

# Perancangan Dan Analisis Jaringan Akses *Point Of Presence (POP) Last Mile* Berbasis E Node B Di Wilayah Kecamatan Belakang Padang

## *Design And Analysis Of Lastmile Point Of Presence (POP) Access Network Based On E Node B In Belakang Badang Batam District Area*

1<sup>st</sup> M Iman Rahmanda  
Fakultas Teknik Elektro  
Universitas Telkom  
Bandung, Indonesia

imanrahman@student.telkomuniversi  
ty.ac.id

2<sup>nd</sup> Akhmad Hambali  
Fakultas Teknik Elektro  
Universitas Telkom  
Bandung, Indonesia

ahambali@telkomuniversity.ac.id

3<sup>rd</sup> Muhammad Irfan Maulana  
Fakultas Teknik Elektro  
Universitas Telkom  
Bandung, Indonesia

muhammadirfanm@telkomuniv  
ersity.ac.id

**Abstrak**—Penggunaan internet meningkat pesat dikarenakan sebagian besar kegiatan dilakukan secara *online*, terutama semenjak beberapa tahun terakhir ini pada era pandemik *Covid-19*. Karena hal tersebut, pemerintah Indonesia mengupayakan program pemerataan jaringan internet, agar seluruh masyarakat dapat menikmati fasilitas internet untuk kebutuhan sehari-hari dengan lancar. Penelitian dilakukan di wilayah Pulau Belakang Padang, Batam yang terhubung melalui STO (Sentral Telepon Otomat) Bukit Dargas Batam dengan jarak 6.8 Km. Perancangan jaringan menggunakan metode komputasi dan metode simulasi. Perancangan jaringan *Last Mile* dengan 2 skema pengerjaan, untuk skema pertama menggunakan *Radio Over Fiber (RoF)* dengan modulator *Mach-Zehnder* sebagai *converter* perubah informasi elektrik menjadi optik. Kemudian skema kedua merancang jaringan akses dengan aplikasi simulasi. Lokasi *Point of Presence (PoP)* berada di Pulau Belakang Padang yang menggunakan frekuensi 11 GHz dikirim dari STO Bukit Dargas, sehingga daya pancar *RF spectrum* sebesar 18,62 dBm dan daya terima *RF spectrum* -13,84 dBm. Daya *Transmitter* yang digunakan sebesar -13,84 dBm di pulau Belakang Padang maka nilai BER pada user dapat dilihat pada titik terjauh, yakni ODP Sukana ke SDN 016 Belakang Padang dengan metode perhitungan nilai BER  $3,88 \times 10^{-9}$  dan nilai *Q-Factor* sebesar 5,77 sedangkan dengan metode simulasi yang didapat nilai BER  $6,03 \times 10^{-14}$  dan Nilai *Q-Factor* 7,41.

**Kata kunci** — *internet, last mile, point of presence (PoP), BER, Q-Factor.*

**Abstract**—*Internet use is increasing rapidly because most activities are carried out online, especially since the last few years during the Covid-19 pandemic era. Because of this, the Indonesian government is pursuing an internet network distribution program, so that all people can enjoy internet facilities for their daily needs*

*smoothly. The research was conducted in the area of Belakang Padang Island, Batam which is connected via Bukit Dargas CO (Central Office) Batam with a distance of 6.8 Km. Network design is using computational methods and simulations. Last Mile network design with 2 working schemes, for the first scheme using Radio Over Fiber (RoF) with a Mach-Zehnder modulator as a converter that converts electrical information into optical information. Then the second scheme is designing an access network with a simulation application. The location of the Point of Presence (PoP) is on Belakang Padang Island which uses a frequency of 11 GHz sent from Bukit Dargas CO, so that the RF spectrum transmit power is 18.62 dBm and the RF spectrum received power is -13.84 dBm. Transmitter power used is -13.84 dBm on the island of Back Padang, the BER value for the user can be seen at the furthest point, namely Sukana ODP to SDN 016 Belakang Padang by calculating the BER value of  $3,88 \times 10^{-9}$  and the Q-Factor value of 5,77 while the simulation method obtained a BER value of  $6,03 \times 10^{-14}$  and a Q-Factor value of 7,41.*

**Keywords**— *internet, last mile, point of presence (PoP), BER, Q-Factor.*

### I. PENDAHULUAN

#### A. Latar Belakang

Masa sekarang, penggunaan internet meningkat lebih pesat karena semakin banyak pengguna yang menggunakan internet untuk berinteraksi secara online. Menurut APJII tahun 2021-2022 (Q1) tingkat penetrasi internet di Indonesia sebesar 77,02 % [1]. Terlebih saat era pandemik ini penggunaan internet di sektro Pendidikan dan karir meningkat hingga

mencapai angka 90,21%, maka kebutuhan akan layanan internet menjadi semakin meningkat. Tingginya penggunaan internet di Indonesia, penyedia layanan internet harus bisa bergerak cepat agar dapat memenuhi akan kebutuhan tinggi tersebut.

Berdasarkan data-data hasil *survey* maka perlu dirancang jaringan untuk melayani pulau Belakang Padang dengan Point of Presence (PoP) sebagai penghubung dari jaringan akses ke *backbone*. *Point of Presence (PoP)* merupakan sentral penghubung antara penyedia layanan internet dengan *backbone*. Sampai ke pengguna, dibutuhkan *Optical Distribution Point (ODP)* yang terhubung ke *Optical Distribution Cabinet (ODC)* dan terhubung langsung ke *Point of Presence (PoP)*. Bentuk wilayah berupa kepulauan, metode transmisinya tidak selalu bisa menggunakan kabel serat optik secara keseluruhan. *Radio over Fiber (RoF)* dapat digunakan untuk menjangkau wilayah kepulauan agar bisa menikmati internet. Pulau Belakang Padang memiliki wilayah berupa kepulauan yang sulit diakses fiber serat optik. Oleh karenanya pada penelitian ini akan dilakukan perancangan *Point of Presence (PoP)* untuk Pulau Belakang Padang dengan menggunakan teknologi *Radio over Fiber (RoF)*. Skema perancangan adalah pertama menggunakan *Radio over Fiber (RoF)* dengan modulator *Mach-Zehnder* sebagai *converter* perubah informasi elektrik menjadi optik. Skema kedua merancang jaringan akses dengan aplikasi simulasi. Kemudian melakukan uji performansi dengan metode perhitungan dan simulasi agar bisa mendapatkan nilai level daya di masing-masing sisi penerima, serta nilai *Q-Factor* dan nilai BER.

## B. Rumusan Masalah

Berdasarkan survei APJII tahun 2022 terhadap penetrasi internet berdasarkan Provinsi di Indonesia, provinsi Kepulauan Riau memiliki tingkat penetrasi *internet* sebesar 73,7% [1]. Persentase tersebut, termasuk didalamnya pulau Belakang Padang, Batam dengan jumlah penduduk sebanyak 6.264 jiwa yang secara geografis berbentuk kepulauan dengan luas wilayah 5,02 km<sup>2</sup>. Prediksi pengguna internet di pulau Belakang Padang untuk 5 tahun kedepan pada tahun 2026 akan meningkat sebanyak 1370 jiwa sebagai pengguna internet. Wilayah tersebut yang tidak begitu besar, terdapat banyak fasilitas publik yang memerlukan jaringan internet. Lokasi-lokasi yang memerlukan jaringan internet seperti pelabuhan, sekolah, kantor pemerintahan, pusat peribadahan, dan pusat kesehatan. Terlebih beberapa tahun terakhir ini, dimana kebutuhan internet menjadi meningkat karena pandemi *Covid-19*.

Wilayah Batam bentuk geografisnya berupa kepulauan, hal ini menyulitkan bagi pengguna layanan internet dalam mengakses jaringan internet di wilayah Pulau Belakang Padang untuk memenuhi kebutuhan internet. Maka dari itu dilakukan perancangan jaringan akses dengan

*Point of Presence (PoP)* sebagai penghubung ke *Last Mile* di wilayah Pulau Belakang Padang, kota Batam.

## C. Tujuan dan Manfaat Penelitian

Tujuan penelitian untuk merancang dan menganalisis jaringan akses dengan *Point of Presence (PoP)* sebagai penghubung menuju ke *Last Mile* di wilayah Pulau Belakang Padang, kota Batam. Maaanfaat penelitian ini untuk memenuhi kebutuhan jaringan internet di Kecamatan Belakang Padang, Batam.

## II. KAJIAN TEORI

### A. Jaringan Akses

Jaringan Akses adalah jaringan yang mengacu pada koneksi yang terbentang dari STO (Sentral Telepon Otomat) ke lingkungan dan selanjutnya ke bisnis individu dan ke rumah-rumah atau juga bisa disebut *Last Mile*. Fungsinya adalah untuk memusatkan arus informasi yang berasal dari jaringan akses sebelum memasuki jaringan *backbone* Dalam penerapannya, jaringan akses saat ini sudah menggunakan kabel optik, karena kabel ini lebih efektif dari segi transmisi data maupun biaya penggunaan kabel optik pada jaringan akses sering disebut sebagai FTTx atau *Fiber to the x* [2].

### B. *Point of Presence (PoP)*

*Point of Presence (PoP)* adalah tempat atau perangkat komunikasi yang saling terhubung dari *Internet Service Provider (ISP)* ke pelanggan. *Point of Presence (PoP)* merupakan tempat dimana terdiri dari peralatan telekomunikasi yang membantu *user/pelanggan* untuk terhubung ke internet, *Point of Presence (PoP)* sendiri berisi *server, router* dan perangkat antarmuka lainnya. *Internet Service Provider (ISP)* biasanya mempunyai beberapa *Point of Presence (PoP)* yang terletak di *Internet Exchange Points (IXP)* [2].

### C. *Radio over Fiber (RoF)*

*Radio Over Fiber (RoF)* adalah teknologi yang terintegrasi oleh cahaya, yang dimana dimodulasi dengan sinyal frekuensi radio dan dikirimkan melalui serat optik. *Radio over Fiber (RoF)* menjadi salah satu solusi untuk memenuhi akan kebutuhan *bandwidth* yang berkembang pesat dalam system komunikasi [3].

### D. *Mach-Zehnder Modulator*

*Mach-Zehnder Modulator* terbuat dari bahan anorganik *lithium niobate* yang mampu menangani daya input yang tinggi. *Wavelengths* lebih Panjang dari sekitar 1 m sehingga, *Mach-Zehnder Modulator* mampu menangani ratusan *milliwatt* daya optik *CW Laser* tanpa degradasi karena efek refraksi. Tegangan modulasi *Mach-Zehnder Modulator* tidak bisa didekati sebagai konstan selama waktu transit optik melalui modulator [4].

E. Prediksi *User*

Melakukan perhitungan yang ada di wilayah tertentu dengan memprediksi jumlah

total pengguna pada tahun tertentu menggunakan persamaan sebagai berikut:

$$X_n = X_0 (1 + R_p)^n \tag{2.1}$$

F. *Free space path loss*

Mencari nilai redaman pada gelombang yang merambat dalam ruangan dapat dicari

menggunakan persamaan sebagai berikut :

$$A_0 = 92,25 + 20 \log f + 20 \log d \text{ dB} \tag{2.2}$$

G. *Flad Fading Margin*

Mencari nilai *flad fading margin* yaitu dari pengurangan parameter nilai *Receiver input level* ( $P_r$ ) dan nilai

*Receiver threshold level* ( $P_r$ ) sehingga menggunakan persamaan berikut :

$$FM = P_r - R_t \text{ dB} \tag{2.3}$$

H. Link

Melihat performansi pada perangkat yang dikirimkan oleh *transmitter* ke *receiver*. Dengan mengurangi keseluruhan redaman optik

system daya yang dikirimkan oleh *transmitter*. menggunakan persamaan sebagai berikut:

$$P_{rx} = P_{tx} - (N_c \times a_c + a_f \times L_{kabel} + a_{sp} \times N_{sp} + M_s) \tag{2.4}$$

$$N_{sp} = \left( \frac{L_{kabel}}{haspel} \right) - 1 \tag{2.5}$$

$$L_{kabel} = L_{rute} + (L_{rute} \times 7\%) \tag{2.6}$$

I. *Signal to Noise Ratio* (SNR)

SNR berfungsi untuk mencari nilai perbandingan daya sinyal optik yang

ditransmisikan terhadap *noise* pada system. Nilai SNR dapat dicari menggunakan persamaan berikut:

$$SNR = \frac{(P_r \times R \times M)^2}{2 \times q \times P_r \times R \times M^2 \times F(M) \times B_e + \frac{4 \times K_B \times T \times B_e}{R_L}} \tag{2.7}$$

J. *Q-Factor*

Nilai *Q-Factor* merupakan parameter yang menentukan bagus atau tidaknya kualitas sinyal

optik dalam suatu jaringan. Menggunakan persamaan sebagai berikut:

$$Q = \frac{SNR}{\frac{10^{20}}{2}} \tag{2.8}$$

K. BER (*Bit Error Rate*)

BER (*Bit Error Rate*) adalah nilai kesalahan yang terjadi pada proses pengiriman sinyal digital pada media transmisi. Nilai BER dipengaruhi oleh

beberapa faktor seperti *noise*, interferensi, redaman dan lain-lain. Menggunakan persamaan sebagai berikut:

$$BER = \frac{\exp(-\frac{Q^2}{2})}{Q\sqrt{2\pi}} \tag{2.9}$$

III. HASIL DAN PEMBAHASAN

A. Perhitungan Prediksi *User*

Menggunakan persamaan (2.1) dilakukan

untuk mengetahui pengguna pada 5 tahun kedepan sebagai berikut

:

$$X_n = 6264 (1 + (-1,37\%))^5$$

$$X_n = 5847 \text{ Jiwa}$$

### B. Skema perancangan jaringan *Point of Presence (PoP) Last Mile*



GAMBAR 1.1  
PETA DIGITAL PERANCANGAN

Skema ini kita menggunakan jaringan Point of Presence (PoP) sebagai penghubung ke *Last Mile* yang

menggunakan daya transmit yang didapat dari *Radio over Fiber (RoF)*.

### C. Perhitungan *Link Power Budget*

Menggunakan persamaan (2.4) dalam mencari nilai

*Link Power Budget* sebagai berikut:

1. Nilai LPB titik ODC Belakang Padang – ODP Sukana

$$P_{rx} = P_{tx} - (2 \times 0,25 + 0,35 \times 1,85 + 0,1 \times 0 + 1)$$

$$P_{rx} = (-10,78) - (4,1475) = -14,9275$$

2. Nilai LPB titik ODP Sukana – SDN 016 Belakang Padang

$$P_{rx} = P_{tx} - (2 \times 0,25 + 0,35 \times 0,73 + 0,1 \times 0 + 1)$$

$$P_{rx} = (-14,9275) - (3,7555) = -18,683$$

### D. Perhitungan SNR

Menggunakan persamaan (2.7) dalam mencari nilai SNR sebagai berikut :

1. Nilai SNR titik ODC Belakang Padang – ODP Sukana

$$SNR = \frac{(3,21 \times 10^{-5} \times 0,5 \times 1)^2}{2 \times 1,6 \times 10^{-19} \times 3,21 \times 10^{-5} \times 0,5 \times 1^2 \times 1 \times 10^{10} + \frac{4 \times 1,38 \times 10^{-23} \times 300 \times 10^{10}}{100}}$$

$$SNR = 458,98$$

Kemudian hasil nilai SNR diubah menjadi SNR(dB) = 26,61 dB

2. Nilai SNR titik ODP Sukana – SDN 016 Belakang Padang

$$SNR = \frac{(1,35 \times 10^{-5} \times 0,5 \times 1)^2}{2 \times 1,6 \times 10^{-19} \times 1,35 \times 10^{-5} \times 0,5 \times 1^2 \times 1 \times 10^{10} + \frac{4 \times 1,38 \times 10^{-23} \times 300 \times 10^{10}}{100}}$$

$$SNR = 133,55$$

Kemudian hasil nilai SNR diubah menjadi SNR(dB) = 21,25 dB

#### E. Perhitungan Q-Factor

1. Nilai Q-Factor Titik ODC Belakang Padang – ODP Sukana

$$Q = \frac{10^{\frac{26,61 \text{ dB}}{20}}}{2}$$

$$Q = 10,71$$

2. Nilai Q-Factor Titik ODP Sukana – SDN 016 Belakang Padang

$$Q = \frac{10^{\frac{21,25 \text{ dB}}{20}}}{2}$$

$$Q = 5,77$$

#### F. Perhitungan BER (Bit Error Rate)

1. Nilai BER titik ODC Belakang Padang – ODP Sukana

$$BER = \frac{\exp\left(-\frac{10,71^2}{2}\right)}{12,99\sqrt{2\pi}}$$

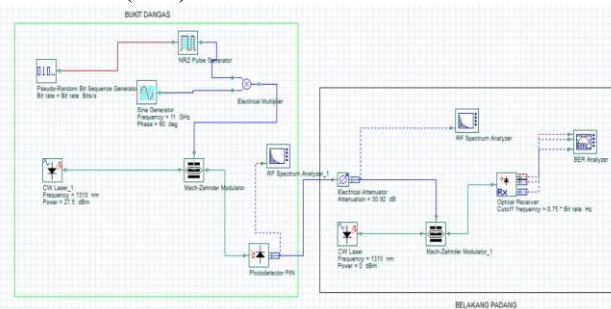
$$BER = 6,42 \times 10^{-39}$$

2. Nilai BER titik ODP Sukana – SDN 016 Belakang Padang

$$BER = \frac{\exp\left(-\frac{5,77^2}{2}\right)}{5,69\sqrt{2\pi}}$$

$$BER = 6,19 \times 10^{-9}$$

#### G. Hasil Simulasi Radio over Fiber (RoF)



GAMBAR 1.2  
SET UP SIMULASI RADIO OVER FIBER (ROF)

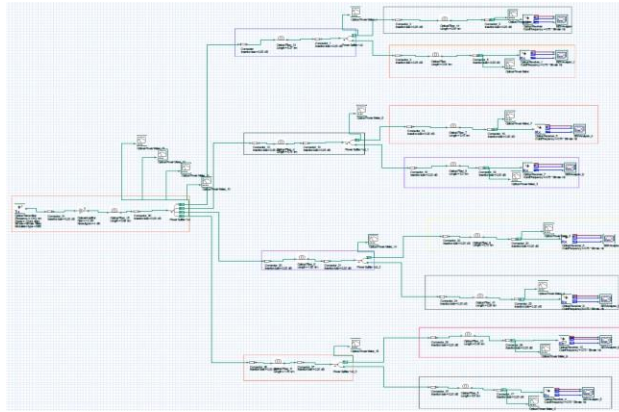
Menggunakan set up simulasi pada gambar (1.2) dengan daya pengirim pada CW Laser sebesar 27,5 dBm dan menggunakan Sine Generator pada frekuensi sebesar 11 GHz kemudian masuk ke March-Zehnder Modulator

sebagai *converter* perubah informasi menjadi optik. Sehingga mendapatkan daya pengirim RF Spectrum sebesar 18,62 dBm dan daya terima pada RF Spectrum sebesar -13,84 dBm.

#### H. Hasil Simulasi Point of Presence (PoP) Last Mile

Set up yang digunakan pada perancangan Point of Presence (PoP) sebagai penghubung ke Last Mile di Pulau Belakang Padang dapat dilihat pada gambar (1.3)

menggunakan 1 Optical Distribution Cabinet (ODC), 4 Optical Distribution Point (ODP) dan 8 User.

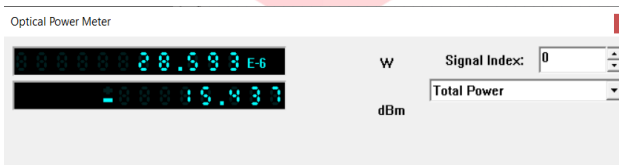


GAMBAR 1.3  
SET UP SIMULASI POINT OF PRESENCE (POP)

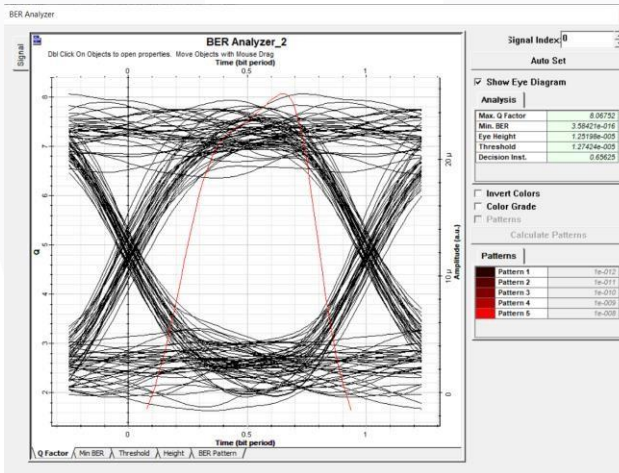
1. Hasil simulasi titik ODC Belakang Padang – ODP Sukana

Hasil simulasi ODC Belakang Padang ke ODP Sukana dengan jarak 1,85 Km dan daya terima sisi ODP Sukana sebesar -15,437 dBm. Kemudian untuk melihat nilai Q-Factor dan nilai BER pada BER Analyzer dengan nilai Q-

Factor sebesar 8,06 dan nilai BER sebesar  $3,58 \times 10^{-16}$  dapat dilihat pada gambar (1.4) dan gambar (1.5).



GAMBAR 1.4  
DAYA TERIMA ODP SUKANA

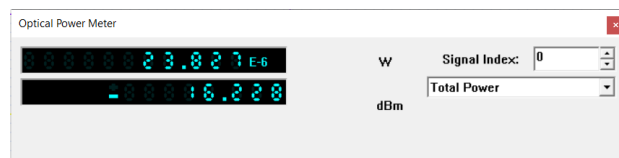


GAMBAR 1.5  
NILAI Q-FACTOR DAN BER ODP SUKANA

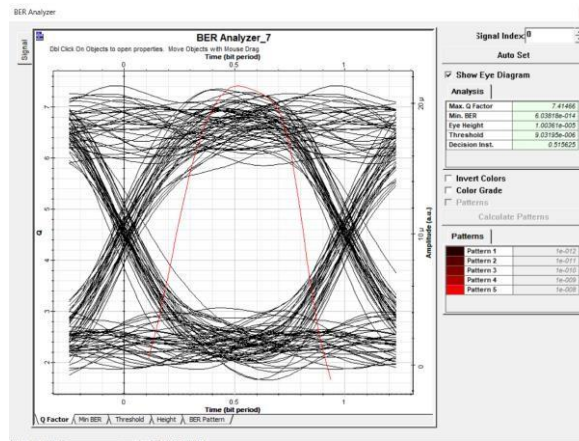
2. Hasil simulasi titik ODP Sukana – SDN 016 Belakang Padang

Hasil simulasi ODP Sukana ke SDN 016 Belakang Padang dengan jarak 0,73 Km dan daya terima sisi SDN 016 Belakang Padang sebesar -16,228 dBm. Kemudian untuk melihat nilai Q-

Factor dan nilai BER pada BER Analyzer dengan nilai Q-Factor sebesar 7,41 dan nilai BER sebesar  $6,03 \times 10^{-14}$  dapat dilihat pada gambar (1.6) dan gambar (1.7).

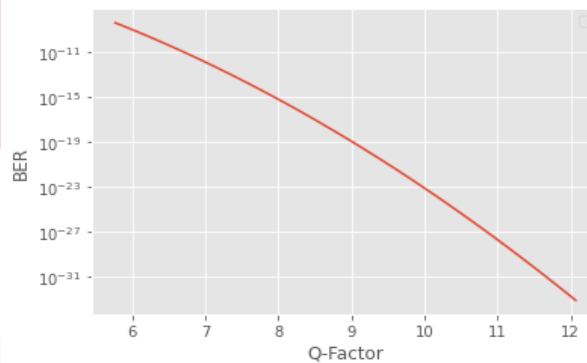


GAMBAR 1.6  
DAYA TERIMA SDN 016 BELAKANG PADANG



GAMBAR 1.7  
NILAI Q-FACTOR DAN BER SDN 016 BELAKANG PADANG

#### I. Analisa Perhitungan dan Simulasi



GAMBAR 1.8  
GRAFIK BER TERHADAP Q-FACTOR

Gambar (1.8) menjelaskan hasil dari perhitungan yang diperoleh dari perbandingan nilai BER dan nilai Q- Factor. Bahwa semakin besar nilai Q-Factor maka hasil nilai BER semakin mendekati nilai 0 dan nilai BER yang didapat oleh user berada direntang  $10^{-9}$  dan  $10^{-11}$ .

Hasil simulasi pada *Radio over Fiber* (RoF) dan perancangan *Point of Presence* (PoP) sebagai penghubung *Last Mile* di pulau Belakang Padang. Bahwa hasil nilai BER yang didapat pada sisi user berada di rentang  $10^{-13}$  dan  $10^{-17}$ .

#### IV. Kesimpulan

Hal yang dapat disimpulkan dari pelaksanaan penelitian tugas akhir ini diantaranya :

1. Telah melakukan analisis simulasi dan perhitungan *Point of Presence* (PoP) sebagai penghubung ke *Last Mile* di pulau Belakang Padang yang menggunakan *Radio over Fiber* (RoF) dengan frekuensi 11 GHz.
2. Berdasarkan hasil simulasi yang didapat pada skema *Radio over Fiber* (RoF) dengan daya pengirim *CW Laser* dari STO Bukit Dangas sebesar 27,5 dBm. Sehingga, mendapat RF *Spectrum* pengirim 18,62 dBm dan daya terima RF *Spectrum* -13,62 dBm
3. Menggunakan *Optical Amplifier* sebesar 12 dB untuk mendapatkan hasil simulasi yang baik pada *Point of Presence* (PoP) sebagai penghubung ke *Last Mile* di pulau Belakang Padang
4. Berdasarkan hasil perhitungan pada skema *Point of Presence* (PoP) sebagai

penghubung ke *Last Mile* di Pulau Belakang Padang dengan titik user terjauh pada ODP Sukana ke SDN 016 Belakang Padang memperoleh nilai performansi BER sebesar  $3,88 \times 10^{-09}$ .

5. Berdasarkan hasil simulasi pada skema *Point of Presence* (PoP) *Last Mile* di Pulau Belakang Padang dengan titik user terjauh pada ODP Sukana dan SDN 016 Belakang Padang memperoleh nilai performansi BER sebesar  $6,03 \times 10^{-14}$ .

## REFERENSI

- [1] Asosiasi Penyelenggara Jasa Internet Indonesia, "Profil Internet Indonesia," 2022.
- [2] R. L. Freeman, *Fundamentals Of Telecommunications*, New Jersey: John Wiley & Sons, Inc, 2005.
- [3] J. Johnny and S. Shashidharan, "Design and Simulation of a Radio Over Fiber System and its Performance Analysis," *Optical Networking Technologies and Data Security*, pp. 636-639, 2021.
- [4] X. N. Fernando, *Radio Over Fiber For Wireless Communications*, United Kingdom: John Wiley and Sons Ltd, 2014.
- [5] Badan Pusat Statistik Kota Batam, "Kecamatan Belakang Padang Dalam Angka," BPS Kota Batam, Batam, 2020.
- [6] G. Keiser, *Optical Communications Essentials*, New York: McGraw-Hill, 2003.
- [7] H. Nasoha and S. M. Idrus, "Modeling and Performance Analysis of WCDMA Radio over Fiber System," *ASIA-PACIFIC CONFERENCE ON APPIED ELEGTROMAGNETIGS PROCEEDINGS*, pp. 4-6, 2007.
- [8] G. Wibisonon, G. D. Hantoro and F. , *Sistem Jaringan Fiber Optic*, Jakarta: Informatika, 2020.
- [9] BAKTI KOMINFO, "Pemanfaatan Peta Batimetri untuk Penggelaran Kabel Laut Telekomunikasi Palapa Ring," 2021.
- [10] Internasional Telecommunication Union, "The Last-mile Internet Connectivity Solutions Guide," 2020.