

## ANALISIS SISTEM RADIO OVER FIBER PADA APLIKASI SEL PIKO UNTUK LTE

## RADIO OVER FIBER SISTEM ANALYSIS IN PICO CELL APPLICATION FOR LTE

Raynanda Chandra Wibisono<sup>1</sup>, Dr. Arfianto Fahmi, S.T.M.T.<sup>2</sup>, Ir. Akhmad Hambali, M.T.<sup>3</sup>

<sup>1,2,3</sup>Prodi S1 Teknik Telekomunikasi, Fakultas Teknik Elektro, Universitas Telkom

<sup>1</sup>raynandachandra@telkomuniversity.ac.id, <sup>2</sup>arfiantof@telkomuniversity.ac.id,

<sup>3</sup>ahambali@telkomuniversity.ac.id

### Abstrak

Radio over Fiber (RoF) merupakan pengiriman sinyal radio melalui kabel serat optik. Sedangkan piko sel adalah cakupan wilayah terkecil dari sistem seluler sehingga dapat digunakan untuk meningkatkan kapasitas jaringan. Selain memiliki bit rate yang tinggi, RoF juga memiliki kapasitas yang besar sehingga membuat jaringan ini baik untuk digunakan pada area padat pengguna.

Long Term Evolution (LTE) adalah teknologi seluler yang membutuhkan kecepatan tinggi dan kapasitas yang besar, namun penggunaan kabel tembaga pada LTE menyebabkan terbatasnya laju data maksimum. Maka, untuk meningkatkan laju data maksimum dibutuhkan penggantian kabel tembaga dengan menggunakan serat optik karena memiliki laju data yang lebih tinggi dan kapasitas yang lebih besar dari pada kabel tembaga.

Analisis dilakukan pada sisi downstream dengan laju bit sebesar 10Gbps dengan variasi line coding NRZ dan RZ dan teknik modulasi ASK, FSK, dan PSK. Sinyal radio menggunakan LiNb03 Mach Zehnder Modulator (LiNb03-MZM) dengan skema variasi jarak link sistem transmisi 10 sampai 20 Km dengan spasi jarak sejauh 1 Km.

Hasil simulasi pada penelitian ini didapatkan performansi terbaik dengan teknik modulasi dan line coding yang berbeda. Didapatkan nilai performansi daya terima terbaik yaitu -7,967 dBm untuk jarak 10 km. Q-Factor 27,867 untuk jarak 10km dengan menggunakan RZ-PSK dengan BER sebesar  $3,33 \times 10^{-169}$ .

**Kata kunci :** Radio over Fiber, LTE, Sel Piko

### Abstract

Radio over Fiber (RoF) is a radio signal delivery through an optical fiber cable. While the Pico Cell is the smallest coverage area of the mobile system so it can be used to increase network capacity. In addition to having a high bit rate, RoF also has a large capacity that makes this network good for use on the user's dense areas.

Long Term Evolution (LTE) is a mobile technology that requires high speed and great capacity, but the use of copper wires on LTE leads to a limited maximum data rate. Thus, to increase the maximum data rate the required replacement of copper wires using fiber optic because it has a higher data rate and greater capacity than copper wires.

The analysis was conducted on the downstream side at 10Gbps bit rate with NRZ and RZ line coding and ASK, FSK, and PSK modulation varies techniques. The radio signal uses the LiNb03 Mach Zehnder Modulator (LiNb03-MZM) with a variation scheme of transmission distance link System 10 to 20 Km with spacing as far as 1 Km.

Simulated results of this study gained the best performance with different modulation techniques and line coding. Obtained the best value of power performance is -7.967 dBm for a distance of 10 km. Q-Factor 27.867 for 10km distance using RZ-PSK with BER of  $3.33 \times 10^{-169}$ .

**Keywords :** Radio over Fiber, LTE, Pico Cell

### 1. Pendahuluan

Salah satu sistem seluler yang sekarang banyak berkembang adalah Long Term Evolution (LTE). Long Term Evolution membutuhkan sistem modulasi 16QAM dan 64QAM dengan menggunakan OFDMA sebagai teknik multiple access yang digunakan dan memiliki bandwidth kanal sebesar 20 MHz. [1] ketika semakin luas cakupan dan banyak pelanggan yang menggunakan jaringan, maka kapasitas dan kecepatan menjadi faktor penting. Untuk meningkatkan kapasitas jaringan, setiap sel besar akan dibagi menjadi sel kecil, sehingga frekuensi yang sama dapat digunakan kembali [2]

Radio over fiber adalah teknologi dimana cahaya dimodulasikan dengan sinyal frekuensi radio dan ditransmisikan melalui serat optik. radio over fiber memiliki beberapa keunggulan yaitu cakupan area luas,

kapasitas yang lebih besar, attenuasi yang rendah, serta penggunaan daya yang lebih rendah. Proses transmisi dengan menggunakan kabel serat optik juga membuat gangguan yang timbul kecil sehingga sinyal yang dibawa tetap bagus.[3]

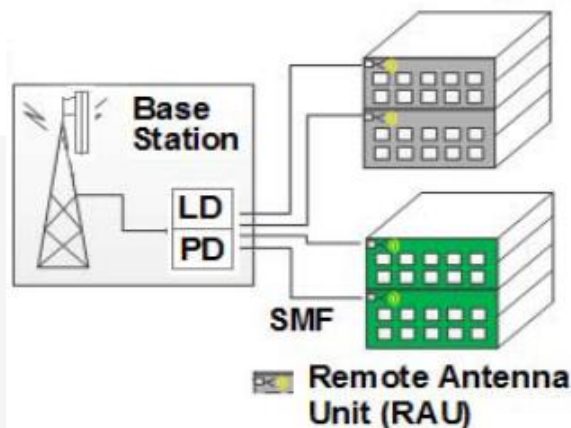
**2. Konsep Dasar**

**2.1 Radio Over Fiber**

Radio over fiber merupakan suatu proses pengiriman sinyal radio melalui kabel serat optik. Radio over fiber banyak di gunakan karena dengan menggunakan kabel serat optik sebagai media transmisi, maka akan diperoleh bandwidth yang lebih lebar dan kecepatan transmisi yang lebih besar dibandingkan ketika dilakukan dengan kabel feeder biasa. Sinyal yang ditransmisikan dapat berbentuk sinyal RF (Radio Frequency), sinyal IF (Intermediate Frequency), dan sinyal baseband.[3]

Sinyal radio ditransmisikan sebelum di modulasikan dengan sumber cahaya dengan modulator Mach-zehnder lalu dikirimkan. Sinyal optik ini kemudian dikirimkan sepanjang serat optik ke RAU atau Base Station. Pada sisi penerima, sinyal yang termodulasi diterima lalu di ubah menjadi sinyal elektrik sebelum diteruskan pada filter untuk mendapatkan sinyal radio yang di transmisikan.

Penggunaan kabel serat optik dibandingkan transmisi secara langsung membuat kecepatan transmisi dan bandwidth yang lebih besar. Melalui serat optik maka kualitas sinyal yang di transmisikan akan mengalami gangguan yang lebih kecil, selain itu kabel serat optik juga dapat menambah performansi high speed data karena akses nirkabel.



**Gambar 1.** Sistem Radio over Fiber untuk sel piko

**2.2 LTE**

LTE atau Long Term Evolution adalah sebuah nama yang dari sebuah proyek Third Generation Partnership Project (3GPP) untuk meningkatkan layanan yang berbasis jaringan GSM/EDGE dan UMTS. Pada UMTS (3G) kecepatan transfer data mencapai 2Mbps, sedangkan HSPA (3.5G) kecepatan transfer data mencapai 14Mbps sedangkan LTE (4G) memiliki kecepatan hingga 300 mbps untuk downlink dan 75mbps untuk uplink. LTE memiliki spesifikasi sebagai berikut

Tabel 1. Spesifikasi Jaringan LTE

Spesifikasi	LTE
<i>Channel Bandwidth</i>	1,4;3;5;10;15;20MHz
<i>Peak Data Rate</i>	UL: 75mbps DL : 150 mbps
<i>Multiple Access</i>	UL: SC-OFDMA DL: OFDM
<i>Duplex Mode</i>	FDD/TDD
<i>User Plance Latency</i>	<10ms
<i>Control Panel Latency</i>	<100ms
<i>Modulation</i>	QPSK, 16QAM, 64QAM
<i>Mobility</i>	350 km/h
<i>Multiplexing</i>	OFDM
<i>Frequency</i>	850 MHz, 900MHz, 1800MHz, 2100MHz, 2300MHz
<i>Cyclic Prefix</i>	Normal, Extended

**2.3 Link Power Budget**

*Link Power Budget* adalah perhitungan daya pada suatu sistem transmisi berdasarkan karakteristik saluran, sumber optik dan sensitivitas photodetector. Perhitungan daya pada suatu jaringan memiliki persamaan sebagai berikut

$$\alpha_{\text{tot}} = L \times \alpha_f + N_c \times \alpha_c + N_s \times \alpha_s + MS \quad (1)$$

#### 2.4 Rise Time Budget

*Rise Time Budget* adalah kemampuan komponen sistem menjamin bahwa sistem yang di rancang dapat melayani laju bit yang ditransmisikan. Persamaan sebagai berikut

$$t_{\text{sys}} = t_{Tx}^2 + t_{mat}^2 + t_{mod}^2 + t_{Rx}^2 \quad (2)$$

#### 2.5 Bit Error Rate

Bit error rate adalah jumlah bit yang error per data yang dikirimkan. Error terjadi ketika bit mengalami gangguan seperti noise, interference, distorsi, attenuasi, multipath fading atau sinkronisasi bit gagal. BER dapat ditingkatkan dengan menguatkan sinyal, mengganti teknik modulasi yang digunakan ataupun mengganti line coding yang digunakan

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

#### 2.6 Signal to Noise Ratio

*Signal to Noise Ratio* adalah perbandingan Daya Sinyal yang di terima dengan Daya Noise atau sinyal yang tidak diinginkan. SNR harus dihitung dengan sistem yang sama dan dengan lebar pita yang sama.

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

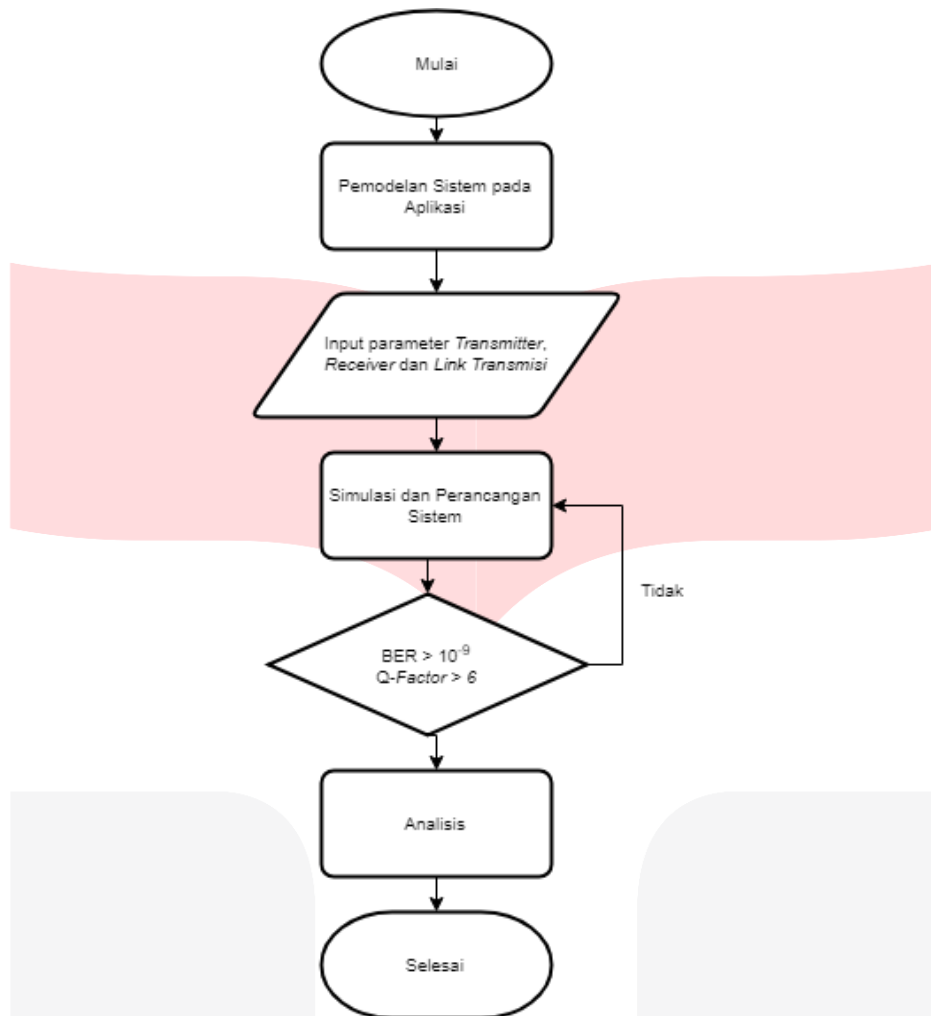
#### 2.7 Q-Factor

*Q-Factor* adalah representasi SNR optik untuk komunikasi optik biner / digital dan memudahkan analisis performa dari suatu sistem.

$$Q \text{ Factor} = \frac{10^{\frac{SNR}{20}}}{2} \quad (5)$$

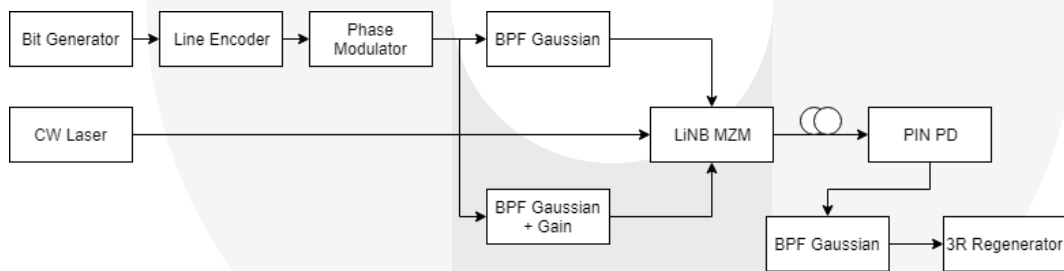
### 3. Pembahasan

dapat dijelaskan urutan pengerjaan penelitian ini yaitu dimulai dengan melakukan permodelan sistem pada aplikasi dan memasukan parameter yang telah ditentukan pada sistem radio over fiber. Simulasi dilakukan untuk mengetahui nilai Power Link Budget dan Bit Error Rate. Setelah nilai PLB dan BER dianggap sudah baik maka akan dilakukan analisis hasil, namun jika belum baik maka akan dilakukan kembali simulasi dan perancangan sistem RoF. Melalui hasil ini dapat ditarik kesimpulan serta saran untuk penelitian selanjutnya.



Gambar 2. Diagram Alir Perancangan Simulasi

3.1 Blok Sistem RoF



Gambar 3. Model Sistem RoF untuk LTE

blok dibagi menjadi 3, transmitter, receiver dan visualizer. pada Radio over Fiber untuk LTE ini, sinyal radio akan dimodulasikan dengan CW Laser oleh LiNb03-MZM dengan menggunakan 6 skema modulasi yaitu RZ-FSK, NRZ-FSK, RZ-PSK, NRZ-PSK, RZ-ASK dan NRZ-ASK. Dengan adanya 6 skema modulasi, akan diketahui efek dari modulasi terhadap sistem RoF. Setelah cahaya dimodulasikan, gelombang pembawa akan dikirimkan melalui serat optik sepanjang 10 hingga 20 Km dengan sampel setiap 1 kilometer. Sinyal pembawa kemudian akan diterima oleh photodetector di remote antenna unit untuk merubah sinyal cahaya menjadi sinyal listrik lalu akan diteruskan menggunakan filter untuk mendapatkan sinyal informasi yang sudah terpisah dari sinyal pembawanya.

### 3.2 Penentuan Parameter Sistem

**Tabel 1.** Parameter Sistem

Parameter	Nilai	Satuan
<i>Time Window</i>	2.048e-007	S
<i>Bit Rate</i>	10	Gbps
<i>Sequence Length</i>	2048	Bits
<i>Sample per Bit</i>	64	-
<i>Number of Sample</i>	131072	-

**Tabel 3.** Parameter Transmitter

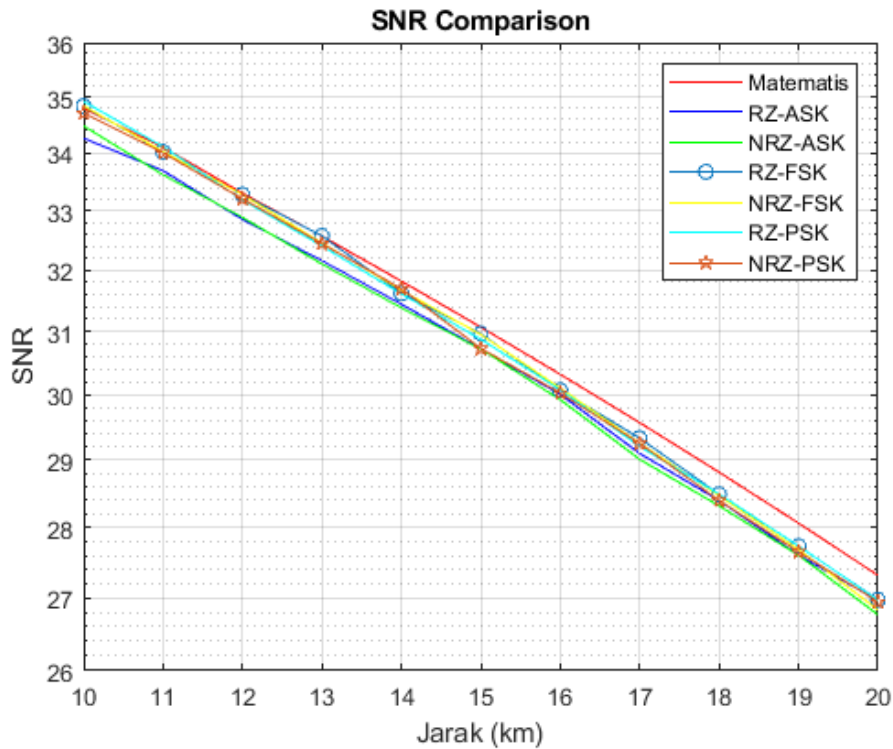
Parameter	Nilai	Satuan
<i>Wavelength</i>	1550	nm
<i>Power</i>	0	dBm
<i>Linewidth</i>	10	MHz
<i>Frekuensi</i>	193.1	THz

**Tabel 4.** Parameter Penerima

Parameter	Nilai	Satuan
Responsivitas	1	A/W
<i>Dark Current</i>	10	nA
<i>Cut Off Frequency</i>	144	THz

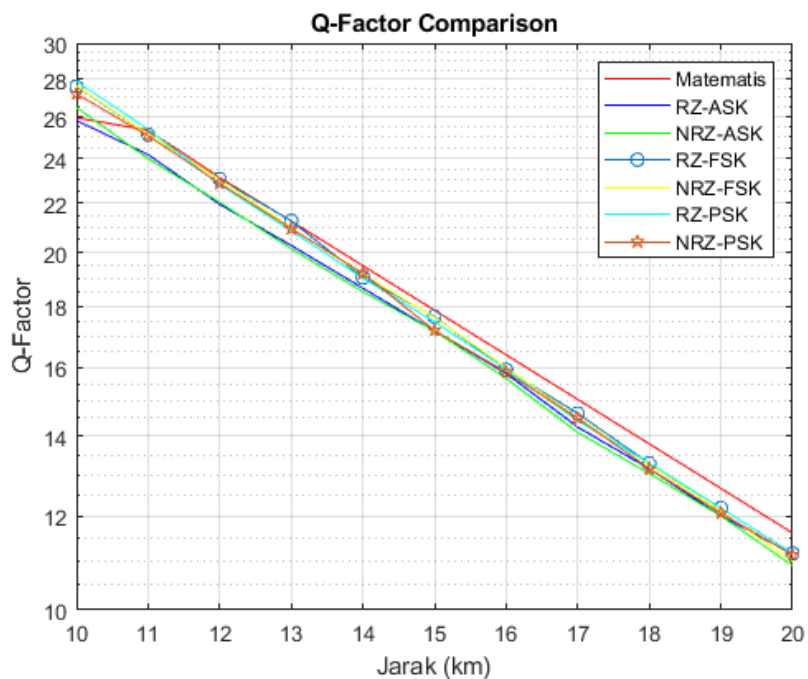
Setelah melakukan setting untuk parameter pada aplikasi simulasi, dapat dilakukan lah simulasi dengan Skenario penelitian akan dimulai dari pemilihan jalur serat optik sebagai transmisi radio frekuensi menggunakan Mach-Zehnder Modulator (MZM) untuk ditransmisikan melalui sinyal optik dimana panjang jarak dari link sistem ditransmisikan menggunakan serat optik single-mode atau single-mode fiber (SMF) dengan 6 teknik modulasi, yaitu NRZ-FSK, RZ-FSK, NRZ-PSK dan RZ-PSK, NRZ-ASK dan RZ-ASK. Selain dari variasi teknik modulasi yang digunakan, jarak link optic juga akan diubah-ubah dimulai dari 10,11,12,13,14,15,16,17,18,19 dan 20 Km. Sebelum dilakukan skenario tersebut akan dilakukan perhitungan secara matematis menggunakan persamaan yang telah dicantumkan pada bab 2 yang meliputi, Rise Time Budget (RTB), Link Power Budget (LPB), Signal to Noise Ratio (SNR), Q-Factor dan Bit Error Rate (BER).

3.3 Hasil dan Analisis



Gambar 4 Perbandingan Hasil Signal to Noise Ratio

Dari nilai perhitungan *Signal to Noise Ratio* (SNR) untuk keseluruhan skenario ini didapatkan kesimpulan bahwa nilai SNR tertinggi didapatkan oleh RZ-PSK pada jarak 10 km dengan nilai 34,922 dan nilai terendah yaitu NRZ-ASK dengan nilai SNR sebesar 26,76688. Pada jarak 10 km, modulasi RZ-PSK memiliki nilai SNR terbaik, namun SNR tersebut cenderung turun lebih cepat dibandingkan modulasi lain. Sedangkan, meskipun modulasi ASK memiliki nilai SNR lebih rendah dibandingkan modulasi lain, namun penurunan SNR terhadap jaraknya lebih stabil. Penulis menarik kesimpulan bahwa berdasarkan grafik dan nilai SNR yang didapatkan, semakin jauh jarak dari *link* optik maka semakin rendah SNR yang didapatkan.



Gambar 5 Perbandingan Hasil Q-Factor

Dari simulasi yang dilakukan, dapat dilihat bahwa nilai perhitungan Q-Factor untuk keseluruhan skenario ini didapatkan kesimpulan bahwa nilai Q-Factor tertinggi didapatkan oleh RZ-PSK pada jarak 10 km dengan nilai 27,867 dan nilai terendah yaitu NRZ-ASK dengan nilai SNR sebesar 10,897. Sama seperti perhitungan SNR, pada jarak 10 km modulasi RZ-PSK memiliki nilai Q-Factor terbaik, namun Q-Factor tersebut cenderung turun lebih cepat dibandingkan modulasi lain. Sedangkan, meskipun modulasi ASK memiliki nilai Q-Factor lebih rendah dibandingkan modulasi lain, namun penurunan Q-Factor terhadap jaraknya lebih stabil. Penulis menarik kesimpulan bahwa berdasarkan grafik dan nilai Q-Factor yang didapatkan, semakin jauh jarak dari link optik dan tinggi SNR maka semakin rendah Q-Factor yang didapatkan.

#### 4. Simpulan

Berdasarkan hasil simulasi dan analisis penelitian sistem RoF dengan menggunakan 6 modulasi yaitu NRZ-FSK, RZ-FSK, NRZ-PSK, RZ-PSK, NRZ-ASK dan RZ-ASK pada jarak 10 – 20 km dengan spasi jarak 1 km yang telah dilakukan, dapat diambil beberapa kesimpulan sebagai berikut:

1. Daya terima pada kedua scenario adalah sama, yaitu -7,967 dBm untuk jarak 10 km dan -9,967 dBm untuk jarak 20 km.
2. Nilai SNR tertinggi didapatkan pada modulasi RZ-PSK yaitu 34,922 dB untuk jarak 10 km dan NRZ-ASK yaitu 26,767 dB untuk jarak 20 km.
3. Nilai Q-Faktor terbaik pada modulasi RZ-PSK yaitu 27,867 untuk jarak 10 km dan NRZ-ASK yaitu 10,897 untuk jarak 20 km.
4. Nilai BER terbaik pada RZ-PSK yaitu  $3,33E-169$  untuk jarak 10 km dan NRZ-ASK yaitu  $5,94E-26$  untuk jarak 20 km.
5. Berdasarkan setiap parameter kualitas yang diuji yaitu Link Power Budget, Signal to Noise Ratio, Q-Factor dan Bit Error Rate menunjukkan bahwa pada jarak dekat, sangat baik untuk menggunakan RZ-PSK dan untuk jarak jauh lebih baik menggunakan format modulasi RZ-FSK.

#### Daftar Pustaka:

- [1] P. Neog and R. Bera, "Multi-standard radio for 2G to 5G," 2nd Int. Conf. Telecommun. Networks, TEL-NET 2017, vol. 2018-Janua, no. 1, pp. 1–5, 2018.
- [2] T. Kawanishi, A. Kanno, P. T. Dat, and N. Yamamoto, "Seamless access networks using radio-over-fiber technology for high-speed trains," 2016 IEEE 6th Int. Conf. Commun. Electron. IEEE ICCE 2016, pp. 381–384, 2016.
- [3] S. Piramasubramanian, M. G. Madhan, and M. Sharmila, "A detailed simulation study of radio-over-fiber link for pico cell applications," 2017 4th Int. Conf. Adv. Comput. Commun. Syst. ICACCS 2017, 2017.
- [4] R. Singh and D. Sharma, "Radio over Fiber Performance Analysis using Mach Zehnder Modulator," no. October, 2017.
- [5] N. Kathpal and A. K. Garg, "Performance analysis of Radio over Fiber system using Direct and External Modulation Schemes," vol. 8, no. 4, pp. 172–175, 2017