

PERANCANGAN JARINGAN BACKHAUL 4G/LTE MENGGUNAKAN SERAT OPTIK DI KECAMATAN LOKSADO, KANDANGAN, DAN KALUMPANG

BACKHAUL 4G / LTE NETWORK DESIGN USING OPTICAL FIBER IN SUB DISTRICT LOKSADO, KANDANGAN, AND KALUMPANG

Valendira Putri P.¹, Ir. Akhmad Hambali, M.T.², M. Irfan Maulana, S.T, M.T.³

^{1,2,3} Prodi S1 Teknik Telekomunikasi, Fakultas Teknik Elektro, Universitas Telkom Bandung

¹valendiraa@student.telkomuniversity.com,²bphambali@gmail.com,³kuliah.im@gmail.com

ABSTRAK

Pemerataan pembangunan jaringan 4G/LTE pada Tugas Akhir ini dilakukan di Kecamatan Loksado, Kandangan, dan Kalumpang Kalimantan Selatan. Perancangan jaringan eNodeB dilakukan dengan memperhitungkan trafik user yang diperlukan berdasarkan *capacity planning* untuk mengetahui jumlah eNodeB yang akan diterapkan ke sistem sebagai *backhaul*. Sistem menggunakan teknologi GPON pada *link* akses dan STM-16 pada *link backhaul* didapatkan nilai parameter sesuai standart pada sistem. Dengan nilai *Q-factor* terburuk pada sisi *upstream* untuk masing-masing kecamatan yaitu 17,0924, 15,6667, 17,357, dan pada sisi *downstream* untuk masing-masing kecamatan yaitu 22,7433, 21,0777, 23,0496. Dengan nilai BER terburuk pada sisi *upstream* untuk masing-masing kecamatan yaitu $7,33 \times 10^{-66}$, $1,12 \times 10^{-55}$, $7,57 \times 10^{-68}$, dan pada sisi *downstream* untuk masing-masing kecamatan yaitu $0,577 \times 10^{-99}$, $6,6 \times 10^{-118}$. Dengan nilai *Power Received* terburuk pada sisi *upstream* untuk masing-masing kecamatan yaitu -19,022 dBm, -19,757 dBm, -18,882 dBm, dan pada sisi *downstream* untuk masing-masing kecamatan yaitu -13,022 dBm, -13,756 dBm, -12,881 dBm. Pada sistem STM-16 didapatkan nilai terburuk untuk *Q-factor* = 62,4385, BER = 0 dan *Power Received* = -15,641 dBm.

Kata Kunci : eNodeB, 4G/LTE, GPON, STM-16

ABSTRACT

Equitable development of 4G / LTE network in this Final Project is conducted in District Loksado, Kandangan, and Kalumpang Kalimantan Selatan. The design of eNodeB network is done by considering the user's required traffic based on the planning capacity to know the number of eNodeB that will be applied to the system as backhaul. The system uses GPON technology on the access link and STM - 16 on the backhaul link. With the worst value of Q-factor on the upstream for each district are 17,0924, 15,6667, 17,357, and on the downstream for each district are 22,7433, 21,0777, 23,0496. With the worst value of BER on the upstream for each sub-district are $7,33 \times 10^{-66}$, $1,12 \times 10^{-55}$, $7,57 \times 10^{-68}$, and on downstream for each sub-district are $0,577 \times 10^{-99}$, $6,6 \times 10^{-118}$. With the worst value of Power Received on the upstream for each sub-district are -19,022 dBm, -19,757 dBm, -18,882 dBm, and on downstream for each sub-district are -13,022 dBm, -13,756 dBm, -12,881 dBm. In STM-16 system obtained the worst value of Q-factor = 62,4385, BER = 0 and Power Received = -15,641 dBm.

Keywords: eNodeB, 4G/LTE, GPON, STM-16

1. Pendahuluan

Pemerataan jaringan 4G/LTE saat ini sudah menjadi hal yang harus dilakukan oleh semua operator di Indonesia, namun sebagian wilayah masih belum seluruhnya terjangkau. Sehingga dibutuhkannya pemerataan dengan membangun jaringan 4G/LTE khususnya pada daerah-daerah wisata terpencil yang dikarenakan ketiadaan akses jaringan 4G/LTE untuk wisatawan. Selain itu, daerah wisata juga merupakan area dengan banyak *user* yang membutuhkan jaringan akses agar dapat berkomunikasi dengan baik. Salah satunya adalah daerah wisata di Kalimantan Selatan yaitu Kecamatan Loksado, Kandangan, dan Kalumpang Kabupaten Hulu Sungai Selatan. Untuk mendukung kinerja teknologi 4G/LTE tersebut, maka dibutuhkan suatu media transmisi yang handal dengan menggunakan *serat optik*. Media transmisi *serat optik* dapat mendukung teknologi jaringan 4G/LTE dan sudah diterapkan penggunaannya antar eNodeB sebagai *backhaul*.

2. Dasar Teori

2.1 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*.

2.2 Backhaul

Backhaul merupakan media *transport* jaringan akses seluler yang menghubungkan *base station* dengan *controller*-nya. *Controller* yang dimaksud adalah EPC (*Evolved Packet Core*) pada jaringan *Long Term Evolution* yang di dalamnya terdapat MME, S-GW dan P-GW.

2.3 Perencanaan Berdasarkan Kapasitas User

Proses perencanaan kapasitas LTE terdiri dari beberapa langkah yaitu menghitung estimasi jumlah *user*, *service model* dan *traffic model parameter*, *network throughput* dan *cell throughput* dan penghitungan jumlah sel.

2.4 GPON (Gigabyte Passive Optical Network)

GPON adalah jaringan *serat optik* yang berbasiskan *point to multipoint* dan memiliki kapasitas data yang sangat besar. Karena kemampuan transfer data yang sangat cepat dalam jarak yang jauh dan *bandwidth* yang besar, teknologi GPON juga biasanya digunakan untuk *backhaul* pada jaringan *core network*. Komponen GPON terdiri dari OLT (*Optical Line Terminal*), ODC (*Optical Distribution Cabinet*), ODP (*Optical Distribution Point*) dan ONT (*Optical Network Termination*).

2.5 DWDM (Dense Wavelength Division Multiplexing) [9]

Merupakan teknik *multiplexing* dalam jaringan *serat optik* yang mentransmisikan data dengan banyak panjang gelombang (*dense*) dalam satu jalur.

3. Perancangan Sistem Jaringan E-Node B

3.1 Penghitungan Trafik User

Estimasi jumlah *user* ini dilakukan agar sistem yang dirancang dapat memenuhi kebutuhan layanan dalam beberapa tahun ke depan. Dengan didapatkannya estimasi jumlah *user* maka dapat ditentukan *network throughput* yang dibutuhkan untuk perancangan.

Tabel 1 Jumlah Sel per Kecamatan

Kec. Loksado	Kec. Kandangan	Kec. Kalumpang
UL = $911 \times 3.21 = 2.924$ Mbps DL = $911 \times 15.33 = 13.965$ Mbps	UL = $5002 \times 5.87 = 29.36$ Mbps DL = $5002 \times 20.94 = 104.74$ Mbps	UL = $602 \times 3.21 = 1.932$ Mbps DL = $602 \times 15.33 = 9,229$ Mbps

3.2 Perancangan Link Jaringan Serat optik

3.2.1 Perancangan Link Backhaul

Jaringan *link backhaul* menggunakan STM-16 karena memiliki kecepatan hingga 2488.320 Mbps (2.5 Gbps) yang dapat memenuhi kebutuhan kapasitas *site*. Perangkat STM-16 yang mengacu pada ITU-T G.957 dapat diintegrasikan menggunakan teknologi DWDM dan hanya membutuhkan satu pasang *core* optik untuk menghubungkan bagian *transmitter* dengan bagian *receiver*. Dengan parameter sebagai berikut:

Tabel 2 Optical interface parameter perancangan Backhaul Link

Item	Unit	Value
Nominal line rate	Mbps	2488.32
Operating channel spacing	GHz	10
Line code	-	Scrambled NRZ
Operating wavelength	nm	1550
Mean launch power minimum	dBm	+3
Mean launch power maximum	dBm	-2
Bit error ratio reference level	-	10^{-10}
Sensitivity	dBm	-28
Overload	dBm	-9

3.2.2 Perancangan *Link* Akses

Teknologi transport untuk jaringan akses perlu ditentukan agar data yang dikirimkan dari jaringan *backhaul* ke titik *site* sesuai dengan yang diinginkan serta dapat mendukung jaringan *backhaul* dan *core network* yang memiliki kecepatan akses *uplink-downlink* yang sangat baik. Beberapa parameter perancangan yang mengacu pada standart ITU-T G.984.2 tentang teknologi GPON adalah sebagai berikut:

Tabel 3 Optical interface parameter GPON 2488.32 Mbps untuk *downstream*

Item	Unit	Value		
<i>OLT transmitter</i>				
<i>Operating channel spacing</i>	GHz	10		
<i>Line code</i>	-	Scrambled NRZ		
<i>ODN class</i>		A	B	C
<i>Mean channel launch power minimum</i>	dBm	0	+5	+3
<i>Mean channel launch power maximum</i>	dBm	+4	+9	+7
<i>ONU receiver</i>				
<i>Bit error ratio reference level</i>	-	10 ⁻¹⁰		
<i>ODN class</i>		A	B	C
<i>Sensitivity</i>	dBm	-21	-21	-28
<i>Overload</i>	dBm	-1	-1	-8

Tabel 4 Optical interface parameter GPON 1244.16 Mbps untuk *upstream*

Item	Unit	Value		
<i>OLT transmitter</i>				
<i>Operating channel spacing</i>	GHz	10		
<i>Line code</i>	-	Scrambled NRZ		
<i>ODN class</i>		A	B	C
<i>Mean channel launch power minimum</i>	dBm	-3	-2	+2
<i>Mean channel launch power maximum</i>	dBm	+2	+3	+7
<i>ONU receiver</i>				
<i>Bit error ratio reference level</i>	-	10 ⁻¹⁰		
<i>ODN class</i>		A	B	C
<i>Sensitivity</i>	dBm	-24	-28	-29
<i>Overload</i>	dBm	-3	-7	-8

3.2.3 Perhitungan *Link Power Budget*

Perhitungan redaman dibutuhkan untuk mendapatkan minimum *power (receiver sensitivity)* sesuai dengan yang ditentukan. Maka didapatkan *link power budget* untuk *link* akses sebagai berikut:

Tabel 4 *Link Power Budget Link* Akses

No	<i>Backhaul Link</i>	<i>Loss (dB)</i>				<i>Total Loss (dB)</i>
		<i>Kabel</i>	<i>Konektor</i>	<i>Splicing</i>	<i>Splitter</i>	
1	Kandangan 3 – Kandangan 1	8,33	1,2	0,3	11,75	20.175
2	Kandangan 3 – Kandangan 2	5,5125	1,2	0,2	11,75	2.455
3	Kalumpang 3 – Kalumpang 1	7,175	1,2	0,3	11,75	19.34
4	Kalumpang 3 – Kalumpang 2	7,455	1,2	0,3	11,75	21.33
5	Kalumpang 3 – Kalumpang 4	6,44	1,2	0,2	11,75	18.4125
6	Loksado 4 – Loksado 1	6,825	1,2	0,2	11,75	19.725
7	Loksado 4 – Loksado 2	3,08	1,2	0,1	11,75	15.88
8	Loksado 4 – Loksado 3	3,535	1,2	0	11,75	16.235
9	Loksado 4 – Loksado 5	4,69	1,2	0,1	11,75	17.499
10	Loksado 4 – Loksado 6	3,395	1,2	0,1	11,75	16.195
11	Loksado 4 – Loksado 7	7,595	1,2	0,3	11,75	20.595

Untuk penghitungan *link power budget backhaul* memerlukan parameter-parameter seperti daya *transmitter*, *loss* maksimum, dan *gain amplifier*. Maka didapatkan nilai *link power budget backhaul* sebagai berikut:

$$\begin{aligned} \text{LPB} &= (\alpha c \times Nc) + (\alpha f \times L) + (\alpha s \times Ns) \\ &= (0,3 \times 3) + (0,35 \times 54) + (0,1 \times 13) \\ &= (0,9) + (18,9) + (1,3) = 29,1 \text{ dB} \end{aligned}$$

Sehingga *power* pada Rx dapat dihitung sebagai berikut:

$$\begin{aligned} \text{PRx} &= \text{PTx (dBm)} - \text{loss total (dB)} + \text{Gain amplifier (dB)} \\ &= 3 - 29,1 + 8 \\ &= -18,1 \text{ dBm} \end{aligned}$$

4. Simulasi dan Hasil Analisis Perancangan Jaringan ENodeB Pada Sistem Komunikasi Seluler

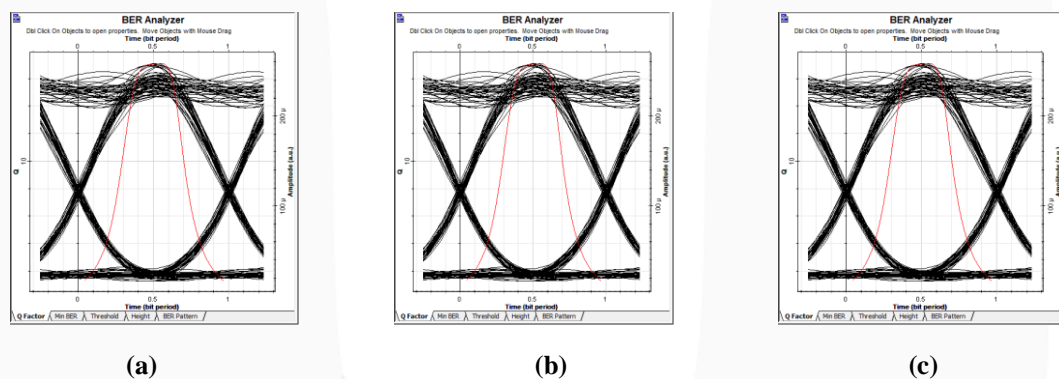
4.1 Simulasi Pemodelan Sistem

Pada *setup* simulasi sistem *link backhaul* memiliki konfigurasi dengan model sistem terdapat komponen *transmitter*, *multiplexer*, *demultiplexer*, serat optik, dan *receiver*. Menggunakan jarak 54 kilometer yang merupakan jarak jalur utama eNodeB dan *bit rate* yang digunakan pada simulasi ini adalah 2,5 Gbps. Pada *setup* simulasi sistem *link akses* yang memiliki konfigurasi sesuai dengan model sistem GPON yang terdapat komponen *transmitter*, *splitter*, dan serat *optic* dan *bit rate* yang digunakan juga 2,5 Gbps.

4.2 Analisis Hasil Simulasi Perancangan

4.2.1 Analisis Link Akses Menggunakan GPON untuk Upstream

Untuk analisis hasil simulasi *link akses* GPON sisi *upstream* diambil nilai terburuk dari semua percobaan untuk setiap kecamatan. Dimana *Q-factor* paling rendah terdapat pada daya maksimum untuk *upstream* GPON yaitu 3 dBm dan jarak terjauh.



Gambar 4.1 Hasil *eye diagram* terburuk tiap kecamatan (a) Kec. Loksado (b) Kec. Kandangan (c) Kec. Kalumpang sisi *upstream*

Pada Gambar 4.1 dapat dilihat bahwa Kecamatan Loksado dengan jarak 21,7 kilometer memiliki nilai *Q-factor* sama dengan 17,0924 dan nilai BER sama dengan $7,33 \times 10^{-66}$. Untuk Kecamatan Kandangan dengan jarak 23,8 kilometer memiliki nilai *Q-factor* sama dengan 15,6667 dan nilai BER sama dengan $1,12 \times 10^{-55}$, dan untuk Kecamatan Kalumpang dengan jarak 21,3 kilometer memiliki nilai *Q-factor* sama dengan 17,357 dan nilai BER sama dengan $7,57 \times 10^{-68}$.



(a)

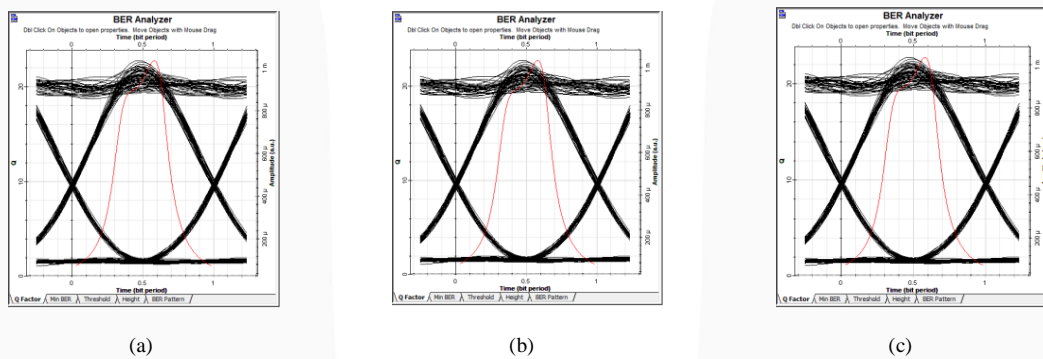


Gambar 4.2 Hasil *power received* terburuk tiap kecamatan (a) Kec. Loksado (b) Kec. Kandangan (c) Kec. Kalumpang sisi *upstream*

Pada Gambar 4.2 dapat dilihat bahwa Kecamatan Loksado dengan jarak 21,7 kilometer memiliki nilai *Power Received* sama dengan -19,022 dBm. Untuk Kecamatan Kandangan dengan jarak 23,8 kilometer memiliki nilai *Power Received* sama dengan -19,575 dBm, dan untuk Kecamatan Kalumpang dengan jarak 21,3 kilometer memiliki nilai *Power Received* sama dengan -18,882 dBm.

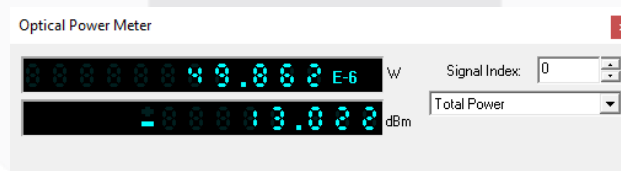
4.2.2 Analisis *Link Akses Menggunakan GPON untuk Downstream*

Untuk analisis hasil simulasi *link akses GPON sisi downstream* diambil nilai terbaik dari semua percobaan untuk setiap kecamatan. Dimana *Q-factor* paling tinggi terdapat pada daya maksimum untuk *downstream GPON* yaitu 9 dBm dan jarak terdekat.



Gambar 4.3 Hasil *eye diagram* terburuk tiap kecamatan (a) Kec. Loksado (b) Kec. Kandangan (c) Kec. Kalumpang sisi *downstream*

Pada Gambar 4.3 dapat dilihat bahwa Kecamatan Loksado dengan jarak 21,7 kilometer memiliki nilai *Q-factor* sama dengan 22,7433 dan nilai BER sama dengan $7,45 \times 10^{-115}$. Untuk Kecamatan Kandangan dengan jarak 23,8 kilometer memiliki nilai *Q-factor* sama dengan 21,0777 dan nilai BER sama dengan $5,77 \times 10^{-99}$. Untuk Kecamatan Kalumpang dengan jarak 21,3 kilometer memiliki nilai *Q-factor* sama dengan 23,0496 dan nilai BER sama dengan $6,6 \times 10^{-118}$.



(a)

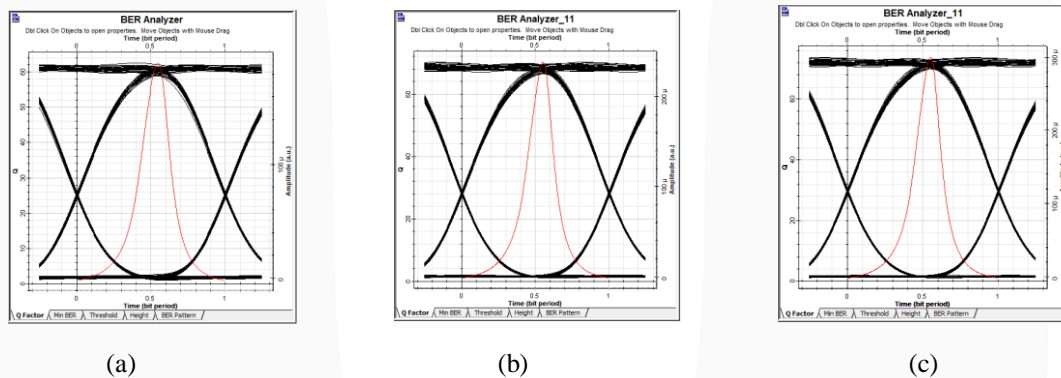


Gambar 4.4 Hasil *power received* terburuk tiap kecamatan (a) Kec. Loksado (b) Kec. Kandangan (c) Kec. Kalumpang sisi *downstream*

Pada Gambar 4.4 dapat dilihat bahwa Kecamatan Loksado dengan jarak 21,7 kilometer memiliki nilai *Power Received* sama dengan -13,022 dBm. Untuk Kecamatan Kandangan dengan jarak 23,8 kilometer memiliki nilai *Power Received* sama dengan -13,756 dBm, dan untuk Kecamatan Kalumpang dengan jarak 21,3 kilometer memiliki nilai *Power Received* sama dengan -12,881 dBm.

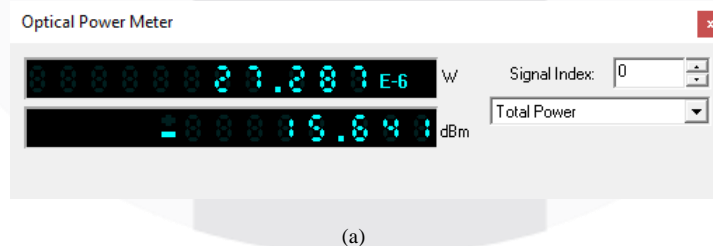
4.2.3 Analisis *Backhaul Link* Menggunakan STM-16

Untuk analisis hasil simulasi *link backhaul* STM-16 diambil nilai terburuk dari semua percobaan perubahan daya transmitter dan *gain* EDFA. Dimana percobaan terbaik terdapat pada daya transmitter maksimum dan *gain* EDFA terkecil.

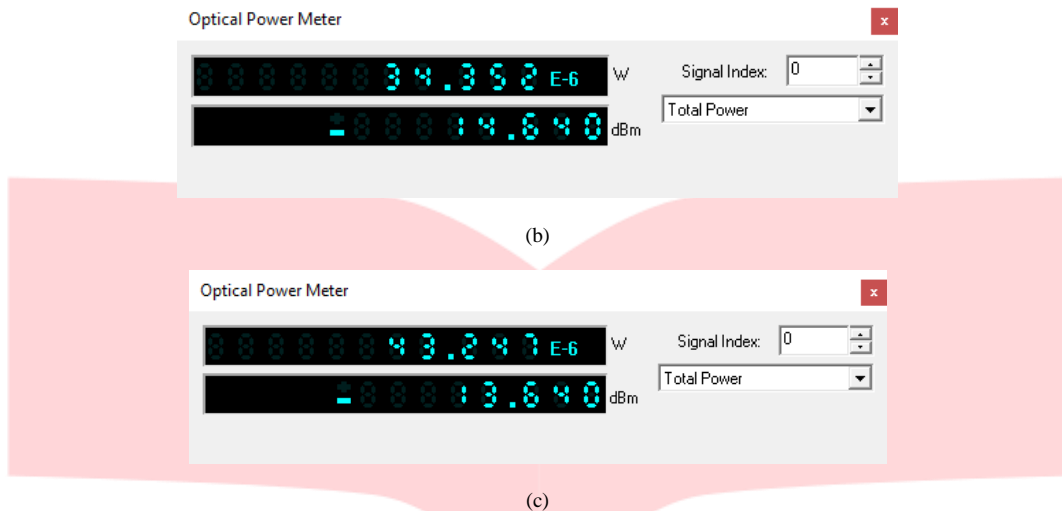


Gambar 4.5 Hasil *eye diagram* terburuk pada *backhaul link*

Pada Gambar 4.5 dapat dilihat bahwa pada *gain* EDFA sebesar 6 dB memiliki nilai *Q-factor* sama dengan 62,4385 dan nilai BER sama dengan nol. Untuk *gain* EDFA sebesar 7 dB memiliki nilai *Q-factor* sama dengan 66,9939 dan nilai BER sama dengan nol. Untuk *gain* EDFA sebesar 8 dB memiliki nilai *Q-factor* sama dengan 69,9532 dan nilai BER sama dengan nol.



(a)

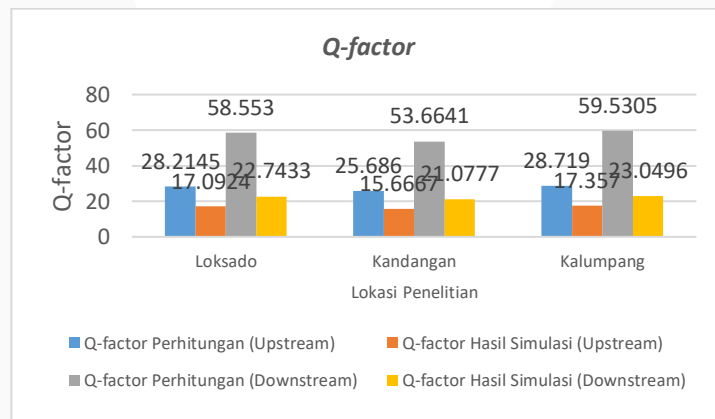


Gambar 4.6 Hasil power received terburuk untuk backhaul link

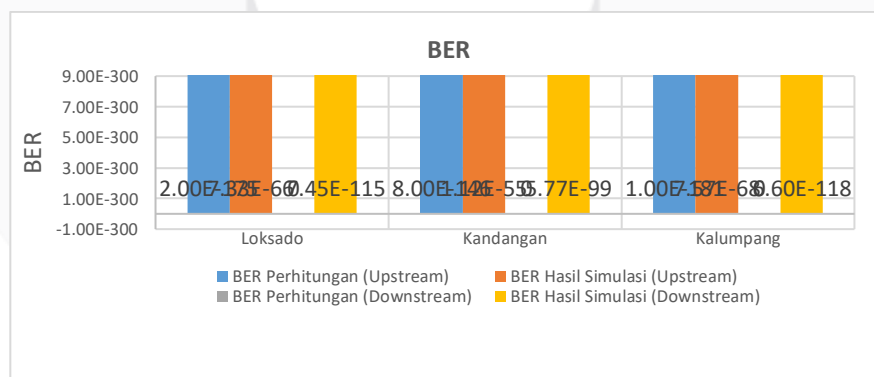
Pada Gambar 4.6 dapat dilihat bahwa pada gain EDFA sebesar 6 dB memiliki nilai power received sama dengan -15,641 dBm. Untuk gain EDFA sebesar 7 dB memiliki nilai power received sama dengan -14,64 dBm. Dan untuk gain EDFA sebesar 8 dB memiliki nilai power received sama dengan -13,64 dBm.

4.3 Analisis Hasil Perhitungan dan Simulasi

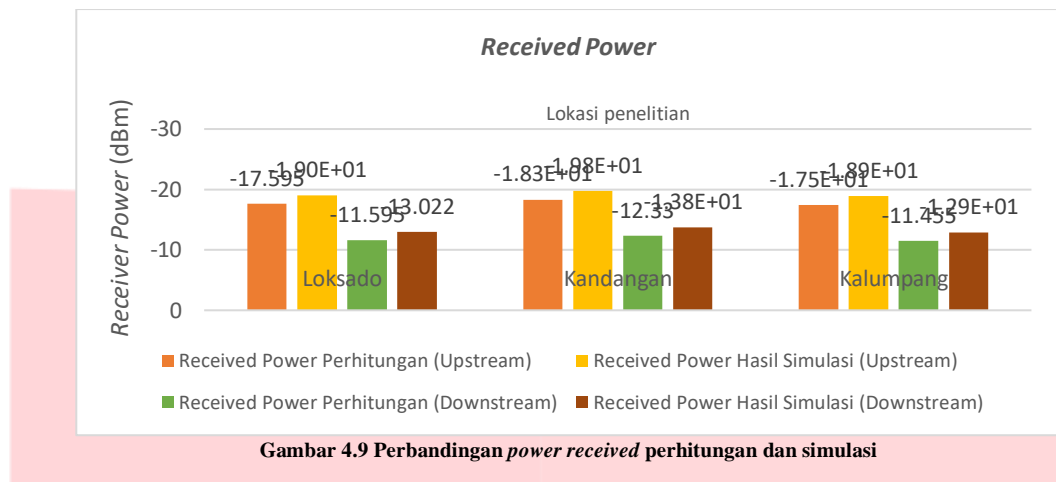
Sebelum melakukan perancangan, telah dilakukan perhitungan manual untuk menentukan daya kirim minimum yang sesuai dengan model sistem yang dirancang.



Gambar 4.7 Perbandingan Q-factor perhitungan dan simulasi



Gambar 4.8 Perbandingan BER perhitungan dan simulasi



Gambar 4.9 Perbandingan power received perhitungan dan simulasi

Terdapat perbedaan yang signifikan untuk parameter Q -factor, BER atau pun $power\ received$ hasil perhitungan dan simulasi. Hal ini dikarenakan proses perhitungan dilakukan tanpa adanya faktor $random\ sequence$ dan efek $non-linear$ seperti yang terjadi pada simulasi. Sehingga, mengakibatkan nilai parameter pada simulasi memiliki perubahan yang tidak pasti. Namun terlihat perbedaan yang tidak signifikan antara hasil perhitungan manual dengan hasil simulasi, hal ini disebabkan karena perbedaan atenuasi dari panjang gelombang yang digunakan.

5. Kesimpulan

- Nilai Q -factor terburuk pada sisi *upstream* untuk masing-masing kecamatan yaitu 17,0924, 15,6667, 17,357, dan pada sisi *downstream* untuk masing-masing kecamatan yaitu 22,7433, 21,0777, 23,0496.
- Nilai BER terburuk pada sisi *upstream* untuk masing-masing kecamatan yaitu $7,33 \times 10^{-66}$, $1,12 \times 10^{-55}$, $7,57 \times 10^{-68}$, dan pada sisi *downstream* untuk masing-masing kecamatan yaitu 0, $5,77 \times 10^{-99}$, $6,6 \times 10^{-118}$.
- Nilai $Power\ Received$ terburuk pada sisi *upstream* untuk masing-masing kecamatan yaitu -19,022 dBm, -19,757 dBm, -18,882 dBm, dan pada sisi *downstream* untuk masing-masing kecamatan yaitu -13,022 dBm, -13,756 dBm, -12,881 dBm.
- Pada sistem STM-16 didapatkan nilai terburuk untuk Q -factor = 62,4385, BER = 0 dan $Power\ Received$ = -15,641 dBm.

DAFTAR PUSTAKA

- [1] A. ElNashar, M. A. El-Saidny and M. Sherif, "Design, Deployment and Performance of 4G/LTE Networks," 2014.
- [2] HUAWEI TECHNOLOGIES CO., LTD, "LTE Radio Network Planning Introduction".
- [3] G. P. Agrawal, "Fiber-Optic Communication Systems, 4th Edition," 2010.
- [4] Westnet, "EPON vs GPON: A Comparative Study," 2014.
- [5] Cisco Systems, Inc., "Introduction to DWDM Technology," 2000.
- [6] [Online]. Available: skpdkalsel.co.cc/hss.
- [7] Badan Pusat Statistik Hulu Sungai Selatan, Kabupaten Hulu Sungai Selatan Dalam Angka, 2010.
- [8] Huawei Service, "M-site Operator X".2015.
- [9] Firdaus, R. A. I. Asyari and E. Indarto, "Optical Network Design for 4G Long Term Evolution Distribution Network in Sleman," 2016.
- [10] International Telecommunication Union (ITU-T), "G.957 : Optical interfaces for equipments and systems relating to the synchronous digital hierarchy," 2008.
- [11] International Telecommunication Union (ITU-T), "G.984.2 : Gigabit-capable Passive Optical Networks (GPON): Physical Media Dependent (PMD) layer specification," 2004.
- [12] International Telecommunication Union (ITU-T), "G.652 : Characteristic of a single-mode optical fibre and cable," 2016.
- [13] F. B. Wicaksono, Analisis Perencanaan Backhaul Microwave Untuk Radio Komunikasi Pada Kawasan Wisata Kepulauan Seribu, 2016.
- [14] [Online]. Available: <https://ipcisco.com/4g-lte-long-term-evolution/>.
- [15] G. P. D. K. H. S. D. P. Uke Kurniawan Usman, Fundamental Teknologi Seluler LTE, 2012.