

EVALUASI KINERJA ROF - CWDM FREKUENSI 3,5 GHZ UNTUK JARINGAN 5G

PERFORMANCE EVALUATION OF ROF – CWDM 3.5 GHZ FREQUENCY FOR 5G PERFORMANCE

Yosia Raya Peranginangin¹, Dr. Arfianto Fahmi, ST,MT.², Kris Sujatmoko ,ST,MT.³
^{1,2,3}Prodi S1 Teknik Telekomunikasi, Fakultas Teknik Elektro, Universitas Telkom
¹travela@students.telkomuniversity.ac.id, ²arfiantof@telkomuniversity.ac.id,
³krissujatmoko@telkomuniversity.ac.id

Abstrak

Radio over Fiber hadir sebagai salah satu teknologi yang dapat mendukung permintaan yang terus bertambah. Melihat perkembangan komunikasi di dunia yang sangat pesat, Radio over Fiber dapat diaplikasikan guna mendukung layanan komunikasi jarak jauh. Tugas Akhir ini melakukan pengujian dan simulasi Radio over Fiber (RoF) berbasis Coarse Wavelength Division Multiplexing (CWDM) pada frekuensi 3,5 Ghz untuk performansi 5G. Parameter utama yang digunakan untuk analisis hasil penelitian ini yaitu Bit Error Rate (BER), Q- Factor, Rise Time Budget (RTB), Link Power Budget (LPB), Signal to Noise Ratio dan daya pada jarak 1 km sampai 10 km. Rancangan yang telah dibuat diimplementasikan pada software simulasi. Dari hasil pengujian dan simulasi pada jarak 1 km sampai 10 km, didapatkan hasil rata-rata Q-factor 10,362 dan BER $10^{-31,490}$ untuk besar daya transmisi -8 dBm sampai dengan -4 dBm. Pada jarak 1 km sampai 10 km didapatkan hasil rata-rata Q-factor 21,729 dan BER $10^{-106,312}$ untuk besar daya transmisi -3 dBm sampai dengan 0 dBm. Diharapkan penelitian ini dapat dijadikan referensi untuk pengembangan jaringan 5G dan generasi berikutnya.

Kata Kunci : Radio over Fiber, Wavelength Division Multiplexing, 5G

Abstract

Radio over Fiber is present as one of the technologies that can support the increasing demand. Seeing the development of communication in a very fast world, Radio over Fiber can be used to support long distance communication services. This Final Project tests and simulates Radio over Fiber (RoF) based on Coarse Wavelength Division Multiplexing (CWDM) at a frequency of 3.5 Ghz for 5G performance. The main parameters used for the analysis of the results of this study are Bit Error Rate (BER), Q-Factor, Rise Time Budget (RTB), Link Power Budget (LPB), Signal to Noise Ratio and power at a distance of 1 km to 10 km. The design that has been made is implemented in simulation software. From the results of tests and simulations at a distance of 1 km to 10 km, the results obtained an average of Q-factor 10.362 and BER $10^{-31,490}$ for transmission power from -8 dBm to -4 dBm. At a distance of 1 km to 10 km obtained an average Q-factor of 21,729 and BER $10^{-106,312}$ for large transmission power of -3 dBm up to 0 dBm.

Keywords: Radio over Fiber, Wavelength Division Multiplexing, 5G

1. Pendahuluan

Kebutuhan akan teknologi telekomunikasi semakin penting dan tidak bisa dilepas kan dari kehidupan sehari-hari pada zaman modern ini. Saat ini permintaan akan layanan broadband yang memerlukan kecepatan data yang tinggi dan bandwidth besar meningkat dengan drastis. Oleh karenanya, diperlukan sebuah jaringan akses yang dapat mendukung permintaan yang terus bertambah. Teknologi Radio over Fiber (RoF), integrasi antara jaringan gelombang mikro dan jaringan optik, merupakan salah satu solusi yang berpotensi untuk meningkatkan kapasitas dan mobilitas maupun mengurangi biaya pada jaringan akses. Dengan menggunakan kabel serat optik sebagai medium perantara maka akan diperoleh kecepatan transmisi yang lebih besar dibandingkan ketika dilakukan transmisi secara langsung.

Radio Over Fiber (RoF) merupakan teknologi baru dalam transmisi yang mengintegrasikan teknik transmisi wireless dan wireline. Radio over Fiber memiliki peran penting dalam perkembangan teknologi dan informasi khususnya untuk layanan multimedia. Dengan menggunakan kabel serat optik maka kualitas sinyal yang ditransmisikan tetap bagus dimana gangguan yang terjadi selama proses transmisi kecil sehingga, sinyal yang dibawanya tetap bagus. Selain itu dengan menggunakan kabel serat optik dapat menghemat biaya serta menambah performansi untuk high speed fiber.

Teknologi seluler berkembang pesat terutama generasi kelima (5G) yang diperkirakan akan diterapkan mulai tahun 2020. Berbagai pelaku industri Telekomunikasi di dunia telah memulai sejumlah persiapan untuk menyongsong era 5G.

Teknologi generasi kelima menawarkan berbagai keunggulan dibandingkan dengan teknologi sebelumnya, walaupun sejumlah kendala juga masih muncul. Adapun fitur-fitur dari teknologi generasi kelima (5G) antara lain, kecepatan yang lebih tinggi (hingga 1Gbps), bandwidth yang lebih besar (hingga 10 Gbps), keamanan tingkat tinggi dan konsumsi daya rendah [1].

Jaringan serat optik yang sekarang sedang berkembang dengan pesat memiliki berbagai macam masalah. Di dalam jaringan optik dikenal banyak multiplexer, salah satunya adalah Coarse Wavelength Division Multiplexing (CWDM). CWDM cocok untuk digunakan pada jaringan di daerah perkotaan karena CWDM memiliki bandwidth yang lebar namun memiliki jarak tempuh yang dekat. CWDM juga digunakan karena biaya pengoperasiannya relatif lebih murah dibandingkan teknik multiplexer yang lain. Namun, CWDM tidak bisa ditransmisikan hingga jarak yang jauh. Pada Tugas Akhir ini dilakukan pengujian dan simulasi Radio over Fiber (RoF) berbasis Coarse Wavelength Division Multiplexing (CWDM) pada frekuensi 3,5 Ghz untuk performansi 5G. Parameter utama yang digunakan untuk analisis hasil penelitian ini yaitu Bit Error Rate (BER), Q- Factor, Rise Time Budget (RTB), Link Power Budget (LPB), dan Signal to Noise Ratio. Diharapkan agar hasil yang didapat sesuai dengan standar ITU-T.

2. Dasar Teori /Material dan Metodologi/perancangan

2.1 Radio Over Fiber (RoF)

Radio Over Fiber (RoF) merupakan suatu proses pengiriman sinyal radio melalui kabel serat optik. Saat ini kebutuhan industri menuntut efisiensi dengan menggunakan kabel serat optik sebagai medium perantara maka akan diperoleh kecepatan transmisi yang lebih besar dibandingkan ketika dilakukan transmisi secara langsung. Dengan menggunakan kabel serat optik maka kualitas sinyal suara yang ditransmisikan tetap bagus dimana gangguan yang terjadi selama proses transmisi kecil sehingga, sinyal yang dibawanya tetap bagus. Selain itu dengan menggunakan kabel serat optik dapat menghemat biaya serta menambah performansi untuk high speed fiber berdasarkan akses nirkabel. [1].

2.2 Wavelength Division Multiplexing

Teknologi WDM pada dasarnya adalah teknologi transport untuk menyalurkan berbagai jenis trafik (data, suara, dan video) secara transparan, dengan menggunakan panjang gelombang yang berbeda-beda dalam suatu fiber tunggal secara bersamaan. Implementasi WDM dapat diterapkan baik pada jaringan long haul (jarak jauh) maupun untuk aplikasi short haul (jarak dekat). WDM semakin populer karena memungkinkan untuk mengembangkan kapasitas jaringan tanpa menambah jumlah fiber. [2].

2.3 Modulasi Optik

Modulator merupakan proses penumpangan sinyal pada media transmisi modulator optik yang sering digunakan pada sistem komunikasi serat optik adalah Mach Zehnder Modulator (MZM). Mach Zehnder Modulator (MZM) merupakan device yang terintegrasi dan dapat mendukung suatu jaringan serat optik agar menjadi lebih handal, device tersebut memiliki kapasitas bandwidth yang besar [3].

2.5 Parameter Performansi

Terdapat beberapa parameter pengujian pada penelitian ini antara lain yaitu Link Power Budget, Signal to Noise Ratio, Q-factor, Bit Error Rate, Rise Time Budget. Nilai SNR [4] dapat dinyatakan dengan menggunakan persamaan (2.2):

$$SNR = \frac{(Pr.R.M)^2}{2.q.Pr.R.M^2.F(M).Be + \frac{4.K_B.T.Be}{R_L}} \quad (1)$$

Untuk menghitung nilai Q-factor dapat dinyatakan pada persamaan dibawah.

$$Q = \frac{10^{\frac{SNR}{20}}}{2} \quad (2)$$

Untuk menghitung nilai BER dapat dinyatakan pada persamaan dibawah.

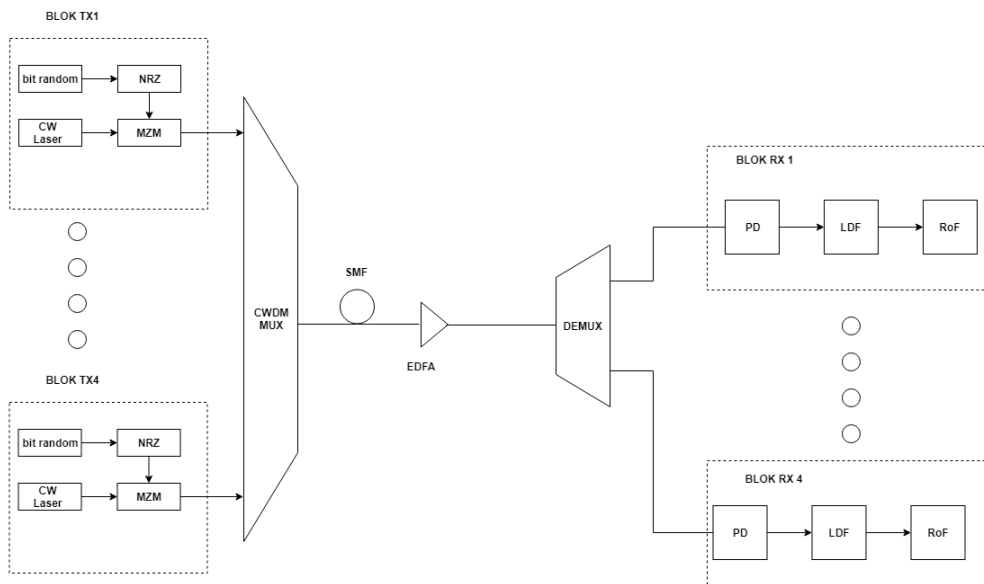
$$BER = \frac{1}{2} \operatorname{erfc} \left(\frac{Q}{\sqrt{2}} \right) \cong \frac{\exp\left(-\frac{Q^2}{2}\right)}{Q\sqrt{2\pi}} \quad (3)$$

Untuk menghitung nilai Rise Time Budget dapat dinyatakan pada persamaan dibawah.

$$t_{total} = \sqrt{(t_{tx}^2 + t_{material}^2 + t_{modus}^2 + t_{rx}^2)} \quad (4)$$

3. Perancangan Dan Simulasi Sistem

3.1. Sistem Model Penelitian



Gambar 1. Model sistem Backbone

Pada blok TX terdapat bit random yang mana adalah algoritma yang mampu menghasilkan suatu rangkaian bit acak atau kunci. Dari bit random akan menuju NRZ (Non-return-to-zero) mempunyai karakteristik yaitu, pada saat bit "0" maka dinyatakan sebagai low signal, sedangkan pada saat bit "1" dinyatakan sebagai high signal. Kemudian dari NRZ akan ke MZM (Mach Zehnder Modulator) yang merupakan modulator optik eksternal yang menggunakan efek elektro-optik yang secara konvensional menggunakan sinyal pemodulasi berupa sinyal digital (NRZ, RZ, dan lain-lain). MZM akan menumpangkan sinyal listrik ke CW laser yang mana keluaran MZM sudah berisi data. Dari MZM akan ke CWDM-MUX untuk penambahan kapasitas yang dilakukan dengan menumpangkan beberapa panjang gelombang ke dalam satu serat optik.

3.2. Parameter

3.2.1 Transmitter

Komponen transmitter yang digunakan sesuai dengan spesifikasi perangkat seperti pada tabel 1.

Tabel 1. Spesifikasi transmitter

| Parameter | Nilai | Satuan |
|------------------------|-------|--------------|
| Bit rate | 10 | Gbps / kanal |
| Frekuensi sinyal radio | 3,5 | GHz |
| Daya | 1 | mW |
| Jumlah kanal | 8 | kanal |
| Spasi kanal | 200 | GHz |

3.2.2 Serat Optik

Tabel 2 Spesifikasi serat optik

| Parameter | Nilai | Satuan |
|-----------|-------|----------|
| Atenuasi | 0,2 | dBm/km |
| Dispersi | 17 | Ps/nm-km |

| | | |
|-----------------------------|-------|------------------------|
| <i>Dispersion Slope</i> | 0,056 | Ps/nm ² -km |
| <i>Effective Core Area</i> | 70 | μm ² |
| <i>Reference Wavelength</i> | 1550 | nm |

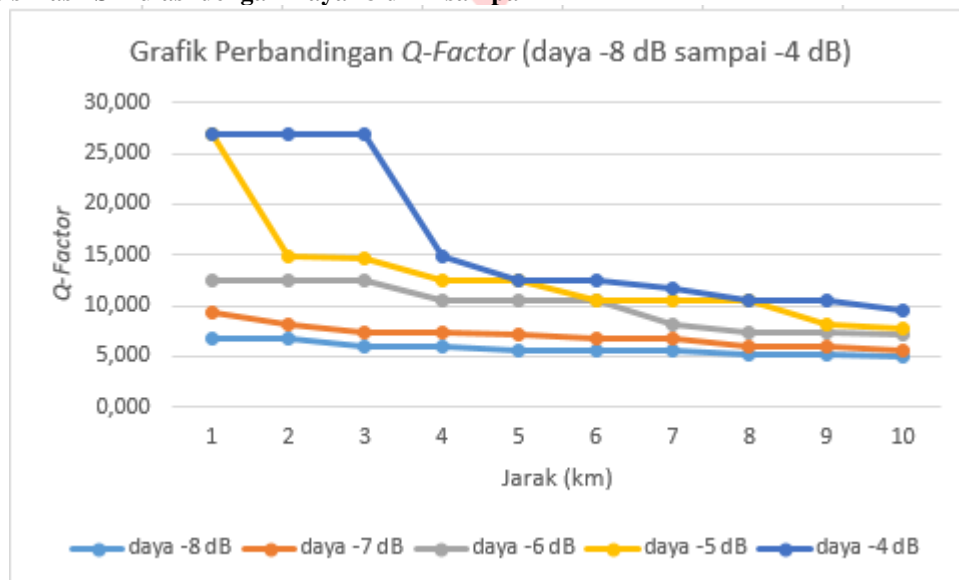
3.2.3 Receiver

Tabel 3 Parameter Optical Network Unit (ONT)

| Parameter | Nilai (minimum) | Nilai (maksimum) | Satuan |
|---------------------|-----------------|------------------|--------|
| <i>Responsivity</i> | 0,85 | - | A/W |
| <i>Dark Current</i> | - | 5 | nA |
| <i>Capacitance</i> | - | 0,2 | pF |

4. Analisis Hasil Simulasi

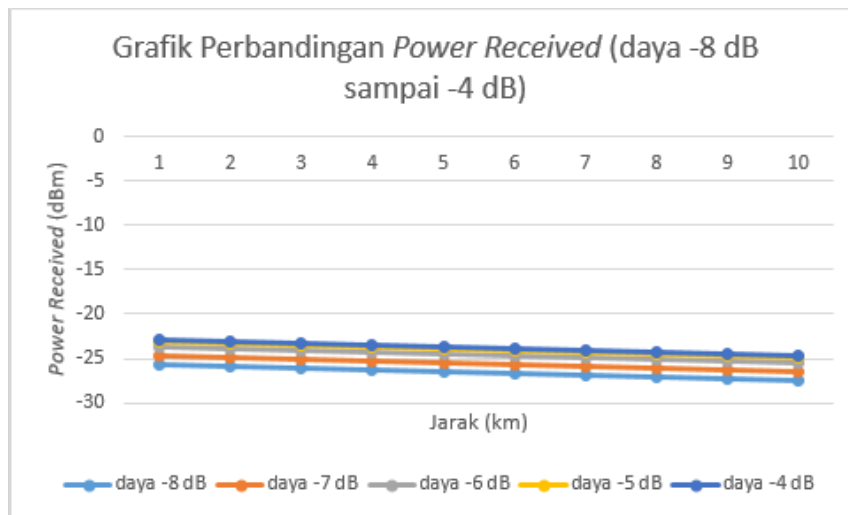
4.1. Analisis Hasil Simulasi dengan Daya -8 dBm sampai -4 DBm



Gambar 2. Grafik perbandingan nilai Q-factor

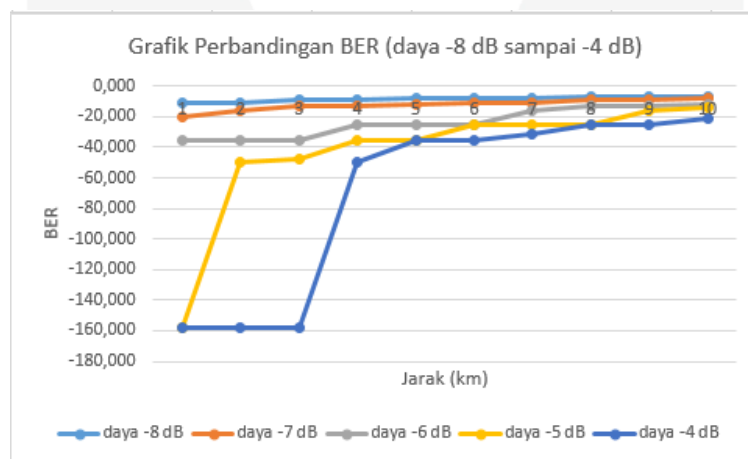
Gambar 2. menunjukkan bahwa nilai Q-factor secara umum untuk besar daya transmisi -8 dBm sampai dengan -4 dBm semakin berkurang seiring dengan bertambahnya jarak atau panjang link pada sistem yang digunakan. Hal ini dikarenakan karena semakin jauh jarak link pada sistem, maka semakin besar pula redaman yang terdapat pada sistem karena redaman kabel serat optik yang digunakan.

Besaran nilai daya yang digunakan juga berpengaruh terhadap nilai Q-factor yang dihasilkan, semakin besar daya yg digunakan, maka semakin besar nilai Q-factor yang diperoleh. Seperti yang dapat dilihat dari hasil yang didapatkan dari simulasi, saat menggunakan daya sebesar -8 dBm nilai Q-factor hanya terpenuhi hingga jarak 2 km, sedangkan untuk penggunaan daya sebesar -7 dBm nilai Q-factor terpenuhi hingga jarak 7 km. Begitu pula seterusnya untuk penggunaan daya dari -6 dBm hingga -4 dBm, semakin besar daya yang digunakan maka akan semakin besar pula nilai Q-factor yang dihasilkan. Nilai Q-factor tertinggi didapatkan saat menggunakan daya sebesar -4 dBm dengan nilai 26,852.



Gambar 3. Grafik perbandingan nilai *power received*.

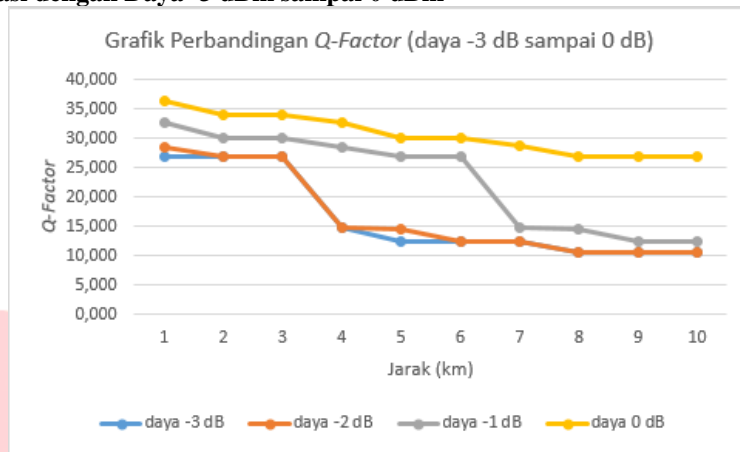
Pada Gambar 4. merupakan gambar perbandingan nilai *power received* dengan penggunaan daya transmitter sebesar -8 dBm sampai dengan -4 dBm. Dapat dilihat bahwa *power received* secara umum mengalami penurunan nilai dari jarak paling dekat menuju jarak terjauh dari sistem. Penurunan nilai *power received* tersebut dikarenakan redaman yang terus bertambah seiring dengan penggunaan kabel serat optik yang lebih panjang. Perbedaan penggunaan daya pada transmitter juga mempunyai pengaruh terhadap nilai dari *power received*, semakin besar daya yang digunakan maka semakin besar pula nilai *power received* yang dihasilkan. Nilai *power received* terbesar didapatkan saat daya -4 dBm yaitu sebesar -22,84 dBm.



Gambar 5. Grafik perbandingan nilai BER.

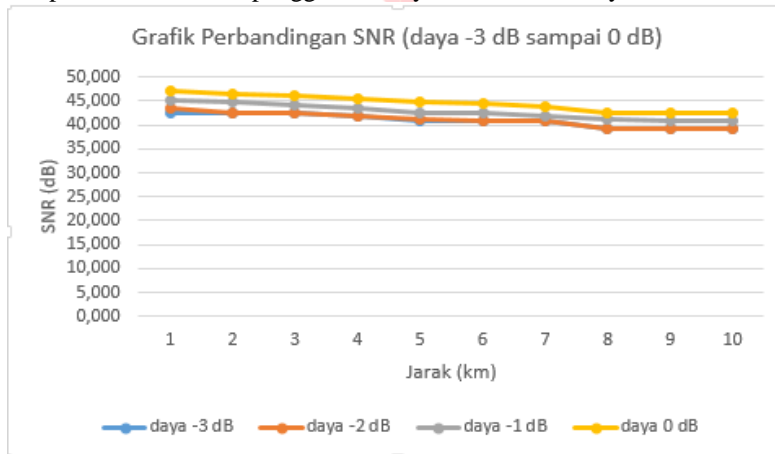
Dapat dilihat bahwa nilai BER akan semakin menjadi rendah seiring dengan penggunaan daya yang semakin besar. Pada penggunaan daya dari -8 dBm sampai dengan -4 dBm, nilai BER terendah didapatkan saat menggunakan daya -4 dBm yaitu sebesar $3,458 \times 10^{-159}$.

4.2 Analisis Hasil Simulasi dengan Daya -3 dBm sampai 0 dBm



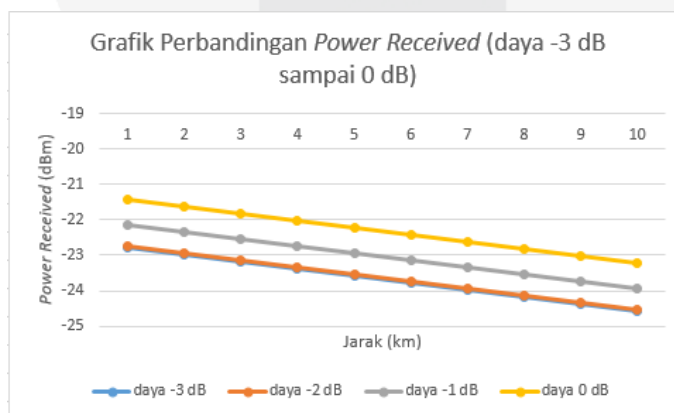
Gambar 6. Grafik perbandingan nilai *Q-factor*.

Nilai *Q-factor* dari hasil simulasi menunjukkan nilai lebih dari 6 sehingga dapat dikatakan memenuhi dengan nilai tertinggi yang didapatkan adalah saat penggunaan daya sebesar 0 dBm yaitu sebesar 36,278.



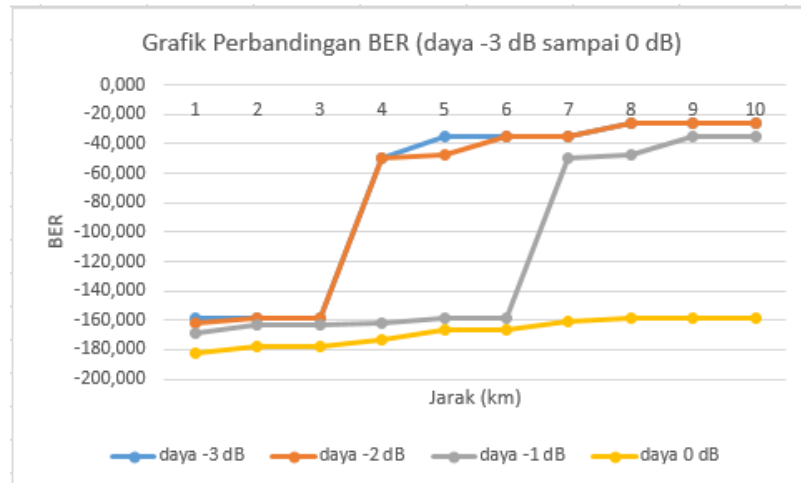
Gambar 7. Grafik perbandingan nilai SNR.

Nilai SNR yang didapat dapat dikatakan memenuhi karena lebih besar dari 10,79 dengan nilai paling tinggi yang didapatkan adalah saat menggunakan daya sebesar 0 dBm yaitu sebesar 47,412.



Gambar 8. Pengukuran power received dengan OPM.

Nilai power received didapatkan dapat dikatakan layak karena lebih besar dari -28 dBm dengan nilai terbesar saat daya -4 dBm yaitu sebesar -22,84 dBm.



Gambar 9. Perbandingan nilai BER.

Pada penggunaan daya dari -3 dBm sampai dengan 0 dBm, nilai BER dapat dikatakan memenuhi karena lebih kecil dari 1×10^{-9} dengan nilai terendah didapatkan saat menggunakan daya 0 dBm yaitu sebesar $4,174 \times 10^{-183}$.

5. Kesimpulan

Dari hasil perhitungan dan uji coba simulasi pada skenario daya -8 dBm sampai -4 dBm nilai Q-factor tertinggi didapatkan saat menggunakan daya sebesar -4 dBm dengan nilai 26,852. Nilai SNR paling tinggi yang didapatkan adalah saat menggunakan daya sebesar -4 dBm yaitu sebesar 42,438 dB. Power received secara umum mengalami penurunan nilai dari jarak paling dekat menuju jarak terjauh dari sistem. Nilai power received terbesar didapatkan saat daya -4 dBm yaitu sebesar -22,84 dBm. Nilai BER menunjukkan semakin jauh jarak pada sistem, maka nilai BER akan semakin besar. Pada penggunaan daya dari -8 dBm sampai dengan -4 dBm, nilai BER terendah didapatkan saat menggunakan daya -4 dBm yaitu sebesar $3,458 \times 10^{-159}$.

Dari hasil perhitungan dan uji coba simulasi pada skenario daya -3 dBm sampai 0 dBm menunjukkan nilai Q-factor lebih dari 6 sehingga dapat dikatakan memenuhi dengan nilai tertinggi yang didapatkan adalah saat penggunaan daya sebesar 0 dBm yaitu sebesar 36,278. Nilai SNR yang didapat dapat dikatakan memenuhi karena lebih besar dari 10,79 dengan nilai paling tinggi yang didapatkan adalah saat menggunakan daya sebesar 0 dBm yaitu sebesar 47,412 dB. Nilai power received secara umum mengalami penurunan nilai dari jarak paling dekat menuju jarak terjauh dari sistem. Nilai power received didapatkan dapat dikatakan layak karena lebih besar dari -28 dBm dengan nilai terbesar saat daya -4 dBm yaitu sebesar -22,84 dBm. Nilai BER menunjukkan semakin jauh jarak pada sistem, maka nilai BER akan semakin besar. Nilai BER dapat dikatakan memenuhi karena lebih kecil dari 1×10^{-9} dengan nilai terendah didapatkan saat menggunakan daya 0 dBm yaitu sebesar $4,174 \times 10^{-183}$.

Daftar Pustaka:

- [1] Kumar Rai, Mritunjay dan Rekha. "Analysis and Comparison of Dispersion Compensation by DCF Schemes & Fiber Bragg Grating". Associate Professor, School of Electronics and Electrical Engineering, Lovely Professional University, Jalandhar, Punjab.
- [2] F. Haikal, "Analisis Performansi Teknologi CWDM (Coarse Wavelength Division Multiplexing) Pada Jaringan ODC (Optical Distribution Cabinet) STO-Cijaura Menggunakan Optisystem," Universitas Telkom, Bandung, 2014.
- [3] Kaur,Rupinder, dan Mandeep Singh. "Dispersion Compensationin Optical Fiber Communication System Using WDM with DCF and FBG". IOSR Journal of Electronics and Communication Engineering (IOSR-JECE) e-ISSN: 2278-2834,p- ISSN: 2278-8735. Volume 11, Issue 2, Ver. II (May-Jun .2016), PP 122-130 www.iosrjournals.org
- [4] A. Guskarini, "Analisis Implementasi Perangkat untuk Jaringan Akses Fiber to the Home (FTTH) Menggunakan Teknologi Coarse Wavelength Division Multiplexing (CWDM) Studi Kasus di Rumah Kos Sukabirus," Universitas Telkom, Bandung, 2014.