

Analisis Jaringan FTTH (*Fiber to the Home*) di Perumahan Maton House, Pekanbaru

Andreas*, Ery Safrianti**

*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: andrew.mudfish515@gmail.com

Abstract

Maton House housing has a local fiber access network that uses a duct system and the device feeder are inefficiency. This papper purpose to analyzes the FTTH network at Maton House-Pekanbaru Housing to improve the efficiency of optical transmission, using several parameters such as: power budget link, rise time budget, and optical power. The analysis process is done with some supporting software such as: Optisystem, AutoCad, and Google Earth. Calculation of Optical Power analysis parameters performed by simulation using Optisystem software found the average value of loss is 21.11 and the measurement using Opical Power Meter found the average loss value is 22.50 dBm. According to the acquisition of large optical power on optical transmission in Maton House housing proves the network is much smaller of damping than the standard total that is below -28 dBm based on IEEE at 802.8 .

Keywords: FTTH, link power budget, rise time budget, optical power.

I. Pendahuluan

Jaringan lokal akses fiber merupakan sistim transmisi yang saat ini sedang dalam perkembangan khususnya penggunaannya pada jasa layanan telekomunikasi di perumahan. Transmisi optik dapat memberikan layanan telekomunikasi berupa telepon, internet, dan televisi. Pengembangan penggunaan transmisi optik saat ini sudah cukup populer dikarenakan dalam implementasi sangat efisien dan memiliki *bandwidth* yang besar sehingga transmisi optik sangat menjanjikan dalam memenuhi kebutuhan layanan telekomunikasi pelanggan.

Kondisi keterbatasan layanan jaringan akses tembaga yang belum dapat memenuhi kebutuhan pelanggan dengan kapasitas *bandwidth* besar dengan kecepatan tinggi menyebabkan PT.Telkom melakukan peningkatan infrastruktur layanan jaringan

akses tembaga dengan menggunakan serat optik sebagai media transmisi.

Pada penelitian yang dilakukan jaringan FTTH yang menjadi objek menggunakan system *duct* yang jarang digunakan dalam implementasi jaringan FTTH terutama pada *cover area* yang tergolong kecil seperti Perumahan Maton House hal ini disebabkan karena kebutuhan terhadap peralatan dan teknologi yang digunakan dalam system *duct* tersebut masih tergolong mahal namun *durable* dalam penggunaannya dan implementasi FTTH dengan sistem *duct* tidak mengganggu nilai estetis pemandangan di sekitarnya.

Oleh sebab itu untuk meningkatkan performansi dan kinerja jaringan FTTH ini perlu dilakukan analisis terhadap efisiensi implementasi jaringan yang telah ada agar

jaringan dengan system duct ini lebih efisien dan dapat digunakan dalam waktu yang cukup lama.

II.Dasar Teori

GPON merupakan teknologi akses dengan kategori broadband dengan menggunakan media transmisi serat optik. GPON merupakan evolusi dari PON. Teknologi GPON merupakan teknologi jaringan akses dengan menggunakan media transmisi fiber optik secara keseluruhan. Passive Optical Network PON adalah bentuk khusus dari FTTx yang mengandung perangkat optik pasif dalam jaringan distribusi optik.

Perangkat optik pasif yang dipakai adalah konektor, *passive splitter* dan kabel optik itu sendiri. Dengan *passive splitter* kabel optik dapat dipecah menjadi beberapa kabel optik lagi, dengan kualitas informasi yang dalam PON terdapat tiga komponen utama yaitu: *Optical Line Terminal* (OLT), *Optical Distribution Network* (ODN) dan *Optical Network Termination* (ONT).

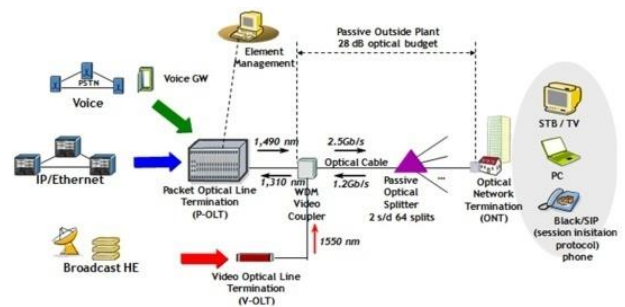
Konfigurasi GPON

GPON merupakan teknologi FTTH yang dapat mengirim pelayanan sampai ke premise pelanggan dengan menggunakan kabel serat optic. Jika sebelumnya customer menggunakan kabel tembaga pada instalasi perkabelan di sisi pelanggan, maka sekarang instalasi perkabelan bisa menggunakan optik. Untuk skema dapat dilihat seperti gambar 1.

Keunggulan dari teknologi ini adalah bandwidth yang ditawarkan bisa mencapai 2.488 Gbps (downstream) sampai pelanggan tanpa ada kehilangan bandwidth. Konfigurasi network GPON intinya dapat dibagi menjadi 5 bagian:

- *Network Management System*(NMS);
- *Optical Line Terminal* (OLT);

- *Optical Distribution Network* (ODN);
- *Optical Distribution Point* (ODP);
- *Optical Network Termination/Unit* (ONT/ONU).



Gambar 1. konfigurasi teknologi GPON (TELKOM. 2015).

Analisis Parameter Kelayakan

Analisis parameter kelayakan dilakukan agar data yang diperoleh dari hasil survey pada obyek penelitian tepatnya di perumahan Maton House tentunya agar memperoleh standarisasi terhadap jaringan yang diteliti, kemudian dari hasil analisis dapat dilakukan efisiensi terhadap jaringan agar dapat bekerja dengan optimal dan memenuhi kebutuhan pelanggan.

Link Power Budget

Untuk mengetahui redaman total pada studi kasus ini maka digunakan rumus persamaan (1), dimana jumlah serat sambungan, dan redaman dikalikan panjang maksimum serat optic kemudian menghasilkan nilai total redaman berdasarkan jarak terjauh. Pada kondisi ini analisa link power budget digunakan persamaan sebagai berikut (Amalia,2010) :

$$\alpha_{total} = L \cdot \alpha_{serat} + N_c \cdot \alpha_c + N_s \cdot \alpha_s + Sp \dots \dots \dots (1)$$

Dengan perhitungan pada margin daya menggunakan persamaan (2) :

$$M = (Pt - Pr) - \alpha_{total} - SM \dots \dots \dots (2)$$

Keterangan dan satuan :

Pt = Daya keluaran sumber optik (dBm)

Pr = Sensitivitas daya detektor (dBm)

SM = Safety Margin , (dB)

α_{tot} = Redaman Total sistem (dB)

L = Panjang serat optik (Km)

α_c = Redaman Konektor

α_s = Redaman Sambungan

α_{serat} = Redaman serat optik (Db/Km)

N_s =Jumlah sambungan

N_c =Jumlah Konektor

Sp = Redaman Splitter (dB)

Pada dasarnya 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 pentransmisian.

Transmisi FTTH di perumahan Maton House , PT Telkom Indonesia menggunakan nilai safety margin sebesar 3 dB, dimana pada saat instalasi diupayakan agar tidak melebihi standar safety margin agar untuk beberapa tahun kedepan jika terjadi gangguan , maupun penyambungan nilai rugi-rugi masih di ambang batas rug-rugi standar.

Rise Time Budget

Rise Time Budget merupakan sebuah metode yang berfungsi sebagai penentu batasan dispersi suatu lin transmisi optik. Metode ini berperan sebagai analisis pada transmisi digital dengan tujuan mengetahui kemampuan transmisi dalam memenuhi kapasitas kanal yang diinginkan.

Umumnya degradasi total waktu transisi dari link digital tidak melebihi 70 persen dari satu periode bit NRZ (*Non-return-to-zero*) atau 35 persen dari satu periode bit untuk data RZ (*return-to-zero*) digunakan persamaan (3) untuk menentukan pembatasan *dispersi link* serat optik, *rise time* sistem keseluruhan (Amalia,2010):

$$T_{sys} = \sum_{i=1}^N t_i^2 \dots\dots\dots(3)$$

untuk mengetahui dispersi kromatik dilakukan perhitungan dengan persamaan (4) berikut (Amalia,2010) :

$$t_f = D \times \sigma_\lambda \times L \dots\dots\dots(4)$$

Keterangan :

D = koefisien *dispersi* (ps/(nm.km)

σ_λ = lebar *spectrum* (nm)

L = panjang serat optik (km)

Pada perhitungan tersebut diperoleh *rise time* pada sistem maka selanjutnya dilakukan perhitungan dari rumus persamaan :

$$t_i = \text{rise time contributor} \quad (\text{ns})$$

$$t_r = \sqrt{t_{rx}^2 + t_{tx}^2 + t_f^2}$$

Keterangan :

t_r = *rise time total* (ns)

t_{rx} = *rise time receiver* (ns)

t_{tx} = *rise time transmitter* (ns)

t_f = *dispersi chromatic* (ns)

Setelah perhitungan *rise time total* diperoleh, maka dibandingkan dengan *bit rates* (t_r) dengan format NRZ seperti pada persamaan berikut

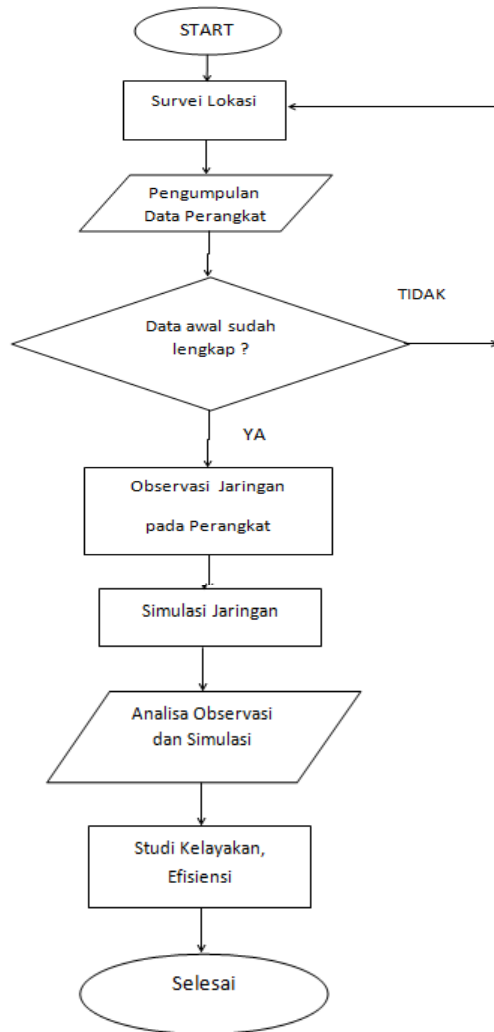
$$\text{Dimana} \quad t_{sys} < t_r$$

$$t_r = \frac{0.7}{Br}$$

Bit rates yang didapat dari standard ISO baik *downstream* maupun *upstream*. Untuk memenuhi *rise time budget*, *rise time total* harus lebih kecil dari *bit rates* ($T_{sys} < t_r$).

III. Metodologi Penelitian

Pada kegiatan analisa kinerja jaringan FTTH di perumahan Maton House, Pekanbaru pada perangkat yang telah dilakukan analisa dari STO pasar pagi arengka hingga perangkat ONT pelanggan, untuk memperjelas arah dalam tahapan penelitian maka pada gambar 2 merupakan diagram alir pada tahap penelitian.

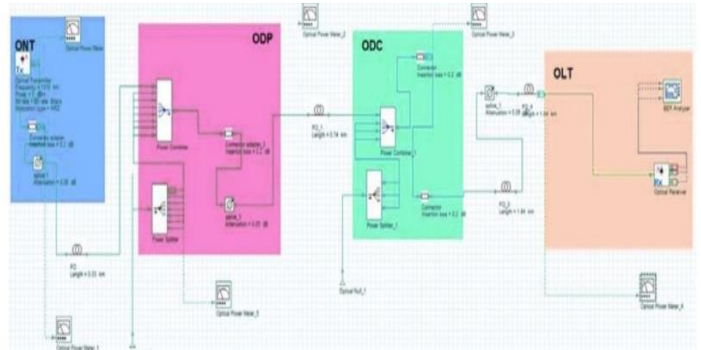


Gambar 2 Diagram alir penelitian.

Setelah dilakukan pengambilan data *sample* dari perangkat yang dibutuhkan jumlah perangkat ODC, ODP, ONT, connector, maupun panjang serat optic yang tersedia, kemudian penulis melakukan observasi jaringan yaitu berupa pengecekan kualitas jaringan secara *real* dengan tujuan untuk mendapatkan data mengenai pengukuran rugi-rugi pada ONT dilapangan sebagai bahan perbandingan antara pengukuran *real* dengan pengukuran yang nantinya akan dilakukan dengan simulasi berdasarkan kondisi perangkat di perumahan Maton House-Pekanbaru, perolehan data pengukuran dari lapangan menjadi sampel kondisi jaringan FTTH secara *real* menggunakan OPM (*Optical Power Meter*) kemudian digunakan pada analisis studi

kelayakan jaringan FTTH pada perumahan Maton House.

IV. HASIL DAN ANALISA



Gambar 3 Konfigurasi OptiSystem

Pada gambar 3 menunjukkan konfigurasi yang digunakan untuk tiap distribusi ODP. Splitter yang digunakan pada perumahan Maton House adalah splitter dengan jenis 1:4 pada ODC dan splitter 1:8. Untuk ODP lainnya, memiliki konfigurasi yang sama namun penggunaan splitter dan panjang *optical fiber* disesuaikan berdasarkan jumlah rumah. Begitu pula untuk core distribusi berikutnya.

Hasil Simulasi Distribusi

Pada tabel 1 menunjukkan hasil simulasi rugi-rugi yang diterima pada pelanggan menggunakan simulasi *Optisystem* dan rugi-rugi pada ONT pelanggan berdasarkan pengukuran yang dilakukan di lapangan menggunakan OPM.

Tabel 1. hasil simulasi rugi-rugi yang diterima

No	Core Distri butio n	Core ODP	Jumlah User	Total Loss (dBm) Opty sis	Total Loss (dBm) OPM	Selisih Redam an (dBm)
1	193	ODP-ARK-FAJ /01	11	19,18	20,17	-0.99
		ODP-ARK-FAJ /02	15	19,29	21,34	-2.05
2	194	ODP-ARK-FAJ /03	11	19,32	21,35	-2.03
		ODP-ARK-FAJ /05	11	19,35	21,40	-2.05

3	195	ODP-ARK-FAJ /04	3	19,40	21,48	-2.08
		ODP-ARK-FAJ /06	14	20,11	21,56	-1.45
		ODP-ARK-FAJ /08	10	20,11	22,12	-2.01
4	196	ODP-ARK-FAJ /07	10	20,11	22,14	-2.03
		ODP-ARK-FAJ /09	2	21,07	22,16	-1.09
5	197	ODP-ARK-FAJ /10	5	21,05	22,21	-1.16
		ODP-ARK-FAJ /11	12	21,14	23,19	-2.05
		ODP-ARK-FAJ /14	8	22,22	23,22	-1.00
6	198	ODP-ARK-FAJ /12	12	22,22	23,25	-1.03
		ODP-ARK-FAJ /13	11	23,09	23,42	-0.33
7	199	ODP-ARK-FAJ /15	4	23,09	23,45	-0.36
		ODP-ARK-FAJ /16	7	23,09	24,12	-0.03
		ODP-ARK-FAJ /17	7	23,09	24,15	-1.06
		ODP-ARK-FAJ /18	6	23,09	24,20	-1.11
Loss rata-rata penerima dari 159 ONT pengguna				21,11	22,50	-1.38

Dari hasil simulasi tiap distribusi didapatkan hasil *loss* rata-rata di penerima sebesar 21,11 dBm dan pengukuran menggunakan menggunakan OPM didapatkan hasil sebesar 22.50 dBm.

Setelah dilakukan perbandingan terhadap pengukuran menggunakan OPM didapatkan hasil selisih tertinggi pada ODP-ARK-FAJ /04 sebesar -2.08 dBm, dengan jumlah rata rata dari selisih sebesar -1.38 dBm.

Pada pengukuran *loss* menggambarkan bahwa hasil rata-rata rugi masih jauh dibawah standar toleransi *optical power* yakni sebesar -28 dBm.

Analisis Perolehan Data

• Power Link Budget

Perhitungan *power link budget* bertujuan untuk menghitung anggaran daya yang diperlukan sehingga level daya terima tidak kurang dari *minimum sensitivity*. Untuk perhitungan *power link budget* diambil dari OLT yang berada di STO Arengka tepatnya di sebelah pasar pagi arengka sampai pada ONT

di rumah pelanggan memiliki jarak sekitar 7,789 km.

Dimana jarak dari TKO hingga user terjauh diperkirakan sekitar 1,224km ((STO-ODC)2762m+4029m (ODC-ONT)473m+534m)) maka jarak terjauh adalah 9,013 km . Margin safety yang menjadi ketetapan PT.Telkom pada jaringan FTTH adalah 3dB.

Adapun data yang diperoleh dari pengumpulan data perangkat untuk perhitungan parameter *power link budget* dapat dilihat pada tabel 2.

Tabel 2 Data *power link budget*.

Data	Besar Daya
Daya keluaran <i>transmitter</i>	5 dBm
Sensitivitas <i>receiver</i>	-28 dBm (tanpa gain dari pemancar hingga penerima maka diberitanda minus)
Panjang gelombang	1310nm(uplink) dan 1490nm(downlink)
Redaman uplink dan downlink	0,28 dB (1490 nm) dan 0,35 dB (1310 nm)
Redaman Splitter	7,8 dB untuk jenis (1:4), dan 10,1 dB untuk jenis (1:8) (jenis splitter yang digunakan PT.Telkom Indonesia)
Redaman <i>splice</i>	0,1 dB/ <i>splice</i>
Redaman konektor	0,05 dB/km (<i>singlemode</i>) dan 0,2 dB/km (<i>multimode</i>)
Panjang serat optik (jarak)	9,013km
Margin safety (Ms)	3 dB (standar PT Telkom Indonesia)

Perhitungan dilakukan dengan berbagai panjang gelombang yaitu : 1310 nm untuk *uplink*, dan 1490 nm untuk *downlink*. Perhitungan redaman dan *power margin* dilakukan dengan menggunakan rumus *power link budget* untuk beberapa panjang gelombang yang berbeda, perhitungan dilakukan sebagai berikut.

- Panjang gelombang 1310 nm (*uplink*) yaitu :

$$\begin{aligned}
 a_{total} &= (L \times \alpha_f) + (N_c \times \alpha_c) + (N_s \times \alpha_s) + (N_{sp} \times \alpha_{sp}) \\
 &= (9,013 \times 0,35) + (0,05 \times 5 + 1 \times 0,1) + (7,8 \times 1) + (10,1 \times 1) \\
 &= 3,15 + 0,25 + 0,1 + 17,9
 \end{aligned}$$

$$= 21,40 \text{ dB}$$

Dari hasil yang diperoleh bahwa redaman total untuk 1310 nm (*uplink*) bernilai 18,97 dB sehingga nilai tersebut masih di bawah nilai maksimum sebesar 28 dB.

$$\begin{aligned} M &= (P_{tx} - P_{rx}) - \alpha_{total} - M_s \\ &= 5 - (-28) - 21,40 - 3 \\ &= (-23) - (18,40) \\ &= 4,6 \text{ dB} \end{aligned}$$

Pada perhitungan parameter didapat nilai marginnya 4,6 dB, maka nilai tersebut diisyaratkan di atas nol sehingga tergolong layak pada standarisasi.

b. Panjang gelombang 1490 nm (*downlink*) yaitu :

$$\begin{aligned} \alpha_{total} &= (L \times \alpha_f) + (N_c \times \alpha_c) + (N_s \times \alpha_s) + (N_{sp} \times \alpha_{sp}) \\ &= (9,013 \times 0,28) + (0,05 \times 5) + (1 \times 0,1) + (7,8 \times 1) + (10,1 \times 1) \\ &= 2,52 + 0,25 + 0,1 + 17,9 \\ &= 20,77 \text{ dB} \end{aligned}$$

Untuk panjang gelombang 1300 nm (*downlink*) redaman total bernilai 20,77dB. Nilai tersebut masih dibawah nilai maksimum standar redaman sebesar 28 dB sehingga dapat dikatakan layak pada standarisasi.

Untuk perhitungan power marginnya yaitu :

$$\begin{aligned} M &= (P_{tx} - P_{rx}) - \alpha_{total} - M_s \\ &= 5 - (-28) - 20,77 - 3 \\ &= (-23) - (17,77) \\ &= 5,23 \text{ dB} \end{aligned}$$

Dari perhitungan didapat nilai marginnya 5,23 dB, nilai tersebut diisyaratkan di atas nol sehingga dapat dikatakan layak pada standarisasi.

• Rise Time Budget

Berfungsi agar mengetahui apakah kinerja jaringan telah mampu memenuhi kapasitas kanal sesuai dengan standar yang dimaksud. Adapun data yang diperoleh dari perangkat untuk perhitungan *rise time budget* dapat dilihat pada tabel 3.

Tabel 3. Data *rise time budget*.

Data	Besar Daya
Panjang gelombang	1310nm (<i>uplink</i>) dan 1490nm (<i>downlink</i>)
Lebar spektral (S)	1 nm
Rise time transmitter (t_{tx})	150 ps
Rise time receiver (t_{rx})	200 ps
L (panjang serat optik)	9,013 km
Bit rate	1310 nm (<i>uplink</i>) = 1,2 Gbps 1490 nm (<i>downlink</i>) = 2,4 Gbps
Koefisien Chromatic (D)	1310 nm (<i>uplink</i>) = 3,5 ps/(nm.km) 1490nm (<i>downlink</i>) = 13,64 ps/(nm.km)

1. Panjang gelombang 1310 nm (*uplink*).

Perhitungan *dispersion chromatic* yaitu:

$$\begin{aligned} t_f &= D \times \sigma \lambda \times L \\ &= 3,5 \times 10^{-3} \times 1 \times 9,013 \\ &= 0,0315 \text{ ns} \end{aligned}$$

Perhitungan t_r (*bit rate*) yaitu :

$$\begin{aligned} t_r (\text{bit rate}) &= \frac{0,7}{1,2 \times 10^9} \\ &= 0,58 \text{ ns} \end{aligned}$$

Setelah didapat perhitungan *dispersion chromatic* dan t_r (*bit rate*), maka selanjutnya dihitung *rise time systemnya* yaitu :

$$\begin{aligned} t_{sys} &= \sqrt{t_{rx}^2 + t_{tx}^2 + t_f^2} \\ &= \sqrt{0,15^2 + 0,2^2 + 0,099} \\ &= 0,401 \text{ ns} \end{aligned}$$

Pada hasil perhitungan untuk 1310 nm (*uplink*) didapat bahwa $t_{sys} < t_r$ sehingga system telah memenuhi kriteria untuk digunakan.

2. Panjang gelombang 1490 nm (*downlink*).

Perhitungan *dispersion chromatic* yaitu:

$$\begin{aligned} t_f &= D \times \sigma \lambda \times L \\ &= 13,64 \times 10^{-3} \times 1 \times 9,013 \\ &= 0,1229 \text{ ns} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \text{Perhitungan } t_r \text{ (bit rate) yaitu :} \\ t_r \text{ (bit rate)} &= \frac{0,7}{2,4 \times 10^9} \\ &= 0,29 \text{ ns} \end{aligned}$$

Perhitungan *rise time system* yaitu :

$$\begin{aligned} t_{\text{sys}} &= \sqrt{t_{rx}^2 + t_{tx}^2 + t_f^2} \\ &= \sqrt{0,15^2 + 0,2^2 + 0,015} \\ &= 0,278 \text{ ns} \end{aligned}$$

Dari perhitungan untuk 1490 nm (*downlink*) didapat bahwa $t_{\text{sys}} < t_r$ sehingga system dapat memenuhi criteria untuk digunakan pada kondisi optimal.

B. Studi Kelayakan

Analisis performansi *Optical Power*

Tabel 4. Tabel Analisis performansi *Optical Power*

Range Wave	Redaman Total (dB)	Standar Redaman Total (dB)	Standar Margin Daya (dB)	Rise Time Budget (ns)
1310nm (uplink)	18,97	<28	>0	0,40
1490nm (downlink)	20,43	<28	>0	0,27
Hasil rata-rata Simulasi	21,11 dBm			
Hasil rata-rata pengukuran lapangan	22,50 dBm			

Dari tabel 4. dapat dilihat hasil analisis studi kelayakan nilai rata-rata optical power di penerima yang ditampilkan oleh optical power meter pada saat simulasi menggunakan *OptiSystem* adalah 22,59 dBm, perhitungan terhadap link power dan rise time budget telah memenuhi standar parameter yang telah ditentukan.

Pada analisis studi kelayakan ini dapat dilihat perbandingan dari hasil simulasi dan pengukuran *optical power* di perumahan Maton House dapat dikategorikan memenuhi

standar kelayakan yakni memiliki rata-rata nilai loss di bawah 28 dBm.

V. Kesimpulan

Setelah dilakukan studi kelayakan terhadap implementasi jaringan FTTH (*fiber to the home*) di perumahan Maton House, pekanbaru ditemukan beberapa kesimpulan antaralain sebagai berikut :

1. Dari analisis studi kelayakan nilai rata-rata *optical power* di penerima yang ditampilkan oleh *optical power* meter pada saat simulasi menggunakan *OptiSystem* adalah 21,11 dBm, perhitungan terhadap *link power budget* dan *rise time budget* telah memenuhi standar parameter yang telah ditentukan. Pada analisis studi kelayakan ini dapat dilihat perbandingan dari hasil simulasi dan pengukuran *optical power* di perumahan Maton House dapat dikategorikan memenuhi standar kelayakan yakni memiliki rata-rata nilai loss di bawah 28 dBm.
2. Pada pengukuran menggunakan simulasi *Optisystem* dengan pengukuran secara *real* dilapangan ternyata memberikan hasil yang bagus karena memiliki nilai loss yang kecil didapatkan hasil selisih tertinggi pada ODP-ARK-FAJ /04 sebesar -2.08 dBm, dengan jumlah rata rata dari selisih sebesar -1.38 dBm.
3. Pada analisis yang dilakukan perhitungan *link power budget* untuk redaman uplink (1310nm) sebesar 18,97dB dan *downlink* (1490nm) didapatkan hasil sebesar 20.43dB. Sedangkan perhitungan *rise time budget* untuk *uplink* sebesar 0.40 ns dan *downlink* sebesar 0.27 ns berdasarkan standar kelayakan rise time budget masih memenuhi standar margin daya yakni harus di atas 0 dB.

DAFTAR PUSTAKA

- Rian Jepri, “Perancangan Jaringan Akses FTTH Menggunakan Teknologi GPON.” Kalimantan Barat, 2014.
- Angga Julian Maulana. (2012). “Perencanaan Desain Jaringan Metro FTTH di Universitas Indonesia.”
- PT. Telekomunikasi Indonesia Tbk. (2010). “Pedoman pemasangan jaringan fiber optic, Brett Handley. Oktober 2006. ”**Multi Service Access Node, Gateways to Next- Generation Network**”.
- FujitsuScience Technology Journal.
PT. telekomunikasi Indonesia Tbk.
(2002) “Buku Training”.
- Bandung, 2014. Manggolo, Inu , Marza Ihsan Marzuki, dan Mudrik Alaydrus .
“Optimalisasi Perencanaan Jaringan Akses Serat .” Jakarta, 2010.