

Perancangan Jaringan Gigabit Passive Optical Network di UIN Suska Riau

Rika Susanti¹, Bryan Armando¹, Ewi Ismaredah¹, Mulyono¹, Ahmad Faizal¹

¹Jurusan Teknik Elektro Fakultas Sains dan Teknologi UIN Suska Riau
e-mail: rika.susanti@uin-suska.ac.id

Abstrak

Dalam rangka menuju *World Class University (WCU)*, UIN Suska Riau perlu melakukan pengembangan jaringan optik agar dapat memberikan layanan komunikasi yang lebih baik bagi civitas akademika di lingkungan kampus UIN Suska Riau. Arsitektur jaringan yang digunakan pada penelitian ini adalah menggunakan teknologi *Gigabit Passive Optical Network (GPON)*, karena lebih efisien dan dapat menyediakan layanan *triple play service overlay (video, data, voice)*. Hasil rancangan jaringan GPON di kampus UIN Suska Riau memenuhi persyaratan *power budget* dan memiliki performansi yang sangat baik terhadap parameter *Bit Error Rate*. Nilai BER untuk layanan komunikasi suara dan data berkisar antara $2,42 \times 10^{-235}$ sampai dengan 0, sedangkan untuk layanan video berkisar antara $2,56 \times 10^{-293}$ sampai dengan $1,08 \times 10^{-310}$. Redaman total rata-rata yang diperoleh dari hasil rancangan adalah 19,45 dB, sedangkan *safety margin* diperoleh sebesar 9,55 dB.

Kata Kunci: *Bit Error Rate, Gigabit Passive Optical Network, Jaringan Optik, Power Budget, Safety Margin.*

Abstract

UIN Suska Riau needs to develop existing optical communication network in order to moving toward *World Class University* and to provide better data, voice, and video services. The architecture that is used in this study is *Gigabit Passive Optical Network (GPON)*. The design was met requirement of *Bit Error Rate Performance*. The BER value of data and voice was obtained in range $2,42 \times 10^{-235}$ to zero, while for video was obtained about $2,56 \times 10^{-293}$ to $1,08 \times 10^{-310}$. In addition, The total average of attenuation was 19,45 dB, while safety margin was 9,55 dB.

1. Pendahuluan

Universitas Islam Negeri Sultan Syarif Kasim Riau merupakan salah satu Perguruan Tinggi dengan wilayah yang cukup luas dan memiliki dua lokasi kampus yang letaknya terpisah, yaitu Panam dan Sukajadi. Untuk memenuhi kebutuhan akses layanan data, saat ini UIN Suska Riau menggunakan jaringan optik dengan modus aplikasi *Fiber To The Building (FTTB)*, dengan Pusat Teknologi Informasi dan Pangkalan Data (PTIPD) UIN Suska Riau sebagai pusat data dan server jaringan.

Menurut Rozi Alfiansyah (2012), penerapan jaringan FTTB tersebut masih belum optimal dalam memenuhi kebutuhan akan akses data yang cepat dan merata di setiap fakultas dan gedung-gedung yang terdapat di lingkungan kampus UIN Suska Riau. Di dalam penelitiannya, Rozi Alfiansyah memodelkan jaringan fiber optik di UIN Suska Riau dengan menggunakan *software* simulasi untuk melihat performansi jaringan dilihat dari parameter *Bit Error Rate (BER)*. Standar nilai BER untuk jaringan optik harus lebih kecil dari 10^{-9} [5]. Dari hasil simulasi diperoleh bahwa nilai (BER) yang diperoleh di Fakultas Pertanian, Gedung belajar Peternakan, Fakultas Tarbiyah, Asrama Putri, Fakultas Sains dan Teknologi (FST), Laboratorium FST, Asrama Putra, dan PKM memiliki nilai BER yang lebih besar dari 10^{-9} , yang menunjukkan bahwa performansi jaringannya menurun [16].

Dipo Swarna (2015) melakukan penelitian dengan mengukur dan menghitung parameter *power budget* dan *Signal to Noise Ratio (SNR)* jaringan fiber optik di UIN Suska Riau. Dari hasil pengukuran, diperoleh nilai redaman yang cukup besar (21,11 dB) pada saat terjadi gangguan pada salah satu *Optical Termination Box (OTB)*, sementara nilai redaman rata-rata ketika tidak ada gangguan hanya berkisar 5 dB. Nilai redaman yang cukup besar tersebut terjadi karena konfigurasi ring yang memiliki jalur alternatif (*memutar/me-ring*), sehingga jarak tempuhnya menjadi lebih jauh [4].

Dalam rangka menuju *World Class University (WCU)*, UIN Suska Riau terus melakukan pengembangan baik di bidang infrastruktur fisik maupun non fisik. Berdasarkan data yang diperoleh dari PTIPD. Terdapat 4 kasus kerusakan kabel optik yang terjadi dalam rentang waktu Januari – November 2016 yang disebabkan putusnya kabel fiber optik akibat penggalian ketika

pembuatan kanal saluran air, penambahan bangunan asrama putri, dan terbakarnya kabel optik [10].

Berdasarkan data kerusakan masing-masing komponen pembentuk jaringan optik yang diperoleh dari PTIPD, Rika Susanti (2016) meneliti tentang keandalan jaringan optik di UIN Suska Riau dengan menggunakan metode Markov. Parameter keandalan yang dianalisis adalah parameter *Availability* (ketersediaan jaringan dapat memberikan akses kepada *user*) dan *Down Time System*. Persyaratan *availability* jaringan optik berdasarkan kriteria *Belcore* adalah $\geq 99,99\%$, sedangkan persyaratan *Down Time System* jaringan optik adalah 52,56 menit/tahun [14]. Dari hasil penelitian tersebut diperoleh bahwa nilai *availability* rata-rata jaringan optik di UIN Suska Riau adalah 99,98%, bahkan di satu gedung (Fakultas Ekonomi) hanya mencapai 99,97%. Nilai *Down Time System* rata-rata yang diperoleh ternyata mencapai 62,67 menit/tahun, bahkan di Fakultas Ekonomi mencapai 112,48 menit/tahun. Nilai keandalan (*availability* dan *Down Time System*) ini adalah untuk jaringan dengan menggunakan konfigurasi *ring*. Dari 2 parameter keandalan tersebut, ternyata jaringan optik di UIN Suska Riau masih sedikit lebih rendah dari standar yang ada. Hal ini disebabkan karena pengalihan trafik pada konfigurasi *ring* masih menggunakan sistem manual, sehingga waktu yang diperlukan untuk memindahkan *switch* dapat menambah laju kerusakan dan laju perbaikan sistem.

Selain menerapkan topologi *ring*, jaringan optik di UIN Suska Riau menggunakan dua topologi lain, yaitu *star*, dan *bus*. Performa nilai keandalan untuk jaringan dengan topologi *star* dan *bus* menurun hingga 25% dibanding dengan topologi *ring*. Hal ini disebabkan karena tidak terdapatnya *system back-up* (baik perangkat ataupun rute alternatif), sehingga keberhasilan jaringan sangat ditentukan oleh keberhasilan perangkat [15].

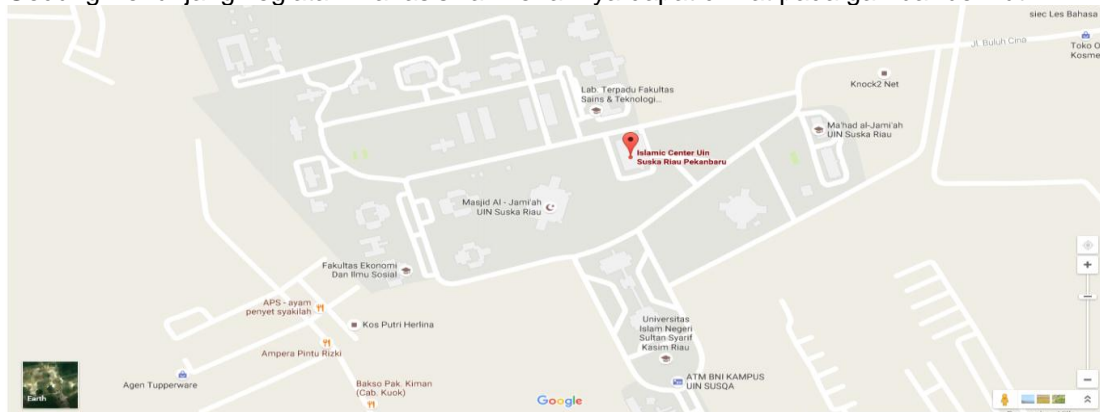
Dengan mempertimbangkan beberapa aspek permasalahan di atas dan dalam rangka mendukung UIN Suska Riau menuju WCU, UIN Suska Riau perlu membenahi jaringan optik di lingkungan kampus dengan mengubah arsitektur jaringan. Arsitektur yang digunakan pada penelitian ini adalah dengan menggunakan teknologi *Gigabit Passive Optical Network* (GPON).

Teknologi GPON memiliki beberapa kelebihan antara lain transmisinya lebih efisien dan dapat menyediakan layanan *triple play* (*video*, *data*, *voice*). Sehingga jika UIN Suska Riau ke depannya ingin mengembangkan jaringan untuk implementasi yang membutuhkan *bandwidth* yang besar seperti *video conference*, UIN Suska Riau tidak perlu lagi mengubah arsitektur jaringan. Di samping itu GPON memiliki beberapa pilihan *bitrate* sehingga sangat fleksibel dalam pengembangan jaringan sesuai dengan kebutuhan. GPON juga memungkinkan akses murni fiber ke *end user*. Pengubahan arsitektur jaringan dari *existing network* ke GPON, bukan berarti mengganti komponen jaringan 100%, tetapi sebagian besar komponen masih bisa terpakai.

Saat ini perusahaan-perusahaan, kantor pemerintahan, bahkan kampus, sudah banyak menerapkan teknologi GPON untuk mendukung kebutuhan akses datanya. Sebagai contoh adalah PT. Chevron Pacific Indonesia, kantor Polda Kalimantan Barat, dan Universitas Indonesia [1,9,12].

2. Perencanaan Jaringan GPON di UIN Suska Riau

Kampus UIN Suska Riau yang berada di Panam memiliki 8 Fakultas dan beberapa Gedung Penunjang kegiatan mahasiswa. Denahnya dapat dilihat pada gambar berikut.



Gambar 1. Denah UIN Suska Riau

Dari denah di atas dapat dilihat bahwa terdapat 25 gedung di kampus Panam UIN Suska Riau, yaitu 1 unit gedung Rektorat, 1 unit gedung *Islamic Center*, 1 unit gedung PKM, 1 unit gedung Asrama putra dan Asrama putri, 1 unit gedung Perpustakaan, 3 unit gedung Fakultas Sains dan Teknologi, 3 unit gedung Fakultas Tarbiyah dan Keguruan, 2 unit Gedung Syariah dan Ilmu Hukum, 3 unit gedung Fakultas Pertanian dan Peternakan, 1 unit Gedung Fakultas Ushuludin, 1 unit Gedung Fakultas Psikologi, 1 unit Gedung Fakultas Dakwah dan Ilmu Komunikasi, 3 unit Gedung Fakultas Ekonomi dan Ilmu Sosial, dan 1 unit Gedung PTIPD sebagai Pusat penyedia layanan telekomunikasi di UIN Suska. Denah tersebut diperlukan sebagai dasar dalam perancangan jaringan optik dengan teknologi *Gigabit Passive Optical Network*.

Perancangan jaringan GPON dilakukan mengikuti standar parameter yang telah ditetapkan oleh ITU-T Rekomendasi G.984 dengan memperhatikan kebutuhan pelanggan yang ada di lingkungan kampus UIN Suska Riau. Perancangan dimulai dari penempatan *Optical Line Terminal (OLT)*, *Optical Distribution Cabinet (ODC)*, *Optical Distribution Point (ODP)*, *Passive Splitter*, dan *Optical Network Unit (ONU)*. Penempatan komponen-komponen jaringan tersebut berdasarkan pada efisiensi jaringan, kebutuhan layanan pelanggan, dan perhitungan minimum redaman jaringan.

OLT terletak di gedung PTIPD. Pemilihan peletakkan OLT di PTIPD didasarkan pada posisi PTIPD sebagai penyedia jasa layanan internet di UIN Suska Riau. Kabel optik ditarik dari OLT sampai ke 2 titik ODC yang terletak di depan gedung Fakultas Sains dan Teknologi (ODC1) dan di samping gedung dekanat Fakultas Syariah dan Ilmu Hukum (ODC2). Masing-masing ODC dilengkapi dengan *passive Splitter* 1:16, yang didistribusikan ke masing-masing ODP dan ONU yang terletak di setiap gedung yang ada di kampus Panam UIN Suska Riau. Khusus untuk jaringan optik ke gedung Rektorat dan Perpustakaan, untuk efisiensi penggunaan kabel, kabel optik langsung ditarik dari *splitter* yang ditempatkan di PTIPD.

ODC 1 mengcover ODP 1 – 6 yang diletakkan di depan gedung Fakultas Sains dan Teknologi (FST), *Islamic Center*, Gedung PKM, Fakultas Tarbiyah dan Keguruan (FTK), Asrama putri. Selanjutnya ODC 2 mengcover ODP 7 – 12 yang diletakkan di depan gedung Laboratorium Fakultas Ekonomi dan Ilmu Sosial (Lab. Fekonsos), Fekonsos B, Fakultas Syariah dan Ilmu Hukum (Fasih), Fakultas Ushuludin, Fakultas Tarbiyah dan Keguruan (FTK), Fakultas Pertanian dan Peternakan (FPP), dan Lab. FPP.

Penentuan lokasi ODC dan ODP didasarkan pada efisiensi jaringan, kebutuhan layanan pelanggan, dan batas minimum redaman yang diperbolehkan. Peletakan *passive splitter* pada masing-masing ODC bertujuan untuk mempermudah proses *maintenance*. Gambar berikut menampilkan konfigurasi perencanaan jaringan optik menggunakan teknologi GPON di kampus Panam UIN Suska Riau.



Gambar 2. Perencanaan Jaringan Optik di UIN Suska Riau dengan Arsitektur GPON

Pemilihan perangkat ONU dilakukan dengan memperhatikan data *service* jaringan pada tiap lantai, denah ruangan gedung, dan jumlah *port* pada perangkat ONU tersebut. Adapun jenis ONU yang digunakan memiliki banyak variasi yang dapat disesuaikan dengan kebutuhan. ONU yang digunakan terdiri dari *port internet* 4 FE, 8 FE, 16 FE dan 24 FE, yang penggunaannya disesuaikan dengan kebutuhan.

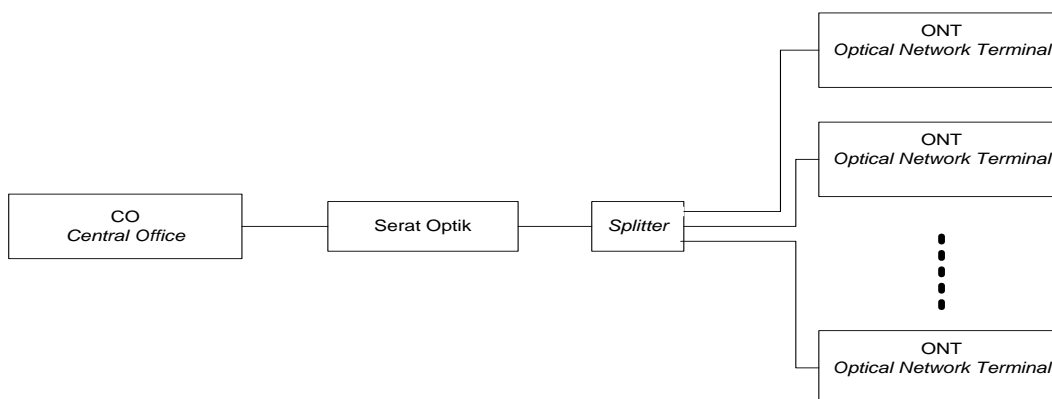
Optical Distribution Point (ODP) dapat ditentukan berdasarkan jumlah ONU yang akan dihubungkan serta jarak antara gedung yang berdekatan. ODP memiliki variasi jumlah port dimulai dari 12, 24, 36, 48 dan 96. Adapun port ODP yang digunakan adalah port 12 dan port 24 sejumlah 14 buah. Rekapitulasi port ODP dan ONU dapat dilihat pada tabel berikut.

Tabel 1. Rekapitulasi ODP dan ONU

No	Port ODP	Jumlah ONU	Lokasi
1	24	7	Faste A, B –Lab FST
2	12	2	Islamic Center
3	24	5	PKM - As.PA
4	24	4	FTK A, B
5	12	3	Asrama Putri
6	12	4	FTK C, D
7	24	7	Fekonsos A, Lab. Fekonsos dan FPSI
8	12	4	Fekonsos B – FDIK
9	12	4	Fasih A, B
10	12	2	Ushuludin
11	12	4	FPP A, B
12	12	4	Lab. FPP A dan B
13	-	6	Rektorat dan Perpustakaan
Jumlah port ODP = 192port			
Jumlah ONU = 56 buah			

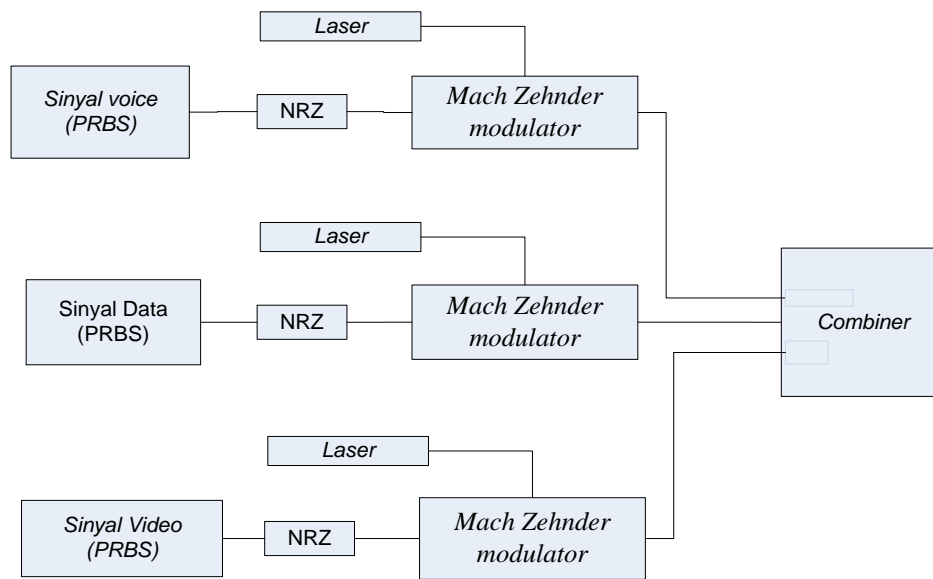
Berdasarkan tabel di atas, dibuat rancangan jaringan dengan menggunakan dua buah ODC dengan *port* 144, dua buah *passive splitter* dengan rasio 1:16, dan 1 buah *passive splitter* dengan rasio 1:8. ODC 1 dihubungkan ke ODP 1 s.d 6, ODC 2 dihubungkan ke ODP 7 s.d. 12, sedangkan 1 buah *passive splitter* ditempatkan di PTIPD untuk hubungan ke gedung rektorat dan Perpustakaan. Masing-masing ODC memiliki sejumlah *port* yang tidak terpakai, sehingga dapat digunakan untuk memenuhi kebutuhan data *service* bagi gedung-gedung baru di kemudian hari.

Konfigurasi perencanaan jaringan optik (Gambar 2 di atas) dimodelkan dan disimulasikan dengan menggunakan *optisystem*, untuk melihat performansi *Bit Error Rate* sistem. *Optisystem* dipilih sebagai software simulasi karena *Optisystem* merupakan perangkat lunak yang komprehensif yang memungkinkan untuk mendesain, menguji, dan mensimulasikan jaringan optik *modern*. Di samping itu, *Optisystem* dilengkapi dengan *virtual instrument*. sehingga penelitian dapat dilakukan tanpa terkendala oleh ketersediaan peralatan. Gambar berikut menampilkan blok diagram Jaringan *Gigabit Passive Optical Network* secara umum.



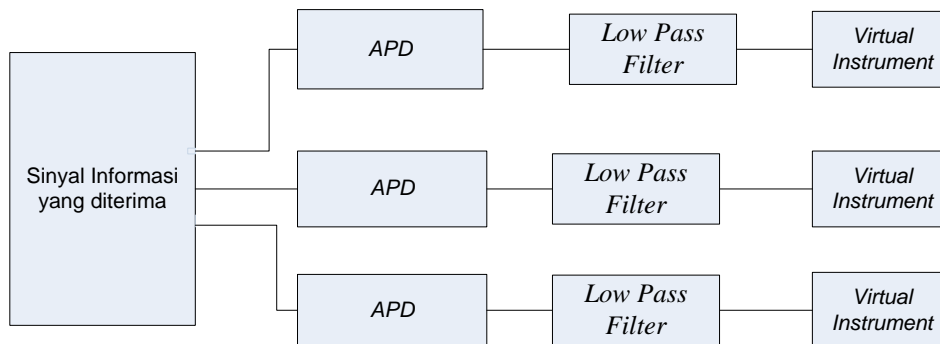
Gambar 3. Blok Diagram Jaringan GPON Secara Umum

Di dalam *Central Office* (CO) terdapat perangkat yang disebut dengan *Optical Line Terminal* (OLT). Blok diagram OLT dapat dilihat pada gambar berikut.



Gambar 4. Blok Diagram OLT

Setelah dilakukan pemrosesan sinyal yaitu penggabungan sinyal suara, data, dan video seperti yang terjadi pada OLT, sinyal kemudian diteruskan dan ditransmisikan menggunakan serat optik, dan selanjutnya akan dilakukan percabangan atau pemecahan sinyal oleh *splitter*. Selanjutnya sinyal-sinyal yang sudah dipisahkan tersebut diteruskan kembali ke tujuan masing-masing yaitu menuju *Optical Network Terminal* (ONT). Blok diagram dari ONT dapat dilihat pada gambar berikut.



Gambar 5. Blok Diagram ONT

3. Pembahasan

Pada penelitian ini dilakukan perhitungan terhadap *power budget* sistem. Analisa *power budget* dilakukan untuk mengetahui kelayakan jaringan dalam pengiriman informasi sampai ke pelanggan telah sesuai dengan ketentuan dan parameter yang telah ditetapkan oleh ITU-T G.984. Parameter *power budget* dilakukan dengan ketentuan jarak maksimal 20 km dan redaman total 28 dB.

Hasil perhitungan *power budget* untuk keseluruhan gedung pada kampus UIN Suska Riau dapat dilihat pada Tabel 2.

Tabel 2. Hasil Perhitungan *Power Budget* Sistem untuk Setiap Gedung

No	Nama Gedung	Redaman Total (dB)	Daya Terima Optik (dBm)	Safety Margin (dB)
----	-------------	--------------------	-------------------------	--------------------

1	Lab. FST	19,459	-19,459	9,541
2	FST A	19,462	-19,462	9,538
3	FST B	19,465	-19,465	9,535
4	Islamic Center	19,493	-19,493	9,507
5	PKM	19,574	-19,574	9,426
6	Asrama Putera	19,569	-19,569	9,431
7	FTK A	19,468	-19,468	9,532
8	FTK B	19,471	-19,471	9,529
9	Asrama Puteri	19,518	-19,518	9,482
10	FTK C	19,504	-19,504	9,496
11	FTK D	19,502	-19,502	9,498
12	Fekonsos A	19,518	-19,518	9,482
13	Lab. Fekonsos	19,513	-19,513	9,487
14	FPSI	19,518	-19,518	9,482
15	Fekonsos B	19,521	-19,521	9,479
16	FDIK	19,521	-19,521	9,479
17	FASIH A	19,490	-19,490	9,510
18	FASIH B	19,482	-19,482	9,518
19	Ushuludin	19,504	-19,504	9,496
20	FPP A	19,521	-19,521	9,479
21	FPP B	19,524	-19,524	9,476
22	Lab. FPP A	19,566	-19,566	9,434
23	Lab. FPP B	19,572	-19,572	9,428
24	Rektorat	19,322	-19,586	9,678
25	Perpustakaan	19,314	-19,586	9,686

Berdasarkan tabel di atas diperoleh nilai redaman total rata-rata yaitu 19,45 dB. Berdasarkan standar yang telah ditetapkan untuk jaringan akses bahwa maksimum redaman total tidak boleh melebihi 28 dB, sehingga terdapat safety margin rata-rata sebesar 9,55 dB. Sehingga dapat disimpulkan bahwa hasil rancangan memenuhi persyaratan *power link budget* untuk jaringan GPON.

Selain power budget, performansi BER merupakan salah satu parameter yang sangat penting dalam menentukan performansi sistem komunikasi optik. Syarat *minimum* BER yang harus dicapai untuk jaringan *Gigabit Passive Optical Network* (GPON) adalah minimal 10^{-11} . Tabel berikut menampilkan nilai BER pada ONU di tiap-tiap gedung.

Tabel 3. Performansi BER untuk Setiap Gedung

No	Nama Gedung	Bit Error Rate	
		Layanan Suara dan Data	Layanan Video
1	Lab. FST	$9,59 \times 10^{-237}$	$6,89 \times 10^{-308}$
2	FST A	$1,84 \times 10^{-251}$	$2,3 \times 10^{-307}$
3	FST B	$2,54 \times 10^{-244}$	$5,19 \times 10^{-307}$
4	Islamic Center	$8,2 \times 10^{-245}$	$1,19 \times 10^{-303}$
5	PKM	$1,58 \times 10^{-297}$	$2,56 \times 10^{-293}$
6	Asrama Putera	$2,42 \times 10^{-235}$	$3,41 \times 10^{-294}$
7	FTK A	0	$1,08 \times 10^{-310}$
8	FTK B	0	$1,39 \times 10^{-310}$
9	Asrama Puteri	$7,57 \times 10^{-254}$	$1,08 \times 10^{-306}$
10	FTK C	$7,48 \times 10^{-272}$	$1,98 \times 10^{-306}$
11	FTK D	0	$1,68 \times 10^{-300}$
12	Fekonsos A	0	$1,68 \times 10^{-300}$
13	Lab. Fekonsos	$1,87 \times 10^{-260}$	$3,42 \times 10^{-301}$
14	FPSI	0	$1,68 \times 10^{-300}$
15	Fekonsos B	$2,42 \times 10^{-302}$	$2,73 \times 10^{-300}$
16	FDIK	$2,42 \times 10^{-302}$	$2,73 \times 10^{-300}$
17	FASIH A	$2,32 \times 10^{-259}$	$5,3 \times 10^{-304}$
18	FASIH B	$2,05 \times 10^{-260}$	$7,73 \times 10^{-305}$
19	Ushuludin	$8,34 \times 10^{-256}$	$2,14 \times 10^{-302}$
20	FPP A	$8,34 \times 10^{-256}$	$2,14 \times 10^{-302}$
21	FPP B	$1,17 \times 10^{-246}$	$1,23 \times 10^{-302}$
22	Lab. FPP A	$2,42 \times 10^{-302}$	$2,73 \times 10^{-300}$
23	Lab. FPP B	$7,51 \times 10^{-282}$	$6,64 \times 10^{-300}$

24	Rektorat	$9,59 \times 10^{-237}$	$6,89 \times 10^{-308}$
25	Perpustakaan	$1,84 \times 10^{-251}$	$2,3 \times 10^{-307}$

Berdasarkan tabel di atas, terlihat bahwa BER yang dihasilkan dari hasil simulasi model jaringan untuk layanan komunikasi suara dan data berkisar antara $2,42 \times 10^{-235}$ sampai dengan 0. Sedangkan nilai BER untuk layanan video berkisar antara $2,56 \times 10^{-293}$ sampai dengan $1,08 \times 10^{-310}$. Secara umum, besaran nilai BER dipengaruhi oleh jarak.

Seperti yang disebutkan di atas, bahwa persyaratan nilai BER minimum untuk jaringan *Gigabit Passive Optical Network* (GPON) adalah 10^{-11} . Sementara dari hasil simulasi model jaringan memiliki BER yang jauh lebih kecil dari nilai BER yang telah distandarkan dan masih jauh di bawah batas toleransi dari ketentuan *minimum* BER yang telah ditetapkan oleh ITU-T. Sehingga dapat disimpulkan bahwa hasil rancangan mempunyai performansi yang sangat baik.

4. Kesimpulan

Berdasarkan hasil rancangan dan analisis rancangan jaringan GPON pada penelitian ini, dapat disimpulkan bahwa hasil rancangan jaringan GPON di lingkungan kampus UIN Suska Riau memenuhi persyaratan *power budget* dan memiliki performansi yang sangat baik terhadap parameter BER. Redaman total rata-rata yang diperoleh dari hasil rancangan berkisar 19,45 dB, sehingga terdapat *safety margin* sebesar 9,55 dB. Performansi BER sistem juga telah memenuhi standar untuk jaringan GPON, dimana nilai BER untuk layanan komunikasi suara dan data berkisar antara $2,42 \times 10^{-235}$ sampai dengan 0, sedangkan untuk layanan video berkisar antara $2,56 \times 10^{-293}$ sampai dengan $1,08 \times 10^{-310}$.

Daftar Pustaka

- [1] Angga Julian Maulana, 2012, *Perencanaan Desain Jaringan Metro FTTH di Universitas Indonesia*, Universitas Indonesia, Depok.
- [2] Crisp Jhondan Elliot Barry, 2005, *Introduction To Fiber Optics*, The Boulevard, Langford Lane Kidlington, England.
- [3] Dipo Swarna Aryan Putra, 2015, *Performansi Infrastruktur Jaringan Fiber Optik di Lingkungan Kampus UIN Suska Riau*, Laporan skripsi Jurusan Teknik Elektro, Fakultas Sains dan Teknologi UIN Suska Riau.
- [4] Douglas Walsh, 2005, *Practical Bit Error Rate Measurement on Fiber Optic Communication Links in Student Teaching Laboratories*, Laboratory of EEE Department, University of Strathclyde, Scotland, United Kingdom, diakses tanggal 25 Maret 2017, http://spie.org/etop/ETOP2005_021.pdf.
- [5] Gerd Keiser, 2004, *Optical Communications Essentials*, McGraw-Hill.
- [6] International Telecommunication Union (ITU), 2009, *Gigabyte Passive Optical Network*, Rekomendasi ITU-T G.984, www.itu.org.
- [7] Ondo Al-Huda, 2014, *Perencanaan Jaringan Fiber to The Home menggunakan Teknologi Gigabit Passive Optical Network di PT. Chevron Pasific Indonesia*, Laporan skripsi Jurusan Teknik Elektro, Fakultas Sains dan Teknologi UIN Suska Riau.
- [8] PTIPD UIN Suska Riau, 2016, *Data Kerusakan Komponen Jaringan Optik UIN Suska Riau*.
- [9] Rian Jepri, 2014, *Perancangan Jaringan Akses Fiber To The Home (FTTH) menggunakan Teknologi Gigabit Passive Optical Network (GPON)*, Universitas Tanjungpura, Pontianak.
- [10] Rika Susanti, 2013, *Dasar Sistem Komunikasi Optik*, Edisi Pertama, Daulat Riau, ISBN 979-3757-27-2.
- [11] Rika Susanti, 2017, *Keandalan Jaringan Optik di UIN Suska Riau dengan menggunakan Metode Markov*, Seminar Nasional Teknologi Informasi Komunikasi dan Industri (SNTIKI) ke-9 tahun 2017 (in review), ISSN 2085-9902.
- [12] Rozi Alfansyah, 2012, *Analisis dan Optimasi Jaringan Fiber To The Building (FTTB) Jalur STO Arengka-Puskom UIN Suska Riau*, Laporan skripsi Jurusan Teknik Elektro, Fakultas Sains dan Teknologi UIN Suska Riau.