

Performansi Sistem Free Space Optic Dengan Efek Debu

Rika Susanti¹, Dedi Rio Saputro², Della Indriyani³, Agus Firdaus Chandra⁴

Jurusan Teknik Elektro Fakultas Sains dan Teknologi UIN Suska Riau

Jl. H.R. Soebrantas No. 115 Km. 15 Panam, Pekanbaru, Indonesia

e-mail : rika.susanti@uin-suska.ac.id¹, dedi.rio.saputro@students.uin-suska.ac.id²,
1165520358@students.uin-suska.ac.id³ agus.firdaus.chandra@uin-suska.ac.id⁴

Abstrak

Teknologi sistem komunikasi optik nirkabel memberikan keuntungan yang besar pada sistem telekomunikasi masa kini. Dengan menggunakan atmosfer sebagai media propagasinya maka kondisi alam sangat mempengaruhi komunikasi optik nirkabel (*Free Space Optic*). Partikel partikel di atmosfer dapat menyebabkan depolarisasi pada cahaya sehingga mampu mempengaruhi kualitas data yang di kirim, termasuk partikel debu. Pada penelitian ini dilakukan analisis performansi *Bit Error Rate* terhadap konsentrasi debu yang ada di atmosfer dan *power budget* pada *Free Space Optic*, dengan menggunakan dua panjang gelombang 784 nm dan 1550 nm. Pada konsentrasi debu 20 gr/bulan/m², jarak maksimum yang dapat ditempuh dengan panjang gelombang 784 nm adalah 2200 m, sedangkan jarak transmisi maksimum pada panjang gelombang 1550 nm adalah 2400 m. Pada konsentrasi debu terbesar 120 gr/bulan/m², jarak maksimum yang dapat ditempuh adalah 1200 m (pada panjang gelombang 784 nm) dan 1300 m (pada panjang gelombang 1550 nm).

Kata Kunci : *Optical Wireless Communication, Free Space Optic, debu pada Free Space Optic, BER pada Free Space Optic.*

Abstract

Optical Wireless Communication or Free Space Optic is one of developed Technology in Telecommunication system, that using atmosphere as a medium. In Optical Wireless Communication, wheater conditions will affect the system performance. Particles in atmosphere such as dust can cause depolarization in light transmission so that can affect the quality of the transmitted data. In this paper was done performance analysis of Free Space Optic system with dust concentration in term of Bit Error Rate and power budget. Based on simulation result, maximum distance that can be reached by model system with a wavelength of 784 nm and dust concentration of 20 gm/month/m² is 2200 m, while the maximum transmission distance at a wavelength of 1550 nm is 2400 m. In addition, the maximum distance of model system with the largest dust concentration (120 gm/month/m²) for 784 nm wavelengths is 1200 m, and 1300 m for 1550 nm wavelength.

Key Words : *Optical Wireless Communication, Free Space Optic, Dust on Free Space Optic, BER on Free Space Optic*

1. Pendahuluan

Sistem komunikasi optik telah dikembangkan sejak abad ke-19, namun jauh sebelum itu optik telah diteliti oleh Ibn Al-Haytham, yang kini dikenal sebagai bapak optik. Teori Optik Ibn al-Haytham menyangkal pendapat pendahulunya Ptolemeus dan Euclid bahwa mata memancarkan cahaya pada objek, menurutnya cahaya yang sampai ke objek yang membuat objek tersebut terlihat. Pendapat ini kemudian menjadi menginspirasi dan menjadi dasar pijakan saintis sesudahnya terutama Roger Bacon dan Johannes Kepler [6].

Ibn al-Haytham terinspirasi dari Alquran dan Hadis dalam menjalankan eksperimennya. Memang, tidak ada sumber yang menyatakan secara jelas hal tersebut, akan tetapi melihat biografinya, pendidikan Alquran dan Hadis yang ia terima di sebuah mesjid di kota Basrah di awal pendidikannya dan pendidikannya di Universitas Al-Azhar memberikan petunjuk akan hal tersebut. Hal ini juga terlihat pada pendahuluan makalahnya yang berjudul "*Fi Daw' al -Qamar*" (Cahaya Bulan), Ibn al-Haytham menulis sepotong ayat Alquran: "Dialah yang menjadikan matahari bersinar-sinar (terang-benderang) dan bulan bercahaya dan Dialah yang menentukan perjalanan tiap-tiap satu itu (berpindah-randah) pada tempat-tempat peredarannya masing-masing supaya kamu dapat mengetahui bilangan tahun dan kiraan masa..." (Yunus, 10:5). Bahasa Alquran yang menggunakan sinar matahari dan cahaya bulan inilah agaknya yang

mengantarkan Ibn al-Haytham menelurkan teori yang bermanfaat sepanjang masa karena ia menyandarkannya pada sumber yang sangat pasti kebenarannya [2].

Sistem komunikasi optik ini menjadi sistem komunikasi yang sangat handal dan memiliki banyak keuntungan dibandingkan sistem komunikasi jenis lain. Jika sistem komunikasi optik pada umumnya menggunakan kabel sebagai saluran propagasinya maka sistem komunikasi optik nirkabel tidak membutuhkan kabel sebagai perantaranya. Sistem komunikasi ini hanya menggunakan perangkat transmitter dan perangkat receiver [7].

Dekade ini sistem komunikasi optik nirkabel atau yang dikenal dengan *Free Space Optic* (FSO) merupakan salah satu bidang penelitian yang banyak diteliti oleh peneliti dunia. FSO menggunakan konsep *Line of Sight* dan hanya bisa digunakan untuk jarak dekat [8]. Seperti halnya dengan sistem komunikasi nirkabel lainnya, FSO sangat dipengaruhi oleh cuaca. Samir A. Al-Gailani telah menganalisis performansi FSO pada daerah tropis dengan kondisi cuaca tertentu [8], sedangkan Abdul Kallam menganalisis sistem FSO khusus pada cuaca cerah [3]. Peneliti lainnya (A. Muthmaniccam) menganalisis performansi FSO pada kondisi hujan, kabut, dan bersalju [1].

Pada daerah tropis dan kering, efek debu sangat mempengaruhi performansi sistem FSO. Fadel Abdul-Zahra Murad dan Ibrahim Abdullah Murdas melakukan penelitian tentang Free Space Optic dan menentukan nilai redaman yang terjadi pada sistem FSO yang disebabkan oleh partikel debu dengan 20 s.d. 120 gr/bulan/m² [4]. Pada paper ini, penulis melakukan pengembangan dari penelitian yang telah dilakukan oleh Fadel Abdul-Zahra dan Ibrahim Abdulla Murdas. Penulis menggunakan konsentrasi dan nilai redaman yang diperoleh dari penelitian Fadel untuk simulasi model sistem dalam mendapatkan jarak transmisi maksimum yang dapat dijangkau oleh sistem FSO yang dipengaruhi oleh partikel debu. Mengingat Indonesia merupakan salah satu wilayah tropis dan konsentrasi debu meningkat di musim kemarau, sehingga penelitian analisis performansi sistem FSO dengan efek debu menjadi penting untuk dilakukan.

2. Research Method

Pada transmisi sinyal menggunakan atmosfer terjadi beberapa redaman yang ditimbulkan oleh alam. Beberapa diantaranya disebabkan oleh matahari, hujan, kabut, salju, dan debu yang mengakibatkan depolarisasi sinyal yang diterima. Redaman yang disebabkan oleh debu dapat mempengaruhi sistem komunikasi optik nirkabel, sehingga dapat menurunkan *signal noise to ratio* (SNR).

Pada penelitian ini dilakukan pemodelan dan simulasi untuk menghitung performansi Bit Error Rate dan power budget sistem FSO yang memiliki redaman yang disebabkan oleh partikel debu di atmosfer. Redaman yang disebabkan oleh debu dapat dihitung dengan cara menghitung jarak pandang mata dan konsentrasi debu di atmosfer. Visibilitas menjadi acuan dasar dalam menghitung attenuasi yang terjadi akibat pengaruh partikel debu di atmosfer. Untuk menghitung visibilitas dapat ditentukan dengan persamaan [4] :

$$V = 7080 \times C^{-0,8} \quad (1)$$

dimana :

V adalah Visibilitas (dalam km)

C adalah Kecepatan Cahaya (3×10^8 m/s)

Besaran atenuasi dapat dihitung dengan menggunakan persamaan [6] :

$$\alpha = \frac{3.19}{V} \times \left(\frac{\lambda}{8.55 \text{ nm}} \right)^{-q} \quad (2)$$

dimana :

α adalah atenuasi (dalam dB/km)

λ adalah panjang gelombang (dalam nm)

q adalah partikel di atmosfer

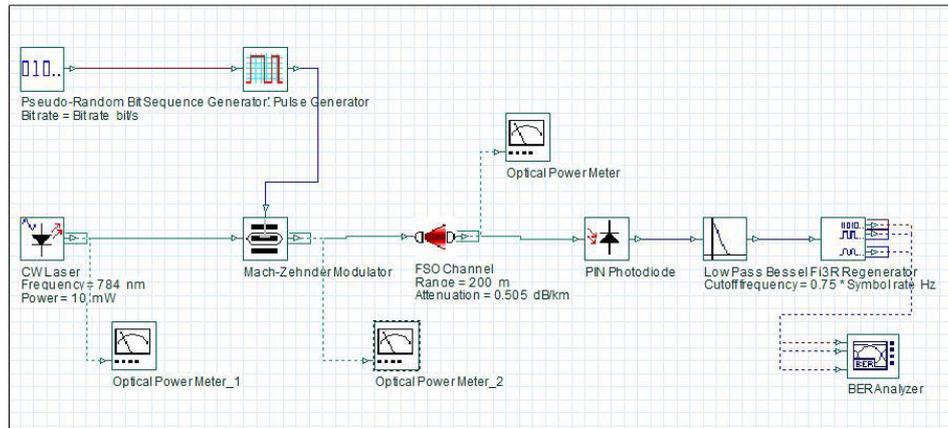
Nilai q diperoleh dengan menggunakan permodelan kruse [4]

1.6 jika $V > 50 \text{ Km}$

1.3 jika $6 \text{ Km} > V > 50 \text{ Km}$

$0.585 V^{\frac{1}{3}}$ jika $V < 6 \text{ Km}$

Pada penelitian ini, pemodelan dan simulasi model sistem *Free Space Optic* menggunakan Optisystem. Gambar 1 menunjukkan model sistem FSO.



Gambar 1. Model Sistem FSO

Propagasi transmisi menggunakan *Free Space Optic Channel (FSO Channel)*. FSO *channel* menghubungkan *transmitter* dan *receiver* dengan atenuasi yang berbeda (tergantung dengan konsentrasi debu di atmosfer). Konsentrasi debu yang digunakan pada penelitian ini adalah 20 gr/bulan/m², 40 gr/bulan/m², 60 gr/bulan/m², 80 gr/bulan/m², 100 gr/bulan/m², dan 120 gr/bulan/m². Model sistem disimulasikan dengan beberapa jarak yang berbeda. Panjang gelombang yang digunakan pada penelitian ini adalah 784 nm dan 1550 nm. Daya pada sumber optik yang digunakan pada model sistem ini adalah 10 dBm.

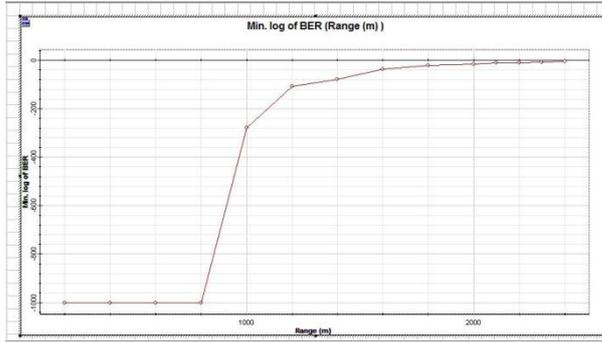
3. Hasil dan Pembahasan

Konsentrasi partikel yang digunakan pada penelitian ini adalah 20 gr/bulan/m², 40 gr/bulan/m², 60 gr/bulan/m², 80 gr/bulan/m², 100 gr/bulan/m², dan 120 gr/bulan/m². Dengan menggunakan persamaan 1 dan 2, diperoleh nilai visibilitas dan redaman untuk masing-masing konsentrasi, seperti yang terlihat pada Tabel 1.

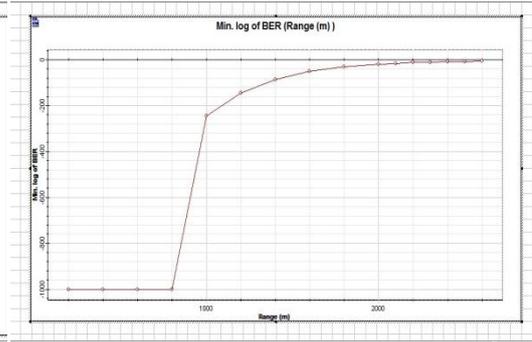
Tabel 1. Nilai Visibilitas dan Redaman

| Konsentrasi (gr/bln/m ²) | Visibilitas (km) | Redaman | |
|--------------------------------------|------------------|----------------------------|-----------------------------|
| | | $\lambda = 784 \text{ nm}$ | $\lambda = 1550 \text{ nm}$ |
| 20 | 0,644 | 0,505 | 0,359 |
| 40 | 0,369 | 1,29 | 0,968 |
| 60 | 0,266 | 2,18 | 1,69 |
| 80 | 0,212 | 3,23 | 2,45 |
| 100 | 0,177 | 4,09 | 3,26 |
| 120 | 0,153 | 5,189 | 4,107 |

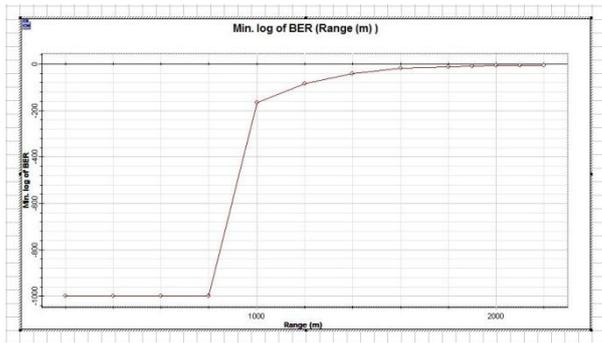
Berdasarkan tabel di atas, terlihat bahwa nilai redaman panjang gelombang 784 nm lebih besar dibandingkan dengan 1550 nm. Nilai redaman di atas dipergunakan untuk setting parameter redaman pada FSO *channel*. Gambar 2 menampilkan grafik Bit Error Rate pada jarak yang berbeda-beda dengan konsentrasi debu yang berbeda-beda.



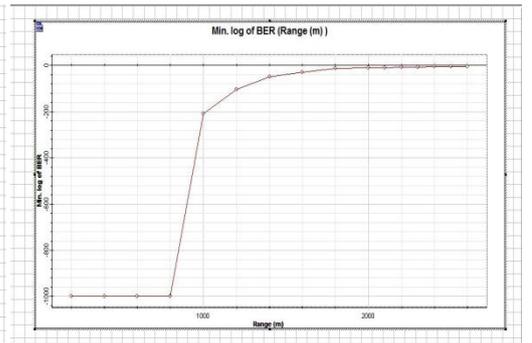
(a). $\lambda = 784 \text{ nm}$ dan $C = 20 \text{ gr/bulan/m}^2$



(b). $\lambda = 1550 \text{ nm}$ dan $C = 20 \text{ gr/bulan/m}^2$



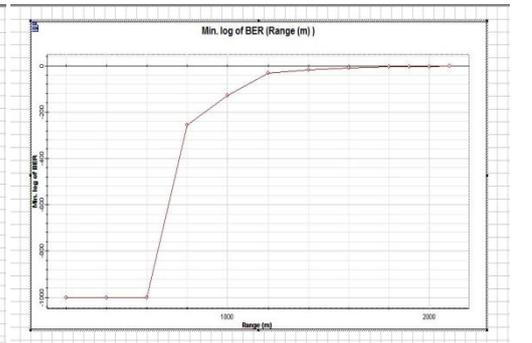
(c). $\lambda = 784 \text{ nm}$ dan $C = 40 \text{ gr/bulan/m}^2$



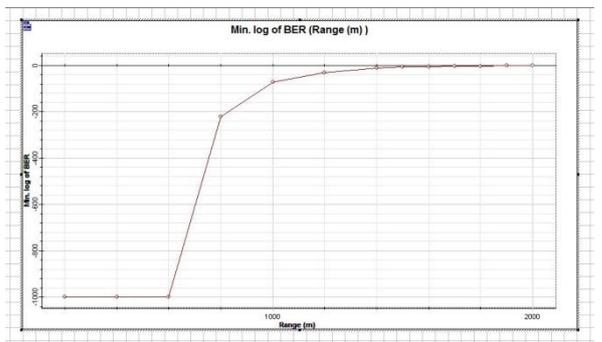
(d). $\lambda = 1550 \text{ nm}$ dan $C = 40 \text{ gr/bulan/m}^2$



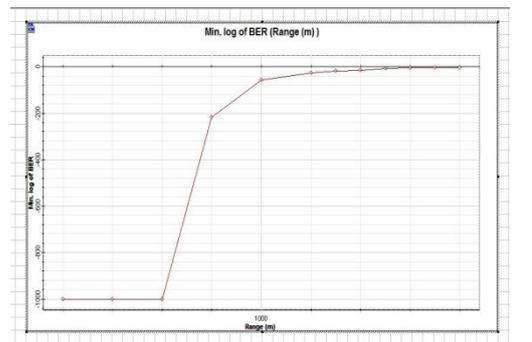
(e). $\lambda = 784 \text{ nm}$ dan $C = 60 \text{ gr/bulan/m}^2$



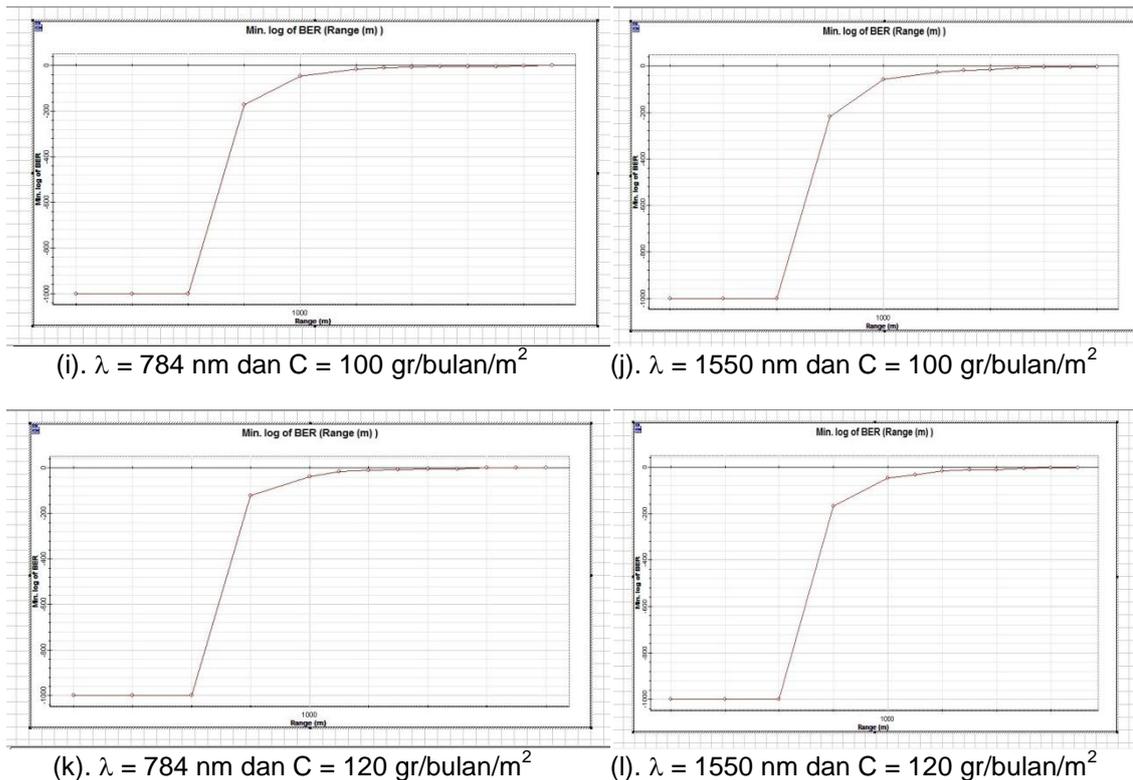
(f). $\lambda = 1550 \text{ nm}$ dan $C = 60 \text{ gr/bulan/m}^2$



(g). $\lambda = 784 \text{ nm}$ dan $C = 80 \text{ gr/bulan/m}^2$



(h). $\lambda = 1550 \text{ nm}$ dan $C = 80 \text{ gr/bulan/m}^2$



Gambar 2. Grafik BER vs Jarak FSO Channel

Pada gambar 2 (a dan b), di atas terlihat bahwa jarak transmisi maksimum untuk partikel debu dengan konsentrasi 20 gr/bulan/m^2 dan panjang gelombang 784 nm adalah 2200 m dengan BER $2,60285 \times 10^{-10}$, sedangkan untuk panjang gelombang 1550 nm adalah 2400 m dengan BER $2,47158 \times 10^{-9}$. Pada konsentrasi partikel debu sebesar 40 gr/bulan/m^2 dan panjang gelombang 784 nm (Gambar 2c) dihasilkan jarak maksimum 1900 m dengan BER $2,06 \times 10^{-11}$, 2000 m dengan BER $4,01 \times 10^{-11}$ untuk panjang gelombang 1550 nm (Gambar 2d).

Untuk konsentrasi partikel debu sebesar 60 gr/bulan/m^2 dan panjang gelombang sebesar 784 nm (Gambar 2e) menghasilkan jarak transmisi maksimum 1600 m dengan BER 1×10^{-9} , sedangkan panjang gelombang 1550 nm (Gambar 2f) dihasilkan jarak maksimum sebesar 1900 m dengan BER $7,94 \times 10^{-9}$. Pada gambar 2 (g dan h), untuk konsentrasi partikel debu sebesar 80 gr/bulan/m^2 diperoleh jarak transmisi maksimum 1500 m untuk panjang gelombang 784 nm dengan BER $2,7610^{-9}$, dan 1600 m untuk panjang gelombang 1550 nm dengan BER $3,8910^{-9}$.

Untuk konsentrasi partikel debu 100 gr/bulan/m^2 dan panjang gelombang sebesar 784 nm (Gambar 2i) menghasilkan jarak maksimum 1300 m dengan BER $1,3410^{-13}$, sedangkan panjang gelombang 1550 nm (Gambar 2j) menghasilkan jarak maksimum 1500 m dengan BER $4,1710^{-9}$. Model sistem dengan konsentrasi partikel debu 120 gr/bulan/m^2 dan panjang gelombang sebesar 784 nm (Gambar 2k) memberikan kinerja yang baik hingga 1200 m dengan BER $4,710^{-12}$, sedangkan untuk panjang gelombang 1550 nm (Gambar 2l) dapat memberikan kinerja yang baik hingga 1300 m dengan BER $3,8910^{-12}$.

Berdasarkan hasil di atas dapat dilakukan analisis perbandingan terhadap penggunaan panjang gelombang. Model sistem dengan panjang gelombang 1550 nm memiliki performansi yang lebih baik dibandingkan dengan panjang gelombang 784 nm . Selisih jarak transmisi antara model sistem dengan panjang gelombang 784 nm dan 1550 nm berkisar antara 100 hingga 200 meter.

Di samping performansi BER, pada penelitian ini juga dilakukan pengukuran dan perhitungan power budget untuk jarak terjauh yang dapat dicapai oleh model sistem pada panjang gelombang 784 nm dan untuk konsentrasi partikel debu yang terkecil (20 gr/bulan/m^2). Daya keluaran komponen optik yang terdapat pada model sistem dapat dilihat pada Tabel 2 berikut.

Tabel 2. Daya Keluaran Komponen Optik

| Komponen | Daya Keluaran (dBm) | |
|-----------------------|----------------------------|-----------------------------|
| | $\lambda = 784 \text{ nm}$ | $\lambda = 1550 \text{ nm}$ |
| CW-Laser | 10 | 10 |
| Mach Zender Modulator | 6,990 | 7,057 |
| FSO Channel | -21,068 | -20,679 |

Daya yang diinputkan pada CW-Laser adalah 10 dBm. Dari tabel di atas, keluaran dari Mach Zender Modulator (MZM) adalah 6,990 dBm pada panjang gelombang 784 nm dan 7,057 dBm pada panjang gelombang 1550 nm. Berarti terjadi redaman pada MZM sebesar 3,01 dB (pada panjang gelombang 784 nm) dan 2,943 dB (pada panjang gelombang 1550 nm). Pada FSO Channel juga terjadi redaman sebesar 28,058 dB (pada panjang gelombang 784 nm) dan 27,7 dB (pada panjang gelombang 1550 nm). Sehingga total redaman yang terjadi pada panjang gelombang 784 nm adalah 31,068 dB, dan 30,643 dB. Dari hasil tersebut terlihat bahwa redaman total model sistem dengan panjang gelombang 784 nm lebih besar dibandingkan model sistem dengan panjang gelombang 1550 nm. Hal ini lah yang menyebabkan jarak transmisi model sistem dengan panjang gelombang 784 nm lebih pendek dibandingkan model sistem dengan panjang gelombang 1550 nm.

4. Kesimpulan

Model sistem dengan panjang gelombang 1550 nm memiliki performansi yang lebih baik dibandingkan dengan panjang gelombang 784 nm. Selisih jarak transmisi antara model sistem dengan panjang gelombang 784 nm dan 1550 nm berkisar antara 100 hingga 200 meter. Hal ini disebabkan karena redaman model sistem dengan panjang gelombang 784 nm lebih besar daripada panjang gelombang 1550 nm, sehingga nilai redaman tersebut membatasi jarak jangkauan transmisi sistem.

Daftar Pustaka

- [1] A. Muthmanicckam. Performance Analysis of Hybrid WDM-FSO System Under Various Weather Condition. International National of Engineering Research in Electrical and Communication Engineering (IJSETR), Volume 6, Issue 2. Januari 2017.
- [2] Abdelghani Tbakhi, MD dan Samir S. Amr, MD, Arab and Muslim Physicians and Scholars; Ibn Al-Haytham: Father of Modern Optics, Jurnal Ann Saudi Med 27(6) November-December 2007.
- [3] Abdul Kalam. *Dense Wavelength Division Multiplexing (DWDM) over Fre Space Optic (FSO) Clear Wheater Condition*. International Journal of Scientific Engineering and Technology Research (IJSETR), Volume 6, Issue 2. Januari, 2017.
- [4] Fadel Abdul-Zahra Murad, Ibrahim Abdullah Murdas *Dust Effect on The Performance of Optical Wireless Communication System*, 2018 Journal of University of Babylon, Engineering Sciences, Vol.(26), No.(1) and page 259-268.
- [5] Gaurav Soni. *Performance Analysis of Free Space Optical Link Under Various Attenuation Effects*. Science Journal of Circuits, Systems and Signal Processing. Vol. 7, No. 2, 2018, pp. 43-47. doi: 10.11648/j.cssp.20180702.11.
- [6] Keiser, Gerd. *Optical Fiber Communication*. McGraw-Hill. 1991:1-3.
- [7] Mohd Syahmir Alias, Tasawur Pemikiran Saintifik Ibn al-Haytham, Malaysia, Jurnal Sains Humanika, 2014.
- [8] Sammir A. Al-Gailani. *Scalable Hybrid WDM- Multi Beam Free Space Optic (FSO) Network in Tropical Weather* Internation Conference of Recent Trends in Information and Communication Technologies (IRICT). Universitas Teknologi Malaysia, Johor, Malaysia. September 2014.