

Analisis Jarak Jangkauan Jaringan *Fiber To The Home* (FTTH) dengan Teknologi Gigabit *Passive Optical Network* (GPON) Berdasarkan Link *Power Budget*

Nurwahidah Jamal¹, Maria Ulfah², Andi Sri Irtawaty³

¹ Teknik Elektro, Politeknik Negeri Balikpapan
nurwahidah.jamal@poltekba.ac.id

² Teknik Elektro, Politeknik Negeri Balikpapan
maria.ulfah@poltekba.ac.id

³ Teknik Elektro, Politeknik Negeri Balikpapan
andi.sri@poltekba.ac.id

Abstrak

Kebutuhan layanan data, suara dan video (tripleplay) meningkat sangat pesat, dibutuhkan jaringan yang dapat menyediakan layanan yang stabil, real time dengan bandwidth yang cukup lebar. Jaringan FTTH dengan jaringan berbasis fiber optik dapat memenuhi kebutuhan ini selama link tidak kurang atau melebihi batas ambang daya yang dibutuhkan. Untuk jaringan fiber optik dengan teknologi GPON dari OLT sampai ONT link power budget yang dipersyaratkan adalah 28 dB. Link power budget dipengaruhi panjang dan redaman kabel, jumlah dan redaman konektor, redaman spliter pada, dan safety margin. Jarak jangkauan juga dipengaruhi oleh teknologi, topologi dan kombinasi passive spliter pada ODC dan ODP. Jarak jangkauan jaringan FTTH dengan teknologi GPON pada topologi point-to-multipoint dengan jumlah pelanggan maksimal 16 adalah 19 km dengan level daya terima ONT -27.83 dBm, untuk jumlah pelanggan maksimal 32 adalah 9 km dengan level daya terima ONT -27.83 dBm, sedangkan untuk jumlah pelanggan maksimal 64 jarak jangkauan kurang dari 100 meter. Untuk jumlah pelanggan 16 terdapat selisih jarak jangkauan sebesar 1 km untuk kombinasi 1:2 dan 1:8 dengan 1:4 dan 1:4, sedangkan untuk jumlah pelanggan maksimal 32 dan 64 jarak jangkauan sama untuk masing-masing kombinasi.

Keywords: *fiber optik, FTTH, GPON, link power budget.*

I. PENDAHULUAN

Pertumbuhan kebutuhan layanan data, suara dan video (tripleplay) mengalami peningkatan yang sangat pesat. Layanan triple play yang stabil dan real time memerlukan bandwidth yang cukup lebar. FTTH dengan koneksi Internet broadband yang berbasis optik dapat menghantarkan beragam informasi digital, seperti data, suara, dan video (tripleplay) secara efektif sampai dengan 2,5Gbps untuk jarak yang lebih jauh. Jarak jangkauan yang dapat memenuhi kebutuhan tersebut menjadi bahan analisis sebagai bahan pertimbangan dalam pemilihan teknologi dan topologi dalam perancangan suatu jaringan FTTH.

II. KAJIAN LITERATUR

A. *Fiber Optik*

Fiber optik adalah sebuah media transmisi fisik yang terbuat dari kaca dilapisi isolator sebagai pelindung yang menyalurkan informasi berupa gelombang cahaya. Selain ringan, kapasitas kanal dari serat ini sangat besar. Struktur Struktur serat optik terdiri atas core yang berfungsi untuk memantulkan cahaya dari ujung satu ke ujung lainnya, cladding berfungsi sebagai waveguide sehingga cahaya tetap terpandu di dalam core, dan coating digunakan sebagai pelindung mekanis dan pengkodean warna.

B. *Fiber to the home (FTTH)*

Fiber to the home (FTTH) merupakan jaringan akses berbasis serat, yang menghubungkan sejumlah pelanggan ke *central office* (POP) yang dikenal sebagai node. Setiap node terdiri atas perangkat aktif yang digunakan untuk menyediakan aplikasi dan layanan menggunakan serat optik ke subscriber [1].

Komponen utama FTTH terdiri atas; 1) *Network Management System* (NMS), merupakan perangkat lunak yang berfungsi untuk mengontrol dan mengkonfigurasi perangkat GPON, 2) *Optical Line Terminal (OLT)*, sebagai interface antara sistem Optical Distribution Network (ODN) dengan penyedia layanan (service provider) data, video, dan jaringan telepon. OLT mengubah sinyal elektrik menjadi optik dan sebaliknya. 3) *Optical Distribution Frame (ODF)*, suatu frame dengan struktur mekanik berupa rak atau shelf atau struktur lain dengan fungsi utama sebagai tempat pegangan kabel (fiber) dan elemen passive lainnya, 4) *Optical Distribution Cabinet (ODC)/ Rumah Kabel dan Optical Distribution Point (ODP)*. ODC dan ODP adalah suatu perangkat pasif yang diinstalasi diluar STO dan berfungsi sebagai splitter, 5) *Optical Network Terminal/Unit (ONT/ONU)*, menyediakan interface antara jaringan optik dengan pelanggan.

C. Gigabit Passive Optical Network (GPON)

GPON adalah teknologi jaringan akses local fiber optik berbasis PON yang merupakan pengembangan dari BPON, distandardisasi oleh ITU-T (ITU-T G.984 series).

GPON merupakan teknologi FTTx yang dapat mengirimkan informasi sampai ke pelanggan menggunakan kabel optik dan perangkat pasif splitter, menyediakan 2.5Gbps bandwidth downstream dan 1.25Gbps upstream yang dibagikan dengan maksimum 1:128. [1].

Tabel 1. Perbandingan Teknologi Perangkat Aktif FTTH. [2]

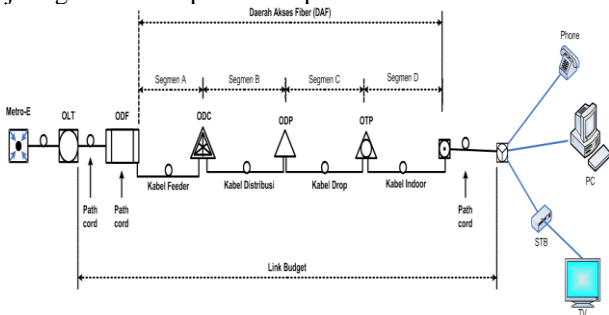
	BPON	GPON	EPON/ GEPON
Downstream Bandwidth	622Mbps /1.2Gbps	2.4Gbps	1.2Gbps
Upstream Bandwidth	155Mbps/ 622Mbps	1.2Gbps	1.2Gbps
MAC Layer Protocol Flexibility	ATM	Flexible GPON Encapsulation Method (GEM) & ATM	802.3 Ethernet Only
Protocol Efficiency	Medium	High (>90%)	Low-8b/10b Encoding
Optical Reach	20 km with 32 : 1 split	20 km with 32:1 split	10 km wirh 32 : 1 split
Multicast Support	May 2005 Amendment	FSAN / Operators (ITU-T G984)	Native Support
Standards Control	FSAN / Operators (ITU-T G983)		IEEE (802.3ah)

III. METODE PENELITIAN

A. Pemilihan Teknologi dan Topology

Jaringan akses adalah jaringan komunikasi yang terhubung langsung ke pengguna akhir dengan topologi point-to-multipoint, yang sering dikombinasikan dengan teknologi jaringan optik pasif (PON), dan point-to-point, yang biasanya menggunakan teknologi transmisi Ethernet.

Teknologi yang digunakan dalam analisis ini adalah GPON dengan topologi point-to-multipoint. Topologi jaringan akses dapat dilihat pada Gambar 1.



Gambar 1. Topologi Jaringan FTTH dengan Teknologi GPON

GPON bekerja berdasarkan data atau sinyal dari OLT, jika terdapat data atau sinyal yang dikirimkan dari OLT maka splitter yang berfungsi untuk membuat serat optik tunggal dapat mengirimkan data atau sinyal tersebut ke beberapa ONU, sedangkan Point to multipoint (PtM) adalah topologi yang menyediakan fiber "feeder" tunggal dari central office (POP) ke titik percabangan dan dari titik percabangan ini per satu individu fiber dedicated disebar ke pelanggan. Teknologi jaringan optik pasif seperti GPON menggunakan pemisah optik pasif pada titik percabangan dan datanya dikodekan sehingga pengguna hanya menerima data yang ditujukan untuknya[1].

B. Redaman/ Rugi-rugi daya

Redaman (attenuation) pada jaringan kabel fiber optik adalah menurunnya daya atau hilangnya daya yang dikirim kepada penerima. Redaman serat optik merupakan karakteristik penting yang harus diperhatikan karena berkaitan dengan penentuan jarak pengulang, jenis pemancar, dan penerima optik yang harus digunakan. Semakin besar redaman semakin sedikit cahaya yang dapat mencapai detector, sehingga kemungkinan jarak pengulang atau jarak jangkauan semakin pendek.

C. Link Power Budget

Optical link budget adalah jumlah dari seluruh loss atau gain dalam sebuah link yang disebabkan oleh seluruh komponen dalam suatu link optik. Komponen ini meliputi; kabel, konektor, sambungan attenuator, rata-rata daya pancar cahaya, sensitifitas penerima, daya optik yang diterima dan margin.

Link power budget pada optical link dihitung sebagai syarat agar daya link rancangan tidak kurang atau melebihi batas ambang daya yang dibutuhkan. Link power budget pada jaringan fiber optik dengan teknologi GPON dari OLT sampai ONT adalah 28 dB. [1]. Hal ini dapat dihitung dengan menggunakan persamaan 1.

$$P_r = P_t - \alpha_{tot} \dots\dots\dots [1]$$

$$\alpha_{tot} = L \cdot \alpha_{serat} + N_c \cdot \alpha_c + N_s \cdot \alpha_s + \alpha_{Sp} + SM$$

Ket:

- P_t : daya keluaran sumber optik (dBm)
- P_r : daya terima receiver (dBm)
- SM : safety margin (6 – 8 dB)
- α_{tot} : redaman total sistem (dB)
- L : panjang serat optik (km)
- α_{serat} : redaman serat optik (dB/km)
- α_c : redaman konektor (dB)
- α_s : redaman sambungan (dB)
- N_c : jumlah konektor
- N_s : jumlah sambungan
- Sp : redaman splitter (dB)
- M : margin

Tabel 2. Kontribusi Loss Maximum per Elemen

Network Elemen	Batasan	Ukuran
Kabel	Max	0.35 dB/km
Splicing	Max	0.1 dB
Connector Loss	Max	0.25 dB (Refer IEC 61300-3-34 Grade B attenuation)
Spliter 1:2	Max	3.70 dB
Spliter 1:4	Max	7.25 dB
Spliter 1:8	Max	10.38 dB
Spliter 1:16	Max	14.10 dB
Spliter 1:32	Max	17.45 dB

IV. HASIL DAN PEMBAHASAN

A. Perhitungan Redaman Total Saluran

Cahaya yang merambat sepanjang serat optik akan mengalami peredaman sehingga kekuatan cahaya pada penerima akan melemah. Redaman pada saluran tersebut adalah:

- 1) Motor Redaman kabel, redaman kabel untuk $\lambda = 1310$ nm adalah 0.35 dB/km dan untuk $\lambda = 1550$ nm adalah 0.25 dB/km;
- 2) Redaman sambungan, semakin besar nilai redaman sambungan akan semakin menambah nilai redaman secara total. Nilai redaman hasil ukur dari OTDR yang diijinkan untuk setiap sambungan adalah 0.15 dB untuk fusion splicer dan 0.20 dB untuk *mechanical splice*
- 3) Redaman konektor, secara umum konektor digunakan untuk menghubungkan satu perangkat dengan perangkat lain. Konektor selalu disambungkan dengan kabel baik sebagai patch cord maupun sebagai pigtail. Nilai redaman untuk beberapa jenis konektor dapat dilihat pada Tabel 3.

Tabel 3. Nilai redaman Konektro [4]

Specification for Fiber Optic Connectors			
Connector Type	Singlemode (9/125) Insertion Loss (dB)	Multimode Insertion Loss (dB)	Return Loss (dB)
ST Connector	0.5	0.5	40
LC Connector	0.25	N/A	40
SC Connector	0.25	0.5	50
FC Connector	0.25	0.5	50

- 4) *Redaman passive splitter*
Passive Splitter adalah suatu perangkat pasif yang berfungsi untuk membagi informasi sinyal optik (gelombang cahaya). Kapasitas distribusi dari passive splitter bermacam-macam yaitu 1:2, 1:4, 1:8, 1:16, 1:32, 1:64, 2:16 dan 2:32. Redaman dari masing-masing splitter dapat dilihat pada tabel 4.

Tabel 4. Nilai Redaman Splitter [4]

Network Elemen	Batasan	Ukuran
Spliter 1:2	Max	3.70 dB
Spliter 1:4	Max	7.25 dB

Spliter 1:8	Max	10.38 dB
Spliter 1:16	Max	14.10 dB
Spliter 1:32	Max	17.45 dB

5) Safety margin

Safety margin memiliki nilai daya lebih dari nol (0). Dimana *safety margin* merupakan margin daya-daya yang masih tersisa dari power transmit setelah dikurangi dari loss selama proses pentransmisi.

B. Perhitungan Link Power Budget

Perhitungan link power budget dilakukan untuk mengetahui pemenuhan terhadap standar yang telah ditetapkan dan untuk membatasi loss pada suatu link. Perhitungan dan analisis berdasarkan parameter-parameter yang ditunjukkan pada Tabel 5.

Tabel 5. Parameter-parameter perhitungan link power budget

Parameter	Keterangan
Topologi	Point to multipoint
Panjang gelombang (λ)	1310 nm
Jumlah sambungan	6
Jumlah konektor	14
Safety margin	6
Level transmit OLT	3 dBm
Passive splitter di ODC	1:2 dan 1:4
Passive splitter di ODP	1:4, 1:8, 1:16, 1:32

Berdasarkan hasil perhitungan pada tabel 1 didapatkan Dengan menggunakan persamaan [1] untuk jarak jangkauan 1 km dengan kombinasi passive splitter 1:2 dan 1:8, diperoleh data sebagai berikut:

- 1) Total redaman:

$$\alpha_{tot} = L \cdot \alpha_{serat} + N_c \cdot \alpha_c + N_s \cdot \alpha_s + \alpha_{SM}$$

$$\alpha_{tot} = (1 * 0.35)dB + (14 * 0.25)dB + (6 * 0.1)dB + 3.7dB + 10.38dB + 6dB$$

$$\alpha_{tot} = 24.53 dB$$

- 2) Level terima daya ONT

$$P_r = P_t - \alpha_{tot}$$

$$P_r = 3 dBm - 24.53 dBm$$

$$P_r = -21.53 dBm$$

Total redaman dan level terima daya ONT untuk nilai parameter lainnya dengan menggunakan persamaan yang sama diperoleh data seperti pada Tabel 3 s/d Tabel 8.

Tabel 6. Level Terima daya ONT untuk kombinasi PS 1:2 & 1:8

No.	Jarak Jangkauan (km)	Total Redaman (dB)	Level Terima Daya ONT (dBm)
1.	1	24.53	-21.53
2.	3	25.23	-22.23
3.	5	25.93	-22.93
4.	10	27.68	-24.68
5.	11	28.03	-25.03

6.	12	28.38	-25.38
7.	13	28.73	-25.73
8.	14	29.08	-26.08
9.	15	29.43	-26.43
10.	17	30.13	-27.13
11.	19	30.38	-27.83
12.	20	31.18	-28.18
13.	21	31.53	-28.53
14.	22	31.88	-28.88
15.	23	32.23	-29.23

Tabel 6 menunjukkan hasil perhitungan level terima daya ONT untuk kombinasi passive splitter di ODC 1:2 dan ODP 1:8 dengan maksimal user 16. Terlihat bahwa pada jarak 19 km level terima daya ONT adalah -27.83 dBm sedangkan pada jarak 20 km -28.18 dBm. Batas ambang daya yang dibutuhkan. (link power budget) pada jaringan fiber optik dengan teknologi GPON dari OLT sampai ONT adalah 28 dB, sehingga jarak terjauh yang memenuhi persyaratan adalah 19 km.

Tabel 7. Level Terima Daya ONT untuk Kombinasi PS 1:4 & 1:4

No.	Jarak Jangkauan (km)	Total Redaman (dB)	Level Terima Daya ONT (dBm)
1.	1	24.95	-21.95
2.	3	25.65	-22.65
3.	5	26.35	-23.35
4.	10	28.1	-25.1
5.	11	28.45	-25.45
6.	12	28.8	-25.8
7.	13	29.15	-26.15
8.	15	29.85	-26.85
9.	16	29.85	-26.85
10.	18	30.9	-27.9
11.	19	31.25	-28.25
12.	20	31.6	-28.6
13.	21	31.95	-28.95
14.	22	32.3	-29.3
15.	23	32.65	-29.65

Tabel 7 menunjukkan hasil perhitungan level terima daya ONT untuk kombinasi passive splitter di ODC 1:4 dan ODP 1:4 dengan maksimal user 16. Terlihat bahwa pada jarak 18 km level terima daya ONT adalah -27.9 dBm sedangkan pada jarak 19 km -28.25 dBm, sehingga jarak terjauh yang memenuhi persyaratan adalah 18 km.

Terdapat selisih 1 km untuk kedua kombinasi ini dengan jumlah maksimal user yang sama yaitu 16 user.

Tabel 8. Level Terima Daya ONT untuk Kombinasi PS 1:2 & 1:16

No.	Jarak Jangkauan (km)	Total Redaman (dB)	Level Terima Daya ONT (dBm)
1.	1	28.25	-25.25
2.	2	28.6	-25.6
3.	3	28.95	-25.95

4.	4	29.3	-26.3
5.	5	29.65	-26.65
6.	6	30	-27
7.	7	30.35	-27.35
8.	8	30.7	-27.7
9.	9	31.05	-28.05
10.	10	31.4	-20.4
11.	11	31.75	-28.75
12.	12	32.1	-29.1
13.	13	32,45	-29.45
14.	14	32.8	-29.8
15.	15	33.15	-30.15

Tabel 8 menunjukkan hasil perhitungan level terima daya ONT untuk kombinasi passive splitter di ODC 1:2 dan ODP 1:16 dengan maksimal user 32. Terlihat bahwa pada jarak 8 km level terima daya ONT adalah -27.7 dBm sedangkan pada jarak 9 km -28.05 dBm, sehingga jarak terjauh yang memenuhi persyaratan adalah 8 km.

Tabel 9. Level Terima Daya ONT untuk Kombinasi PS 1:4 & 1:8

No.	Jarak Jangkauan (km)	Total Redaman (dB)	Level Terima Daya ONT (dBm)
1.	1	28.25	-22.25
2.	2	28.6	-25.6
3.	3	28.95	-25.95
4.	4	29.3	-26.3
5.	5	29.65	-26.65
6.	6	30	-27
7.	7	30.35	-27.35
8.	8	30.07	-27.7
9.	9	31.05	-28.05
10.	10	31.4	-28.4
11.	11	31.75	-28.75
12.	12	32.1	-29.1
13.	13	32.45	-29.45
14.	14	32.8	-29.8
15.	15	33.15	-30.15

Tabel 9 menunjukkan hasil perhitungan level terima daya ONT untuk kombinasi passive splitter di ODC 1:4 dan ODP 1:8 dengan maksimal user 32. Terlihat bahwa pada jarak 8 km level terima daya ONT adalah -27.7 dBm sedangkan pada jarak 9 km -28.05 dBm, sehingga jarak terjauh yang memenuhi persyaratan adalah 8 km. Jarak jangkauan terjauh untuk kedua kombinasi ini sama yaitu 8 km dengan jumlah maksimal user 16.

Tabel 10. Level Terima Daya ONT untuk Kombinasi PS 1:2 & 1:32

No.	Jarak Jangkauan (km)	Total Redaman (dB)	Level Terima Daya ONT (dBm)
1.	0.01	31.25	-28.25
2.	0.02	31.26	-28.26
3.	0.03	31.26	-28.26
4.	0.04	31.26	-28.26

5.	0.05	31.27	-28.27
6.	0.06	31.27	-28.27
7.	0.07	31.27	-28.27
8.	0.08	31.28	-28.28
9.	0.09	31.28	-28.28
10.	0.1	31.29	-28.29
11.	0.2	31.32	-28.32
12.	0.3	31.36	-28.36
13.	0.4	31.39	-28.39
14.	0.5	31.43	-28.43
15.	1	31.60	-28.60

Tabel 11. Level Terima Daya ONT untuk Kombinasi PS 1:4 & 1:16

No.	Jarak Jangkauan (km)	Total Redaman (dB)	Level Terima Daya ONT (dBm)
1.	0.01	31.45	-28.45
2.	0.02	31.46	-28.46
3.	0.03	31.46	-28.46
4.	0.04	31.46	-28.46
5.	0.05	31.47	-28.47
6.	0.06	31.47	-28.47
7.	0.07	31.47	-28.47
8.	0.08	31.48	-28.48
9.	0.09	31.48	-28.48
10.	0.1	31.49	-28.49
11.	0.2	31.52	-28.52
12.	0.3	31.56	-28.56
13.	0.4	31.59	-28.59
14.	0.5	31.63	-28.63
15.	1	31.80	-28.80

Tabel 10 dan Tabel 11 menunjukkan hasil perhitungan level terima daya ONT untuk jumlah maksimum user 64 dengan kombinasi passive splitter ODC 1:2; ODP 1:32 dan ODC 1:4; ODP 1: 16. Terlihat bahwa pada jarak 100 meter level terima daya ONT adalah -28.25 dBm. Jarak terjauh yang memenuhi persyaratan untuk masing-masing kombinasi ini kurang dari 100 meter.

Hasil analisis link power budget jaringan FTTH dengan topologi point-to-multipoint diperlihatkan pada Tabel 9.

Tabel 12. Jarak Jangkauan Jaringan FTTH PtM

Jarak jangkauan maksimal (km)	Jumlah user maksimal	Splitter		Total redaman (dB)	Level terima daya ONT (dBm)
19	16	1:2	1:8	30.38	-27.83
18	16	1:4	1:4	30.9	-27.9
8	32	1:2	1:8	30.7	-27.7
9	32	1:4	1:8	30.88	-27.9
0.01	64	1:2	1:32	31.25	-28.25
0.01	64	1:4	1:16	31.45	-28.45

Tabel 12 menunjukkan bahwa untuk jumlah user maksimal 16 pada kombinasi splitter ODC 1:2 dan ODP 1:8 jarak jangkauan maksimal adalah 19 km dengan level daya terima ONT -27.83 dBm, sedangkan pada kombinasi splitter ODC 1:4 dan ODP 1:4 jarak jangkauan maksimal adalah 18 km dengan level daya terima ONT -27.9 dBm. Untuk jumlah user maksimal 32 pada kombinasi splitter ODC 1:2 dan ODP 1:8 jarak jangkauan maksimal adalah 8 km dengan level daya terima ONT -27.7 dBm, sedangkan pada kombinasi splitter ODC 1:4 dan ODP 1:8 jarak jangkauan maksimal adalah 9 km dengan level daya terima ONT -27.9 dBm. Untuk jumlah user maksimal 64 pada kombinasi splitter ODC 1:2 dan ODP 1:32 jarak jangkauan maksimal tidak mencapai 1 km. Pada jarak 100 meter level daya terima ONT -28.25 dBm, sedangkan pada kombinasi splitter ODC 1:4 dan ODP 1:16 pada jarak 100 meter level daya terima ONT -28.45 dBm.

V. KESIMPULAN

Jarak jangkauan jaringan FTTH dengan teknologi GPON dengan jumlah user maksimal 16 adalah 19 km dengan level daya terima ONT -27.83 dBm, untuk jumlah user maksimal 32 adalah 9 km dengan level daya terima ONT -27.83 dBm, sedangkan untuk jumlah user maksimal 64 jarak jangkauan kurang dari 100 meter. Terdapat selisih jarak jangkauan sebesar 1 km untuk kombinasi 1:2 dan 1:8 dengan 1:4 dan 1:4 untuk jumlah user maksimal 16, sedangkan untuk jumlah user maksimal 32 dan 64 jarak jangkauan sama untuk masing-masing kombinasi.

REFERENSI

- [1] Rong Zhao, Karin Ahl,..., "FTTH Handbook, Creating a Brighter Future" Edition 6, FTTH Council Europe 2014.
- [2] Telkom Indonesia "FTTH Design Guidance" Rev, v1.0, 01.02.2012
- [3] PT. Telekomunikasi Indonesia Tbk, Panduan Design FTTH, Versi 1.0, Nopember 2021
- [4] Telkom Prima Cipta Certifia, Telkom Indonesia, "Modul Troubleshooting Gangguan Jaringan Fiber Optik"
- [5] Andreas, Ery Safrianti; "Analisis Jaringan FTTH (Fiber to the Home) di Perumahan Maton House, Pekanbaru", Jom FTEKNIK Volume 4 No. 2 Oktober 2017
- [6] Muhammad Indra Yanuardin, Devie Ryana S, Mia Rosmiati S, "Perancangan Jaringan FTTH (Fiber To The Home), e-Proceeding of Applied Science: Vol.2, NO. 1 April 2016, halaman 325.
- [7] Puti Mayangsari, Naemah Mubarakah, "Analisis Link Budget Jaringan Serat Optik Gigabit Passive Optical Network.