Perencanaan Jaringan *Fiber To The Home (FTTH) Berdasarkan* Jaringan Telepon *Existing* di Kampus Universitas Riau(UR) Panam

Muhammad Awaluddin*, Febrizal**
*Teknik Elektro Universitas Riau **Jurusan Teknik Elektro Universitas Riau
Kampus Binawidya Km 12,5 Simpang Baru Panam, Pekanbaru 28293
Jurusan Teknik Elektro Universitas Riau
Email: awaludin9311@gmail.com

ABSTRACT

This paper discusses about fiber to the home network (FTTH) at panam riau university campus. In designing, it is required to determine the closest STO, and the determination of the distribution channels. The analysis of designing will involve two parameters.i.e. power link budget, and rise time budget. The result of power link budget shows a maximum of -27 dBm receiver sensitivity. In the meantime the downlink an uplink total calculation is considered acceptable to conduct the NRZ encoding due to remains within the specification of downlink and uplink bitrate total time.i.e. 0,562 ns and 0,2813 ns, respectively. In overall, it is indicated that the link budget and the rise time budget is complied to NRZ encoding requierement

Keywords : University of Riau, FTTH, Power Link Budget, Rise Time Budget

I. PENDAHULUAN

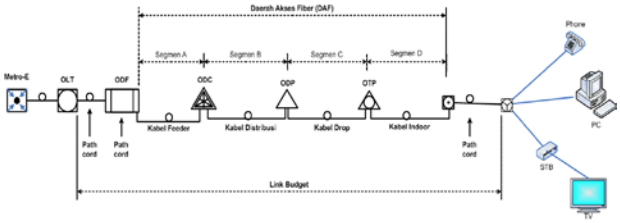
Era modernisasi membuat kebutuhan komunikasi data semakin tinggi dan bertambah seiring dengan meningkatnya populasi masyarakat digital yang berakibat dengan pertumbuhan data meningkat dua kali lipat setiap dua tahun. penggunaan media transmisi serat optik tak dapat lagi terelakkan pada jaringan akses pelanggan karena serat optik telah menunjukkan kualitas tinggi untuk berbagai macam aplikasi, karena kelebihannya dapat mentrasmisikan informasi pada beberapa panjang gelombang yang berbeda dan dapat mentransmisi *bit rate* yang tinggi, *Fiber to The Home* (FTTH) merupakan salah satu dari sekian sekian banyak arsitektur jaringan serat optik yang kini populer dan mendunia. FTTH telah terbukti menjadi bagian penting dari *next generation access* (NGA) karena mampu mendukung pengembangan dan peningkatan jaringan masa depan, dan salah satu dari sekian banyak kelebihan FTTH adalah memiliki desain arsitektur jaringan yang fleksibel yang dapat digunakan untuk mengakomodasi inovasi yang akan datang dan menyediakan kepada *customer* dengan range lebar untuk komunikasi yang lebih cepat akan servis yang baru. FTTH juga merupakan bentuk bisnis yang sukses, karena menyediakan keseimbangan antara pengeluaran modal (CAPEX) dan biaya operasi (OPEX) yang membuat perusahaan telco diseluruh dunia terus berlomba lomba melakukan penetrasi *broadband acces*.

Perancangan jaringan FTTH merupakan hal yang sangat penting yang harus diperhatikan oleh penyedia layanan agar instalasi dan pengoperasian jaringan FTTH bisa berhasil, banyak faktor yang harus dipertimbangkan dalam perancangan jaringan salah satunya adalah jaringan transmisi dapat memenuhi kondisi sistem komunikasi yang bekerja secara optimal dan maksimal artinya daya yang dikirim oleh sistem tidak berkurang

saat diterima oleh perangkat yang ada pada pelanggan. dalam perancangan juga harus mempertimbangkan pemilihan teknologi yang digunakan, keuntungan, kerugian dan mempertimbangkan *cost* atau aspek ekonomisnya. serta pengembangan pada masa mendatang harus menjadi acuan agar perencanaan tepat sasaran, Oleh karena itu, diperlukan suatu perencanaan jaringan FTTH yang effektif dan effisien dengan mempertimbangkan moda penggelaran pada perancangan jaringan , *power link budget* dan beberapa faktor lain

II. LANDASAN TEORI

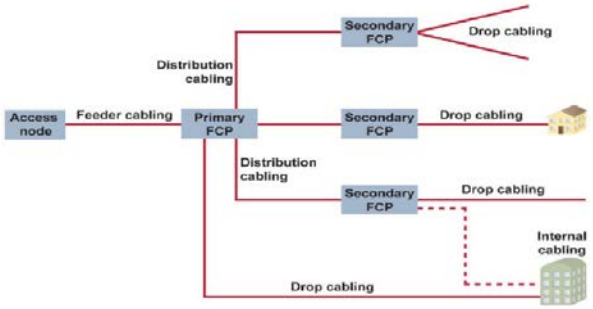
2.1 Elemen dan Network FTTH



Gambar 2.1 Element dan *Network* FTTH

Secara umum jaringan FTTH dapat dibagi menjadi 4 Segmen catuan kabel selain perangkap Aktif seperti OLT dan ONU/ONT. seperti terlihat pada gambar 2.1
setiap segemen pada jaringan FTTH akan menghubungkan satu sama lain,seperti terlihat pada gambar 2.2 yaitu sebagai berikut:

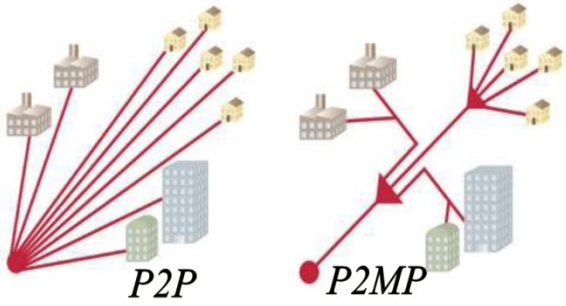
- **Segmen A** : Segmen kabel Feeder
- **Segmen B** : Segmen kabel Distribusi
- **Segmen C** : Segmen kabel Drop
- **Segmen D** : Segmen kabel Indoor



Gambar 2.2 FTTH Network Structure

2.2 Topologi FTTH

Dalam rangka untuk menentukan *interworking* infrastruktur pasif dan aktif, sangat penting untuk membuat jelas perbedaan antara topologi yang digunakan untuk penggelaran serat optik (pasif infrastruktur) dan teknologi yang digunakan untuk mengangkut data melalui serat optik (alat aktif). seperti yang terlihat pada gambar 2.3 Topologi paling banyak digunakan yaitu *point-to-multipoint*, yang sering dikombinasikan dengan pasif teknologi jaringan optik (PON), *dan point-to-point*, yang biasanya menggunakan Ethernet transmisi



Gambar 2.3 FTTH Topology

2.3 Teknologi Arsitektur FTTH

FTTH terdiri dari tiga jenis topologi jaringan,yaitu jaringan *point to point*, jaringan serat optik aktif (*active optical network*),dan jaringan serat optik pasif (*passive optical network*).

a. *Active Optical Network* (AON)

Implementasi dari AON lebih dikenal sebagai *active node*, dikeranakan semua perangkat pada pendistribusiannya(Optical Distribusi Network) mengunakan perangkat aktif termasuk *optical switch*. Dan dalam topologi pendistribusiannya memiliki 2 susunan yang lebih dikenal dengan istilah *Home Run* Fiber(*Point-to-point*) dan *Active Star Ethernet*(*Point-to-Multi Point*).

b. Passive Optical Network(PON)

Passive Optical Network (PON) adalah jaringan *point-to-multipoint* berbasis serat optik yang memiliki elemen pembagi optik (optical splitter) yang bersifat pasif dan berfungsi sebagai penyalur data untuk

menghubungkan OLT di *central office* dengan ONT yang terletak pada sisi pelanggan.

2.4 Komponen Jaringan FTTH

a. Optical Distribution Network

Optical Distribution *Network* (ODN) ODN adalah infrastruktur jaringan optik antara perangkat *transmitter* sampai perangkat *Receiver* yang berfungsi sebagai ruangan manajemen fiber yang berbentuk kubah ataupun kotak yang yang berisi *passive splitter* optik dengan jumlah rasio yang berbeda-beda

b. Splitter

Spliiter merupakan elemen pembagi optik yang berfungsi sebagai penyalur data untuk beberapa tujuan Jenis-jenis *splitter* antara lain adalah : 1:2, 1:4 , 1:8, 1:16, 1:32,

c. *Fiber* Optik

media transmisi fisik yang terbuat dari *fiber* kaca yang merupakan komponen utama FTTH karena media transmisi ini memberikan bandwidth yang besar sehingga kemampuan dalam mentransmisikan data menjadi lebih banyak dan lebih cepat dibandingkan dengan penggunaan kabel konvensional

d. Splicer

Splicer merupakan alat yang digunakan untuk menyambung core serat optik yang berbasis kaca dengan menyolder antara kedua ujung core sehingga dapat terhubung secara baik

2.5 Kelayakan Perancangan Jaringan

Dalam melakukan perhitungan kinerja transmisi serat optik, parameter yang dilakukan untuk mendapatkan sistem yang layak sehingga hasil analisis yang diperoleh dapat diimplementasikan dilapangan.

a. Link Loss Budget

Link loss budget digunakan untuk mengetahui batasan redaman total saluran yanng dizinkan karena terjadinya rugi-rugi di setiap elemen(rugi-rugi serat, konektor dan sambungan.) sepanjang *link* saluran komunikasi optik.

$$\alpha total = L.\ \alpha f + Nc.\alpha c + Ns.\alpha s + Nsp.asp \quad (1)$$

dimana,

α tot = redaman total saluran (dB)
L = panjang serat optik (km)
αf = redaman serat optik (dB)
Nc = jumlah konektor
αc = redaman konektor (dB/konektor)
Ns = jumlah sambungan
α s = redaman sambungan (dB/sambungan)
Nsp = jumlah *splitter*
αsp = redaman *Splitter* (dB)

b. Power Link Budget

Perhitungan *power link budget* bertujuan untuk menghitung anggaran daya yang diperlukan pada *receiver* sehingga level daya terima tidak kurang dari sensitivitas minimum.

$$P_{rx} = P_{tx} - \alpha\ tot \quad (2)$$

Dimana,

P_{rx} = Sensitivitas *receiver* (dBm)
P_{tx} = Daya keluaran *transmitter* (dBm)
α tot = *Link loss budget* (dB)

c. Power Margin

Power Margin adalah daya yang masih tersisa dari *power transmit* setelah dikurangi dari *link loss budget* selama proses pentransmisian, *power margin* disyaratkan harus memiliki nilai lebih dari 0 (nol).

$$M = (P_{tx} - P_{rx}) - \alpha\ tot - SM \quad (3)$$

Dimana,

P_{tx} = Daya keluaran *transmitter* (dBm)
P_{rx} = Sensitivitas *receiver* (dBm)
α tot = *Link loss budget* (dB/ km)
SM = *Safety margin*, 3 dB

d. Rise Time Budget

Rise time budget merupakan metode untuk menentukan batasan dispersi suatu *link* serat

optik. Tujuan dari metode ini adalah untuk menganalisa apakah unjuk kerja jaringan secara keseluruhan telah tercapai dan mampu memenuhi kapasitas kanal yang diinginkan.

$$t_{sys} = ({t_{tx}}^2 + {t_{chromatic}}^2 + {t_{modal}}^2\ {t_{rx}}^2)^{1}/_{2} \quad (4)$$

Dimana,

t_{tx} = *Rise time transmitter* (ns)
t_{rx} = *Rise time receiver* (ns)
$t_{chromatictx}$ = *(Rt)chromatic dispersion* (ns)
t_{modal} = tidak bernilai atau nol karena menggunakan optik *single mode*

Untuk$t_{chromatic}$dicari dengan persamaan

$$D_t = D(\lambda).S.L \quad (5)$$

Dimana :

Dt = *Total chromatic dispersion* (ps)
D(λ) = *Chromatic dispersion coefficient* (ps/nm.km)
S = Lebar spectral laser (nm)
L = Panjang jarak (km)

Untuk $D(\lambda)$ dapat dicari dengan persamaan 2.5

$$D(\lambda) = \frac{S_0}{4}(\lambda - \frac{{\lambda_0}^4}{\lambda^3}) \quad (6)$$

Dimana,

S_0 = *dispersion slope parameters* (ps/nm.km)
λ = panjang gelombang (nm)
λ_0 = *zero dispersion wavelength* (nm)

D(λ) merupakan representasi dari turunan *delay* atau kelengkukangan kurva *delay* pada panjang gelombang, baik *downstream* maupun *upstream*. Sedangkan Dt merupakan representasi penyebaran waktu maupun pulsa akibat terjadinya chromatic dispersion pada kabel serat optik. pada persamaan 5 dan 6, parameter didapat dari spesifikasi dari kabel serat optik.

Setelah perhitungan *rise time* total diperoleh, maka dibandingkan dengan *bit rates* dengan format NRZ seperti dipersamaan 7.
Dimana,

$$t_{sys} < t_r \quad (7)$$

$$t_r = \frac{0{,}7}{Br} \quad (8)$$

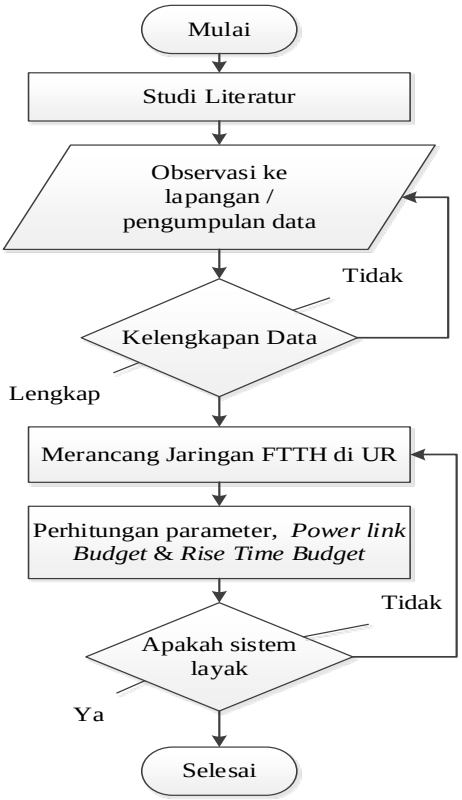
Dimana,

t_{sys} = *rise timetotal*
Br = bit rate sistem

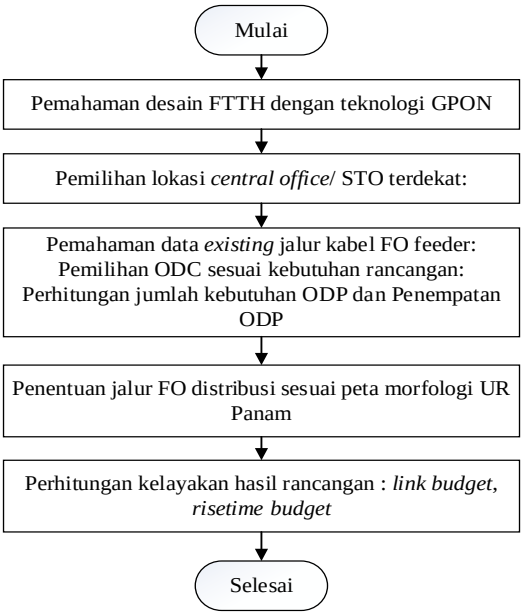
Setelah perhitungan *rise time* total diperoleh, maka dibandingkan dengan *bit rates* dengan format NRZ seperti dipersamaan 8.

III. METODOLOGI PENELITIAN

Proses perencanaan jaringan FTTH dikampus UR panam dilakukan berdasarkan teknologi akses GPON milik PT.Telkom Indonesia yang sudah di implementasi di sekitaran area jalan HR.Subrantas khususnya sekitaran UR Panam. perencanaan jaringan akses FTTH pada penilitian ini akan menggunakan mode penggelaran dengan *aerial system*, *aerial system* merupakan model penggelaran yang diprioritaskan dengan optimalisasi *pole existing* karena pada kampus UR panam telah ada infastruktur jaringan telepon *existing*. oleh karena itu pada penilitian ini menggunakan *aerial system* dengan optimalisasi infastruktur yang telah ada. Proses perencanaan jaringan FTTH di kampus UR panam dapat dilihat pada diagram alir penelitian pada gambar 3.1



Gambar 3.1 Diagram Alir Penelitian



Gambar 3.2 Perencanaan model jaringan

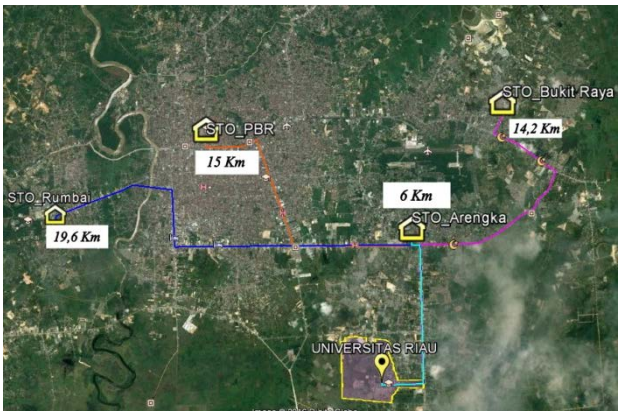
3.1 Peta Morfologi kampus UR Panam

Gambar 3.3 Peta Universitas Riau Panam

Pada gambar 3.3 merupakan peta kampus UR Panam, pada peta tersebut garis kuning merupakan bagian diarsir untuk lokasi perencanaan jaringan FTTH dan lingkaran merah pada peta merupakan bangunan yang sudah di implementasi FTTH *existing* dan tidak perlu dilakukan perencanaan jaringan.

3.2 Pemilihan link STO (central office)

pemilihan STO (central office) sangat berpengaruh pada link transmisi karena didalam gedung pada STO terdapat OLT-PON yang merupakan *transmitter*. Maka pemilihan link STO harus berdasarkan jarak yang terdekat seperti pada gambar 3.4. Setelah dilakukan pengukuran dengan software google earth dan disurvey dilapangan maka pemilihan STO terdekat ditentukan yaitu STO Arengka yang terletak di Jl. Soekarno Hatta. Hasil pengukuran pada google earth menunjukan jarak antara kampus UR panam dengan STO arengka kurang lebih 6 Km.



Gambar 3.4 Pengukuran STO to UR Panam

3.3 Konfigurasi link STO Arengka

STO arengka telah dipilih dalam penilitian ini karena jarak yang paling terdekat dengan kampus UR Panam. Gambar 3.5 menunjukkan pada *Link* STO arengka, pada topologi kabel feeder link STO arengka menggunakan konfigurasi Ring.

Gambar 3.5 Feeder Link STO Arengka

3.4 Pemilihan ODC

Perancangan jaringan FTTH pada penilitian ini menggunakan tiga ODC dari empat ODC yang ada, karena dari hasil pengukuran di google earth dan observasi di lapangan hanya 3 ODC yang memenuhi syarat jarak terdekat karena kondisi geografis pada kampus UR panam yang tidak memungkinkan untuk menggunakan satu ODC, karena jika diharuskan menggunakan satu ODC dalam perancangan maka kemungkinan akan lebih sering terjadinya gangguan pada kemudian hari, seperti yang terlihat pada gambar 3.6

Gambar 3.6 ODC di Kampus UR Panam

3.5 Penentuan Jalur OSP Distribusi FTTH

Penentuan jalur OSP distribusi FTTH dilakukan berdasarkan jaringan telepon dengan optimalisasi infrastruktur *existing* (tiang telepon).

Gambar 3.7 *Plotting* tiang *existing*

Pada gambar 3.7 merupakan plotting tiang telepon *existing* pada kampus UR Panam yang nantinya jalur kabel distribusi akan dibentang sesuai dengan infrastruktur jaringan telepon *existing*.

IV. HASIL DAN ANALISA

Untuk perhitungan kelayakan penelitian pada penelititan ini mengambil *link receiver* terjauh yaitu 9,27 km dari STO Arengka, karena jika link terjauh sudah layak (memenuhi standarisasi) *link*nya, maka *link* yang lebih dekat juga sudah memenuhi standarisasi. untuk mempermudah perhitungan maka dibuat

parameter spesifikasi perancangan, seperti terlihat pada tabel 4.1

Tabel 4.1 Spesifikasi Parameter perancangan

Spesifikasi		nilai
Link Terjauh		9,27 km
Sensitifitas Receiver		-27 dBm
Lebar Spektral		1 nm
Panjang gelombang	Downlink	1490 nm
	Uplink	1310 nm
Downlink Uplink	1490	0.21 dB/km
	1310	0.32 dB/km
Redaman splitter	1 x 4	6.6 dB
	1 x 8	9.7 dB
Redaman konektor	APC	0.15 dB
	UPC	0.15 dB
Rise time	Transmitter	150 ps
	Receiver	200 ps
dispersion coefficient	λ_{0max}	1324 nm
	s_{0max}	0.092 ps/nm.km
Parameters of GPON	Downstream	2.48 Gbit/s
	Upstream	1.24 Gbit/s
Power transmit OLT (GPON)	Maksimum	5 dBm
	Average	3.5 dBm
	Minimum	1.5 dBm

4.1 Perhitungan *link loss budget*

Untuk perhitungan *link loss budget* dapat dilihat dari spesifikasi parameter perancangan pada tabel 4.1 dengan menghitung menggunakan persamaan 1 maka didapatkan,

Downlink
= (9,27 x 0,21) + (7 x 0,15)+(3 x 0,1) +(16,3)
= 19,59 dB

Uplink
= (9,27 x 0,32) + (7 x 0,15)+(3 x 0,1) +(16,3)
= 20,61 dB

Perbedaan hasil antara *downlink* dan *uplink* pada perhitungan *link loss budet* karena kabel optik memiliki redaman yang berbeda - beda pada panjang gelombang tertentu. Hasil kelayakan *link loss budget* dapat dilihat pada tabel 4.2

Tabel 4.2 hasil *link loss budget*

Total Redaman Murni	Standart redaman		Layak/ Tidak
	min	max	
19,59 dB (Downlink)	>13 dB	<28 dB	layak
20,61 dB (Uplink)	>13 dB	<28 dB	layak

Nilai Standart redaman pada tabel 4.2 merupakan data kelayakan dari PT.Telkom untuk redaman saluran murni maksimal 28 db dan minimal 18 dB. Hasil yang ditunjukkan pada tabel 4.2 menunjukkan *link loss budget* memenuhi persyaratan kelayakan karena nilai masih dalam batas toleransi.

4.2 Perhitungan Power Link Budget

Untuk perhitungan *power link budget* menggunakan 3 skenario dimana data *power transmit OLT* GPON dapat dilihat pada tabel 4.1 akan dihitung dengan persamaan 2 dengan hasil pada *link loss budget*. maka didapatkan hasil :

Downlink.	= 5 – 19,59	= - 14,59 dBm
	= 3,75 – 19,59	= - 16,09 dBm
	=1,5 – 19,59	= - 18,09 dBm
Uplink	= 5 – 20,61	= - 15,61 dBm
	= 3,75 – 20,61	= - 17,11 dBm
	=1,5 – 20,61	= - 19,11 dBm

3 skenario yang digunakan pada power link budget didapatkan hasil yang diterima ONT berbeda pula, karena daya yang dikirm OLT memiliki range 1,5- 5 dBm, hasil perhitungan *power link budget* dapat dilihat pada tabel 4.3

Tabel 4.3 hasil *power link budget*

OLT	Daya diterima ONT (dBm)		Sensitivity (ONT) dBm		layak/ tidak
	Downlink	Uplink	Min	Max	
+5	-14,59	-15,61	-8	-27	Layak
+3.5	-16,09	-17,11	-8	-27	Layak
+1.5	18,09	-1911	-8	-27	Layak

Pada tabel 4.3 nilai kelayakan *sensitivity* ONT yang ditetapkan PT.Telkom dari -8 dBm sampai dengan -27 dBm, pada perhitungan *power link budget* diatas memenuhi persyaratan kelayakan karena nilai masih dalam batas toleransi.

4.3 Perhitungan Power Margin

Untuk perhitungan *power margin* menggunakan 3 skenario dimana *power transmit* OLT GPON dapat dilihat pada tabel 4.1 akan dhitung dengan persamaan 3 dengan hasil pada *link loss budget*. maka didapatkan hasil :

(Downlink)

5 – (-27) – 19,59 – 3 = 9,40 dB
3,5 – (-27) – 19,59 – 3 = 7,90 dB
1,5 – (-27) – 19,59 – 3 = 5,90 dB

(Uplink)

5 – (-27) – 19,59 – 3 = 9,40 dB
3,5 – (-27) – 19,59 – 3 = 7,90 dB
1,5 – (-27) – 19,59 – 3 = 5,90 dB

Tabel 4.4 hasil *power margin*

OLT	Margin Daya (dB)		Standart Margin	layak/ tidak
	Downlink	Uplink		
+5	9,40	8,38	>0	Layak
+3.5	7,90	6,88		Layak
+1.5	5,90	4,88		Layak

Hasil perhitungan power margin dapat dilihat pada tabel 4.4 dimana perhitungan kelayakan diatas memenuhi persyaratan *power margin* karena *nilai power margin* lebih dari 0 dB

4.3 Perhitungan *Bitrate* NRZ

Spesifikasi link parameter untuk perhitungan *rise time total* diambil dari spesifikasi perangkat *transmitter* (OLT), *receiver* (ONT) GPON, data *sheet* serat optik yang digunakan dan data perancangan OSP FTTH. parameter perhitungan *rise time budget* dapat dilihat pada tabel 4.1 spesifikasi perancangan. Nilai kelayakan pada *rise time budget* dihitung terlebih dahulu agar *bit rate* NRZ didapatkan, dengan persamaan 8 maka:

$$t_r\ downlink = \frac{0{,}7}{2{,}488} = 0{,}2813 \text{ ns}$$

Untuk nilai *uplink* dengan cara yang sama maka didapatkan

$$t_r\ uplink = \frac{0{,}7}{1{,}244} = 0{,}562 \text{ ns}$$

Tabel 4.2 kelayakan NRZ GPON

Kelayakan *rise time budget*	
Downlink	*Uplink*
0,2813 ns	0,562 ns

Pada tabel 4.2 merupakan hasil perhitungan kelayakan berdasarkan NRZ pada GPON dimana nilai ini nantinya menjadi patokan untuk kelayakan *rise time budget*

4.3 Perhitungan *Rise time budget*

Setelah dihitung nilai kelayakan *NRZ* GPON maka Perhitungan rise time budget dapat dilakukan dengan parameter perancangan *rise time budget* pada tabel 4.1 dengan menggunakan Persamaan 5 dan 6.

Koefisien dispersi *downlink* λ = 1490 nm adalah

$$D(\lambda) = 12{,}9041 \frac{ps}{nm}.km$$

Dengan cara yang sama didaptkan,

Koefisien dispersi *uplink* λ = 1310 nm

$$D(\lambda) = -1{,}3087 \frac{ps}{nm}.km$$

setelah didapatkan nilai koefisien dispersi *downlink* dan *uplink* selanjutnya dapat dihitung nilai dispersi kromatik

$$D_t = D(\lambda).S.L$$

sehingga untuk dispersi kromatik *downlink* adalah :

$$= 12.9041.1.9{,}27 \quad = 0.119621 \text{ ns}$$

sehingga untuk dispersi kromatik *uplink* adalah :

$$= -1{,}3087.1.9{,}27 \quad = -0{,}01213 \text{ ns}$$

rise time total downlink dapat dihitung dengan persamaan 4 maka, maka untuk *rise time total downlink* adalah :

$$t_{sys} = (0{,}15^2 + 0{,}119621^2 + 0^2 + 0{,}2^2)^{1}/_{2}$$
$$t_{sys} = 0{,}2771\text{ns}$$

Maka *rise time total* untuk *uplink* adalah :

$$t_{sys} = (0{,}15^2 + -0{,}01213^2 + 0^2 + 0{,}2^2)^{1}/_{2}$$
$$t_{sys} = 0{,}2502 \text{ ns}$$

Tabel 4.4 hasil *Rise time budget*

Hasil perhitungan	Kelayakan rise time budget		Layak/tidak
0,2771ns	0,2813 ns	Downlink	Layak
0,2502 ns	0,562 ns	Uplink	Layak

Pada tabel 4.4 merupakan hasil perhitungan *rise time total* dimana hasil *rise time budget* harus dibawah dari nilai standart yang ditetapkan dari nilai NRZ, hasil kelayakan pada tabel 4.4. menunjukkan rise time budget memenuhi persyaratan kelayakan karena nilai masih dalam batas toleransi NRZ.

V. KESIMPULAN DAN SARAN

5.1 Kesimpulan

1. Perencanaan jaringan FTTH dikampus UR panam menggunakan 3 ODC dari 4 ODC yang ada disekitaran kampus UR Panam. pemilihan 3 ODC berdasarkan jarak terdekat dengan mempertimbangkan OSP jaringan TELKOM pada kawasan kampus UR panam agar menghemat penggunaan kabel distribusi yang akan dinstalasi nantinya
2. Paramater *link loss budget* masih dalam kategori layak karena masih dibawah 28 dB
3. *power link budget* dan *power margin* berada dikategori layak atau bagus karena mayoritas memiliki level daya terima yang berada pada range -13,95 dBm sampai -19,11 dBm serta power margin yang dihasilkan tidak bernilai negatif (M > 0).
4. *Rise time* total *downlink* dan *uplink dalam* rancangan ini dikategorikan layak dengan pengkodean NRZ karena masih dibawah waktu total bitrates Downlink 0,2813 ns dan uplink 0,562 ns.

5.2 Saran

1. Pada penelitian selanjutnya diharapkan menggunakan simulasi optisystem untuk melihat parameter kelayakan BER dan SNR.
2. Pada penilitian selanjutnya diharapkan perancangan FTTH menggunakan teknologi 10GPON dan NGPON

DAFTAR PUSTAKA

Crisp, J., & Elliot, B. 2008. *Introduction to Fiber Optics* (Erlangga, Trans.) *England: Elsevier Ltd. The Boulevard, Langford Lane Kidlington*. (Original work published 2005).

FTTH Council. (2007). *FTTH Infrastructure Component and Deployment Methods. Europe at the Speed of Light*

FTTH Council. (2014). *FTTH Handbook. Deployment and Operation Committee*

Ismail,F.,S.P.Panjaitan.2014.*Studi Perancangan Jaringan Akses Fiber To The Home dengan Menggunakan Teknologi GPON di Perumahan CBD Polonia Medan*.Universitas Sumatra Utara

M,Fachri.,.M.Zulfin.2014. *Analisis kinerja jaringan FTTH (fiber to the Home) di jalan lotus perumahan cemara asri medan*

Huawei Technologies.(2015). *The Requirements and Evolution to Next Generation Optical Access Network*

PT Telekomunikasi IndonesiaTbk.2014.Modul 1.Konfigurasi FTTH.

PT Telekomunikasi IndonesiaTbk.2015.Modul 1.Spesifikasi Teknis OSP FTTH.