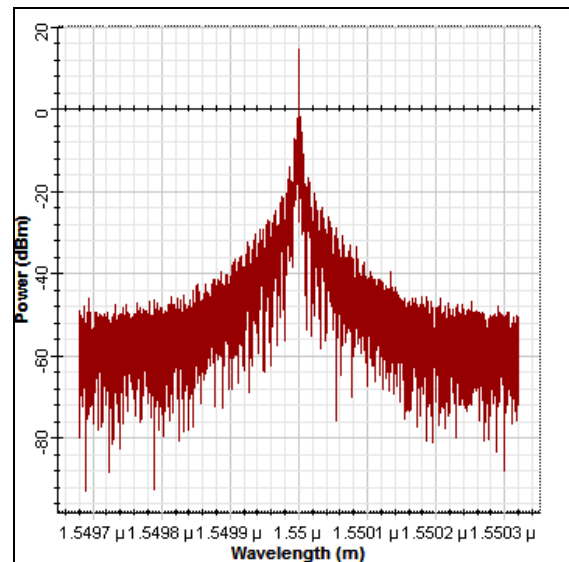
Dimana η adalah efisiensi kuantum dari Photodetector, P_s adalah intensitas sinyal terima, ν adalah frekuensi cahaya, h adalah konstanta planck dan B adalah bandwidth. Persamaan 2 adalah nilai dari signal to noise ratio (SNR) dengan tidak memperhitungkan background noise, noise pada alat serta thermal noise. Parameter BER (bit error rate) pada modulasi OOK (on-off keying) ditunjukkan oleh persamaan berikut [7]:

$$P_r(E) = \frac{1}{2} \operatorname{erfc} \left(\frac{SNR_0}{2\sqrt{2}} \right) \quad (5)$$

Persamaan 5 menunjukkan nilai BER yang dipengaruhi oleh *random noise* pada photodetector.

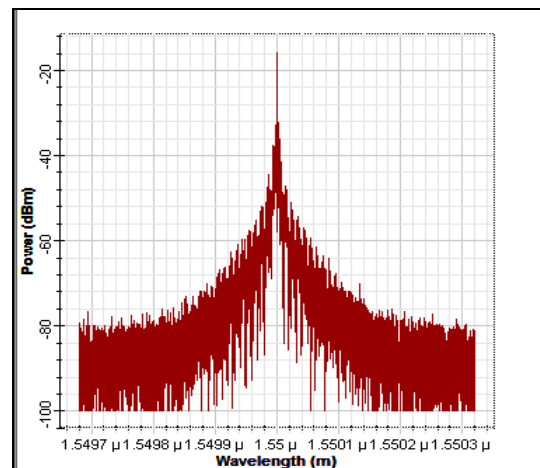
III.HASIL DAN ANALISA

Model jaringan FSOC yang digunakan digambarkan pada gambar 2.1. Performansi jaringan dianalisa berdasarkan parameter pada tabel 2.1 dengan nilai redaman sinyal FSOC pada tabel 2.2 berdasarkan kondisi cuaca yang mengilustrasikan adanya efek sintilasi pada jaringan FSOC. Jaringan akan dianalisa menggunakan spectrum analyzer, optical power meter dan BER analyzer untuk mengetahui performansi jaringan FSOC tersebut.

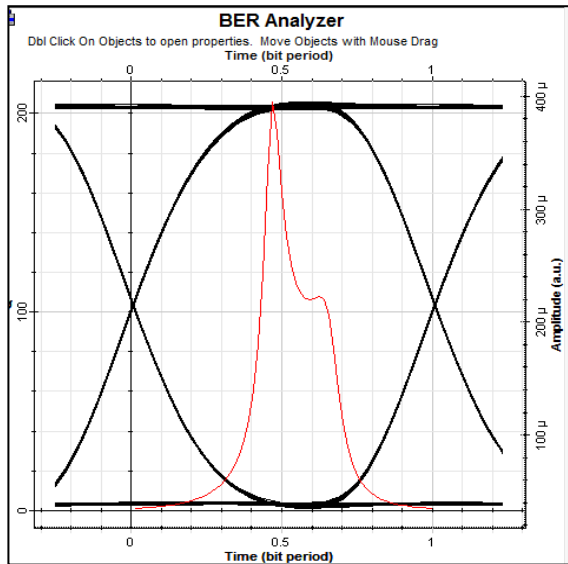


Gambar 3.1 Daya Sinyal Transmitter (TX) saat kondisi cuaca kabut tidak terlalu tebal

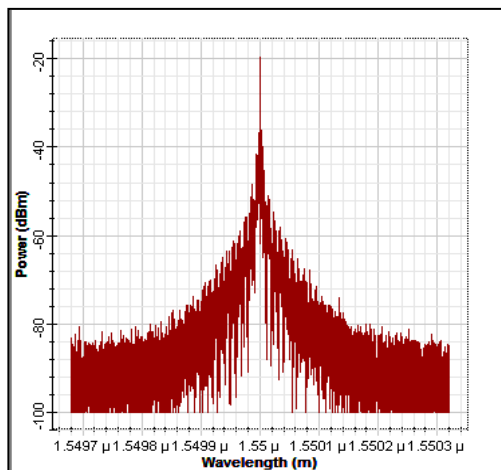
Gambar 3.1 menunjukkan daya sinyal transmitter (TX) saat kondisi cuaca kabut tidak terlalu tebal. Panjang gelombang yang digunakan adalah 1550 nm, dimana daya transmit power yang digunakan sebesar 22,6 dBm.



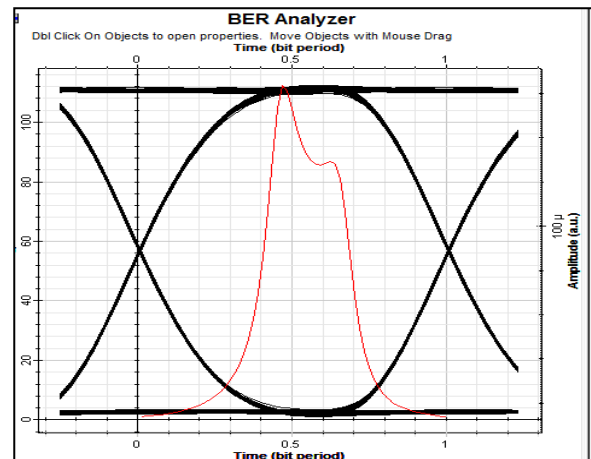
Gambar 3.2 Daya Sinyal Receiver (RX) saat kondisi cuaca cerah ($\alpha = 0.441 \text{ dB/Km}$)



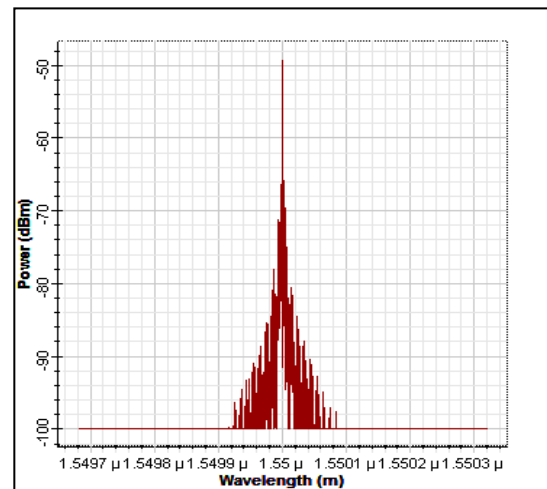
Gambar 3.3 Nilai BER saat kondisi cuaca cerah ($\alpha = 0,441 \frac{dB}{Km}$; $P_{out} = -10,538 dBm$)



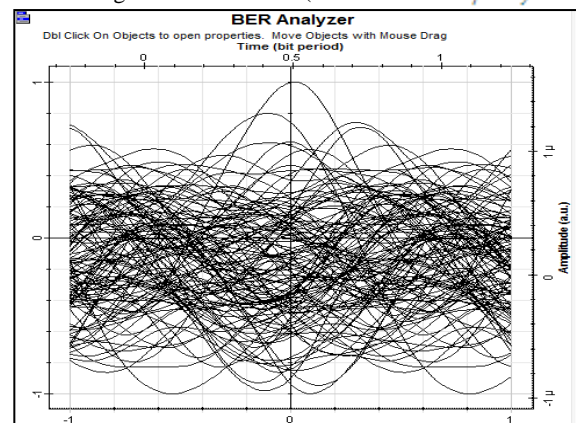
Gambar 3.4 Daya Sinyal Receiver (RX) saat kondisi cuaca mengalami kabut tipis ($\alpha = 4,285 dB/Km$)



Gambar 3.5 Nilai BER saat kondisi cuaca mengalami kabut tipis ($\alpha = 4,285 \frac{dB}{Km}$; $P_{out} = -14,381 dBm$)



Gambar 3.6 Daya Sinyal Receiver (RX) saat kondisi cuaca mengalami kabut tebal ($\alpha = 33,961 dB/Km$)



Gambar 3.7 Nilai BER saat kondisi cuaca mengalami kabut tipis ($\alpha = 33,961 \frac{dB}{Km}$; $P_{out} = -14,381 dBm$)

Dari hasil simulasi diatas didapatkan bahwa daya output power semakin mengecil jika redaman /attenuasi semakin besar, hal ini disebabkan karena adanya gangguan /efek turbulens pada media transmisi system FSOC yang menyebabkan terjadinya efek sintilasi yang mengakibatkan BER yang dihasilkan semakin besar sehingga mempengaruhi kualitas kinerja system FSOC. Dari hasil eye diagram diatas didapatkan bahwa peningkatan redaman/attenuasi mempengaruhi lebarnya eye diagram. Semakin lebar eye diagram, attenuasi /redaman semakin kecil sehingga akan mengurangi potensi data yang error yang menyebabkan performansi kinerja semakin bagus.

IV. KESIMPULAN

Performansi jaringan FSOC pada panjang gelombang 1550 nm memiliki performansi yang paling bagus pada saat kondisi clear (cuaca cerah) dengan efek sintilasi yang paling rendah serta daya penerima yang lebih besar dengan nilai BER yang lebih rendah.

REFERENSI

- [1] H. E. Nistazakis, T.A. Tsiftsis, and G.S. Tombras, "Performance analysis of Free-space optical communication systems over atmospheric turbulence channel, IET Communication," vol. 3 iss. 8, pp. 1402 – 1409, 2009.
- [2] E. Ciaramella, Y. Arimoto, G. Contestabile, M. Presi, A. D'Errico, V. Guarino, and M. Matsumoto, "1.28 Terabit/s (32x40 Gbit/s) WDM transmission System for Free Space Optical Communications," IEEE Journal on Selected Areas in Communications, vol. 27, no. 9, pp.1639 - 1645, Dec. 2009.
- [3] Neda Cvijetic, Stephen G. Wilson, And Maïté Brandt-Pearce," Receiver Optimization In Turbulent Free-Space Optical MIMO Channels With APD and Q-Ary PPM", IEEE Photonics Technology Letters, Vol 19, NO. 2, January 15, 2007
- [4] S. Zoran, F. Bernhard, and L. Hanspeter, "Free-space laser communication activities in Europe: SILEX and beyond," IEEE Lasers and Electro-Optics Society pp. 78-79, Oct. 2006
- [5] Kazuhiko Wakamori, "Experiment on Regional Broadband Network Using Free-Space-Optical Communication Systems," Journal of Lightwave Technology, Vol. 25, No. 11, pp. 3265 - 3273, Nov., 2007.
- [6] Ir.Purnomo Sidi Priambodo, MSc,PhD; Ir.Gunawan Wibisono,MEng,PhD; Ir.Muhammad Asvial,MEng,PhD; Prof.Dr.Ir,Nyi Raden Poespawati,MT, "Sistem dan Aparatus Komunikasi Optik Terrestrial Antara 2 Titik Lokasi melalui Antar Muka Udara menggunakan Filter Spasial dengan Polarisasi Sirkular Ganda", Paten, 10 Mei 2010.
- [7] Larry C. Andrews and Ronald L. Philips, Laser Beam Propagation through Random Media, 2nd Ed., SPIE Press, Washington USA, 2005.
- [8] fSONA Optical Wireless. [Online]. Pada : <http://www.fsona.com>
- [9] Canobeam. [Online]. Pada : <http://www.canobeam.com/>
- [10] LIGHTPOINTE Wireless. [Online]. pada: www.lightpointe.com
- [11] A. Prokes, "Atmospheric Effects on Availability of Free Space Optics Systems," J. Opt. Eng., vol. 48. no. 6, pp. 1-10, June 2009.