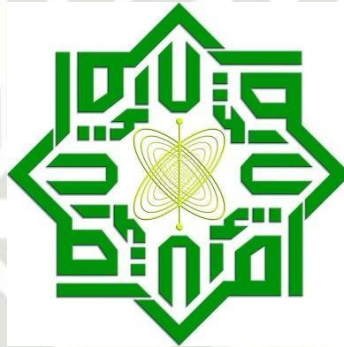


1. Dilarang mengutip sebagian atau seluruh karya tulis ini tanpa mencantumkan dan menyebutkan sumber:
  - a. Pengutipan hanya untuk kepentingan pendidikan, penelitian, penulisan karya ilmiah, penyusunan laporan, penulisan kritik atau tinjauan suatu masalah.
  - b. Pengutipan tidak merugikan kepentingan yang wajar UIN Suska Riau.
2. Dilarang mengemukakan dan memperbanyak sebagian atau seluruh karya tulis ini dalam bentuk apapun tanpa izin UIN Suska Riau.

# ANALISIS PERFORMANSI *ORTHOGONAL FREQUENCY DIVISION MULTIPLEXING* DENGAN MENGGUNAKAN FREKUENSI 26 GHZ PADA *RADIO OVER FIBER*

## LAPORAN TUGAS AKHIR

Dijadikan Sebagai Salah Satu Syarat untuk Memperoleh Gelar Sarjana Teknik Pada Program Studi Teknik Elektro Fakultas Sains dan Teknologi



Oleh :

**IFAL REZKY TEGUH EKA PRAMUDYA**

**12050517134**

**UIN SUSKA RIAU**

**PROGRAM STUDI TEKNIK ELEKTRO**

**FAKULTAS SAINS DAN TEKNOLOGI**

**UNIVERSITAS ISLAM NEGERI SULTAN SYARIF KASIM RIAU**

**2024**

# LEMBAR PERSETUJUAN

## ANALISIS PERFORMANSI ORTHOGONAL FREQUENCY DIVISION MULTIPLEXING DENGAN MENGGUNAKAN FREKUENSI 26 GHZ PADA RADIO OVER FIBER

### TUGAS AKHIR

Oleh:

**IFAL REZKY TEGUH EKA PRAMUDYA**  
**12050517134**

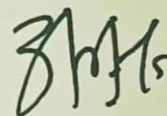
Telah diperiksa dan disetujui sebagai laporan Tugas Akhir Program Studi Teknik Elektro  
di Pekanbaru, pada tanggal 6 Juni 2024

**Ketua Prodi Teknik Elektro**



**Dr. Zulfatri Aini, S.T., M.T**  
**NIP. 197210212006042001**

**Pembimbing**



**Rika Susanti, S.T., M.Eng**  
**NIP. 19770731 200710 2 003**

## LEMBAR PENGESAHAN

### ANALISIS PERFORMANSI ORTHOGONAL FREQUENCY DIVISION MULTIPLEXING DENGAN MENGGUNAKAN FREKUENSI 26 GHZ PADA RADIO OVER FIBER

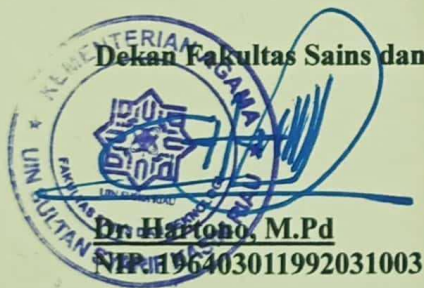
#### TUGAS AKHIR

Oleh :

**IFAL REZKY TEGUH EKA PRAMUDYA**  
**12050517134**

Telah dipertahankan di depan Sidang Dewan Penguji  
sebagai salah satu syarat untuk memperoleh gelar Sarjana Teknik  
Fakultas Sains dan Teknologi Universitas Islam Negeri Sultan Syarif Kasim Riau  
di Pekanbaru, pada tanggal 6 Juni 2024

Pekanbaru, 6 Juni 2024  
Mengesahkan,



Ketua Prodi Teknik Elektro

**Dr. Zulfatri Aini, S.T., M.T**  
NIP. 197210212006042001

#### DEWAN PENGUJI :

Ketua : Dr. Harris Simaremare, S.T., M.T.

Sekretaris : Rika Susanti, S.T., M.Eng

Anggota 1 : Prof. Dr. Teddy Purnamirza, S.T., M.Eng

Anggota 2 : Mulyono, S.T., M.T.

## LEMBAR HAK ATAS KEKAYAAN INTELEKTUAL

Tugas akhir yang tidak diterbitkan ini terdaftar dan tersedia di Perpustakaan Universitas Islam Negeri Sultan Syarif Kasim Riau dan terbuka untuk umum dengan ketentuan bahwa hak cipta ada pada penulis. Referensi kepustakaan diperkenankan dicatat, tetapi pengutipan atau ringkasan hanya dapat dilakukan dengan mengikuti kaidah pengutipan yang berlaku.

Penggunaan atau penerbitan sebagian atau seluruh Tugas Akhir ini harus memperoleh izin dari Dekan Fakultas Sains dan Teknologi Universitas Islam Negeri Sultan Syarif Kasim Riau. Perpustakaan yang meminjamkan Tugas Akhir ini untuk anggotanya diharapkan untuk mengisi nama, tanda peminjaman dan tanggal pinjam.

### Hak Cipta Dilindungi Undang-Undang

1. Dilarang mengutip sebagian atau seluruh karya tulis ini tanpa mencantumkan dan menyebutkan sumber:
  - a. Pengutipan hanya untuk kepentingan pendidikan, penelitian, penulisan karya ilmiah, penyusunan laporan, penulisan kritik atau tinjauan suatu masalah.
  - b. Pengutipan tidak merugikan kepentingan yang wajar UIN Suska Riau.
2. Dilarang mengumumkan dan memperbanyak sebagian atau seluruh karya tulis ini dalam bentuk apapun tanpa izin UIN Suska Riau.

## LEMBAR PERNYATAAN

Dengan ini saya menyatakan bahwa di dalam Tugas Akhir ini tidak terdapat karya yang pernah diajukan oleh saya maupun orang lain untuk keperluan lain, dan sepanjang pengetahuan saya juga tidak memuat karya atau pendapat yang pernah ditulis atau diterbitkan oleh orang lain kecuali disebutkan dalam referensi dan di dalam daftar Pustaka. Saya bersedia menerima sanksi jika pernyataan ini tidak sesuai dengan yang sebenarnya.

Pekanbaru, 06 Juni 2024

Yang membuat pernyataan,



**Ifai Kezky Teguh Eka Pramudya**  
**NIM. 12050517134**



## LEMBAR PERSEMBAHAN



Alhamdulillahillobbi'alamiin, puji syukur kehadiran ۞ اللّٰه subhanallahu wa ta'ala atas nikmat, karunia dan kemudahan yang telah dilimpahkan sehingga penulis dapat menyelesaikan tugas akhir ini. Shalawat dan salam tak lupa pula semoga selalu dikirimkan kepada Rasulullah صلى الله عليه وسلم, yang telah membimbing umatnya menjadi manusia-manusia yang beradab, berfikir dan berilmu pengetahuan hingga sampai saat ini. Semoga kita semua diberikan syafaatnya pada yaumul akhir kelak Aamiin Ya Robbal 'alamiin. Goresan karya sederhana ini saya sembahkan kepada orang yang saya sayangi dan berjasa dalam hidup.

### Terimakasih Kepada Kedua Orang Tuaku, Ayahanda dan Ibunda

Sebagai tanda bakti, hormat dan rasa terima kasih yang tiada terhingga kupersembahkan karya kecil ini kepada Ayahanda (Winarto) dan Ibunda (Siti Fatimah) yang telah memberikan kasih sayang, secara dukungan, ridho dan cinta kasih yang tiada terhingga yang tiada mungkin dapat kubalas hanya dengan selembar kertas bertuliskan kata persembahan. Semoga ini menjadi langkah awal untuk membuat Ayah dan Bunda bahagia karena ku sadar, selama ini belum bisa berbuat lebih. Terimakasih Ayah, Terimakasih Bunda.

### Terimakasih Kepada Civitas Akademika Fakultas Sains dan Teknologi UIN SUSKA RIAU

Sebagai tanda pernah menempuh dan menempa pendidikan, Tugas Akhir ini kupersembahkan kepada Civitas Akademika Fakultas Sains dan Teknologi UIN SUSKA RIAU terkhusus Civitas Akademika Teknik Elektro, termasuk didalamnya teman-teman seperjuangan dan para dosen yang telah membimbing, menasehati dan mengarahkan hingga terbitnya karya Tugas Akhir ini. Saya mengucapkan Terima Kasih yang sebesar-besarnya.

### Terimakasih Kepada Sahabat-sahabatku

Sebagai ucapan terimakasih yang tak hingga dan tak lupa kepada sahabat-sahabat saya, rekan rekan seperjuangan, senior dan teman teman yang senantiasa memberikan semangat dan motivasi serta nasehat kepadaku. Kalian semua terbaik.

- Hak Cipta Dilindungi Undang-Undang**
1. Dilarang mengutip sebagian atau seluruh karya tulis ini tanpa mencantumkan dan menyebutkan sumber:
    - a. Pengutipan hanya untuk kepentingan pendidikan, penelitian, penulisan karya ilmiah, penyusunan laporan, penulisan kritik atau tinjauan suatu masalah.
    - b. Pengutipan tidak merugikan kepentingan yang wajar UIN Suska Riau.
  2. Dilarang mengumumkan dan memperbanyak sebagian atau seluruh karya tulis ini dalam bentuk apapun tanpa izin UIN Suska Riau.

# ANALISIS PERFORMANSI *ORTHOGONAL FREQUENCY DIVISION MULTIPLEXING* DENGAN MENGGUNAKAN FREKUENSI 26 GHZ PADA *RADIO OVER FIBER*

IFAL REZKY TEGUH EKA PRAMUDYA  
12050517134

Tanggal Sidang : 06 Juni 2024

Tanggal Wisuda :

Program Studi Teknik Elektro  
Fakultas Sains dan Teknologi  
Universitas Islam Negeri Sultan Syarif Kasim Riau  
Jalan HR Soebrantas. No. 155 Pekanbaru

## ABSTRAK

Saat ini sistem komunikasi seluler telah mencapai generasi ke lima yang dikenal dengan 5<sup>th</sup> *Generation* (5G). OFDM ialah teknik yang memanfaatkan sejumlah frekuensi pembawa (*multicarrier*) dalam satu saluran. Untuk menganalisis model sistem OFDM – RoF frekuensi 26 GHz dilakukan perancangan model sistem OFDM – RoF 26 GHz dengan parameter performansi yaitu *Power Link Budget*, BER dan *Q-Factor*. Berdasarkan simulasi yang telah dilakukan pada *bitrate* 10 Gbps, 20 Gbps, 30 Gbps dan 40 Gbps didapati hasil simulasi pada *bitrate* 10 Gbps dengan jarak 70 km nilai BER adalah  $7,52929 \times 10^{-122}$ , pada *bitrate* 20 Gbps dengan jarak 50 km nilai BER adalah  $7,54135 \times 10^{-113}$ , pada *bitrate* 30 Gbps dengan jarak 30 km nilai BER adalah  $1,19551 \times 10^{-103}$ , dan *bitrate* 40 Gbps pada jarak 20 km nilai BER adalah  $1.10003 \times 10^{-123}$ . Karakteristik serat optik menimbulkan dispersi dan dispersi tersebut mempengaruhi pentransmisian sinyal berlangsung yang mana semakin tinggi *bitrate* yang digunakan maka akan semakin pendek jarak yang dapat dijangkau.

**Kata Kunci** : OFDM, 5G, 26 Ghz, *Radio Over Fiber*, *Bitrate*

Hak Cipta Dilindungi Undang-Undang  
1. Dilarang mengutip sebagian atau seluruh karya tulis ini tanpa mencantumkan dan menyebutkan sumber.  
a. Pengutipan hanya untuk kepentingan pendidikan, penelitian, penulisan karya ilmiah, penyusunan laporan, penulisan kritik atau tinjauan suatu masalah.  
b. Pengutipan tidak merugikan kepentingan yang wajar UIN Suska Riau.  
2. Dilarang mengumumkan dan memperbanyak sebagian atau seluruh karya tulis ini dalam bentuk apapun tanpa izin UIN Suska Riau.

# **PERFORMANCE ANALYSIS OF ORTHOGONAL FREQUENCY DIVISION MULTIPLEXING USING 26 GHZ FREQUENCY ON RADIO OVER FIBER**

**IFAL REZKY TEGUH EKA PRAMUDYA**  
**12050517134**

*Date of Final Exam* : 06 June 2024

*Date of Graduation Ceremony* :

*Department of Electrical Engineering  
Faculty of Science and Technology  
State Islamic University of Sultan Syarif Kasim Riau  
Soebrantas Street No. 155 Pekanbaru*

## **ABSTRACT**

Currently, the cellular communication system has reached the fifth generation, known as 5th Generation (5G). 5G was introduced as a new standard in telecommunications. OFDM is a technique that utilizes a number of carrier frequencies (multicarrier) in one channel, where each carrier frequency is orthogonal or perpendicular to each other. To analyze the 26 GHz frequency OFDM – RoF system model, a 26 GHz OFDM – RoF system model was designed using The performance parameters analyzed are Power Link Budget, BER and Q-Factor. Based on simulations that have been carried out at bitrates of 10 Gbps, 20 Gbps, 30 Gbps and 40 Gbps, it is found that the simulation results at a bitrate of 10 Gbps with a distance of 70 km, the BER value is  $7,52929 \times 10^{-122}$ , at a bitrate of 20 Gbps with a distance of 50 km BER value is  $7,54135 \times 10^{-113}$ , at a bitrate of 30 Gbps with a distance of 30 km the BER value is  $1,19551 \times 10^{-103}$ , and a bitrate of 40 Gbps at a distance of 20 km value BER is  $1.10003 \times 10^{-123}$ . Because the characteristics of optical fibre cause dispersion or widening of pulses and this widening of pulses affects signal transmission, where the higher the bitrate used, the shorter the distance that can be reached.

**Keywords:** OFDM, 26 Ghz, Radio Over Fiber, QAM, Bitrate

Hak Cipta Dilindungi Undang-Undang  
1. Dilarang mengutip sebagian atau seluruh karya tulis ini tanpa mencantumkan dan menyebutkan sumber:  
a. Pengutipan hanya untuk kepentingan pendidikan, penelitian, penulisan karya ilmiah, penyusunan laporan, penulisan kritik atau tinjauan suatu masalah.  
b. Pengutipan tidak merugikan kepentingan yang wajar UIN Suska Riau.  
2. Dilarang mengumumkan dan memperbanyak sebagian atau seluruh karya tulis ini dalam bentuk apapun tanpa izin UIN Suska Riau.



## KATA PENGANTAR



Assalamu'alaikum wa rahmatullahi wa barakatuh.

Alhamdulillah, segala puji dan syukur penulis ucapkan kehadiran Allah SWT, yang telah mencurahkan rahmat dan hidayah-Nya kepada penulis sehingga penulis dapat menyelesaikan Proposal Tugas Akhir ini. Shalawat dan salam juga penulis haturkan kepada baginda Rasulullah SAW, sebagai seorang sosok pemimpin dan suri tauladan bagi seluruh umat di dunia yang patut dicontoh dan diteladani bagi kita semua. Atas ridho Allah SWT penulis telah menyelesaikan Tugas Akhir ini dengan judul **“ANALISIS PERFORMANSI ORTHOGONAL FREQUENCY DIVISION MULTIPLEXING DENGAN MENGGUNAKAN FREKUENSI 26 GHZ PADA RADIO OVER FIBER”**

Melalui proses bimbingan dan pengarahan yang disumbangkan oleh orang-orang yang berpengetahuan, dorongan, motivasi, dan juga do'a orang-orang yang ada disekeliling penulis sehingga penulisan Tugas Akhir ini dapat diselesaikan dengan penuh kesederhanaan. Sudah menjadi ketentuan bagi setiap Mahasiswa yang ingin menyelesaikan studinya pada perguruan tinggi Uin Suska Riau harus membuat karya ilmiah berupa Tugas Akhir guna mencapai gelar sarjana. :

Allah Swt yang dengan rahmat-Nya memberikan semua yang terbaik dan yang dengan hidayah-Nya memberikan petunjuk sehingga dalam penyusunan Tugas Akhir ini berjalan lancar.

2. Kepada ayahanda tercinta Winarto dan ibunda tercinta Siti Fatimah yang selalumerikan motivasi dan doa yang tiada henti – hentinya.
3. Bapak Prof. Dr. Hairunas, M.Ag. selaku Rektor Uin Suska Riau beserta kepada seluruh staf dan jajarannya.
4. Bapak Dr. Hartono, M.Pd selaku Dekan Fakultas Sains dan Teknologi Uin Suska Riau beserta kepada seluruh Pembantu Dekan, Staf dan jajarannya.
5. Ibu Zulfitri Aini, S.T.,M.T selaku Ketua Program Studi Teknik Elektro Fakultas Sains dan



Teknologi Universitas Islam Negeri Sultan Syarif Kasim Riau.

6. Bapak Sutoyo, S.T.,M.T selaku sekretaris jurusan Teknik Elektro Fakultas Sains dan Teknologi Uin Suska Riau.

7. Ibu Rika Susanti, S.T., M.Eng selaku dosen pembimbing yang telah banyak meluangkan waktu serta pemikirannya dengan ikhlas dalam memberikan penjelasan dan masukan yang sangat berguna sehingga penulis menjadi lebih mengerti dalam menyelesaikan Tugas Akhir ini.

8. Ibu Zulfatri Aini, S.T.,M.T selaku Dosen Pembimbing Akademik selama perkuliahan penulis dari semester 1 hingga akhir semester.

9. Bapak dan Ibu dosen Jurusan Teknik Elektro yang telah memberikan bimbingan dan curahan ilmu kepada penulis sehingga bisa menyelesaikan Tugas Akhir ini.

10. Para Sahabat Ramadian Saputra, Farhan Putra Budianto, Mayada Wahyuni Andri dan Muhammad Ridho yang telah memberikan dukungan, dorongan dan motivasi kepada penulis dalam menyelesaikan Tugas Akhir ini.

11. Teman Terbaik Olive Prima Doni, Sandy Hermawan, Raihan Pratama Hadi, Kurnyadi Dwi Putra, Fadya Iska Putri dan Yossi arif Rahman yang telah memberikan dukungan, semangat, dan motivasi serta pengalaman hidup kepada penulis dalam menyelesaikan Tugas Akhir ini.

12. Teman-teman seperjuangan Teknik Elektro Angkatan 2020 khususnya di konsentrasi Telekomunikasi yang juga telah memberikan banyak dukungan kepada penulis dalam menyelesaikan Tugas Akhir ini serta teman-teman penulis lainnya yang tidak dapat penulis sebutkan satu persatu yang telah membantu dan memberi dorongan, motivasi dan sumbangan pemikiran dalam menyelesaikan Tugas Akhir ini.

Semua kekurangan hanya datang dari penulis dan kesempurnaan hanya milik Allah SWT, hal ini yang membuat penulis menyadari bahwa dalam pembuatan Tugas Akhir ini masih jauh dari kesempurnaan karena keterbatasan kemampuan, pengalaman, dan pengetahuan penulis. Untuk itu penulis mengharapkan kritik dan saran dari semua pihak yang bersifat positif dan membangun demi kesempurnaan Tugas Akhir ini

*Wassalamu 'alaikum wa rahmatullahi wa barakatuh*

Pekanbaru, 6 Juni 2024

Penulis

## DAFTAR ISI

	<b>Halaman</b>
<b>LEMBAR PERSETUJUAN</b> .....	ii
<b>LEMBAR PENGESAHAN</b> .....	iii
<b>LEMBAR HAK ATAS KEKAYAAN INTELEKTUAL</b> .....	iv
<b>LEMBAR PERNYATAAN</b> .....	v
<b>LEMBAR PERSEMBAHAN</b> .....	vi
<b>ABSTRAK</b> .....	vii
<b>ABSTRACT</b> .....	viii
<b>KATA PENGANTAR</b> .....	x
<b>DAFTAR ISI</b> .....	xii
<b>DAFTAR GAMBAR</b> .....	xiii
<b>DAFTAR TABEL</b> .....	xiv
<b>DAFTAR RUMUS</b> .....	xv
<b>DAFTAR SINGKATAN</b> .....	xvi
<b>BAB I PENDAHULUAN</b>	
1.1. Latar Belakang .....	I-1
1.2. Rumusan Masalah .....	I-2
1.3. Tujuan Penelitian .....	I-2
1.4. Batasan Masalah .....	I-3
1.5. Manfaat Penelitian .....	I-3
<b>BAB II TINJAUAN PUSTAKA</b>	
2.1. Penelitian Terkait .....	II-2
2.2. <i>Orthogonal Frequency Division Multiplexing (OFDM)</i> .....	II-2
2.3. Teknologi Komunikasi Generasi 5 (5G) .....	II-2
2.4. <i>Radio Over Fiber (RoF)</i> .....	II-4
2.5. <i>Quadrature Amplitudo Modulation (QAM)</i> .....	II-4
2.6. <i>Mach - Zender Modulator</i> .....	II-5
2.7. <i>Photodetector</i> .....	II-5
2.7.1. <i>Positive Intrinsic Negative Photodetector (PIN-PD)</i> .....	II-5
2.8. Parameter Analisa .....	II-5

2.8.1. *Power Link Budget* (PLB) ..... II-6

2.8.2. *Q-Factor* ..... II-6

2.8.3. *Bit Error Rate* (BER) ..... II-6

**BAB III METODE PENELITIAN**

3.1. Jenis Penelitian ..... III-1

3.2. Prosedur Penelitian ..... III-2

3.3. Studi Pustaka ..... III-3

3.4. Perancangan sistem ..... III-3

3.4.1. Perangkat yang digunakan ..... III-3

3.4.2. Konfigurasi komponen ..... III-5

3.4.3. Parameter perangkat ..... III-6

3.4.4. *Design* dan simulasi performansi 5G dengan OFDM dan RoF ..... III-7

3.5. Analisa Hasil ..... III-8

**BAB IV HASIL DAN PEMBAHASAN**

4.1. Verifikasi Model Sistem ..... IV-3

4.2. Penentuan Jarak Maksimum terhadap Nilai *Bitrate* Sistem ..... IV-6

4.3. *Q-Factor* ..... IV-9

4.4. *Power Link Budget* ..... IV-10

**BAB V PENUTUP**

5.1. Kesimpulan ..... V-1

5.2. Saran ..... V-1

**DAFTAR PUSTAKA**

**LAMPERAN**

Hak Cipta Dilindungi Undang-Undang

1. Dilarang mengutip sebagian atau seluruh karya tulis ini tanpa mencantumkan dan menyebutkan sumber:

a. Pengutipan hanya untuk kepentingan pendidikan, penelitian, penulisan karya ilmiah, penyusunan laporan, penulisan kritik atau tinjauan suatu masalah.

b. Pengutipan tidak merugikan kepentingan yang wajar UIN Suska Riau.

2. Dilarang mengumumkan dan memperbanyak sebagian atau seluruh karya tulis ini dalam bentuk apapun tanpa izin UIN Suska Riau.

## DAFTAR GAMBAR

### Gambar

	<b>Halaman</b>
3.1 <i>Flowchart</i> alur penelitian .....	III-2
3.2 Model sistem OFDM – RoF 26 GHz <i>transmitter</i> .....	III-6
3.3 Model sistem OFDM – RoF 26 GHz <i>receiver</i> .....	III-6
4.1 BER sistem OFDM – RoF 26 GHz pada <i>bitrate</i>	
(a) 10 Gbps (b) 20 Gbps (c) 30 Gbps (d) 40 Gbps.....	IV-2
4.2 Nilai BER sistem OFDM – RoF 26 GHz pada <i>bitrate</i>	
(a) 10 Gbps (b) 20 Gbps (c) 30 Gbps (d) 40 Gbps.....	IV-2
4.3 Grafik jarak transmisi sistem OFDM-RoF 26 GHz pada <i>bitrate</i> 10 Gbps .....	IV-3
4.4 Grafik jarak transmisi sistem OFDM-RoF 26 GHz pada <i>bitrate</i> 20 Gbps .....	IV-4
4.5 Grafik jarak transmisi sistem OFDM-RoF 26 GHz pada <i>bitrate</i> 30 Gbps .....	IV-4
4.6 Grafik jarak transmisi sistem OFDM-RoF 26 GHz pada <i>bitrate</i> 40 Gbps .....	IV-5
4.7 Hasil <i>Q-Factor</i> model sistem OFDM-RoF 26 GHz pada <i>bitrate</i> 10 Gbps .....	IV-6
4.8 Hasil <i>Q-Factor</i> model sistem OFDM-RoF 26 GHz pada <i>bitrate</i> 20 Gbps .....	IV-7
4.9 Hasil <i>Q-Factor</i> model sistem OFDM-RoF 26 GHz pada <i>bitrate</i> 30 Gbps .....	IV-7
4.10 Hasil <i>Q-Factor</i> model sistem OFDM-RoF 26 GHz pada <i>bitrate</i> 40 Gbps .....	IV-8

## DAFTAR TABEL

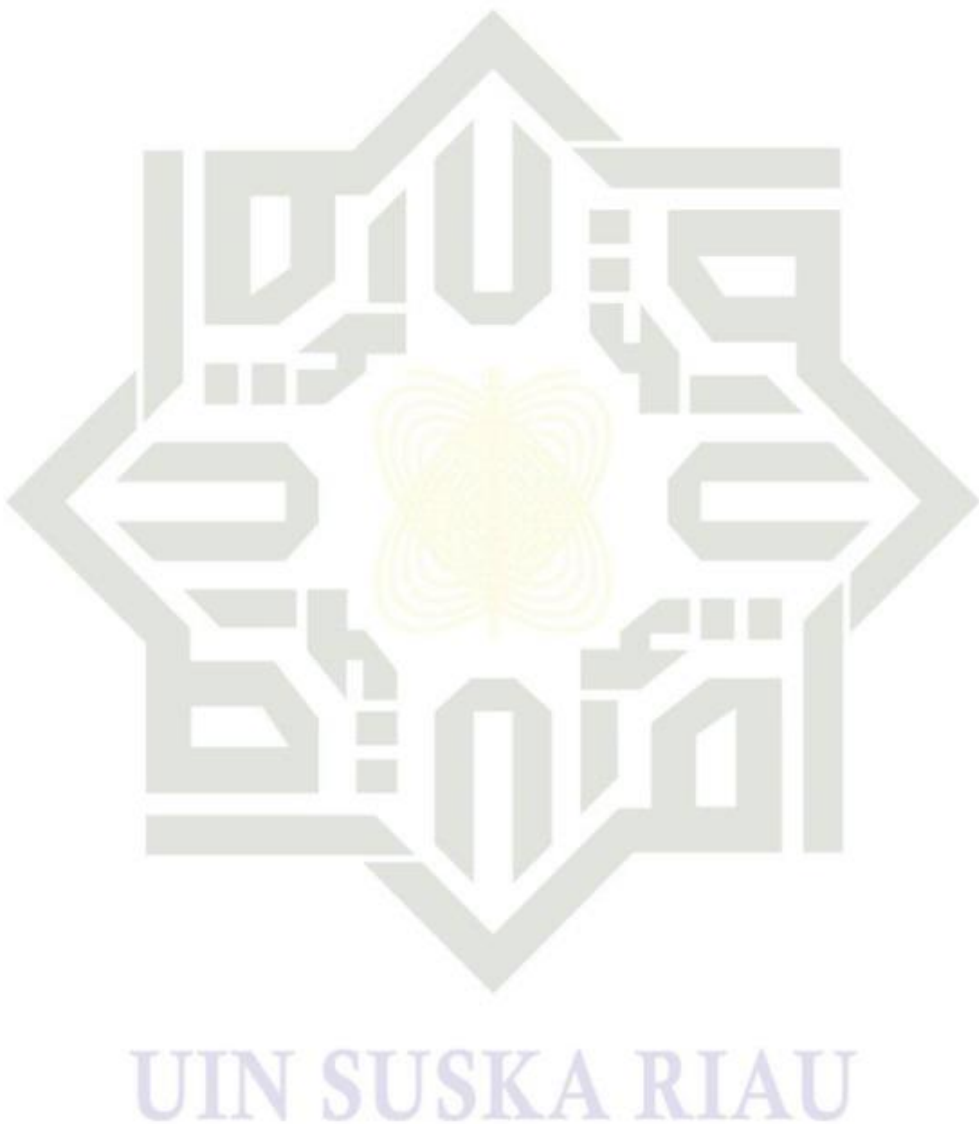
### Tabel

	<b>Halaman</b>
3. Konfigurasi komponen penelitian .....	III-1
3. Parameter <i>transmitter</i> .....	III-6
3. Parameter <i>receiver</i> .....	III-6
4. Perbandingan jarak transmisi maksimum OFDM-RoF 26 GHz pada <i>bitrate</i> 10 Gbps, 20 Gbps, 30 Gbps dan 40 Gbps .....	IV-6
4. Daya keluaran optik pada beberapa jarak transmisi .....	IV-9

1. Dilarang mengutip sebagian atau seluruh karya tulis ini tanpa mencantumkan dan menyebutkan sumber:
  - a. Pengutipan hanya untuk kepentingan pendidikan, penelitian, penulisan karya ilmiah, penyusunan laporan, penulisan kritik atau tinjauan suatu masalah.
  - b. Pengutipan tidak merugikan kepentingan yang wajar UIN Suska Riau.
2. Dilarang mengumumkan dan memperbanyak sebagian atau seluruh karya tulis ini dalam bentuk apapun tanpa izin UIN Suska Riau.



## DAFTAR RUMUS



### Hak Cipta Dilindungi Undang-Undang

1. Dilarang menghutip sebagian atau seluruh karya tulis ini tanpa mencantumkan dan menyebutkan sumber:
  - a. Pengutipan hanya untuk kepentingan pendidikan, penelitian, penulisan karya ilmiah, penyusunan laporan, penulisan kritik atau tinjauan suatu masalah.
  - b. Pengutipan tidak merugikan kepentingan yang wajar UIN Suska Riau.
2. Dilarang mengumumkan dan memperbanyak sebagian atau seluruh karya tulis ini dalam bentuk apapun tanpa izin UIN Suska Riau.



## DAFTAR SINGKATAN

OFDM	= <i>Orthogonal Frequency Division Multiplexing</i>
PSK	= <i>Phase Shift Keying</i>
QAM	= <i>Quadrature Amplitudo Modulation</i>
RoF	= <i>Radio Over Fiber</i>
LMS	= <i>Least Mean Square Equalizer</i>
EVM	= <i>Error Vector Magnitude</i>
ISI	= <i>Intersymbol Interference</i>
RF	= <i>Radio Frequency</i>
IMDD	= <i>Intensity Modulation Direct Detection</i>
SC	= <i>Switching Center</i>
RS	= <i>Remote Stations</i>
PIN-PD	= <i>Positive Intrinsic Negative Photodetector</i>
BER	= <i>Bit Error Rate</i>
DSP	= <i>Digital Signal Processing</i>
PLB	= <i>Power Link Budget</i>

### Hak Cipta Dilindungi Undang-Undang

1. Dilarang mengutip sebagian atau seluruh karya tulis ini tanpa mencantumkan dan menyebutkan sumber:
  - a. Pengutipan hanya untuk kepentingan pendidikan, penelitian, penulisan karya ilmiah, penyusunan laporan, penulisan kritik atau tinjauan suatu masalah.
  - b. Pengutipan tidak merugikan kepentingan yang wajar UIN Suska Riau.
2. Dilarang mengumumkan dan memperbanyak sebagian atau seluruh karya tulis ini dalam bentuk apapun tanpa izin UIN Suska Riau.



## BAB I PENDAHULUAN

### 1.1. Latar Belakang

Perkembangan dalam bidang telekomunikasi terus mengalami kemajuan yang pesat. Saat ini sistem komunikasi seluler telah mencapai generasi ke lima yang dikenal dengan 5<sup>th</sup> Generation (5G). 5G diperkenalkan sebagai standar baru dalam telekomunikasi. Teknologi 5G menonjolkan beberapa keunggulan, di mana kecepatan transfer data mencapai 10 kali lipat lebih cepat daripada generasi sebelumnya. Disamping itu, *bandwidth* (lebar pita) lebih luas, kapasitas lebih besar, dan latensi yang lebih rendah [1]. Jaringan 5G dapat ditingkatkan kapasitas dan mobilitas jaringannya dengan menggunakan sistem *Radio over Fiber* (RoF) [2].

RoF merupakan teknologi yang menggabungkan media transmisi *wireless* dan *wireline*. Pada RoF, pengiriman sinyal *radio frequency* (RF) ditransmisikan melalui kabel serat optik. Dengan menggunakan media transmisi serat optik, jaringan mampu mencapai jarak yang lebih jauh dibandingkan dengan melalui media udara [2].

Penelitian tentang jaringan *Radio over Fiber* 5G telah banyak dilakukan dalam dekade ini. Peneliti [3] mendesain jaringan *Analog Radio over Fiber* 5G dengan menggunakan OFDM pada frekuensi 25 GHz. OFDM ialah teknik yang memanfaatkan sejumlah frekuensi pembawa (*multicarrier*) dalam satu saluran, di mana setiap frekuensi pembawa tersebut bersifat *orthogonal* atau saling tegak lurus [4]. OFDM memiliki kelebihan yaitu, efisiensi spektral, daya tahan terhadap distorsi dan tahan terhadap gangguan saluran frekuensi selektif [3] [5] [6].

Peneliti [5] melakukan perancangan jaringan ARoF 5G berbasis OFDM pada frekuensi 60 GHz. Teknik modulasi yang digunakan adalah 4 QAM dan 16 QAM. Berdasarkan hasil penelitian diperoleh bahwa jarak maksimal yang mampu dicapai oleh sistem dengan 4 QAM adalah 25 km, sedangkan sistem dengan 16 QAM hanya mampu mencapai jarak transmisi 15 km.

Peneliti [6] melakukan perancangan jaringan 5G menggunakan OFDM untuk *mm-Wave Radio over Fiber* dengan frekuensi 28 GHz. Hasil penelitian menunjukkan bahwa sistem OFDM berdasarkan RoF dengan *Digital Signal Processing* (DSP) memberikan kinerja yang lebih baik saat diimplementasikan pada sistem *coherent* penerima, dan

modulasi 64 QAM memberikan kinerja optimal dalam faktor kualitas dan *bit error rate*.

Menurut kominfo, jaringan 5G di Indonesia akan menggunakan frekuensi pada 3,5 GHz dan 26 GHz [7]. Peneliti [8] telah merancang jaringan 5G *Radio over Fiber* pada frekuensi 3,5 GHz dengan menggunakan OFDM. Pada penelitian tersebut dilakukan analisis performansi menggunakan *Mach-Zender Modulator*. Hasil penelitian menunjukkan bahwa pada frekuensi 3,5 GHz mendapatkan nilai *Q-Factor* sebesar 6.199 dan BER sebesar  $2,83 \times 10^{-10}$ .

Peneliti [9] melakukan analisa *path loss* jaringan 5G pada frekuensi *upper band* dengan menggunakan model 3GPP ETSI. Untuk penelitian analisis performansi jaringan 5G RoF menggunakan OFDM yang membahas parameter *Power Link Budget (PLB)*, *Q-Factor*, *Bit Error Rate (BER)* untuk frekuensi 26 GHz belum ditemukan. Oleh karena itu penulis tertarik untuk melakukan penelitian dengan judul “Analisis Performansi *Orthogonal Frequency Division Multiplexing* Dengan Menggunakan Frekuensi 26 GHz Pada *Radio over Fiber*”.

## 1.2. Rumusan Masalah

Berdasarkan pada latar belakang yang telah diuraikan sebelumnya, maka dapat dirumuskan permasalahan sebagai berikut:

Bagaimana merancang model sistem *Radio over Fiber (RoF)* menggunakan *Orthogonal Frequency Division Multiplexing (OFDM)*, dan menganalisa performansi OFDM RoF difrekuensi 26 GHz dengan parameter PLB, *Q-Factor* dan BER.

## 1.3. Tujuan Penelitian

Adapun tujuan penelitian ini dilakukan antara lain:

Merancang model sistem RoF pada frekuensi 26 GHz menggunakan *Orthogonal Frequency Division Multiplexing (OFDM)*, dan menganalisa performansi OFDM – RoF pada frekuensi 26 GHz parameter PLB, *Q-Factor* dan BER.

## 1.4. Batasan Masalah

Untuk memastikan fokus dan pencapaian tujuan yang diinginkan dalam penulisan ini, ditetapkan batasan-batasan masalah yang akan diteliti, yaitu:

1. Modulasi OFDM yang digunakan 64 QAM.
2. *Photodetector* yang digunakan adalah jenis *Positive Intrinsic Negative*

*Photodetector (PIN-PD).*

3. Parameter performansi yang dianalisis yaitu PLB, *Q-Factor* dan BER.
4. Modulator yang digunakan adalah *Mach-Zender Modulator*.
5. Simulasi perancangan menggunakan *software OptiSystem*.

### **Manfaat Penelitian**

Adapun manfaat dilakukannya penelitian ini untuk menghasilkan rancangan model sistem sistem OFDM – RoF pada frekuensi 26 GHz yang baik, sehingga nantinya dapat menjadi referensi bagi *engineer* dalam melakukan penelitian jaringan 5G. Disamping itu, penelitian kali ini diharapkan dapat dikembangkan oleh peneliti lain dimasa yang akan datang.

#### **Hak Cipta Dilindungi Undang-Undang**

1. Dilarang mengutip sebagian atau seluruh karya tulis ini tanpa mencantumkan dan menyebutkan sumber:
  - a. Pengutipan hanya untuk kepentingan pendidikan, penelitian, penulisan karya ilmiah, penyusunan laporan, penulisan kritik atau tinjauan suatu masalah.
  - b. Pengutipan tidak merugikan kepentingan yang wajar UIN Suska Riau.
2. Dilarang mengumumkan dan memperbanyak sebagian atau seluruh karya tulis ini dalam bentuk apapun tanpa izin UIN Suska Riau.

## BAB II

### TINJAUAN PUSTAKA

#### Penelitian Terkait

Peneliti [3] melakukan analisa kerugian *noise fase* pada OFDM dengan menggunakan sistem AroF untuk teknologi 5G. Berdasarkan hasil menunjukkan bahwa keefektifan algoritma yang diajukan pada kondisi gangguan fase dan jarak *subcarrier* yang berbeda hasilnya AroF dapat memenuhi syarat EVM yang ditentukan oleh standar 5G, bahkan ketika terdapat kebisingan fase yang jauh lebih tinggi dari standar yang diterima OFDM.

Peneliti [5] melakukan perancangan jaringan menggunakan sistem A-RoF 5G *mmWave* berbasis OFDM terkonvergensi pada 60 GHz dalam perangkat lunak komersial terkenal VPI *Photonics Design SuiteTM* dengan 4 dan 16 QAM sebagai format modulasi di semua *subcarrier* OFDM. Saluran dalam pengaturan ini terdiri dari standar serat mode tunggal yang memiliki dispersi 16 ps/nm/km. Untuk mengkompensasi dispersi dalam pengaturan tersebut, pemrosesan sinyal digital telah dilakukan di *Matlab*. Metode yang digunakan penelitian ini adalah mengekstrak data dalam bentuk konstelasi terdistorsi dari penerima OFDM dan mengimportnya ke *Matlab* untuk diproses secara *offline* dengan *least mean square equalizer (LMS)*. *Error vector magnitude (EVM)* dari konstelasi yang telah disamakan dan dihitung secara matematis.

Selain itu, dilakukan pengujian panjang serat yang berbeda, baik menggunakan 4 QAM dan 16 QAM pada *subcarrier* OFDM dan untuk setiap kasus menghitung nilai EVM. Hasilnya menunjukkan bahwa jarak maksimal yang mampu dicapai oleh sistem dengan 4 QAM adalah 25 km, sedangkan sistem dengan 16 QAM hanya mampu mencapai jarak transmisi 15 km [5].

Peneliti [6] melakukan perancangan jaringan 5G menggunakan OFDM untuk *mm-Wave Radio over Fiber* dengan frekuensi 28 GHz. Hasil penelitian menunjukkan bahwa sistem OFDM berdasarkan RoF dengan *Digital Signal Processing (DSP)* memberikan kinerja yang lebih baik saat diimplementasikan pada sistem *coherent* penerima, dan modulasi 64 QAM memberikan kinerja optimal dalam faktor kualitas dan *bit error rate*.

Peneliti [8] telah merancang jaringan 5G *Radio over Fiber* pada frekuensi 3,5 GHz dengan menggunakan OFDM. Pada penelitian tersebut dilakukan analisis performansi menggunakan *Mach-Zender Modulator*. Hasil penelitian menunjukkan bahwa pada

frekuensi 3,5 GHz mendapatkan nilai *Q-Factor* sebesar 6.199 dan BER sebesar  $2.83 \times 10^{-10}$ .

Peneliti [9] melakukan analisa *path loss* jaringan 5G pada frekuensi *upper band* dengan menggunakan model 3GPP ETSI. Berdasarkan hasil simulasi menunjukkan bahwa kondisi LOS, *path loss* tidak dipengaruhi oleh tinggi penerima sinyal. Semakin tinggi penerima, maka *path loss* akan semakin kecil.

### 2.2. Orthogonal Frequency Division Multiplexing (OFDM)

OFDM ialah teknik yang memanfaatkan sejumlah frekuensi pembawa (*multicarrier*) dalam satu saluran, di mana setiap frekuensi pembawa tersebut bersifat *orthogonal* atau saling tegak lurus. Prinsip dari OFDM yaitu mengubah informasi yang dikirim dari awalnya yang berbentuk serial menjadi paralel. OFDM sering digunakan dalam sistem komunikasi *wireless* karena kemampuannya untuk mengatasi fenomena *multipath fading* yang dapat menyebabkan timbulnya *inter Symbol interference* (ISI) [4].

*Inter Symbol interference* (ISI) memiliki dampak yang mengakibatkan penerima kesulitan membaca informasi dengan tepat, yang berakibat pada penurunan kinerja sistem komunikasi digital. Salah satu cara untuk mengatasi ISI adalah dengan menggandakan simbol dan menambahkan simbol secara terstruktur, yang dikenal sebagai *guard interval*. OFDM mampu mengurangi masalah ini, dengan mengeliminasi kebutuhan akan *equalizer* dalam implementasi sistem transmisi data berkecepatan tinggi dibandingkan dengan metode *single carrier* [4].

### 2.3. Teknologi Komunikasi Generasi 5 (5G)

Teknologi komunikasi seluler memiliki tiga aspek perbedaan utama seperti akses radio *bandwidth*, kecepatan data dan skema *switching*-nya. Tiga aspek tersebut dapat terlihat dari generasi generasi sebelumnya (1G, 2G, 3G, 4G). 5G diubah dengan menggunakan telepon seluler dengan *bandwidth* yang tinggi. 5G merupakan *pocket switched* nirkabel dengan lingkup wilayah yang luas dengan *throughput* yang tinggi. Teknologi 5G menawarkan tingkat kecepatan yang tinggi, kapasitas yang sangat besar, dan biaya per *bit* yang rendah [10].

Teknologi 5G akan memungkinkan penggunaan berbagai aplikasi pada satu perangkat universal melalui infrastruktur telekomunikasi yang sudah ada. 5G juga akan mengembangkan terminal pelanggan, memberikan pilihan kepada pengguna untuk memilih antara berbagai penyedia jaringan seluler yang menawarkan layanan yang berbeda [10].

## 2.4 Radio over Fiber ( RoF)

*Radio over Fiber* (RoF) ialah metode untuk mengirimkan sinyal *radio frequency* (RF) melalui media transmisi berupa kabel serat optik. RoF sendiri merupakan hasil gabungan antara teknologi *wireline* dan *wireless*, dirancang dengan memasukkan komponen *transceiver* dari *Base Transceiver Station* (BTS) dan memanfaatkan transmisi serat optik. RoF juga dapat meningkatkan kapasitas dan mobilitas dari jaringan 5G. Penggunaan media transmisi serat optik memungkinkan sinyal mencapai jarak yang lebih besar dibandingkan dengan pengiriman melalui media udara. Penyebabnya dikarenakan media serat optik memiliki redaman lebih kecil dibandingkan media udara [11].

Dalam sistem RoF, sinyal *radio frequency* (RF) akan mengalami modulasi pada sinyal optik sebelum ditransmisikan melalui saluran serat optik menuju penerima. Untuk melakukan modulasi pada sinyal optik, diperlukan sistem *Intensity Modulation Direct Detection* (IMDD). Pada sistem IMDD, terdapat dua kemungkinan metode implementasi, yaitu modulasi langsung dan modulasi eksternal pada sinyal pembawa optik [12].

Sistem transmisi *Radio over Fiber* memiliki sejumlah keunggulan dan kelemahan, di antaranya [12] :

### 1. Rugi-rugi rendah

Transmisi sinyal gelombang mikro dengan frekuensi tinggi dalam ruang bebas mengalami rugi-rugi akibat penyerapan dan pemantulan, serta memiliki impedansi saluran yang berbanding lurus dengan frekuensi, sehingga pengiriman sinyal radio frekuensi tinggi secara elektrik untuk jarak yang jauh memerlukan peralatan regenerasi [12].

### 2. *Bandwidth* yang lebar

*Bandwidth* diserat optik memiliki kapasitas yang sangat besar daripada media *wireless*. Saat ini, serat optik dapat menyediakan *bandwidth* hingga 1.6 THz [12].

### 3. Tahan terhadap interferensi radio

Komunikasi melalui serat optik memiliki ketahanan terhadap interferensi elektromagnetik karena sinyal dikirimkan dalam bentuk cahaya melalui serat optik, bukan sebagai gelombang elektromagnetik [12].

### 4. Instalasi dan perawatan yang mudah

Penerapan *Radio over Fiber* (RoF) mengeliminasi keperluan akan isolator lokal dan peralatan lain di *remote stations* (RS), karena peralatan modulasi dan *switching* disimpan di *Switching Center* (SC) dan digunakan bersama oleh beberapa RS.

Dampaknya adalah RS yang lebih ringan dan kompak, mengurangi biaya instalasi dan perawatan [12].

#### 5. Mengurangi konsumsi listrik

Menurunkan konsumsi daya menjadi konsekuensi dari adopsi *Remote Antenna Unit* (RAU) yang sederhana dengan mengurangi jumlah peralatan yang dibutuhkan. Sebagian besar peralatan yang kompleks disimpan di *headend* terpusat. Dalam beberapa aplikasi, RAU dapat dioperasikan dalam mode pasif. Pentingnya mengurangi konsumsi daya di RAU perlu diperhatikan, terutama karena terkadang RAU ditempatkan di lokasi terpencil yang tidak terhubung dengan jaringan listrik [12].

#### 6. *Multi-Operator* dan *Multi-Service Operation*

*Radio over Fiber* (RoF) menawarkan fleksibilitas dalam sistem operasionalnya. Terkait dengan perkembangan teknologi *microwave*, sistem distribusi RoF dapat dirancang untuk menjadi transparan terhadap format sinyal. Ini dapat dicapai dengan memanfaatkan serat dispersi rendah (SRF) yang digabungkan dengan *subcarrier pre-modulasi RF* (SCM). Dalam konteks ini, jaringan RoF yang sama dapat digunakan untuk mendistribusikan trafik *multi-operator* dan *multi-service*, menghasilkan efisiensi ekonomi yang signifikan. Pendekatan ini membatasi nilai *noise figure* dan rentang dinamika jaringan RoF [12].

#### 7. Adanya Distorsi *Non-Linear*

Distorsi *nonlinear* sebagian besar terjadi karena sifat *nonlinear laser diode* dan dispersi kromatik dan *noise* yang dibangkitkan oleh perangkat pengirim [13].

### 2.5. *Quadrature Amplitudo Modulation* (QAM)

Salah satu teknik modulasi sinyal informasi dengan sinyal pembawa adalah *Quadrature Amplitude Modulation* (QAM). Cara kerja dari QAM ini mengubah sinyal informasi yang dikirimkan menjadi simbol-simbol. Kemudian simbol tersebut dikalikan dengan sinyal pembawa yang frekuensinya lebih tinggi daripada sinyal informasi [11].

QAM merupakan suatu teknik transmisi yang digunakan pada tingkat *bit* yang lebih tinggi melalui saluran kanal dengan lebar pita yang terbatas. QAM membutuhkan *bandwidth* yang lebih sempit daripada modulasi *Phase Shift Keying* (PSK) dan mempunyai nilai *Probability of Symbol Error* lebih kecil dibandingkan *Amplitude Shift Keying* (ASK) [11].

#### Hak Cipta Dilindungi Undang-Undang

1. Dilarang mengutip sebagian atau seluruh karya tulis ini tanpa mencantumkan dan menyebutkan sumber:

a. Pengutipan hanya untuk kepentingan pendidikan, penelitian, penulisan karya ilmiah, penyusunan laporan, penulisan kritik atau tinjauan suatu masalah.

b. Pengutipan tidak merugikan kepentingan yang wajar UIN Suska Riau.

2. Dilarang mengumumkan dan memperbanyak sebagian atau seluruh karya tulis ini dalam bentuk apapun tanpa izin UIN Suska Riau.

© Hak cipta milik UIN Suska Riau  
State Islamic University of Sultan Saifuddin Kasim Riau

## 2.6. Mach Zender Modulator

Modulator optik merupakan komponen yang merubah sinyal informasi menjadi sinyal *carrier* berupa cahaya. Modulator *mach-zender* merupakan salah satu bagian dari modulator eksternal. Modulator eksternal beroperasi dengan prinsip menggabungkan (*interfering*) dua cahaya koheren. Kombinasi dari dua cahaya koheren tersebut menghasilkan pola garis-garis cahaya yang sesuai dengan perbedaan fasa antara keduanya. Saat fasa sama, intensitasnya mencapai maksimum, memungkinkan cahaya merambat ke media transmisi. Sebaliknya, ketika terjadi perbedaan fasa, intensitasnya mencapai minimum, sehingga tidak ada cahaya yang merambat ke media transmisi [2].

## 2.7. Photodetector

*Photodetector* harus memenuhi standar kinerja yang ketat, termasuk memiliki sensitivitas tinggi pada panjang gelombang operasional, tingkat *noise* yang rendah, dan *bandwidth* yang mencukupi untuk mendukung kecepatan data yang dibutuhkan. Sinyal optik umumnya melemah setelah melalui saluran komunikasi. Respon *photodetector* tidak boleh dipengaruhi oleh fluktuasi suhu, dan perangkat harus memiliki masa pakai yang konsisten. Panjang gelombang di mana *photodetector* merespon cahaya dapat bervariasi tergantung pada bahan yang digunakan dalam *photodetector* tersebut [14].

### 2.7.1. Positive Intrinsic Negative Photodetector (PIN-PD)

*Positive Intrinsic Negative Photodetector (PIN-PD)* adalah *photodetector* dengan bahan semikonduktor pada sistem komunikasi optik. PIN-PD ini terdiri dari bahan semikonduktor p dan n yang terpisahkan oleh *n-doped intrinsic 'i'* yang sangat ringan. Bahan p, n dan i dapat disebut sebagai zona pada PIN-PD. Zona *p-dope* merupakan zona untuk membuat kelebihan *hole*, zona *n-dope* untuk membuat kelebihan *pole*, dan zona *intrinsic* yang berfungsi sebagai tempat penyerapan. Dengan memaksimalkan kinerja dari *photodetector* lebar dan zona *intrinsic* dapat dioptimalkan. Nilai multiplikasi (M) dari perangkat PIN-APD ini adalah sebesar 1 [14].



## 2.8. Parameter Analisa

### 2.8.1. Power Link Budget (PLB)

*Power Link Budget* (PLB) digunakan untuk menghitung nilai daya terima pada saat pengiriman *transmitter* menuju *receiver* [8]. *Power Link Budget* dapat disederhanakan sebagai berapa banyak daya yang dapat diterima suatu konektor optik, dengan mempertimbangkan berbagai faktor penurunan daya yang terjadi di konektor tersebut, seperti redaman dari kabel, redaman dari konektor, redaman dari sambungan, dan redaman sambungan serta *margin* sistem [15]. Persamaan untuk perhitungan PLB sebagai berikut:

$$P_R = P_T - K_L - M_S \quad (2.1)$$

$P_R$  adalah nilai daya yang diterima *receiver*, sedangkan  $P_T$  adalah daya yang diterima *transmitter*.  $K_L$  merupakan nilai redaman total dan  $M_S$  adalah db terdapat sistem *margin*. Redaman total ( $K_L$ ) terdiri dari  $a_c$ ,  $a_{sp}$ , dan  $a_f$ . Sehingga didapatkan persamaan berikut [16]:

$$K_L = N_c \cdot a_c + N_{sp} \cdot a_{sp} + L \cdot a_f \quad (2.2)$$

$N_c$  adalah jumlah konektor dalam buah (bh),  $N_{sp}$  merupakan jumlah *splice* dalam buah (bh), dan  $L$  merupakan panjang fiber optik dalam kilometer (km) [16].

### 2.8.2. Q-Factor

*Q-factor* merupakan metode pengukuran kualitas sistem secara menyeluruh yang merangkum evaluasi pada perhitungan BER. *Q-factor* dapat dihitung dengan menggunakan persamaan berikut [17]:

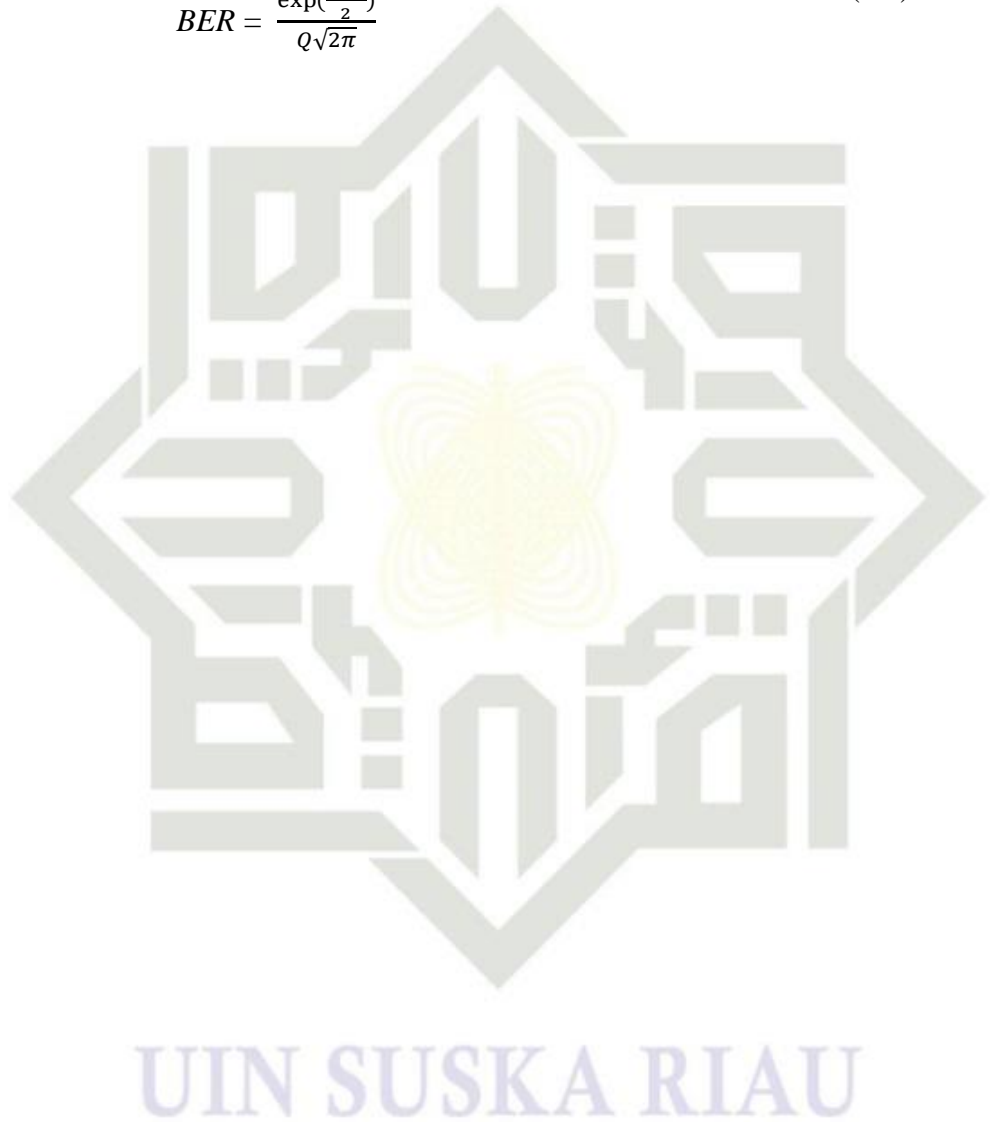
$$Q = \frac{10 \frac{SNR}{20}}{2} \quad (2.3)$$

2. Dilarang mengemukakan dan memperbanyak sebagian atau seluruh karya tulis ini dalam bentuk apapun tanpa izin UIN Suska Riau.  
 1. Dilarang mengutip sebagian atau seluruh karya tulis ini tanpa mencantumkan dan menyebutkan sumber.  
 a. Pengutipan hanya untuk kepentingan pendidikan, penelitian, penulisan karya ilmiah, penyusunan laporan, penulisan kritik atau tinjauan suatu masalah.  
 b. Pengutipan tidak merugikan kepentingan yang wajar UIN Suska Riau.

### 2.8.3. Bit Error Rate (BER)

Bit Error Rate (BER) adalah perbandingan antara jumlah *bit* yang dikirim dengan jumlah *bit* yang mengalami kesalahan. Kesalahan pada *bit* dapat disebabkan oleh gangguan, dispersi, interferensi, dan faktor lainnya [16]. Hubungan antara BER dan *Q-factor* dapat dijelaskan sebagai berikut :

$$BER = \frac{\exp\left(\frac{-Q^2}{2}\right)}{Q\sqrt{2\pi}} \quad (2.4)$$



1. Dilarang mengutip sebagian atau seluruh karya tulis ini tanpa mencantumkan dan menyebutkan sumber:
  - a. Pengutipan hanya untuk kepentingan pendidikan, penelitian, penulisan karya ilmiah, penyusunan laporan, penulisan kritik atau tinjauan suatu masalah.
  - b. Pengutipan tidak merugikan kepentingan yang wajar UIN Suska Riau.
2. Dilarang mengemukakan dan memperbanyak sebagian atau seluruh karya tulis ini dalam bentuk apapun tanpa izin UIN Suska Riau.

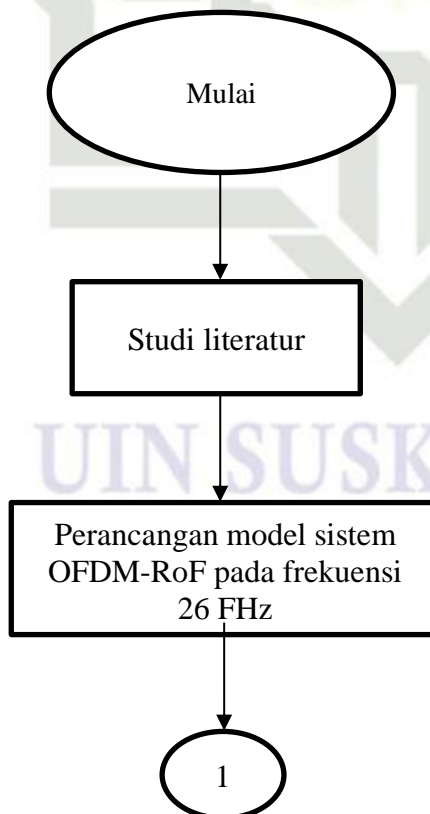
## BAB III METODE PENELITIAN

### 3.1. Jenis Penelitian

Penelitian ini merupakan jenis penelitian kuantitatif. Pengambilan data kali ini dilakukan dengan metode sekunder. Adapun penelitian ini bertujuan untuk merancang rangkaian model sistem OFDM – RoF pada frekuensi 26 GHz secara sistematis dan melakukan analisa terkait rancangan model sistem OFDM – RoF pada frekuensi 26 GHz menggunakan OFDM dan RoF. Hasil dari model sistem OFDM – RoF 26 GHz kemudian dianalisis.

### 3.2. Prosedur Penelitian

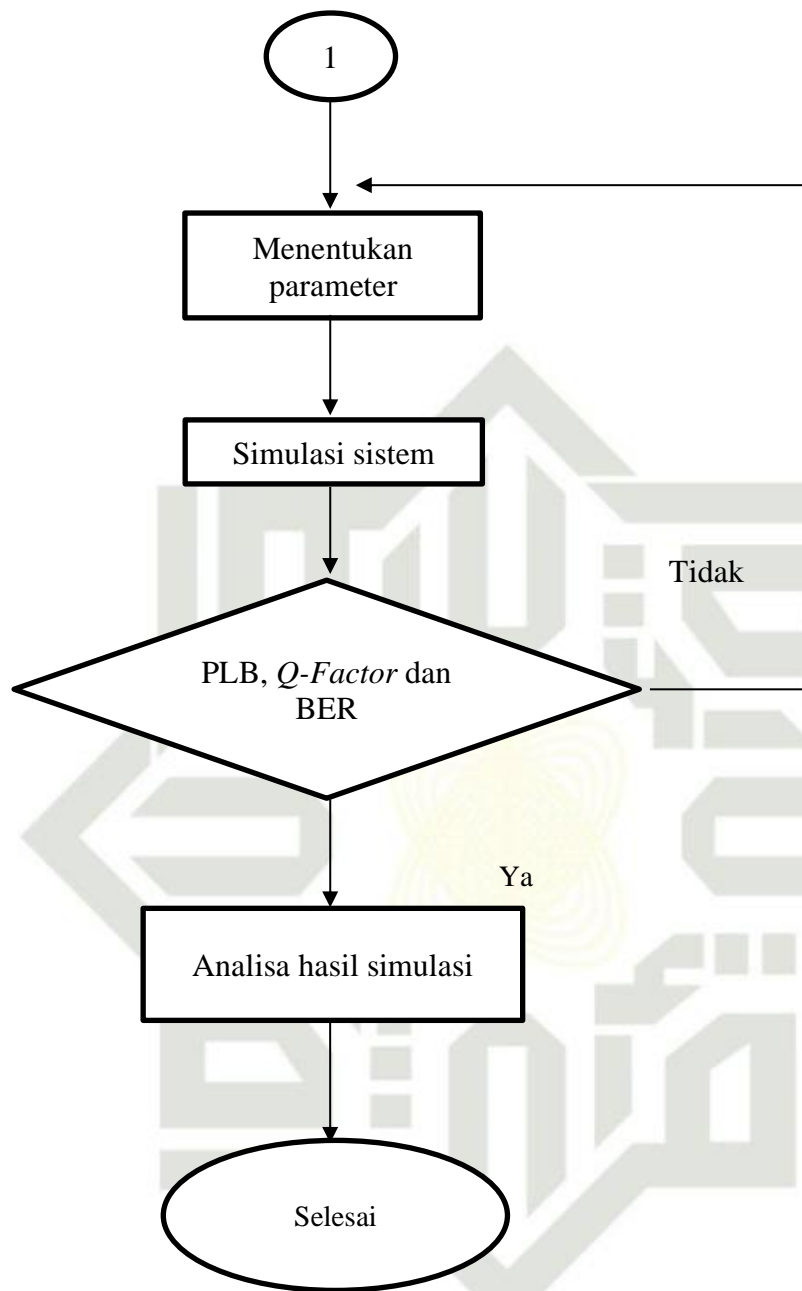
Penelitian kali ini berfokus pada perancangan model sistem OFDM – RoF 26 GHz. Untuk mendesain rangkaian menggunakan aplikasi *Opti System 2015*. Hasil dari penelitian ini mencakup *Power Link Budget (PLB)*, *Q-Factor*, dan BER. Kemudian, hasil tersebut dianalisa untuk performansi model sistem OFDM – RoF pada frekuensi 26 GHz. Alur penelitian kali ini digambarkan melalui *flowchart* sebagai berikut :



- Hak Cipta Dilindungi Undang-undang
1. Dilarang mengutip sebagian atau seluruh karya tulis ini tanpa mencantumkan dan menyebutkan sumber:
    - a. Pengutipan hanya untuk kepentingan pendidikan, penelitian, penulisan karya ilmiah, penyusunan laporan, penulisan kritik atau tinjauan suatu masalah.
    - b. Pengutipan tidak merugikan kepentingan yang wajar UIN Suska Riau.
  2. Dilarang mengumumkan dan memperbanyak sebagian atau seluruh karya tulis ini dalam bentuk apapun tanpa izin UIN Suska Riau.

**Hak Cipta Dilindungi Undang-Undang**

1. Dilarang mengutip sebagian atau seluruh karya tulis ini tanpa mencantumkan dan menyebutkan sumber:
  - a. Pengutipan hanya untuk kepentingan pendidikan, penelitian, penulisan karya ilmiah, penyusunan laporan, penulisan kritik atau tinjauan suatu masalah.
  - b. Pengutipan tidak merugikan kepentingan yang wajar UIN Suska Riau.
2. Dilarang mengumumkan dan memperbanyak sebagian atau seluruh karya tulis ini dalam bentuk apapun tanpa izin UIN Suska Riau.



Gambar 3.1 Flowchart alur penelitian

### 3.3. Studi Pustaka

Judul penelitian ini adalah “Analisis Performansi *Orthogonal Frequency Division Multiplexing* dengan menggunakan Frekuensi 26 GHz pada *Radio Over Fiber*.” Penelitian ini disetujui oleh pembimbing dengan argumen bahwa penelitian pada frekuensi 26 GHz di Indonesia masih sangat sedikit dan penelitian ini sangat diperlukan untuk perkembangan jaringan 5G di Indonesia.

Selanjutnya, penulis melakukan studi literatur terkait 5G yang membahas OFDM, *Radio Over Fiber*, serta penelitian jaringan 5G di Indonesia. Sumber studi literatur

melibatkan referensi dari berbagai paper yang relevan dengan penelitian ini.

### 3.1. Perancangan Sistem

#### 3.1.1. Perangkat yang digunakan

Spesifikasi *hardware* PC/Laptop yang penulis gunakan dalam penelitian

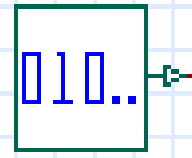
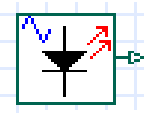
- a. Laptop
- b. Processor AMD Athlon Silver 3050 – with Radeon Graphics ( 2 CPUs), 2,3 GHz
- c. Ram 4 GB
- d. Memory SSD 256

Aplikasi *software* PC/Laptop yang penulis rekomendasikan untuk penelitian pada tahap perancangan rangkaian 5G dengan menggunakan OFDM dan RoF:

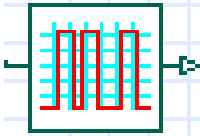
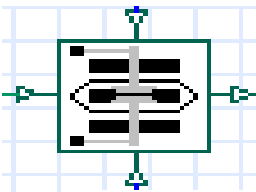




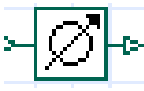
- a. Sistem Operasi Windows 7
- b. Deepfreeze
- c. Opti System

#### 3.4.2. Konfigurasi komponen

Tabel 3.1 Konfigurasi komponen penelitian

No.	Konfigurasi komponen penelitian	Keterangan
1.		<i>Pseudo Random Bit Sequence Generator</i> berfungsi untuk mengaktifkan urutan biner <i>pseudo random</i> sebagai salah satu sinyal uji dalam proses identifikasi dinamis.
2.		<i>Continuous Wave Laser</i> berguna untuk mengaktifkan sinyal optik sebagai sinyal masukan.

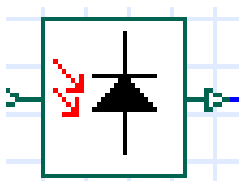
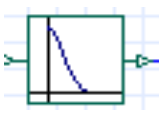
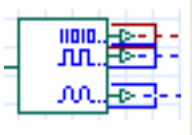

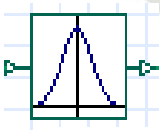
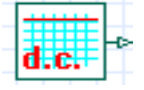
3. Hak Cipta Dilindungi Undang-Undang
1. Dilarang mengutip sebagian atau seluruh karya tulis ini tanpa mencantumkan dan menyebutkan sumber.
  - a. Pengutipan hanya untuk kepentingan pendidikan, penelitian, penulisan karya ilmiah, penyusunan laporan, penulisan kritik atau tinjauan suatu masalah.
  - b. Pengutipan tidak merugikan kepentingan yang wajar UIN Suska Riau.
2. Dilarang mengumumkan dan memperbanyak sebagian atau seluruh karya tulis ini dalam bentuk apapun tanpa izin UIN Suska Riau.

3.		<p><i>Line coding</i> merupakan proses perubahan data digital ke sinyal digital. <i>Line coding</i> yang digunakan adalah RZ. RZ berfungsi untuk menghasilkan sinyal yang sesuai dengan format kode <i>Return-to-Zero</i>.</p>
5.		<p><i>Mach-Zender Modulator</i> merupakan salah satu jenis <i>external modulation</i>. Ketika sinyal pembawa memasuki modulator cahaya akan dibagi menjadi dua jalur, satu jalur tidak dapat diubah dan satu jalur dimodulasi.</p>
6.		<p>OFDM merupakan salah satu teknik <i>multiplexing</i>. Prinsip dari OFDM yaitu mengubah informasi yang dikirim dari awalnya yang berbentuk serial menjadi paralel.</p>
7.		<p>QAM merupakan suatu teknik transmisi yang digunakan pada tingkat <i>bit</i> yang lebih tinggi melalui saluran kanal dengan lebar pita yang terbatas. Cara kerja dari QAM ini mengubah sinyal informasi yang dikirimkan menjadi simbol-simbol.</p>
7.		<p><i>Connector</i> berfungsi untuk menyambung dua komponen optik.</p>
8.		<p><i>Optical Fiber Length</i> merupakan panjang serat optik yang digunakan pada jaringan telekomunikasi.</p>
9.		<p><i>Optical Attenuator berfungsi</i> untuk mengurangi intensitas sinyal cahaya dalam jaringan serat optik.</p>

© Hak cipta milik UIN Suska Riau

State Islamic University of Sultan Syarif Kasim Riau

1. Ditaring mengutip sebagian atau seluruh karya tulis ini tanpa mencantumkan dan menyebutkan sumber:
- Pengutipan hanya untuk kepentingan pendidikan, penelitian, penulisan karya ilmiah, penyusunan laporan, penulisan kritik atau tinjauan suatu masalah.
  - Pengutipan tidak merugikan kepentingan yang wajar UIN Suska Riau.
2. Dilarang mengemukakan dan memperbanyak sebagian atau seluruh karya tulis ini dalam bentuk apapun tanpa izin UIN Suska Riau.

<p>© Hak cipta milik UIN Suska Riau</p>		<p><i>Positive Intrinsic Negative Photodetector (PIN-PD)</i> adalah <i>photodetector</i> dengan bahan semikonduktor pada sistem komunikasi optik. Prinsip kerja PIN adalah mengubah energi optik (<i>foton</i>) yang diterima menjadi arus keluaran berdasarkan <i>photo voltaic effect</i>.</p>
<p>12.</p>		<p><i>Low Pass Bessel Filter</i> berfungsi untuk menghilangkan <i>noise</i> dengan frekuensi tinggi.</p>
<p>13.</p>		<p><i>3R Regenerator</i> adalah komponen yang berfungsi untuk memperbaiki sinyal optik yang terdistorsi.</p>
<p>14.</p>		<p><i>BER Analyzer</i> merupakan komponen yang menampilkan nilai dari BER dan <i>Q-Factor</i>.</p>
<p>15.</p>		<p>Filter ini dirancang untuk membiarkan beberapa peningkatan dan penurunan memasuki pita lintasan, yang bertujuan untuk meminimalkan penundaan grup agar tetap konsisten.</p>
<p>15.</p>		<p><i>Bias generator</i> berfungsi untuk mengurangi <i>noise</i>.</p>

### 3.4.3. Parameter perangkat

Penentuan parameter ini dilakukan pada perangkat yang digunakan terdapat *transmitter, optical link, dan receiver*.

Tabel 3.2 Parameter *transmitter*

No	Parameter	Nilai
1.	<i>Bit Rate</i>	10 Gbps, 20 Gbps, 30 Gbps dan 40 Gbps
2.	Frekuensi	26 GHz
3.	Modulasi	64 QAM
4.	<i>Subcarrier OFDM</i>	128
5.	<i>Optical Rise Time</i>	35 ps
6.	<i>Spectral Width</i>	0,2 nm
7.	<i>Optical Source Frequency</i>	193,1 THz
8.	Daya	0 dBm
9.	Panjang <i>Fiber Optic</i>	10 s.d. 90 km
10.	Jenis kabel <i>Fiber Optic</i>	<i>Singlemode</i>

Tabel 3.2 merupakan spesifikasi rangkaian *transmitter* RoF pada frekuensi 26 GHz jaringan 5G menggunakan *Mach-Zender Modulator* dengan sumber cahaya yang digunakan adalah *QW laser*.

Tabel 3.3 Parameter *receiver*

No.	Parameter	Nilai
1.	<i>Photodetector</i>	PIN
2.	Responsivitas	0,85 A/W
3.	Filter	<i>Low Pass Bessel Filter</i>
4.	<i>Bandwidth</i>	10 Ghz
5.	<i>Center Frequency</i>	193,1 THz
6.	<i>Cutoff Frequency</i>	10 Ghz

Tabel 3.3 merupakan spesifikasi rangkaian *receiver*. Perancangan *receiver* menggunakan *Photodetector* jenis PIN dan filter yang digunakan adalah *Low Pass Bessel*



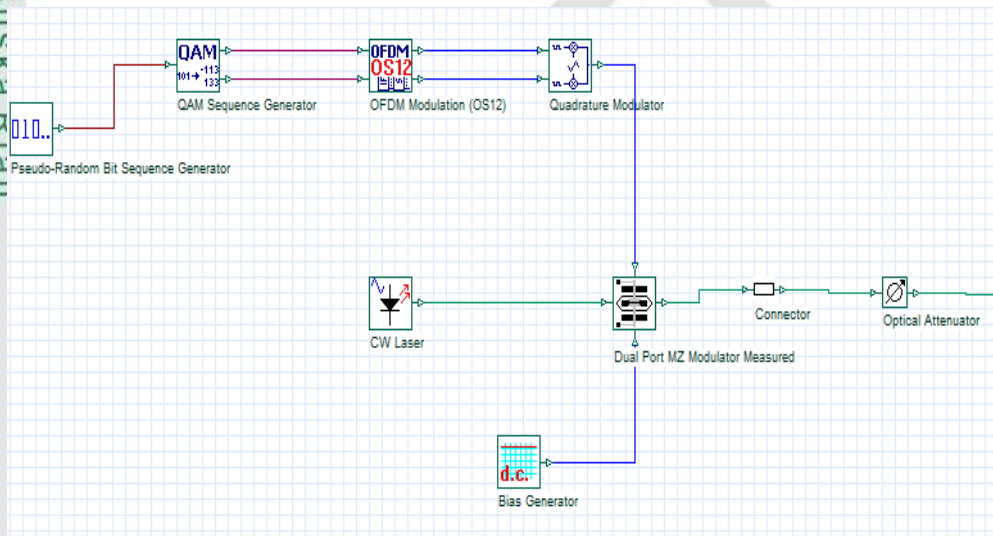
**Filter.**

**Hak Cipta Dilindungi Undang-Undang**

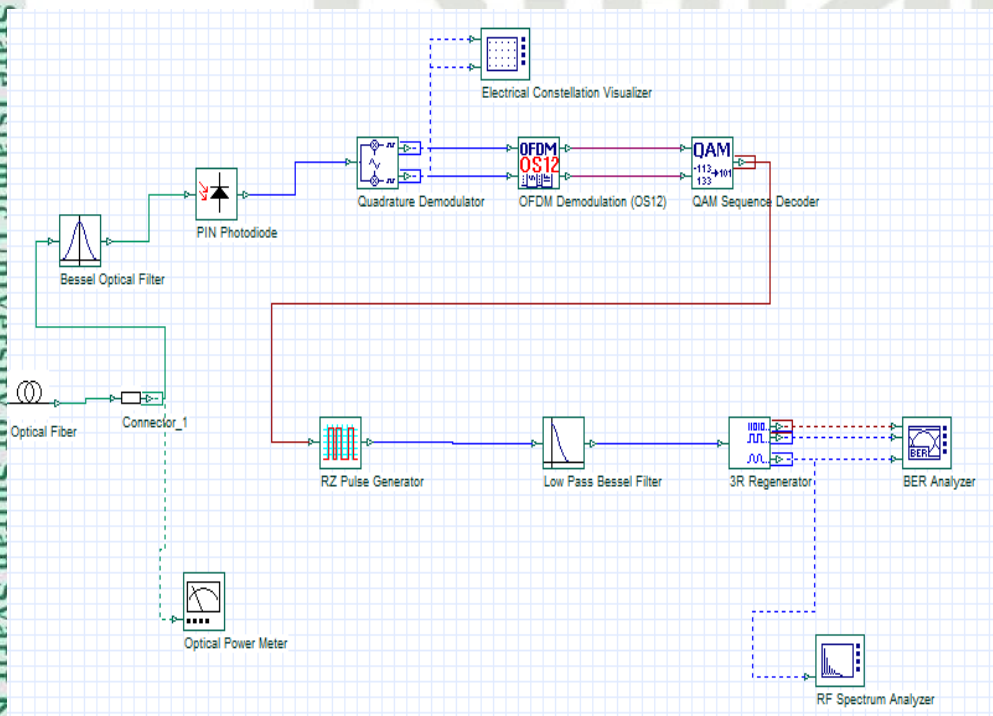
1. Dilarang mengutip sebagian atau seluruh karya tulis ini tanpa mencantumkan dan menyebutkan sumber:
- a. Pengutipan hanya untuk kepentingan pendidikan, penelitian, penulisan karya ilmiah, penyusunan laporan, penulisan kritik atau tinjauan suatu masalah.
- b. Pengutipan tidak merugikan kepentingan yang wajar UIN Suska Riau.
2. Dilarang mengumumkan dan memperbanyak sebagian atau seluruh karya tulis ini dalam bentuk apapun tanpa izin UIN Suska Riau.

**3.1.4. Design dan simulasi performansi 5G dengan OFDM dan RoF**

Perancangan jaringan 5G sistem RoF dan teknik *multiplexing* OFDM. Pada perancangan ini menggunakan *bitrate* 10 Gbps, 20 Gbps, 30 Gbps dan 40 Gbps dengan modulasi 64 QAM, frekuensi 26 GHz. *Photodetector* PIN, *Low Pass Bessel Filter* dan panjang gelombang 1550 nm. Perancangan sistem akan dilakukan dengan jarak yang berbeda-beda dengan memperhatikan nilai BER dan *Q-factor*.



Gambar 3.2 Model sistem OFDM – RoF 26 GHz transmitter



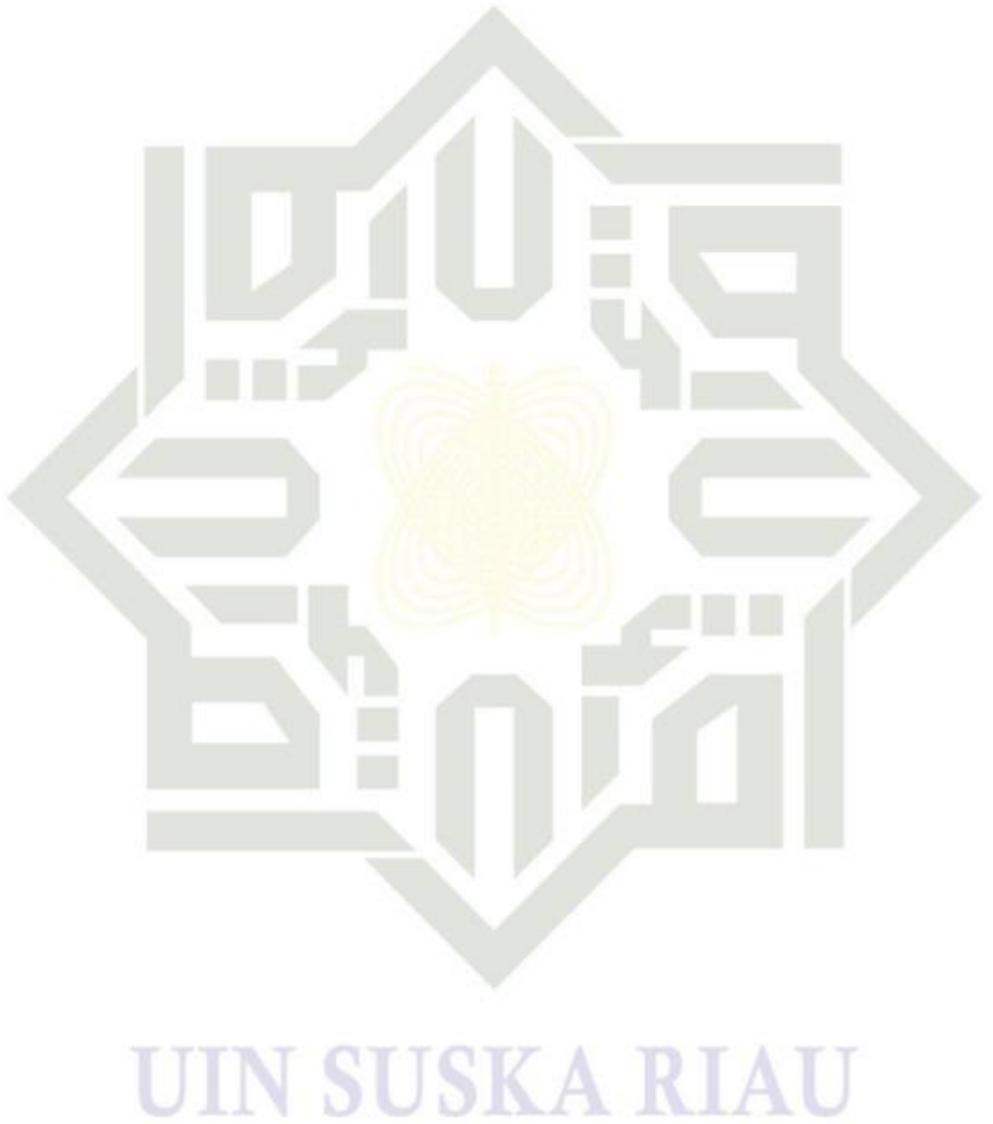
Gambar 3.3 Model sistem OFDM – RoF 26 GHz receiver

### 3.5 Analisa Hasil

Tahapan terakhir pada penelitian ini yaitu melakukan analisis pada hasil simulasi performansi jaringan 5G dengan OFDM dan RoF, dengan parameter *Power Link Budget*, *Q-Factor* dan BER.

#### 3.5.1 Hak Cipta Dilindungi Undang-Undang

1. Dilarang mengutip sebagian atau seluruh karya tulis ini tanpa mencantumkan dan menyebutkan sumber:
  - a. Pengutipan hanya untuk kepentingan pendidikan, penelitian, penulisan karya ilmiah, penyusunan laporan, penulisan kritik atau tinjauan suatu masalah.
  - b. Pengutipan tidak merugikan kepentingan yang wajar UIN Suska Riau.
2. Dilarang mengumumkan dan memperbanyak sebagian atau seluruh karya tulis ini dalam bentuk apapun tanpa izin UIN Suska Riau.



## BAB V PENUTUP

### 5.1. Kesimpulan

Berdasarkan simulasi yang telah dilakukan pada *bitrate* 10 Gbps, 20 Gbps, 30 Gbps dan 40 Gbps didapati hasil simulasi pada *bitrate* 10 Gbps dengan jarak maksimum 70 km nilai BER adalah  $7,52929 \times 10^{-122}$ , pada *bitrate* 20 Gbps dengan jarak maksimum 50 km nilai BER adalah  $7,54135 \times 10^{-113}$ , pada *bitrate* 30 Gbps dengan jarak maksimum 30 km nilai BER adalah  $1,9551 \times 10^{-103}$ , dan *bitrate* 40 Gbps pada jarak maksimum 20 km nilai BER adalah  $1,10003 \times 10^{-123}$ . Karena karakteristik serat optik menimbulkan dispersi atau pelebaran pulsa dan pelebaran pulsa tersebut mempengaruhi pentransmisiian sinyal berlangsung yang mana semakin tinggi *bitrate* yang digunakan maka akan semakin pendek pula jarak yang dapat dijangkau.

### 5.2. Saran

Untuk penelitian selanjutnya, penelitian ini dapat dilanjutkan dengan menambah jumlah *subcarrier* pada OFDM RoF 26 GHz. Disamping itu, penggunaan teknik modulasi yang berbeda yang dapat memberikan performansi BER yang lebih baik, juga membuka potensi untuk dilakukannya penelitian selanjutnya, sehingga dapat meningkatkan penggunaan *bitrate* dan meningkatkan jarak transmisi sistem.

- Hak Cipta Dilindungi Undang-Undang
1. Dilarang menyalin, mengutip sebagian atau seluruhnya atau melakukan tindakan yang sama tanpa izin penulisan, kecuali untuk tujuan pendidikan atau penelitian, dan wajib mencantumkan sumber.
  2. Dilarang mengutip sebagian atau seluruhnya atau melakukan tindakan yang sama tanpa izin penulisan, kecuali untuk tujuan pendidikan atau penelitian, dan wajib mencantumkan sumber.
- a. Pengutipan hanya untuk kepentingan pendidikan, penelitian, penulisan karya ilmiah, penyusunan laporan, penulisan kritik atau tinjauan suatu masalah.  
b. Pengutipan tidak merugikan kepentingan yang wajar UIN Suska Riau.
2. Dilarang mengutip dan memperbanyak sebagian atau seluruhnya atau melakukan tindakan yang sama tanpa izin UIN Suska Riau.



- Area Network (WLAN),” *Jom FTEKNIK*, vol. 8, no. 2, 2021.
- 15] A. Basalamah, “Analisis Teknologi OFDM Pada Radio Over Fiber (RoF),” *Logitech*.  
 16] A. Eka Rakhmania, S. Hadi Pramono, D. Fadila Kurniawan, J. Teknik Elektro, and P. Negeri Malang, “Kinerja Orthogonal Frequency Division Multiple Access (OFDMA) Pada Teknologi Radio Over Fiber(ROF),” *Gema Teknologi*, vol. 20, no. 3, 2019.
- 17] A. Izmi Amalia, I. Akhmad Hambali, and B. Pamukti, “Analisis Performansi Photodetektor PIN dan APD Pada Sistem Komunikasi Cahaya Tampak Di Bawah Air,” *e-Proceeding of Engineering*, vol. 7, no. 1, pp. 479–579, 2020.
- 18] B. B. Rijadi, M. Yunus, and S. N. Ariyani, “Analisis Power Link Budget Mini Point Of Presence (POP) Dengan Teknologi Gigabit Passive Optical Network (GPON),” *JET Jurnal Elektro Teknik*, vol. 1, no. 2, pp. 17–21, 2021.
- 19] M. Christine, I. A. Hambali, and K. Sujatmoko, “Analisis Performansi Sistem Jaringan Radio Over Fiber Untuk Pengaplikasian Telekomunikasi Dalam Ruangan,” *e-Proceeding of Engineering*, vol. 6, no. 2, p. 3477, 2019.
- 20] Adiati. Rima Fitria, Apriani Kusumawardhani, and Heru Setijono, “Analisis Parameter Signal to Noise Ratio dan Bit Error Rate dalam Backbone Komunikasi Fiber Optik Segmen Lamongan-Kebalen,” *JURNAL TEKNIK ITS*, vol. 6, 2017.
- 21] R. A. Qolbi, D. M. Saputri, A. Hambali, P. S1, and T. Telekomunikasi, “Analisis Performansi Generalized Frequency Division Multiplexing Untuk Komunikasi 5G Pada Radio-over-Fiber.”
- 22] A. Isnawati Fitriani, Riyanto, and A. Wijayanto Enggar, “Pengaruh Dispersi Terhadap Kecepatan Data Komunikasi Optik Menggunakan Pengkodean Return To Zero (RZ) Dan Non Return To Zero (NRZ),” *Infotel*, vol. 1, no. 2, 2009.

Hak Cipta Dilindungi Undang-Undang

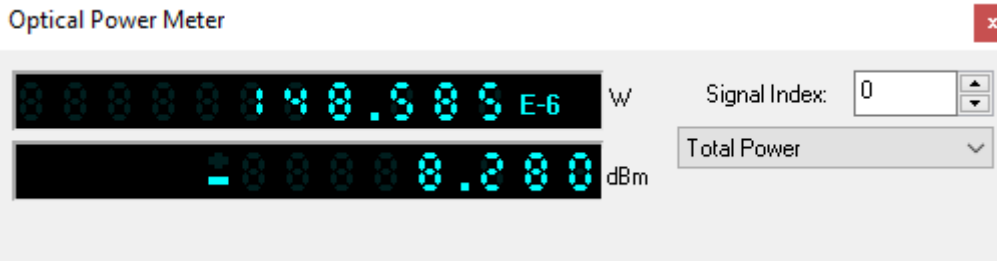
1. Dilarang mengutip sebagian atau seluruh karya tulis ini tanpa mencantumkan dan menyebutkan sumber:

a. Pengutipan hanya untuk kepentingan pendidikan, penelitian, penulisan karya ilmiah, penyusunan laporan, penulisan kritik atau tinjauan suatu masalah.

b. Dilarang mengumumkannya dan memperbanyak sebagian atau seluruh karya tulis ini dalam bentuk apapun tanpa izin UIN Suska Riau.

## LAMPIRAN

Lampiran 1 : Hasil Simulasi *Power Link Budget (PLB) bitrate 10 Gbps* pada jarak minimum.



Lampiran 2 : Hasil Simulasi *Power Link Budget (PLB) bitrate 10 Gbps* pada jarak maksimum.



Lampiran 3 : Hasil Simulasi *Power Link Budget (PLB) bitrate 20 Gbps* pada jarak minimum.



Hak Cipta Dilindungi

1. Dilarang mengutip sebagian atau seluruh karya tulis ini tanpa mencantumkan dan menyebutkan sumber.

a. Pengutipan hanya untuk kepentingan pendidikan, penelitian, penulisan karya ilmiah, penyusunan laporan, penulisan kritik atau tinjauan suatu masalah.

b. Pengutipan tidak merugikan kepentingan yang wajar UIN Suska Riau.

2. Dilarang mengumumkan dan memperbanyak sebagian atau seluruh karya tulis ini dalam bentuk apapun tanpa izin UIN Suska Riau.

Lampiran 4 : Hasil Simulasi *Power Link Budget (PLB)* bitrate 20 Gbps pada jarak maksimum.



Lampiran 5 : Hasil Simulasi *Power Link Budget (PLB)* bitrate 30 Gbps pada jarak minimum.



Lampiran 6 : Hasil Simulasi *Power Link Budget (PLB)* bitrate 30 Gbps pada jarak maksimum.



Lampiran 7 : Hasil Simulasi *Power Link Budget (PLB)* bitrate 40 Gbps pada jarak minimum.



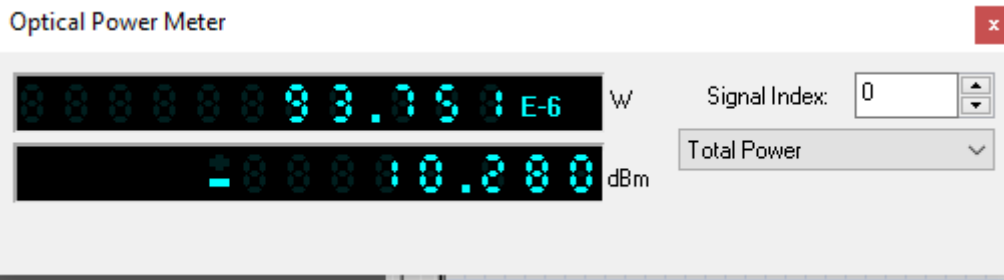
2. Dilarang mengumpukan dan memperbanyak sebagian atau seluruh karya tulis ini dalam bentuk apapun tanpa izin UIN Suska Riau.

a. Pengutipan hanya untuk kepentingan pendidikan, penelitian, penulisan karya ilmiah, penyusunan laporan, penulisan kritik atau tinjauan suatu masalah.

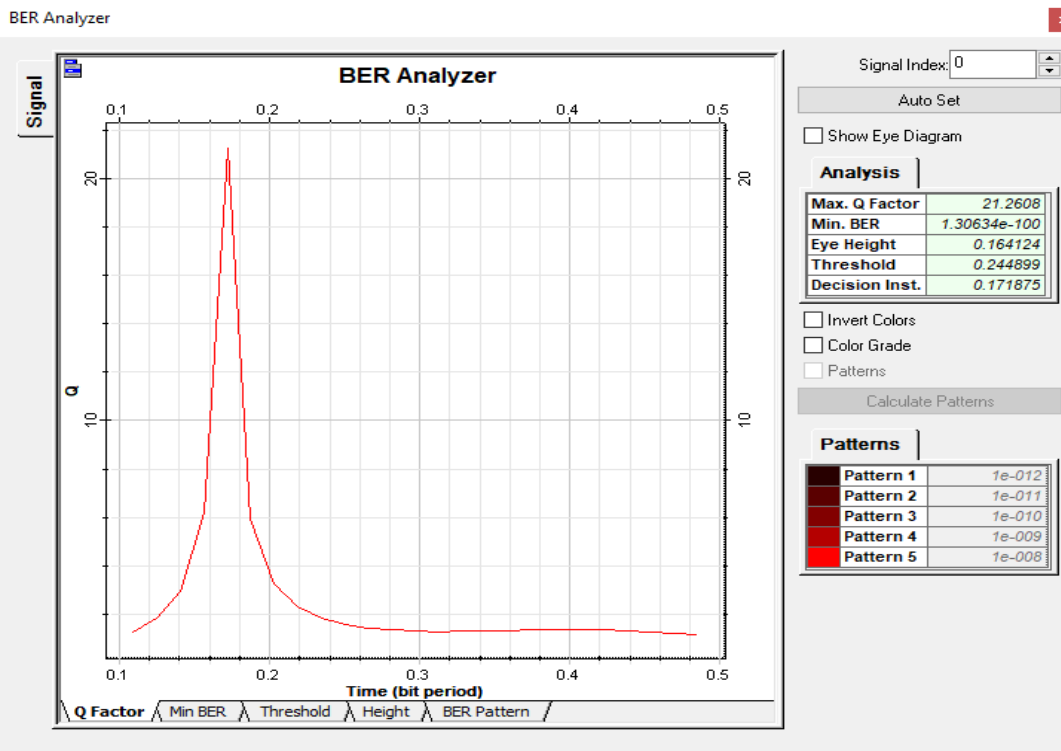
b. Pengutipan tidak merugikan kepentingan yang wajar UIN Suska Riau.

1. Dilarang mengumpukan sebagian atau seluruh karya tulis ini tanpa mencantumkan dan menyebutkan sumber.

Lampiran 8 : Hasil Simulasi *Power Link Budget (PLB)* bitrate 40 Gbps pada jarak maksimum.



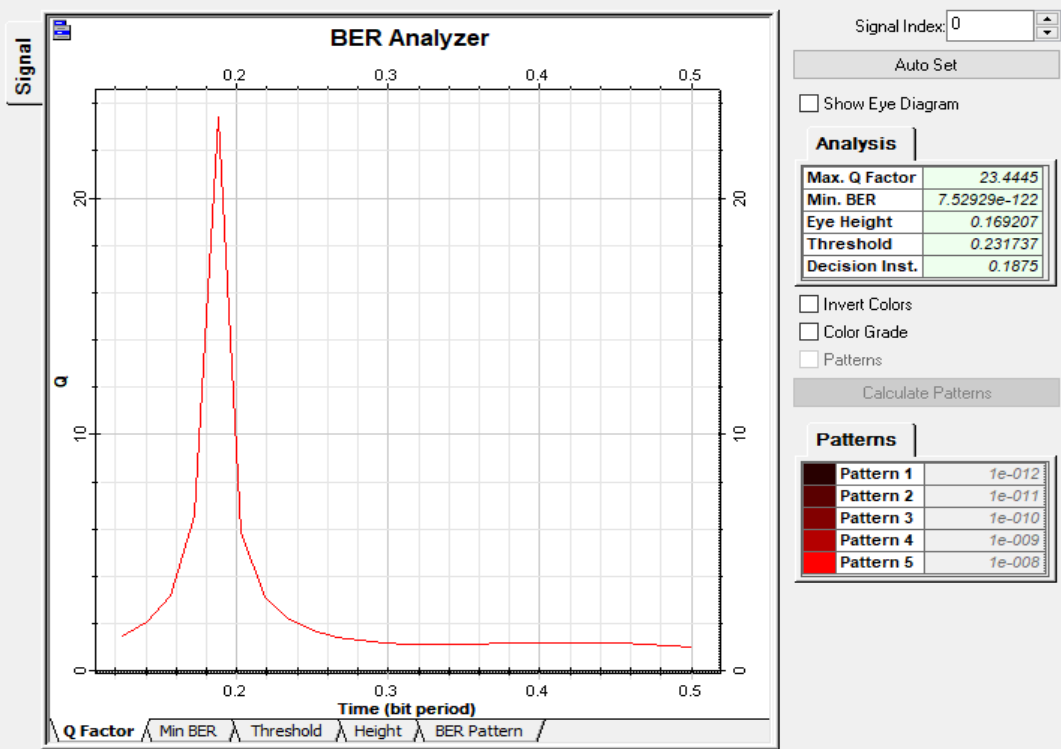
Lampiran 9 : Hasil Simulasi BER dan *Q-Factor* bitrate 10 Gbps pada jarak minimum.



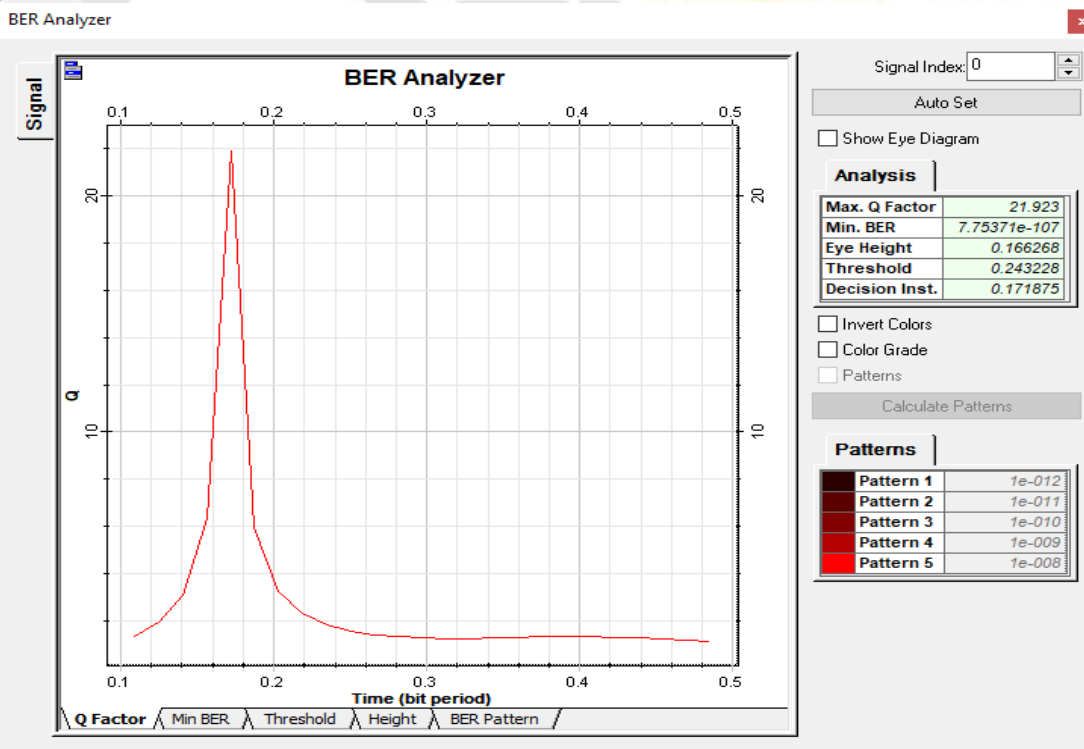
2. Dilarang mengumpukan dan memperbanyak sebagian atau seluruh karya tulis ini tanpa mencantumkan dan menyebutkan sumber:  
 a. Pengutipan hanya untuk kepentingan pendidikan, penelitian, penulisan karya ilmiah, penyusunan laporan, penulisan kritik atau tinjauan suatu masalah.  
 b. Pengutipan tidak merugikan kepentingan yang wajar UIN Suska Riau.



Lampiran 10 : Hasil Simulasi BER dan  $Q$ -Factor *bitrate* 10 Gbps pada jarak maksimum.

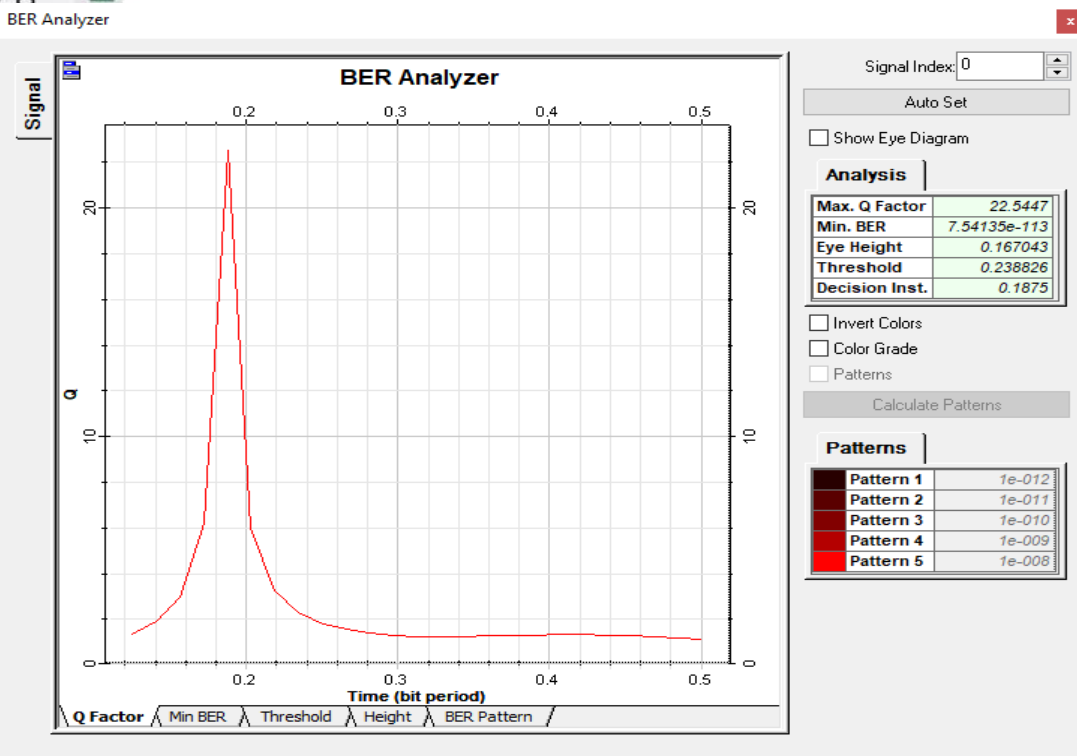


Lampiran 11 : Hasil Simulasi BER dan  $Q$ -Factor *bitrate* 20 Gbps pada jarak minimum.

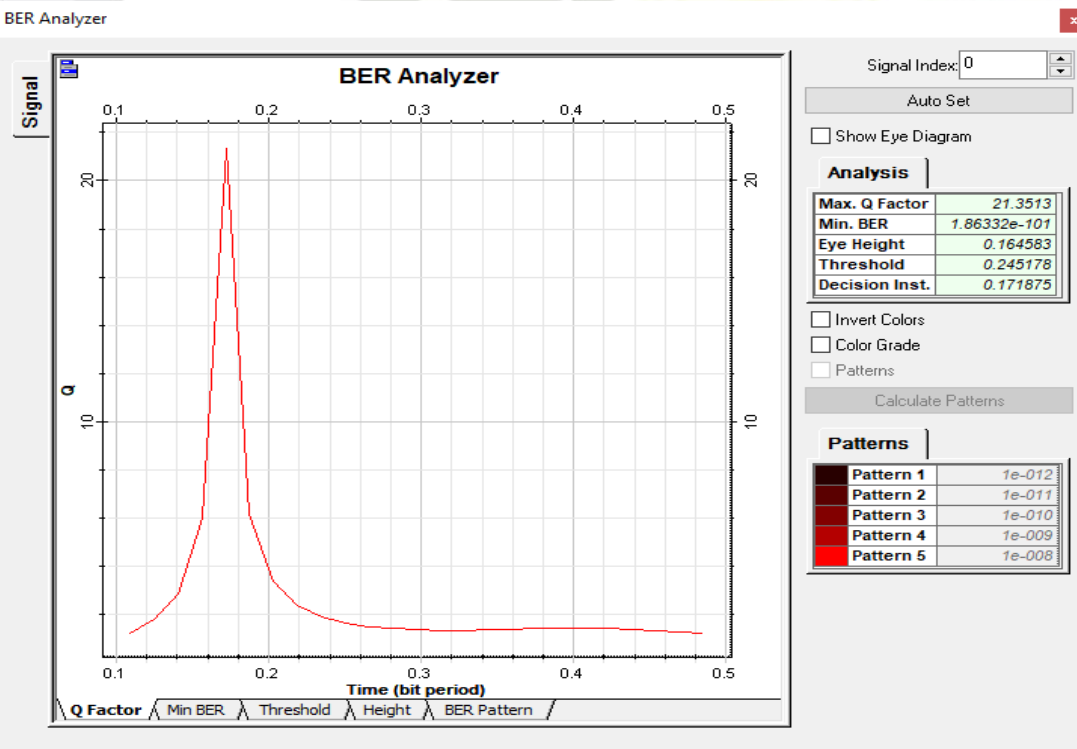


1. Diarangi mengutip sebagian atau seluruh karya tulis ini tanpa mencantumkan dan menyebutkan sumber:
  - a. Pengutipan hanya untuk kepentingan pendidikan, penelitian, penulisan karya ilmiah, penyusunan laporan, penulisan kritik atau tinjauan suatu masalah.
  - b. Pengutipan tidak merugikan kepentingan yang wajar UIN Suska Riau.
2. Diarangi mengemukakan dan memperbanyak sebagian atau seluruh karya tulis ini dalam bentuk apapun tanpa izin UIN Suska Riau.

Lampiran 12 : Hasil Simulasi BER dan  $Q$ -Factor *bitrate* 20 Gbps pada jarak maksimum

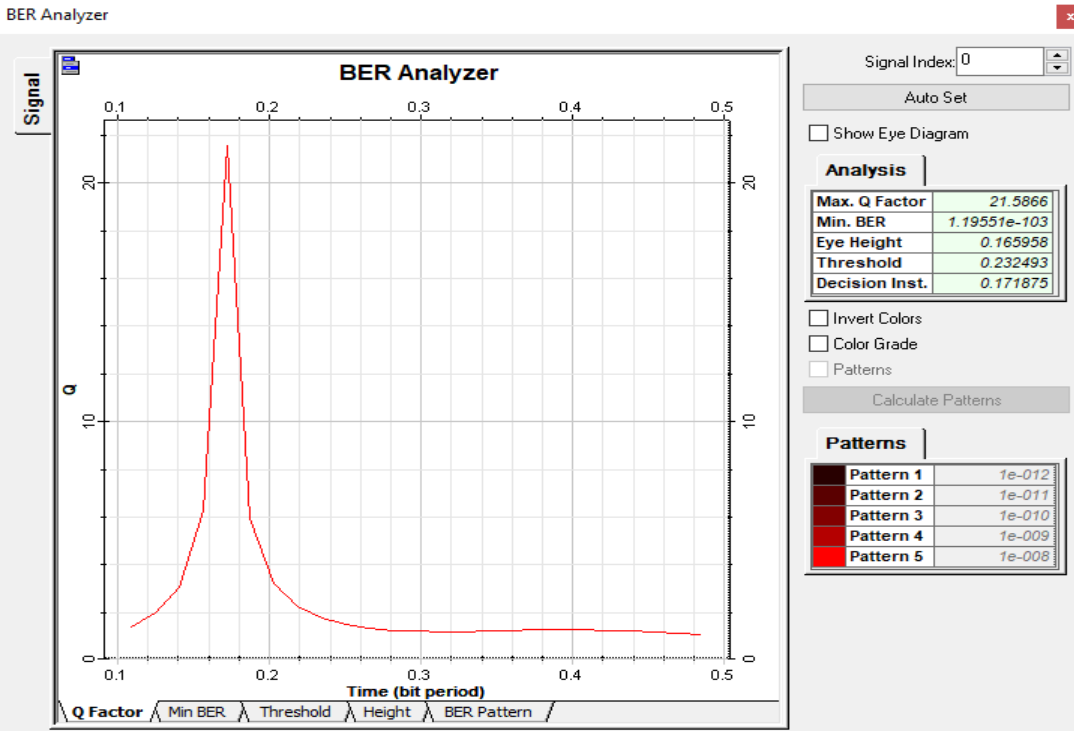


Lampiran 13 : Hasil Simulasi BER dan  $Q$ -Factor *bitrate* 30 Gbps pada jarak minimum.

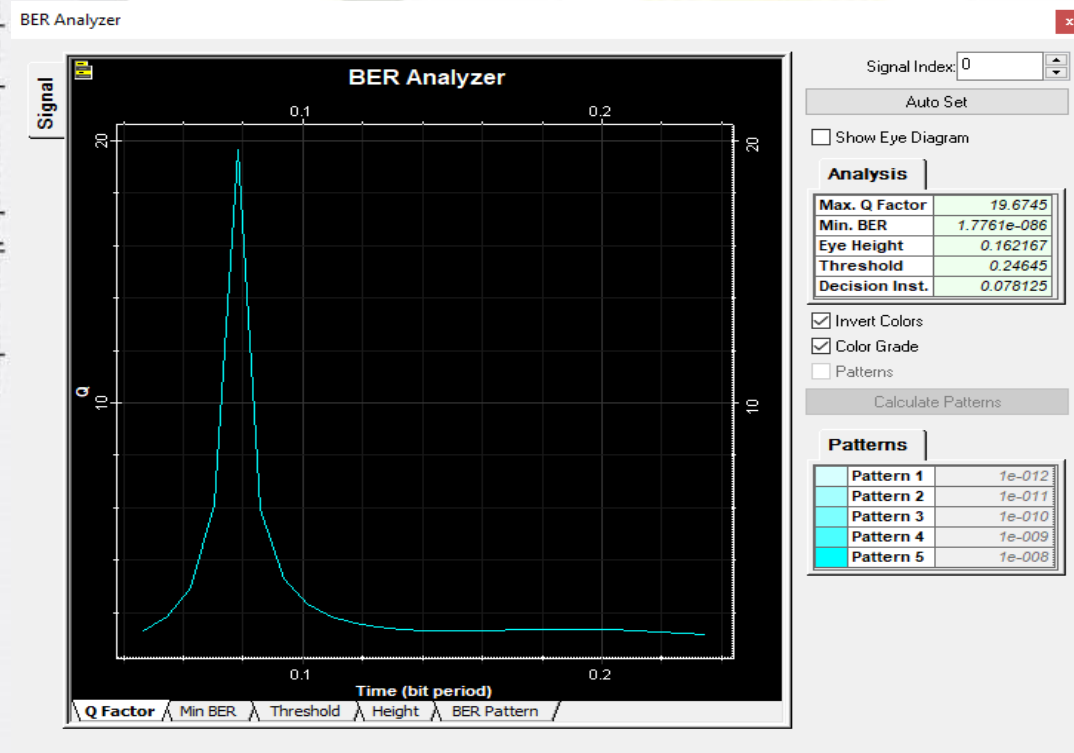


1. Diarang mengump... sebagian atau seluruh karya tulis ini tanpa mencantumkan dan menyebutkan sumber.
- a. Pengutipan hanya untuk kepentingan pendidikan, penelitian, penulisan karya ilmiah, penyusunan laporan, penulisan kritik atau tinjauan suatu masalah.
- b. Pengutipan tidak merugikan kepentingan yang wajar UIN Suska Riau.
2. Diarang mengumpukan dan memperbanyak sebagian atau seluruh karya tulis ini dalam bentuk apapun tanpa izin UIN Suska Riau.

Lampiran 14 : Hasil Simulasi BER dan  $Q$ -Factor *bitrate* 30 Gbps pada jarak maksimum.

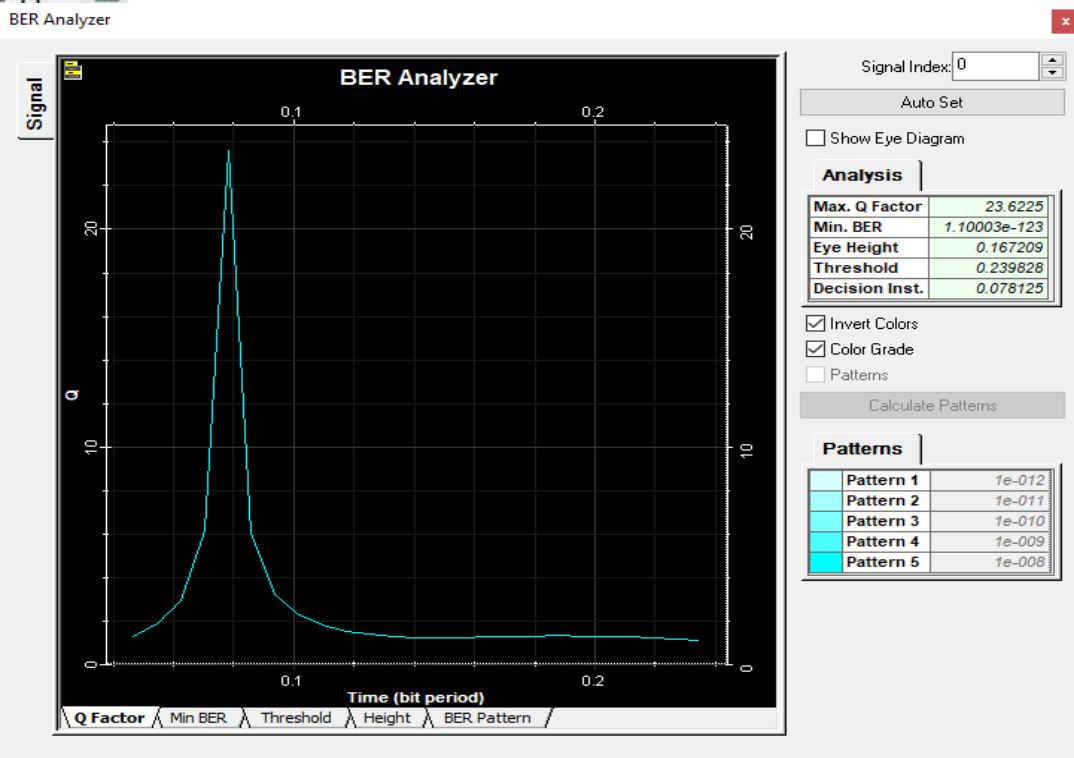


Lampiran 15 : Hasil Simulasi BER dan  $Q$ -Factor *bitrate* 40 Gbps pada jarak minimum.



1. Diarung menguap sebagian atau seluruh karya tulis ini tanpa mencantumkan dan menyebutkan sumber:
  - a. Pengutipan hanya untuk kepentingan pendidikan, penelitian, penulisan karya ilmiah, penyusunan laporan, penulisan kritik atau tinjauan suatu masalah.
  - b. Pengutipan tidak merugikan kepentingan yang wajar UIN Suska Riau.
2. Dilarang mengumumkan dan memperbanyak sebagian atau seluruh karya tulis ini dalam bentuk apapun tanpa izin UIN Suska Riau.

Lampiran 16 : Hasil Simulasi BER dan *Q-Factor* *bitrate* 40 Gbps pada jarak maksimum.



Lampiran 17 : Tabel nilai BER pada *bitrate* 10 Gbps

Jarak (km)	BER
10	$1,30634 \times 10^{-100}$
20	$1,80348 \times 10^{-121}$
30	$1,91895 \times 10^{-120}$
40	$7,59929 \times 10^{-116}$
50	$9,34235 \times 10^{-118}$
60	$4,00574 \times 10^{-112}$
70	$7,52929 \times 10^{-122}$
80	$3,033934 \times 10^{-2}$

1. Diarung menguap seawagian atau seurun karya tulis ini tanpa mencantumkan dan menyebutkan sumber:
  - a. Pengutipan hanya untuk kepentingan pendidikan, penelitian, penulisan karya ilmiah, penyusunan laporan, penulisan kritik atau tinjauan suatu masalah.
  - b. Pengutipan tidak merugikan kepentingan yang wajar UIN Suska Riau.
2. Diarung menguumkan dan memperbanyak seawagian atau seluruh karya tulis ini dalam bentuk apapun tanpa izin UIN Suska Riau.

Lampiran 18 : Tabel nilai BER pada *bitrate* 20 Gbps

Jarak (km)	BER
10	$7,75371 \times 10^{-107}$
20	$7,95111 \times 10^{-120}$
30	$5,90398 \times 10^{-113}$
40	$6,20311 \times 10^{-128}$
50	$7,54135 \times 10^{-113}$
60	$1,70818 \times 10^{-3}$

Lampiran 19 : Tabel nilai BER pada *bitrate* 30 Gbps

Jarak (km)	BER
10	$1,86332 \times 10^{-101}$
20	$1,33994 \times 10^{-134}$
30	$1,19551 \times 10^{-103}$
40	$1,6204 \times 10^{-3}$

Lampiran 20 : Tabel nilai BER pada *bitrate* 40 Gbps

Jarak	BER
10 km	$1.7761 \times 10^{-86}$ .
20 km	$1.10003 \times 10^{-123}$ .
30 km	$1.74845 \times 10^{-3}$ .

1. Diarangi mengutip sebagian atau seluruh karya tulis ini tanpa mencantumkan dan menyebutkan sumber:
  - a. Pengutipan hanya untuk kepentingan pendidikan, penelitian, penulisan karya ilmiah, penyusunan laporan, penulisan kritik atau tinjauan suatu masalah.
  - b. Pengutipan tidak merugikan kepentingan yang wajar UIN Suska Riau.
2. Dilarang mengemukakan dan memperbanyak sebagian atau seluruh karya tulis ini dalam bentuk apapun tanpa izin UIN Suska Riau.



Lampiran 21 : Tabel nilai *Q-Factor* pada *bitrate* 10 Gbps

Jarak (km)	<i>Q-Factor</i>
10	21,26
20	23,40
30	23,30
40	22,84
50	23,03
60	22,47
70	23,44
80	1,874

Lampiran 22 : Tabel nilai *Q-Factor* pada *bitrate* 20 Gbps

Jarak (km)	<i>Q-Factor</i>
10	21,92
20	23,24
30	22,55
40	24,03
50	22,54
60	2,814

1. Diarang mengutip sebagian atau seluruh karya tulis ini tanpa mencantumkan dan menyebutkan sumber.
  - a. Pengutipan hanya untuk kepentingan pendidikan, penelitian, penulisan karya ilmiah, penyusunan laporan, penulisan kritik atau tinjauan suatu masalah.
  - b. Pengutipan tidak merugikan kepentingan yang wajar UIN Suska Riau.
2. Diarang mengemukakan dan memperbanyak sebagian atau seluruh karya tulis ini dalam bentuk apapun tanpa izin UIN Suska Riau.



Lampiran 23 : Tabel nilai *Q-Factor* pada *bitrate* 30 Gbps

Jarak (km)	<i>Q-Factor</i>
10	21,35
20	24,66
30	21,58
40	2,826

Lampiran 24 : Tabel nilai *Q-Factor* pada *bitrate* 40 Gbps

Jarak	<i>Q-Factor</i>
10 km	19.67
20 km	23.62
30 km	2,823

1. Diarang mengutip sebagian atau seluruh karya tulis ini tanpa mencantumkan dan menyebutkan sumber:
  - a. Pengutipan hanya untuk kepentingan pendidikan, penelitian, penulisan karya ilmiah, penyusunan laporan, penulisan kritik atau tinjauan suatu masalah.
  - b. Pengutipan tidak merugikan kepentingan yang wajar UIN Suska Riau.
2. Diarang mengumumkan dan memperbanyak sebagian atau seluruh karya tulis ini dalam bentuk apapun tanpa izin UIN Suska Riau.

## DAFTAR RIWAYAT HIDUP PENULIS



**IFAL REZKY TEGUH EKA PRAMUDYA**, Lahir di Kota Pangkalan Kerinci, Provinsi Riau pada tanggal 09 November 2001. Anak tunggal, dari pasangan ayahanda Winarto dan Ibunda Siti Fatimah. Pendidikan formal penulis awali pada tahun 2008 pendidikan SDN 006 Tualang dan selesai tahun 2014, lanjut SMPN 1 Tualang, lulus pada tahun 2017, kemudian penulis melanjutkan pendidikan ke SMAN 1 Tualang, dengan pilihan jurusan Ilmu Pengetahuan Alam (IPA), lulus pada tahun 2020. Kemudian penulis melanjutkan studi perkuliahan di kampus Universitas Islam Negeri Sultan Syarif Kasim Riau di Program Studi Teknik Elektro Konsentrasi Telekomunikasi. Penulis melakukan penelitian Tugas Akhir pada bulan Februari 2024 dengan judul “Analisis Performansi *Orthogonal Frequency Division Multiplexing* Dengan Menggunakan Frekuensi 26 GHz Pada *Radio Over Fiber*”. Alhamdulillah bersyukur kepada Allah penulis lulus bergelarkan Sarjana Teknik (S.T) pada Sidang Akhir 2024.

E-mail : [ifalrezky25@gmail.com](mailto:ifalrezky25@gmail.com)

No. HP : 0812-6823-5698

Judul : Analisis Performansi *Orthogonal Frequency Division Multiplexing* Dengan Menggunakan Frekuensi 26 GHz Pada *Radio over Fiber*

- Hak Cipta Diindungi Undang-Undang
1. Dilarang mengutip sebagian atau seluruh karya tulis ini tanpa mencantumkan dan menyebutkan sumber:
    - a. Pengutipan hanya untuk kepentingan pendidikan, penelitian, penulisan karya ilmiah, penyusunan laporan, penulisan kritik atau tinjauan suatu masalah.
    - b. Pengutipan tidak merugikan kepentingan yang wajar UIN Suska Riau.
  2. Dilarang mengumumkan dan memperbanyak sebagian atau seluruh karya tulis ini dalam bentuk apapun tanpa izin UIN Suska Riau.