

PERANCANGAN JARINGAN *BACKHAUL* 4G *LTE* MENGUNAKAN SERAT OPTIK DI KECAM ATAN SUNGAI DURIAN KOTABARU, KALIMANTAN SELATAN

1st Ignatio Chriesma Diba Sanggiantara
Prodi S1 Teknik Telekomunikasi
Fakultas Teknik Elektro
Telkom University
Bandung, Indonesia
ignatiocds@student.telkomuniversity.ac.id

2nd Akhmad Hambali
Prodi S1 Teknik Telekomunikasi
Fakultas Teknik Elektro
Telkom University
Bandung, Indonesia
ahambali@telkomuniversity.ac.id

3rd M. Irfan Maulana
Prodi S1 Teknik Telekomunikasi
Fakultas Teknik Elektro
Telkom University
Bandung, Indonesia
muhammadirfanm@telkomuniversity.ac.id

Abstrak— Proyek pembangunan jaringan serat optik yaitu palapa ring telah selesai. Namun jaringan internet masih belum bisa diakses secara maksimal di daerah pelosok sehingga dibutuhkan jaringan *backhaul* sebagai media penghubung antara eNodeB dengan *base station controller* nya melalui media transmisi yang mendukung performa teknologi LTE menggunakan serat optik. Pada tugas akhir ini dilakukan perancangan dengan penentuan wilayah untuk perancangan *backhaul* eNodeB pada jaringan LTE berdasarkan letak geografis untuk memperhitungkan trafik *user* yang diperlukan dan untuk menentukan perancangan link *backhaul* fiber optik maupun topologi atau konfigurasi sistem jaringan eNodeB yang dirancang di Kecamatan Sungai Durian Kotabaru, Kalimantan Selatan. Perancangan *backhaul* ini menggunakan teknologi SDH dengan level STM-4 dan untuk aksesnya menggunakan GPON 2,5 Ghz. Hasil perhitungan perancangan yang telah dilakukan mendukung layanan komunikasi di Kecamatan Sungai Durian Kotabaru, Kalimantan Selatan. Rancangan ini terpenuhi dengan parameter terendah BER pada sisi *downstream* bernilai $5,722 \times 10^{-9}$. Sedangkan untuk nilai parameter BER terendah pada link akses *Upstream* bernilai $7,675 \times 10^{-10}$ dan pada sisi *backhaul* dengan BER bernilai $2,641 \times 10^{-12}$.

Kata kunci—backhaul, LTE, GPON, sistem komunikasi optik

Abstract— The fiber optic network construction project, namely the palapa ring, has been completed. However, the internet network is still not maximally accessible in remote areas, so a *backhaul* network is needed as a connecting medium between the eNodeB and its base station controller through transmission media that supports the performance of LTE technology using optical fiber. This final project is to design by determining the area for designing the *backhaul* eNodeB on the LTE network based on geographical location to take into account the required user traffic and to determine the design of the fiber optic and microwave *backhaul* link as well as the topology or configuration of the eNodeB network system designed in Sungai Subdistrict. Durian Kotabaru, South Kalimantan. This *backhaul* design uses SDH technology with STM-4 level and for access using 2.5 Ghz GPON. The results of the calculations in this design have been able to support communication services in Sungai Durian

Kotabaru District, South Kalimantan. This design is fulfilled with the lowest parameter BER on the downstream is $5,722 \times 10^{-9}$. Meanwhile, the lowest parameter BER on the upstream is $7,675 \times 10^{-10}$ and On the backbone side with value BER is $2,641 \times 10^{-12}$.

Keywords— backhaul, LTE, GPON, optical communication system

I. PENDAHULUAN

Proyek pembangunan jaringan serat optik yaitu palapa ring telah selesai. Namun jaringan internet masih belum bisa diakses secara maksimal di daerah pelosok sehingga dibutuhkan jaringan *backhaul* sebagai media penghubung antara eNodeB dengan *base station controller* nya. Pada Teknologi jaringan LTE dengan kecepatan data tinggi maka dibutuhkan media transmisi terbaik saat ini yaitu menggunakan teknologi serat optik. Serat optik memiliki keunggulan dibandingkan dengan teknologi micromave yaitu Bandwidth dan kapasitas lebih besar, tahan terhadap interferensi gelombang elektromagnetik, tidak mudah untuk disadap dan mampu menjangkau jarak jauh dengan kecepatan yang sangat tinggi serta dipilihnya media transmisi serat optik dibanding dengan microwave karena pada microwave tidak bisa diimplementasikan jaringan FTTH (Fiber To The Home) untuk kedepannya yang mana pada jaringan FTTH menggunakan 100% kabel Fiber optik. Maka dengan itu media transmisi serat optik sangat mendukung untuk teknologi jaringan LTE dan sudah menjadi penghubung antara eNodeB sebagai *backhaul*.

II. KAJIAN TEORI

Sistem Komunikasi Seluler 4G/LTE

Dalam sistem komunikasi seluler jaringan 4G/LTE, eNodeB sangat berperan penting dalam proses pengiriman dan penerimaan data antara UE dengan *server* atau jaringan

internet. Arsitektur 4G/LTE terdiri dari UE yaitu pengguna layanan seluler yang bergerak, E-UTRAN yaitu jaringan e-Node B yang berfungsi untuk menghubungkan UE ke *network*, dan EPC yang berfungsi sebagai *interface* antara E-UTRAN dan *network*.

Backhaul

Pengertian umum backhaul adalah jaringan penghubung dari pengirim sampai dengan end user. Pengertian khusus pada tugas akhir ini backhaul adalah EPC (Evolved Packet Core) yang menggunakan media transmisi serat optik.

Perencanaan Berdasarkan Kapasitas User

Proses perencanaan kapasitas LTE terdiri dari beberapa langkah seperti [5] :

1. Jumlah trafik untuk menentukan target kapasitas (jumlah *user* untuk data dan panggilan, jenis layanan, penggunaan trafik per pengguna untuk panggilan dan data)
2. Menghitung rata-rata kapasitas *Throughput* untuk *uplink* (UL) dan *downlink* (DL), dapat menggunakan simulasi ataupun pengukuran.
3. Menentukan jumlah eNodeB yang dibutuhkan untuk trafik.

GPON (Gigabyte Passive Optical Network)

GPON merupakan teknologi node akses yang dibutuhkan guna membagikan layanan multimedia (Voice, informasi, Film ataupun content yang lain) untuk klien perumahan ataupun pengusaha [11]. GPON ialah teknologi berlandas FTTx, yang bisa berbentuk: FTTH (Fiber to the Home).

III. METODE

Perancangan Sistem Jaringan Perhitungan Trafik User

Perhitungan dilakukan agar sistem yang dirancang dapat memenuhi kebutuhan layanan dalam beberapa tahun kedepan. Dengan mendapatkan estimasi jumlah user maka dapat ditentukan *network throughput* dan jumlah sel yang dibutuhkan untuk perancangan.

Tabel 1 *Network Throughput*

Kecamatan Sungai Durian
UL = $3194 \times 3.21 = 10.252 \text{ Mbps}$
DL = $3194 \times 15.33 = 48.964 \text{ Mbps}$

Tabel 2 Jumlah sel

Kecamatan Sungai Durian
UL = $\frac{10,252}{9,9} = 1,035 \approx 2 \text{ sel}$
DL = $\frac{48,964}{16,6} = 2,94 \approx 3 \text{ sel}$

Perancangan Link Serat Optik

Perancangan link Backhaul

Perancangan *link* jaringan *backhaul* menggunakan perangkat STM-4 yang mengacu pada ITU-T G.957. STM-4

dipilih dikarenakan memiliki kecepatan hingga 644 mbps yang mana kapasitasnya sudah cukup untuk perancangan penelitian saya serta hanya memerlukan satu pasang *core* kabel serat optik guna menautkan bagian pengiriman dan bagian penerima yang sudah cukup untuk memenuhi kebutuhan kapasitas *Site*. Dengan jenis fiber optik yang digunakan adalah spesifikasi ITU-T G.655 dimana panjang gelombang dalam perancangan *backhaul* ini ialah 1550 nm. Dalam memastikan panjang gelombang serat optik, sehingga semakin besar panjang gelombang serat optik maka atenuasi per km pada serat optik akan semakin kecil. Standar ITU-T G.655 dapat dilihat pada Tabel dibawah.

Tabel 3 *Optical Interface Parameter backhaul*

Item	Value	Unit
Bit rate	622	Mbps
Format Modulation	-	NRZ
Wavelength	1550	nm
Attenuation	0,21	dB
Mean launched power	-3 to 2	dBm
Sensitivity minimum	-28	dBm

Perancangan link akses

Parameter *link* akses dengan mengacu pada *standart* ITU-T G.984.2 tentang teknologi GPON. Parameter *interface* untuk GPON untuk *Downstream* dan untuk *upstream* dapat dilihat pada Tabel dibawah. Jenis fiber optik yang digunakan dengan standar G.652 *single mode*.

Tabel 4 *Optical Interface Parameter GPON untuk Downstream* [18]

Item	Value	Unit
Bit rate downstream	2488,32	Mbps
Format Modulasi	-	NRZ
Wavelength upstream	1310	nm
Wavelength downstream	1490	nm
Power range (Class B+) Tx	-1,5 to 5	dBm

Tabel 5 *Optical Interface Parameter GPON untuk Upstream* [18]

Item	Value	Unit
Bit rate upstream	1244,16	Mbps
Format Modulasi	-	NRZ
Wavelength upstream	1310	nm
Wavelength downstream	1490	nm
Power range (Class B+) Tx	-1,5 to 5	dBm

Perhitungan Link Power Budget

Dilakukan untuk mendapatkan minimum *power sensitivity* agar dapat diketahui bahwa daya terima masih dalam rentang standar yang berlaku dengan parameter dibawah sebagai berikut.

Tabel 6 *Parameter Link Power Budget*

NO	Parameter	Unit	Nilai
1	Redaman Kabel (1550 nm)	dB/km	0,21
2	Redaman Kabel (1490 nm)	dB/km	0,21
3	Redaman Kabel (1310 nm)	dB/km	0,35
4	Redaman Konektor	dB/buah	0,2
5	Redaman Sambungan	dB/buah	0,05 dan 0,03
6	Redaman <i>Splitter</i>	dB/buah	7,4
7	Daya <i>Transmit</i> (1550 nm)	dBm	1,5
8	Daya <i>Transmit</i> (1490 nm)	dBm	4
9	Daya <i>Transmit</i> (1310 nm)	dBm	5
10	<i>Attenuator</i>	dB	1 sampai 30

Maka didapatkan:

Link Backhaul

$$A_{tot} = L \cdot \alpha_f + N_c \cdot \alpha_c + N_s \cdot \alpha_s + S_p + S_M$$

$$tot = 79.394 \cdot 0.21 + 4 \cdot 0.2 + 19 \cdot 0.05 + 0 + 6 = 24,42 \text{ dB}$$

$$Prx = P_{tx} - tot$$

$$Prx = 1,5 - 24,42 = -22,92 \text{ dBm}$$

IV. HASIL DAN PEMBAHASAN**Simulasi Permodelan Sistem**

Simulasi permodelan sistem *link backhaul* Menggunakan teknologi STM-4 dengan jarak 80 kilo meter yang merupakan

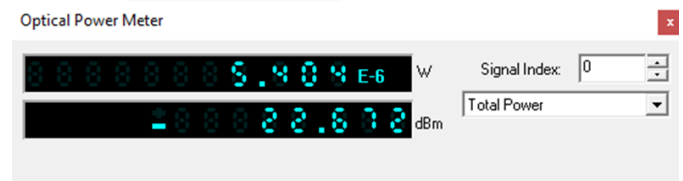
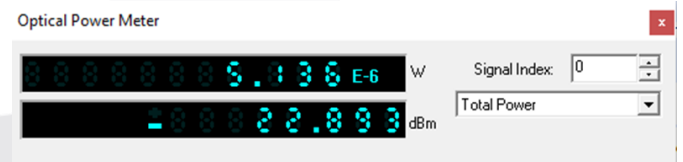
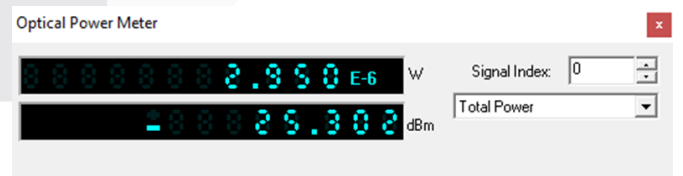
jalur utama eNodeB dan *bit rate* yang digunakan adalah 622 Mbps. Sedangkan untuk simulasi permodelan *link upstream* dan *downstream* menggunakan teknologi GPON dengan jarak paling jauh yaitu 19,795 kilometer dengan *bit rate* yang digunakan adalah 2,5 Gbps.

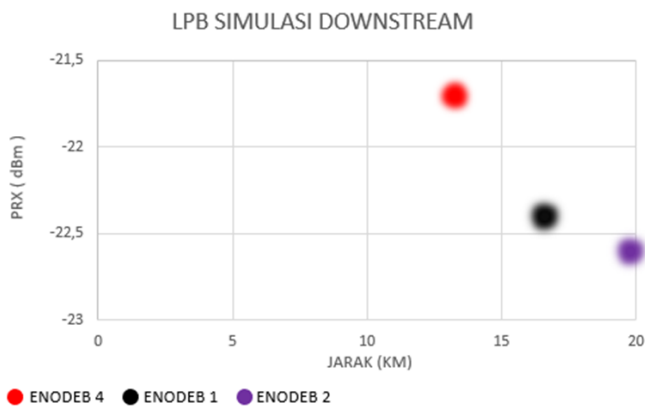
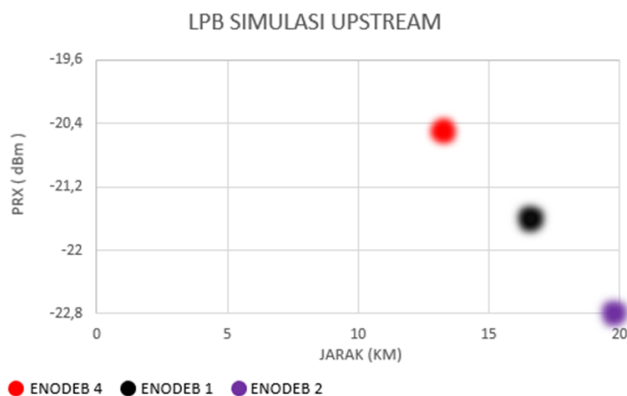
Analisis Hasil Simulasi Perancangan

Simulasi yang dilakukan pada perangkat lunak optik membutuhkan komponen *Optical Power Meter* untuk menampilkan daya terima yang dihasilkan dan BER *analyzer* untuk menampilkan nilai *Q-Factor* dan BER. Pada analisis ini dilakukan pada parameter dengan spek minimum, dibawah minimum dan diatas minimum serta analisis hubungan BER terhadap *Q-Factor* dan *Q-Factor* terhadap beberapa manipulasi jarak.

Analisis Terhadap Power Received Spek Minimum

Power Received merupakan daya yang diterima oleh *receiver* yang dipengaruhi oleh nilai LPB. Semakin kecil nilai LPB maka daya yang akan diterima akan semakin besar pula, sehingga nilai *power received* berbanding terbalik dengan nilai LPB. Pada simulasi LPB, digunakan komponen *Optical Power Meter*. Untuk hasil analisis *Downstream* dan *Upstream* diambil nilai terburuk pada semua percobaan. Hasil Simulasi LPB *Optical Power link akses Downstream* dapat dilihat pada gambar 1 dan *Upstream* dapat dilihat pada Gambar 2 dan *backhaul* pada gambar 3.

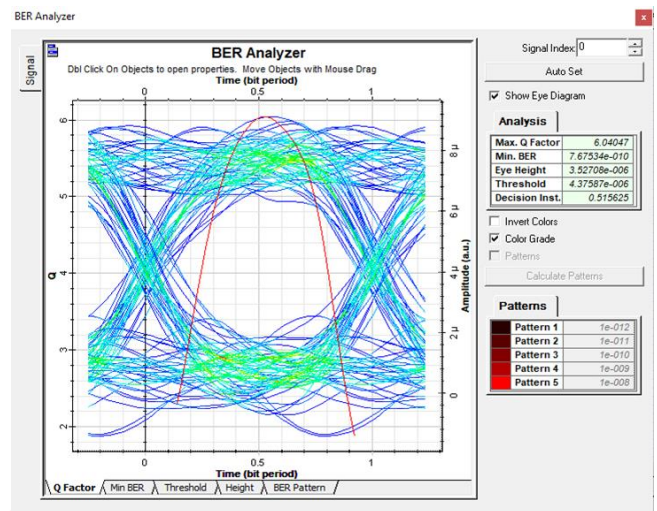
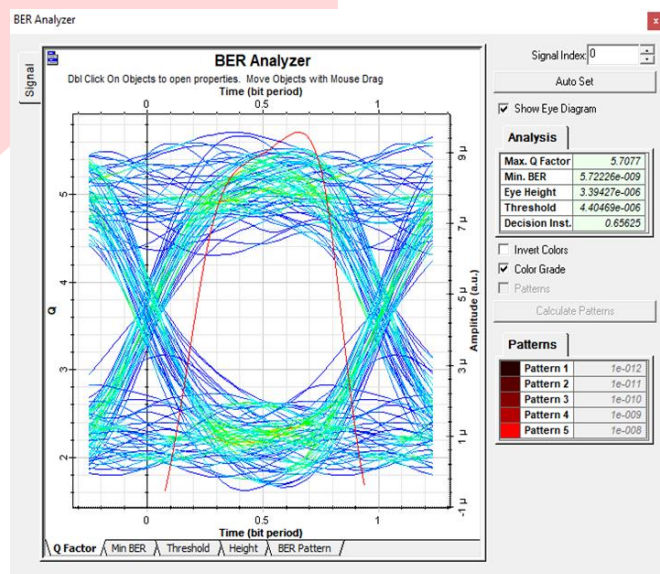
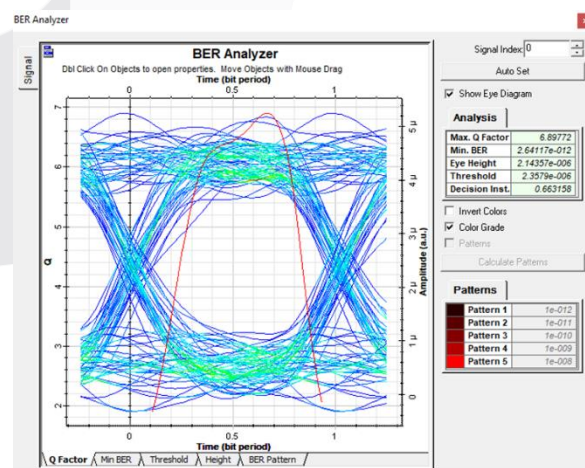
Gambar 1. LPB *Optical Power* Terburuk *Downstream*Gambar 2. LPB *Optical Power* Terburuk *Upstream*Gambar 3. LPB *Optical Power Backhaul*

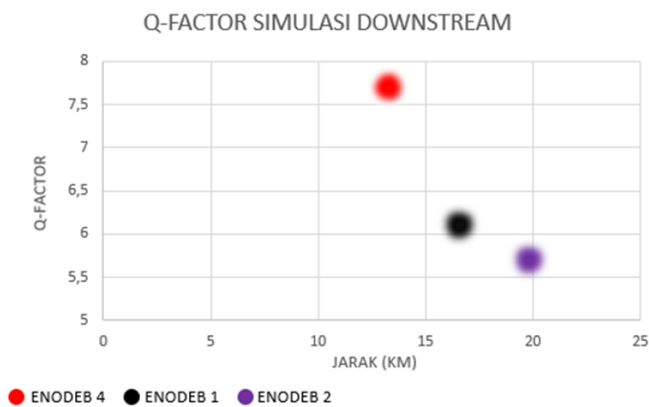
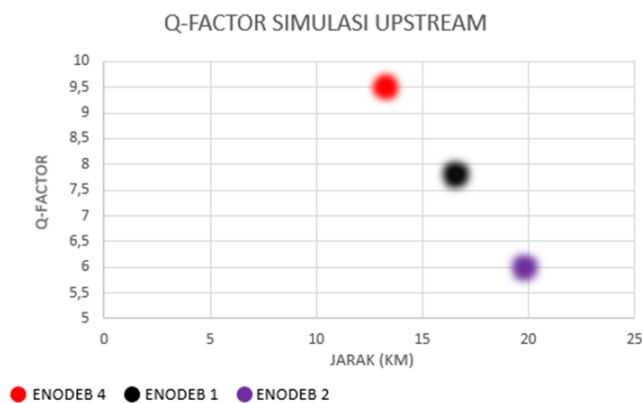
Gambar 4 Hasil Semua LPB Simulasi *Downstream*Gambar 5. Hasil Semua LPB Simulasi *Upstream*

Nilai LPB terendah untuk *link* akses *Downstream* adalah -22,6 dBm pada EnodeB 2, *link* akses *Upstream* terendah -22,8 dBm pada EnodeB 2, dan untuk *backhaul* nilai LPB adalah -25,3 dBm. Nilai terendah didapat karena jarak *link* yang lebih jauh dibandingkan *link* akses lainnya yang mana semakin jauh jarak maka semakin panjang lintasan serat kaca yang dilalui cahaya dalam *fiber* optik sehingga menyebabkan daya terima yang lebih besar dibandingkan dengan jarak yang lebih dekat serta adanya pengaruh penambahan *attenuator*. Meski begitu nilai seluruh *power received* yang didapat masih memenuhi standar yaitu -28 dBm.

Analisis Terhadap *Q-Factor* Spek Minimum

Simulasi yang dilakukan pada perangkat lunak optik membutuhkan komponen BER analyzer untuk menampilkan nilai *Q-Factor*. Untuk hasil analisis *Downstream* dan *Upstream* diambil nilai terburuk pada semua percobaan. Hasil Simulasi *link* akses *Downstream* dapat dilihat pada gambar 7 dan *Upstream* dapat dilihat pada Gambar 6 dan *backhaul* pada gambar 8.

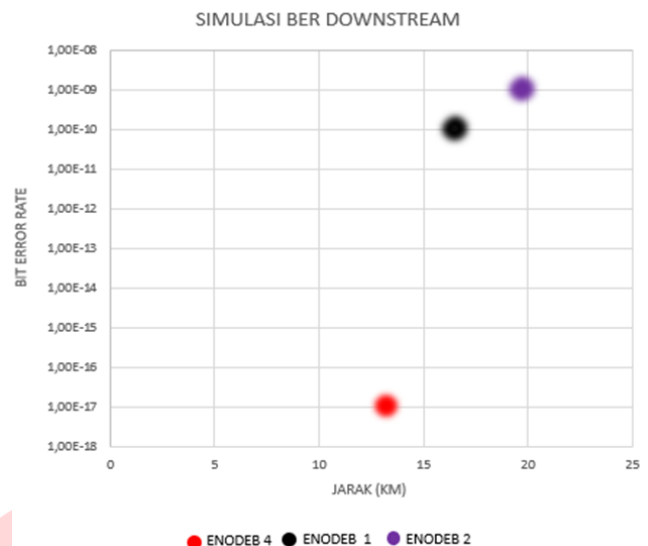
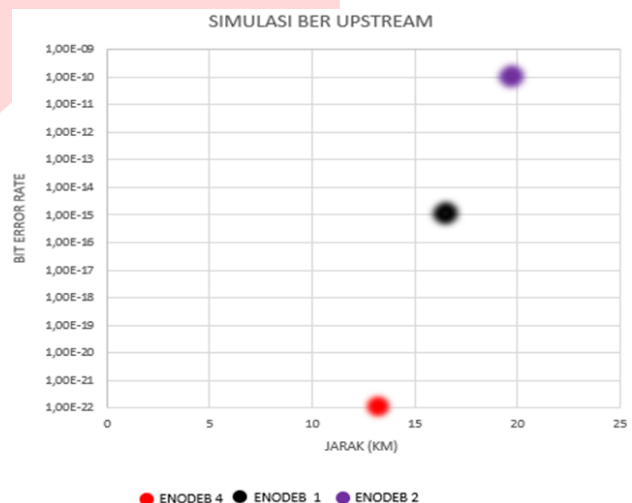
Gambar 6. BER Analyzer Simulasi Terburuk *Upstream*Gambar 7. BER Analyzer Simulasi Terburuk *Downstream*Gambar 8. BER-analyzer Simulasi *Backhaul*

Gambar 9. Hasil Semua *Q-Factor* Simulasi *Downstream*Gambar 10. Hasil Semua *Q-Factor* Simulasi *Upstream*

Nilai *Q-Factor* terendah untuk *link* akses *Downstream* adalah 5,7 yang didapatkan EnodeB 2. Sedangkan, nilai *Q-factor* terendah untuk *link* akses *Upstream* adalah 6 pada EnodeB 2. Dan *link backhaul* memiliki nilai *Q-Factor* sebesar 6,8. Pada *link* akses *Downstream* nilai terendah terjadi karena dipengaruhi oleh jarak *link* yang cukup jauh yang mana semakin jauh jarak maka semakin panjang kabel yang digunakan semakin buruk pula kualitasnya serta disebabkan daya *receiver* yang diterima *photodetector*. Demikian juga yang terjadi pada nilai *Q-Factor* *link* akses *Upstream*. Meski begitu nilai semua *Q-Factor* telah memenuhi nilai standar ideal dan nilai standar yang bagus.

Analisis Terhadap BER Spek Minimum

Berdasarkan persamaan (2.14) nilai *Q-Factor* dapat mempengaruhi nilai dari BER. Semakin besar nilai *Q-Factor* maka nilai BER yang dihasilkan akan semakin kecil sehingga minimnya *error* yang terjadi. Nilai BER untuk *Q-Fac* ideal harus berada pada rentang 10^{-6} sampai 10^{-12} dan nilai BER yang bagus adalah $\leq 10^{-9}$ agar memenuhi standar kelayakan dari kualitas sinyal yang ditransmisikan. Untuk hasil analisis BER *Downstream* dan *Upstream* diambil nilai terburuk pada semua percobaan. Hasil Simulasi *link* akses *Downstream* dapat dilihat serupa pada gambar 6. BER *analyzer* dan *Upstream* dapat dilihat pada Gambar 7. BER *analyzer* dan *backhaul* pada gambar 8. BER *analyzer*.

Gambar 11. BER Simulasi *Downstream*Gambar 12. BER Simulasi *Upstream*

Nilai BER terbesar untuk *link* akses *Downstream* adalah $5,722 \times 10^{-9}$ yang didapatkan pada EnodeB 2. Sedangkan *link* akses *Upstream* terbesar bernilai $7,675 \times 10^{-10}$ pada EnodeB 2 dan *link backhaul* sebesar $2,641 \times 10^{-12}$.

Pada *link* akses *Downstream* nilai BER terbesar terjadi karena dipengaruhi jarak yang cukup jauh yang mana semakin jauh jarak maka semakin banyak data yang dilewatkan dalam cahaya pada fiber optik yang membuat nilai *error* semakin besar. Demikian juga yang terjadi pada nilai BER pada *link* akses *Upstream*. Meski begitu semua nilai BER telah memenuhi nilai standar ideal dan nilai standar yang bagus.

V. KESIMPULAN

Rancangan Jaringan Backhaul serat optik untuk layanan Komunikasi LTE dan optik pada Kecamatan Sungai Durian Kotabaru, Kalimantan Selatan dengan parameter minimum telah memenuhi seluruh kelayakan dan dapat digunakan untuk mendukung layanan komunikasi LTE dan optik. Terdapat simpulan terkait parameter rancangan jaringan backhaul sebagai berikut :

1. Sistem jaringan GPON pada link akses Downstream telah memiliki parameter spek minimum dengan nilai BER terendah senilai $5,722 \times 10^{-9}$. Nilai tersebut sudah dapat direalisasikan karena telah memenuhi nilai ideal standar kelayakan.
2. Sistem jaringan GPON pada link akses Upstream telah memiliki parameter spek minimum dengan nilai BER terendah senilai $7,675 \times 10^{-10}$. Nilai tersebut sudah dapat direalisasikan karena telah memenuhi nilai ideal standar kelayakan.
3. Sistem pada backhaul menggunakan SDH level STM-4 mendapatkan nilai BER spek minimum senilai $2,641 \times 10^{-12}$. Nilai telah memenuhi standar ideal dan dapat direalisasikan.

REFERENSI

- [1] Dahlman, Erik; Parkvall, Stefan; Skold, Johan. "4G LTE/LTE-Advance for Mobile Broadband". 2012.
- [2] Mishra, A. R. (2018). *Fundamental of Network Planning and Optimisation 2G /3G/4G: Evolution to 5G*. India: Jhon Wiley & Son.
- [3] A. ElNashar, M. A. El-Saidny and M. Sherif, "Design, Deployment and Performance of 4G/LTE Networks," 2014
- [4] Ulfah, Maria. "Peningkatan Area Jangkauan Jaringan 4G Lte (Studi Kasus Kecamatan Samarinda Ulu)." *Jurnal Ecotipe (Electronic, Control, Telecommunication, Information, and Power Engineering)* 5, no.1 (2018):33-38
- [5] Usman, Uke Kurniawan, et al. "Fundamental Teknologi Seluler LTE." Bandung, Indonesia: Rekayasa Sains (2012).
- [6] F. B. Wicaksono, Analisis Perencanaan Backhaul Microwave Untuk Radio Komunikasi Pada Kawasan Wisata Kepulauan Seribu, 2016.
- [7] HUAWEI TECHNOLOGIES CO., LTD, "LTE Radio Network Planning Introduction".
- [8] Huawei Service, "M-Site Operator X".2015.
- [9] R,Ali Hanafiah. "TEKNOLOGI SERAT OPTIK" .2006.
- [10] Praja,Fazar Guntara. "Analisis Perhitungan dan Pengukuran Transmisi Jaringan Serat Optik Telkom Regional Jawa Tengah".2013.Institut Teknologi Nasional.
- [11] <https://www.it-teknologi.co.id/ps-ftth.html>, diakses pada tanggal 7 Desember 2021 pukul 20.52
- [12] Wibisono,Gunawan. "SISTEM JARINGAN FIBER OPTIC".2020.
- [13] E Farhan,Ki Agus. "Perancangan Dan Analisis Jaringan Backhaul Serat Optik Untuk Komunikasi Lte Penumpang Kereta Cepat Jakarta – Surabaya Sub Cepu –Surabaya".2020 . Bandung : Telkom University.
- [14] BPS Kab.Kotabaru. "Kecamatan Sungai Durian Dalam Angka" . 2018
- [15] BADAN PUSAT STATISTIK KABUPATEN KOTABARU.2019-2021.
- [16] Direktorat Jenderal Kependudukan dan Pencatatan Sipil (Dukcapil) Kementerian Dalam Negeri.
- [17] International Telecommunication Union (ITU-T), "G.957 : Optical interfaces for equipments and systems relating to the synchronous digital hierarchy," 2008.
- [18] International Telecommunication Union (ITU-T), "G.984.2 : Gigasetup-capable Passive Optical Networks (GPON): Physical Media Dependent (PMD) layer specification," 2004.
- [19] DBS Bank; Various sources (companies) © Statista 2022
- [20] Wellington Perspective,"The Mobile Telecoms Industry in Indonesia Enters The 5G Era," 2021.
- [21] <http://id.opticalpatchcable.com/news/what-is-g652-fiebr-21556342.html>,diakses pada tanggal 11 Agustus 2022 pukul 14.14
- [22] <http://id.opticalpatchcable.com/news/single-mode-fiber-type-g652-vs-g655-fiber-21538284.html>, di akses pada tanggal 11 Agustus 2022 pukul 14.25
- [23] P. Valendra, Perancangan Jaringan Backhaul 4G/LTE Menggunakan Serat Optik Di Kecamatan Loksado, Kandangan dan Kalumpang: Bandung Universitas Telkom, Buku Tugas Akhir, 2018