

ANALISIS JARINGAN FTTH (FIBER TO THE HOME) BERTEKNOLOGI GPON (GIGABIT PASSIVE OPTICAL NETWORK)

Brilian Dermawan^{*)}, Imam Santoso, and Teguh Prakoso

Jurusan Teknik Elektro, Universitas Diponegoro Semarang
Jln. Prof. Sudharto, SH. Kampus UNDIP Tembalang, Semarang 50275, Indonesia

^{*)}Email : *briliansamosir@gmail.com*

Abstrak

Serat optik merupakan media transmisi yang dapat menyalurkan informasi dengan kapasitas besar dan teknologinya disebut JARLOKAF (Jaringan Lokal Akses Fiber). Salah satu perkembangan JARLOKAF yaitu FTTH (Fiber To The Home). Pembangunan jaringan FTTH menggunakan teknologi GPON. Berdasarkan hal tersebut maka dilakukan analisis jaringan FTTH berteknologi GPON dengan parameter daya transmisi di Optical Line Terminal, daya receiver, redaman kabel serat optik, konektor, passive splitter, dan sambungan. Hal tersebut dilakukan dengan metode link power budget. Setelah itu dilakukan pengembangan jaringan FTTH dengan merancang jalur distribusi sebanyak tiga opsi dan menganalisis menggunakan metode link power budget dan rise time budget. Hasil penelitian menunjukkan bahwa daerah Meranti dengan 40 pelanggan terakhir memiliki Pr sensitivitas rata-rata uplink (downlink), yakni -23,8 dBm (-23,6 dBm) sehingga margin daya yang didapatkan adalah 4,1 dBm untuk uplink dan 4,3 dBm untuk downlink. Sedangkan pada perencanaan pengembangan jaringan Meranti didapatkan bahwa opsi kedua menjadi opsi yang terbaik dengan jarak total 5,422 km memiliki Pr sensitivitas terbesar, yakni -25,8 dBm untuk uplink dan -25,2 dBm untuk downlink sehingga margin daya yang didapatkan adalah 2,2 dBm untuk uplink dan 2,8 untuk downlink dan rise time total sebesar 0,258 ns untuk uplink dan 0,283 ns untuk downlink.

Kata kunci : Jaringan FTTH, GPON, Link Power Budget, Rise Time Budget

Abstract

Fiber optic is transmission medium that can distribute information to a large capacity and its technology called JARLOKAF (Local Network Access Fiber). One of developments JARLOKAF namely FTTH (Fiber To The Home). FTTH network construction using GPON technology. So, do network analysis FTTH with GPON technology which parameters are transmitter power at Optical Line Terminal, receiver power, attenuation fiber-optic cables, connectors, passive splitter, and splicing. This one uses link power budget. After that, do FTTH network development by designing the distribution channels with three options and analysis using method of link power budget and rise time budget. Results showed Meranti with 40 the last customer has an average uplink (downlink) Pr sensitivity is -23,8 dBm (-23.6 dBm) so power margin obtained was 4,1 dBm for uplink and 4,3 for downlink. While in the planning of Meranti network development found that the second option be the best option with a total distance of 5,422 km has the greatest Pr sensitivity is -25,8 dBm for uplink and -25,2 dBm for downlink so that the power margin is obtained 2.2 for uplink and 2.8 dBm for downlink and rise time total is 0.258 ns for the uplink and 0.283 ns for downlink.

Keywords : FTTH network, GPON, Link Power Budget, Rise Time Budget

1. Pendahuluan

Serat optik adalah salah satu media transmisi yang dapat menyalurkan informasi dengan kapasitas besar dengan keandalan yang tinggi. Teknologi penggunaan kabel serat optik sebagai media transmisi dalam sistem telekomunikasi kemudian disebut JARLOKAF (Jaringan Lokal Akses Fiber). JARLOKAF menawarkan kecepatan transfer data lebih cepat dari jaringan kabel tembaga dan dapat menjangkau jarak yang ekstrem [1]. Salah satu

perkembangan JARLOKAF yaitu FTTH (*Fiber To The Home*) yang letak titik konversi optik berada di rumah pelanggan. Sudah banyak perancangan yang dilakukan untuk membangun jaringan FTTH seperti perancangan dan analisis jaringan FTTH menggunakan struktur OCDMA [1] dan analisis kinerja jaringan FTTH dengan sistem BPON [2]. Di Indonesia, perancangan dan pembangunan FTTH harus memenuhi standar ITU-T G.984. Pembangunan jaringan FTTH menggunakan teknologi GPON (*Gigabit Passive Optical Network*).

Sudah banyak riset mengenai jaringan lokal akses fiber seperti perancangan dan desain JARLOKAF dengan teknologi PON [7]. Ada juga riset yang membahas GPON seperti optimalisasi jaringan FTTH di Kosovo melalui penerapan arsitektur GPON dan analisis biaya pelaksanaan [3] dan jurnal internasional yang membandingkan GPON dengan teknologi EPON dari segi efisiensi harga perawatan [4]. Selain itu, riset optimasi link dan biaya pelaksanaan jaringan FTTH melalui teknologi GPON mengatakan GPON memiliki efisiensi bandwidth yang lebih baik dari BPON [5]. Keuntungan ini akan sangat cocok diterapkan dalam membangun jaringan FTTH, dimana pelanggannya yang membutuhkan bandwidth yang cukup besar.

Dalam penelitian ini, penulis menganalisis jaringan FTTH berteknologi GPON di suatu kawasan. Penelitian ini menganalisis di sisi daya penerimaan pelanggan menggunakan metode link power budget serat optik. Berdasarkan daya penerimaan, akan dihasilkan margin daya. Besar margin daya akan digunakan untuk pengembangan jaringan FTTH baru. Pada pengembangan jaringan FTTH baru, penulis akan merancang jalur kabel distribusinya dan menganalisis daya penerimaan sesuai standar ITU-T G.984 serta menganalisis pengaruh dispersi terhadap transmisi.

2. Metode

2.1. Perangkat dalam jaringan FTTH

2.1.1. OLT

Optical Line Terminal yang digunakan dalam perancangan ini sesuai dengan standar ITU-T G.984 dan yang di rekomendasikan oleh PT. Telkom [8]. Tabel 1 menunjukkan spesifikasi perangkat OLT.

Tabel 1. Spesifikasi OLT [8]

Parameter	Spesifikasi	Unit
Optical Transmit Power	5	dBm
Downlink Wavelength	1490	nm
Uplink Wavelength	1310	nm
Video Wavelength	1550	nm
Spectrum Width	1	nm
Downstream Rate	2,4	Gbps
Upstream Rate	1,2	Gbps
Optical Rise Time	160	ps

2.1.2. ONT

Berdasarkan ITU-T G.984, Optical Network Terminal memiliki laju *downstream* sebesar 2,4 Gbps dan laju *upstream* sebesar 1,2 Gbps [8]. Tabel 2 menunjukkan spesifikasi perangkat OLT.

Tabel 2. Spesifikasi ONT

Parameter	Spesifikasi	Unit
Downstream Rate	2,4	Gbps
Upstream Rate	1,2	Gbps
Downlink Wavelength	1490	nm
Uplink Wavelength	1310	nm
Video Wavelength	1550	nm
Spectrum Width	1	nm
Optical Rise Time	200	ps

2.1.3. Serat Optik

Serat optik yang digunakan adalah yang sesuai dengan standar ITU-T G.652.D dan G.657.A. Serat optik ITU-T G.652.D digunakan untuk kabel *feeder* dan kabel distribusi. Rugi-rugi serat optik ITU-T G.652.D dan G.657.A pada panjang gelombang 1310 nm sebesar $\leq 0,35$ dB/Km dan pada panjang gelombang 1490 nm sebesar $\leq 0,28$ dB/Km.

2.1.4. Konektor

Konektor yang digunakan adalah konektor SC. Konektor SC digunakan pada bagian OLT sampai ONT memakai konektor SC/UPC dengan *loss* sebesar 0,25 dB. Terdapat 14 buah konektor tipe SC/UPC. Peletakkan 14 buah konektor, yakni 1 buah di OLT, 4 buah di ODF, 3 buah di ODC, 3 buah di ODP, 2 buah di roset, dan 1 buah di ONT.

2.1.5. Sambungan

Sambungan yang dilakukan dari OLT sampai ONT menggunakan sambungan permanen (sambungan fusi). Rugi-rugi dari sambungan sebesar 0,05 dB. Sambungan terdapat di kabel Feeder, kabel distribusi dan kabel drop.

2.1.6. Splitter

Splitter yang akan digunakan ada 2 tipe yaitu *splitter* 1:4 dan *splitter* 1:8. *Splitter* 1:4 dengan *loss* 7,25 dB diletakan di ODC, sedangkan *splitter* 1:8 dengan *loss* 10,28 dB diletakan di ODP.

2.2. Metode Perhitungan

2.2.1 Link Power Budget

Perhitungan *link power budget* untuk mengetahui batasan redaman total yang diijinkan antara daya keluaran pemancar dan sensitivitas penerima. Perhitungan ini dilakukan berdasarkan standarisasi ITU-T G.984 dan juga peraturan yang diterapkan oleh PT. Telkom, yaitu jarak tidak lebih dari 20 km dan redaman total tidak lebih dari 28 dB atau $Pr > -28$ dBm. Bentuk Persamaan untuk perhitungan redaman total pada *link power*, yakni [7] :

$$a_{tot} = L \cdot a_{serat} + N_c \cdot a_c + N_s \cdot a_s + a_{Sp} \quad (2.1)$$

Untuk Bentuk persamaan untuk perhitungan margin daya adalah [7] :

$$M = (P_t - P_r) - a_{tot} - M_s \quad (2.2)$$

Keterangan P_t = daya keluaran sumber optik (dBm), P_r = sensitivitas daya maksimum detektor (dBm), M_s = *safety margin*, sekitar 6-8 dB, a_{tot} = redaman total sistem (dB), L = panjang serat optik (km), a_c = redaman Konektor (dB/buah), a_s = redaman sambungan (dB/sambungan), a_{serat} = redaman serat optik (dB/Km), N_s = Jumlah sambungan, N_c = Jumlah konektor, dan a_{sp} = Redaman *Splitter* (dB).

Margin daya disyaratkan harus memiliki nilai lebih dari 0 (nol). Margin daya adalah daya yang masih tersisa dari *power transmit* setelah dikurangi dari *loss* selama proses pentransmision, pengurangan dengan nilai *safety margin* dan pengurangan dengan nilai sensitivitas *receiver*.

2.2.2 Rise Time Budget

Rise time budget merupakan metode untuk menentukan batasan dispersi suatu link serat optik. Tujuan dari metode ini adalah untuk menganalisis apakah kinerja jaringan secara keseluruhan telah tercapai dan mampu memenuhi kapasitas kanal yang diinginkan. Umumnya degradasi total waktu transisi dari link digital kurang dari atau sama dengan 70 persen dari satu periode bit NRZ (*Non-Return-to-Zero*) Perhitungan *Rise time budget* menggunakan Persamaan 2.3, yaitu [6] :

$$t_{total} = (t_{tx}^2 + t_{intra}^2 + t_{inter}^2 + t_{rx}^2)^{1/2} \quad (2.3)$$

Dengan t_{total} = total *rise time budget* (ns), t_{tx} = *rise time transmitter* (ns), t_{rx} = *rise time receiver* (ns), $t_{intra} = t_{material} + t_{waveguide}$ (ns), dan $t_{intermodal}$ = bernilai nol untuk serat optik *single mode* (ns).

Menghitung maksimum *rise time* dari *bit rate* NRZ menggunakan Persamaan 2.4, yaitu [6] :

$$T_r = 0,7/B_r \quad (2.4)$$

Dengan B_r = *bit rate* (Gbps) dan t_r = maksimum *rise time* (ns). Untuk menghitung $t_{material}$ menggunakan Persamaan 2.5, yaitu [6] :

$$t_{material} = \Delta\sigma \times L \times D_m \quad (2.5)$$

Dengan $\Delta\sigma$ = lebar spektral (nm), L = panjang serat optik (km), D_m = Dispersi material (ps/nm.km).

Untuk menghitung $t_{waveguide}$ menggunakan Persamaan 2.6, yaitu [6] :

$$t_{waveguide} = \frac{L}{c} \times \left[n_2 + \left(n_2 \times \Delta_s \times \frac{dv_b}{dv} \right) \right] \quad (2.6)$$

Dengan C = kecepatan cahaya (3×10^8 m/s), n_2 = indeks bias selubung dan Δ_s = selisih indeks bias inti dan selubung.

Untuk menghitung selisih indeks bias menggunakan Persamaan 2.7, yaitu [6] :

$$\Delta_s = (n_1 - n_2) / n_1 \quad (2.7)$$

Dengan n_1 = indeks bias inti. Untuk menghitung frekuensi dinormalkan menggunakan Persamaan 2.8, yaitu [6] :

$$V = \frac{2\pi}{\lambda} \times a \times n_1 (2 \times \Delta_s)^{1/2} \quad (2.8)$$

Dengan V = frekuensi dinormalkan, λ = panjang gelombang dan a = jari-jari inti.

Untuk menghitung dv_b/dv menggunakan Persamaan 2.9, yaitu [6] :

$$\frac{dv_b}{dv} = 1 + \left(\frac{u_c^2}{\sqrt{2}} \right) \quad (2.9)$$

Dengan $u_c^2 = (2 \times V)^{1/2}$.

Pembahasan dalam penelitian ini dibatasi oleh Parameter yang digunakan pada analisis jaringan FTTH adalah nilai daya Tx dan daya Rx sensitivity, dan redaman di sepanjang kabel serat optik, konektor, passive splitter, dan sambungan. Analisis daerah Meranti menggunakan *link power budget* yang bertujuan untuk mencari nilai daya di pelanggan (daya Rx sensitivity). Data redaman dari OLT (*Optical Line Terminal*) Banyumanik ke ONT pelanggan jalan Meranti Raya menggunakan data dari PT. Telkom Akses yang berada di Semarang, dan nilai total redaman ditambah toleransi standar PT. Telkom adalah 28 dBm.

Perancangan jaringan FTTH Gaharu-Rasamala-Keruing ini dibatasi hanya pemetaan letak STO dan ODC berada serta jalur kabel distribusi yang digunakan. Penelitian ini hanya menganalisis jaringan FTTH akibat pengaruh redaman serat optik, redaman sambungan, redaman konektor, dan redaman passive splitter yang mengakibatkan penurunan daya keluaran disisi pelanggan. Khusus untuk jaringan FTTH Gaharu-Rasamala-Keruing, analisis ditambah dengan pengaruh dispersi. Komponen dan faktor-faktor pendukung lain pada sistem komunikasi serat optik yang mempengaruhi kegagalan dari sistem diabaikan. Jaringan FTTH Gaharu-Rasamala-Keruing hanya membahas perancangan jaringan FTTH menggunakan metode *link power budget* dan *rise time budget*.

3. Hasil dan Analisa

3.1. Analisis Jaringan FTTH Meranti

3.1.1. Skema jaringan FTTH Meranti

Tahap awal dalam membangun jaringan FTTH adalah perancangan denah jaringan FTTH. Perancangan jaringan FTTH berteknologi GPON pada jalan Meranti Raya menggunakan Google Earth. Google Earth adalah sebuah

program globe yang memetakan bumi dari superimposisi gambar yang dikumpulkan dari pemetaan satelit. Skema jaringan FTTH dimulai dengan menentukan titik STO dan ODC. Letak STO Banyumanik berada di Jalan Perintis Kemerdekaan dan letak ODC berada di Jalan Jati Raya. Kemudian STO dan ODC dihubungkan dengan kabel feeder.

Skema diperjelas dengan menggambarkan jalur kabel distribusi dan ODP yang tersedia. Jalur kabel distribusi ini mengikuti jalur kabel tembaga yang sebelumnya sudah terpasang. Sepanjang Jalan Meranti Raya ada 60 tiang distribusi dan 23 ODP yang tersedia.

3.1.2. Perhitungan Link Power Budget Jaringan FTTH Meranti

Data-data yang digunakan dalam perhitungan link power budget yang menghitung daya penerimaan disisi pelanggan terdapat pada Tabel 3, antara lain:

Tabel 3. Data untuk Link Power Budget

Parameter	Keterangan
P _t [8]	5 dBm
P _r [8]	-28 dBm
a _{serat} G.652.D (1310/1490)[9]	(0,35; 0,28)dB/Km
a _{serat} G.657.A (1310/1490)[19]	(0,35; 0,28)dB/Km
a _s di kabel Feeder [7]	0,05 dB/splice
a _s di kabel Distribusi [7]	0,05 dB/splice
a _s di kabel Drop [7]	0,05 dB/splice
Konektor jenis SC/UPC [7]	0,25 dB/connector
Jenis PS 1:4 [7]	7,25 dB
Jenis PS 1:8 [7]	10,38 dB
Jumlah Sambungan [7]	12 buah
Jumlah Konektor [7]	14 buah
Margin Daya [7]	> 0 dB

Pelanggan dengan jarak terjauh beralamat di Jalan Meranti Barat V no. 40. Perhitungan dibagi dua, yakni dari sisi downlink dan sisi uplink. Perhitungan *Link Power Budget* dengan jarak-jarak sebagai berikut :

- STO - ODC sepanjang 1,21 km
- ODC - ODP sepanjang 2,048 km
- ODP - ONT sepanjang 0,08086 km

Downlink

$$a_{tot} = (1,21 \times 0,28) + (2,048 \times 0,28) + (0,08086 \times 0,28) + (14 \times 0,25) + (8 \times 0,05) + (2 \times 0,05) + (2 \times 0,05) + (7,25 + 10,38)$$

$$a_{tot} = 22,6 \text{ dB}$$

Sehingga untuk perhitungan margin daya adalah sebagai berikut :

$$P_r = 5 - 22,6 - 6$$

$$P_r = -23,6 \text{ dBm}$$

$$M = (5 + 28) - 22,6 - 6$$

$$M = 4,4 \text{ dBm}$$

Uplink

$$a_{tot} = (1,21 \times 0,35) + (0,4320 \times 0,35) + (0,0141 \times 0,35) + (14 \times 0,25) + (8 \times 0,05) + (2 \times 0,05) + (2 \times 0,05) + (7,25 + 10,38)$$

$$a_{tot} = 22,8 \text{ dB}$$

Sehingga untuk perhitungan margin daya adalah sebagai berikut :

$$P_r = 5 - 22,8 - 6$$

$$P_r = -23,8 \text{ dBm}$$

$$M = (5 + 28) - 22,8 - 6$$

$$M = 4,2 \text{ dBm}$$

Berdasarkan perhitungan *link power budget downlink* maupun *uplink*, nilai P_{r(sensitivitas)} kurang dari -28 dBm, yaitu Pr = -23,6 dBm untuk *downlink* dan Pr = -23,8 dBm untuk *uplink*. Pada margin daya lebih dari nol, yaitu 4,4 dBm untuk *downlink* dan 4,2 dBm untuk *uplink*. Ini menunjukkan bahwa jaringan FTTH sudah memenuhi standar ITU-T G.984. Pada Tabel 4 ditunjukkan perbandingan nilai perhitungan dan nilai pengukuran daya keluaran di ONT yang beralamat di Jalan Meranti Barat V No. 40.

Tabel 4. Perbandingan nilai perhitungan dan pengukuran Pr ONT jarak terjauh

Pr Perhitungan (dBm)		Pr Pengukuran (dBm)	
Uplink	Downlink	Uplink	Downlink
-23,8	-23,6	-24,2	-23,9

Pada Tabel 4 nilai perhitungan dan pengukuran berbeda sedikit. Menggunakan Persamaan 3.1 perbandingan

pengukuran dan perhitungan dapat di hitung, yakni :

$$\Delta = P_r \text{ pengukuran} - P_r \text{ perhitungan} \tag{3.1}$$

$$\Delta_{uplink} = -24,2 - (-23,8) = -0,4 \text{ dBm}$$

$$\Delta_{downlink} = -23,9 - (-23,6) = -0,3 \text{ dBm}$$

Sehingga hasil yang didapat untuk *uplink*, perbedaan sebesar -0,4 dBm dan untuk *downlink* perbedaan sebesar -0,3 dBm. Jika dibuat dalam bentuk perhitungan persen, dengan Persamaan 3.2, yakni:

$$\Delta (\%) = \frac{\Delta}{P_r \text{ perhitungan}} \times 100\% \tag{3.2}$$

$$\Delta (\%)_{uplink} = \frac{-0,4}{-23,8} \times 100\% = 1,68\%$$

$$\Delta (\%)_{downlink} = \frac{-0,3}{-23,6} \times 100\% = 1,27\%$$

Sehingga perbedaan perhitungan dan pengukuran daya keluaran di pelanggan, yakni untuk *uplink* sebesar 1,68% dan untuk *downlink* 1,27 %.

3.1.3. Analisis Perhitungan dan Pengukuran Link Power Budget Jaringan FTTH Meranti

Berdasarkan hasil perhitungan *Link Power Budget*, daya *receiver* rata-rata perhitungan, yakni -23,5 dBm untuk *uplink* dan -23,4 dBm untuk *downlink*. Pada pengukuran Daya *receiver* rata-rata, yakni -23,8 dBm untuk *uplink* dan -23,6 dBm untuk *downlink*. Hal ini juga menunjukkan bahwa nilai perhitungan dan pengukuran berbeda sedikit. Menggunakan Persamaan 3.1 perbandingan pengukuran dan perhitungan dapat di hitung, yakni :

$$\Delta = P_{r \text{ pengukuran}} - P_{r \text{ perhitungan}}$$

$$\Delta_{\text{uplink}} = -23,8 - (-23,5) = -0,3 \text{ dBm}$$

$$\Delta_{\text{downlink}} = -23,6 - (-23,4) = -0,2 \text{ dBm}$$

Sehingga hasil yang didapat untuk *uplink*, perbedaan sebesar -0,3 dBm dan untuk *downlink* perbedaan sebesar -0,2 dBm. Jika dibuat dalam bentuk perhitungan persen, dengan Persamaan 3.2, yakni:

$$\Delta (\%) = \frac{\Delta}{P_{r \text{ perhitungan}}} \times 100\%$$

$$\Delta (\%)_{\text{uplink}} = \frac{-0,3}{-23,5} \times 100\% = 1,27 \%$$

$$\Delta (\%)_{\text{downlink}} = \frac{-0,2}{-23,4} \times 100\% = 0,85 \%$$

Sehingga perbedaan Daya *receiver* rata-rata perhitungan dan pengukuran, yakni untuk *uplink* sebesar 1,27 % dan untuk *downlink* 0,85 %. Ini menunjukkan bahwa perancangan dan pemasangan jaringan berbeda < 2% dan sudah memenuhi standar ITU-T G.984, yakni $P_r > -28$ dBm.

3.2. Pengembangan jaringan FTTH Meranti

Pada hasil pengukuran, nilai daya *receiver* rata-rata 40 pelanggan, yakni -23,8 dBm untuk *uplink* dan -23,6 dBm untuk *downlink*. Sehingga dapat diambil nilai rata-rata margin daya berdasarkan Persamaan 2.2, yaitu:

$$M_{\text{uplink}} = (5 + 28) - 22,8 - 6 = 4,2 \text{ dBm}$$

$$M_{\text{downlink}} = (5 + 28) - 22,6 - 6 = 4,4 \text{ dBm}$$

Berdasarkan nilai margin daya, yakni 4,2 dBm untuk *uplink* dan 4,4 dBm untuk *downlink*, maka jaringan FTTH Meranti Raya dapat dikembangkan. Pengembangan jaringan dilakukan dengan menghitung panjang kabel distribusi dan kabel drop berdasarkan Margin daya. Redaman kabel sebesar 0,35dB/km dan Margin daya diambil yang paling kecil yaitu 4,2 dBm. Sehingga pengembangan jaringan dapat dirancang dengan jarak berdasarkan perhitungan sesuai persamaan 3.3 sebagai berikut.

$$L = M / a_{\text{serat}} \quad (3.3)$$

$$L = 12 \text{ km}$$

Hasil perhitungan didapatkan jarak sebesar 12 km. Dikarenakan standar ITU-T G.984, yakni $P_r > -28$ dBm, maka untuk pengembangan, jarak dari ODC sampai ONT < 12 km. Untuk pengembangan jaringan FTTH Meranti, dibuatlah jaringan FTTH disekitar Meranti. Daerah pengembangan jaringan FTTH yaitu, Jalan Gaharu, Jalan Rasamala dan Jalan Keruing diwakili dengan huruf D. Berdasarkan jarak ODC-ONT hasil dari Margin daya, ketiga daerah tersebut yang dapat di rancang penuh pembangunan jaringan FTTH

3.3. Perencanaan Jaringan FTTH Gaharu-Rasamala-Keruing

3.3.1. Perancangan jaringan FTTH Gaharu-Rasamala-Keruing

Perancangan jaringan FTTH berteknologi GPON daerah Gaharu, Rasamala dan Keruing dirancang menggunakan Google earth. Perancangan jaringan FTTH Gaharu memakai ODC yang sama dengan Meranti Raya, yakni ODC-BMK-FY. Perancangan jaringan akan dilakukan dengan tiga opsi, yakni opsi pertama, yaitu penarikan kabel distribusi dilanjutkan dari tiang distribusi terakhir jaringan FTTH Meranti dengan urutan perancangan jaringan Gaharu-Rasamala-Keruing. Opsi kedua, yaitu penarikan kabel distribusi diambil dari tiang distribusi Meranti terdekat. Opsi ketiga, yaitu penarikan kabel distribusi diambil dari ODC.

3.3.2. Perhitungan Link Power Budget

Tahap selanjutnya setelah perancangan jaringan FTTH, yaitu menghitung link power budget jaringan FTTH. Perhitungan link power budget dilakukan berdasarkan standarisasi ITU-T G.984 dan juga peraturan yang diterapkan oleh PT. TELKOM yaitu jarak tidak lebih dari 20 km dan redaman total tidak lebih dari 28 dB.

Jaringan FTTH Gaharu-Rasamala-Keruing merupakan jaringan pengembangan dari jaringan FTTH Meranti sehingga dalam perhitungan, jarak kabel akan ditambah dengan jarak maksimal jaringan FTTH Meranti, yaitu 3,3389 km. Perhitungan redaman total pada link power budget berdasarkan Persamaan 2.1. Untuk Bentuk Persamaan untuk perhitungan margin daya berdasarkan Persamaan 2.2. Data-data yang digunakan dalam perhitungan data dapat dilihat pada Tabel 3. Pada perhitungan link power budget jaringan FTTH Gaharu-Rasamala-Keruing akan dilakukan perhitungan dari lokasi terjauh dari setiap opsi. Selain itu, jarak ODP ke ONT akan dibuat sama, yaitu 150 m, jarak maksimal ODP-ONT sesuai standar PT. Telkom. Hasil perhitungan ditunjukkan pada Tabel 5.

Tabel 5. Perbandingan daya penerimaan di pelanggan dan margin daya

Ops	Pr Perhitungan (dBm)		Margin Daya (dBm)	
	Downlink	Uplink	Downlink	Uplink
Pertama	-25,1	-25,6	2,9	2,4
Kedua	-25,2	-25,8	2,8	2,2
Ketiga	-25,3	-25,9	2,7	2,1

3.3.3. Perhitungan Rise Time Budget

Tabel 6. Spesifikasi alat untuk rise time budget

Parameter	Keterangan
λ	1310 nm dan 1490 nm
$\Delta\sigma$ (OLT/ONT) [10,11]	1 nm / 1 nm
t_x (OLT/ONT) [10,11]	$(160 \times 10^{-3} / 200 \times 10^{-3})$ ns
D_m (1310/1490) [12]	$(3,56 / 13,64)$ ps/nm.km
t_x (OLT/ONT) [10,11]	$(160 \times 10^{-3} / 200 \times 10^{-3})$ ns
Pengkodean	NRZ
Jenis serat optik	Single Mode Fiber
Indeks bias inti (n_1) [12]	1,48
Indeks bias selubung (n_2) [12]	1,46
Jari-jari inti (a) [12]	4,5 μ m

Spesifikasi alat untuk perhitungan rise time budget seperti pada Tabel 6. Perhitungan rise time budget menggunakan Persamaan 2.3. Untuk menghitung maksimum rise time dari bit rate NRZ menggunakan Persamaan 2.4. Untuk menghitung $t_{material}$ menggunakan Persamaan 2.5. Untuk menghitung $t_{waveguide}$ menggunakan Persamaan 2.6. Untuk menghitung selisih indeks bias menggunakan Persamaan 2.7. Untuk menghitung frekuensi dinormalkan menggunakan Persamaan 2.8. Untuk menghitung dV_b/dv menggunakan Persamaan 2.9.

Perhitungan rise time budget dilakukan untuk ketiga opsi pada jarak terjauhnya. Berikut perhitungan rise time budget jaringan FTTH Gaharu-Rasamala-Keruing jarak terjauh opsi pertama. Perhitungan dibagi dua, yakni dari sisi downlink dan sisi uplink. Perhitungan dengan jarak-jarak sebagai berikut :

- STO - ONT Meranti sepanjang 3,3389 km
- Total kabel panjang distribusi jaringan FTTH Gaharu-Rasamala-Keruing 4,875 km
- ODP - ONT sepanjang 0,15 km

Sisi downlink Bit Rate downlink (Br) = 2,4 Gbps dengan format NRZ, sehingga :

$$T_r = 0,7/B_r = 0,7 / 2,4 \times 10^9 = 0,292 \text{ ns}$$

Menentukan t intramodal / t material

$$t_{material} = 1 \text{ nm} \times 8,3639 \text{ km} \times 0,01364 \text{ ns/nm.km}$$

$$t_{material} = 0,114 \text{ ns}$$

Menentukan selisih indeks bias

$$\Delta_S = (1,48 - 1,46) / 1,48 = 13,5 \times 10^{-3}$$

Menentukan frekuensi dinormalkan

$$v = \frac{2 \times 3,14}{1,49 \mu\text{m}} \times 4,5 \mu\text{m} \times 1,48 (2 \times 13,5 \times 10^{-3})^{1/2}$$

$$v = 4,612$$

Menentukan $\frac{dV_b}{dv}$

$$\frac{dV_b}{dv} = 1 + \left(\frac{(2 \times 4,612)^{1/2}}{4,612^2} \right) = 1,143$$

Menentukan $t_{waveguide}$

$$t_{waveguide} = \frac{8363,9 \text{ m}}{3 \times 10^8 \text{ m/s}} \times [1,46 + (1,46 \times 13,5 \times 10^{-3} \times 1,143)]$$

$$t_{waveguide} = 4,133 \times 10^{-5} \text{ ns}$$

Sehingga total rise time budget di sisi downlink :

$$t_{total} = \left(0,16^2 + (0,114 + (4,133 \times 10^{-5}))^2 + (0)^2 + 0,2^2 \right)^{1/2}$$

$$t_{total} = 0,280 \text{ ns}$$

Dari hasil perhitungan total rise time budget sebesar 0,280 ns masih di bawah maksimum rise time dari bit rate sinyal NRZ sebesar 0.292 ns. Berarti dapat disimpulkan bahwa sistem memenuhi rise time budget. Perhitungan rise time budget juga dilakukan untuk sisi uplink. Rumus yang digunakan sama dengan rumus digunakan untuk menghitung rise time budget di sisi downlink. Perbedaannya terdapat pada nilai bit rate, dispersi material dan panjang gelombang yang digunakan. Berikut ditampilkan hasil perhitungan rise time budget ketiga opsi pada Tabel 7.

Tabel 7. Perbandingan Rise Time Total

Ops	Rise Time Total (ns)	
	Downlink	Uplink
Pertama	0,280	0,258
Kedua	0,283	0,258
Ketiga	0,285	0,258

3.3.4. Analisis Perencanaan Jaringan FTTH Gaharu-Rasamala-Keruing

Analisis jalur kabel distribusi, link power budget dan rise time budget, terhadap ketiga opsi yang telah dilakukan dapat diringkas seperti pada tabel 8. Parameter perbandingan yang digunakan adalah panjang kabel distribusi, menjangkau semua perumahan, Pr perhitungan, margin daya, dan rise time total. Prioritas perbandingannya, yakni pertama memenuhi standar PT. Telkom, kedua Pr perhitungan, margin daya dan rise time total, dan ketiga panjang kabel distribusi dan menjangkau semua perumahan. Tabel 8 menunjukkan bahwa ketiga opsi sudah memenuhi standar ketentuan PT. Telkom. Dilihat dari parameter daya penerimaan di pelanggan dan margin daya, ketiga opsi memiliki selisih yang sangat kecil. Berdasarkan ITU-T G.984, ketiga opsi sudah

memenuhi standar, yaitu lebih besar dari -28 dBm. Besarnya daya penerimaan di pelanggan mempengaruhi besarnya SNR (*Signal to Noise Ratio*). Semakin besar daya penerimaan semakin besar juga nilai SNR. Besarnya SNR mempengaruhi BER (*Bit Error Rate*) yang dihasilkan. Semakin besar SNR semakin kecil BER. Jadi, semakin besar daya penerimaan di pelanggan semakin kecil BER yang dihasilkan.

Dilihat dari parameter *rise time* total, ketiga opsi memiliki selisih yang sangat kecil. Nilai *rise time* total mempresentasikan nilai *bit rate*. Perbedaan *bit rate* ketiga opsi sangat kecil sehingga misalkan ingin mengunduh data dengan ukuran yang sama, perbedaan waktu yang dibutuhkan ketiga opsi sangat kecil. Dilihat dari parameter panjang kabel distribusi, ketiga opsi memiliki perbedaan yang signifikan. Pengaruh panjang kabel dilihat dari sisi ekonomi, yaitu semakin sedikit pemakaian kabel semakin kecil biaya infrastruktur yang diperlukan. Jika dikaitkan dengan parameter P_r perhitungan, margin daya dan *rise time* total, yakni semakin kecil panjang kabel semakin besar nilai P_r perhitungan dan margin daya dan semakin kecil *rise time* totalnya. Jika dikaitkan dengan parameter menjangkau semua perumahan, semakin panjang kabel distribusi semakin terjangkau perumahan yang dilalui. Berdasarkan parameter menjangkau semua perumahan, opsi satu tidak memenuhi sehingga opsi satu dapat diabaikan. Hanya opsi kedua dan ketiga yang dapat menjangkau semua perumahan. Dikarenakan perbedaan ketiga opsi berdasarkan parameter P_r perhitungan, margin daya dan *rise time* total yang diperuntukan untuk kebutuhan kualitas jaringan tidak terlalu signifikan, maka parameter panjang kabel distribusi dan menjangkau semua perumahan yang diutamakan. Sehingga perbandingan selanjutnya antara opsi kedua dan opsi ketiga. Secara keseluruhan antar kedua opsi ini sudah jelas yang lebih unggul, yakni opsi kedua. Sehingga dapat disimpulkan bahwa opsi kedua direkomendasi dalam perencanaan pengembangan jaringan FTTH.

Tabel 8. Perbandingan Ketiga opsi

Parameter	I	II	III	
$L_{distribusi}$ (km)	Gaharu	2,302	2,150	2,450
	Rasamala	1,442	1,921	1,940
	Keruung	1,131	1,351	1,321
L_{total}	4,875	5,422	5,711	
Menjangkau semua perumahan	Tidak	Ya	Ya	
P_r hit (dBm)	Downlink	-25,1	-25,2	-25,3
	Uplink	-25,6	-25,8	-25,9
M (dBm)	Downlink	2,9	2,8	2,7
	Uplink	2,4	2,2	2,1
t_{total} (ns)	Downlink	0,280	0,283	0,285
	Uplink	0,258	0,258	0,258
Standar PT. Telkom	Ya	Ya	Ya	

Keterangan : hit = perhitungan

4. Kesimpulan

Hasil perhitungan (pengukuran) 40 pelanggan jaringan FTTH Meranti didapatkan nilai daya *receiver* rata-rata adalah -23,5 (-23,8) dBm untuk *uplink* dan -23,4 (-23,6) dBm untuk *downlink*. Ini menunjukkan bahwa perancangan sudah memenuhi standar ITU-T G.984, yakni $P_r > -28$ dBm. Perbedaan nilai daya *receiver* rata-rata perhitungan dan pengukuran, yakni untuk *uplink* sebesar 0,3 dBm (1,27 %) dan untuk *downlink* sebesar 0,2 dBm (0,85 %). Ini menunjukkan bahwa perancangan dan pemasangan jaringan berbeda < 2%.

Berdasarkan nilai Margin daya rata-rata pengukuran, yakni 4,2 dBm untuk *uplink* dan 4,4 dBm untuk *downlink*, maka jaringan FTTH Meranti Raya dapat dikembangkan. Pengembangan jaringan dilakukan dengan menghitung panjang kabel distribusi dan kabel drop berdasarkan Margin daya. Pengembangan jaringan berupa jaringan FTTH Gaharu-Rasamala-Keruung.

Berdasarkan perhitungan link power budget dan *rise time* budget jaringan FTTH Gaharu-Rasamala-Keruung, ketiga opsi dapat diterapkan karena memenuhi standar PT. Telkom dan perbedaan ketiga opsi sangat kecil. Perancangan jalur distribusi Jaringan FTTH Gaharu-Rasamala-Keruung memberikan tiga opsi jalur distribusi, yakni opsi pertama sepanjang 4,875 km, opsi kedua sepanjang 5,422 km dan opsi ketiga sepanjang 5,711 km. Berdasarkan hal tersebut, opsi kedua dan ketiga direkomendasikan untuk diterapkan pada jaringan FTTH karena mampu menjangkau semua perumahan. Tetapi opsi kedua lebih direkomendasikan karena panjang total kabel distribusi lebih pendek dibanding opsi ketiga.

Berdasarkan hasil kajian pada penelitian ini, penulis memberikan beberapa saran untuk dapat mengembangkan tugas akhir ini dengan lebih mendalam, yaitu dalam perancangan jaringan FTTH sebaiknya meninjau langsung kondisi lapangan sebelumnya untuk memastikan perancangan sesuai dengan kondisi lapangan. dalam menganalisis sebaiknya ditambahkan kualitas pelayanan *triple play*, seperti pengecekan kualitas *streaming* dan kecepatan *transfer data*, baik proses *download* maupun *upload*.

Referensi

- [1]. M. A.Othman, M.M.Ismail, H.A.Sulaiman, M.H.Misran, M.A.M.Said, "Fiber To The Home (FTTH) Design and Analysis using OCDMA Structure", International Journal of Engineering and Industries (IJEI), vol. 3, no. 4, pp. 36-48, 2012.
- [2]. N. Caka, A Hulaj, "Optimization of FTTH network in Kosovo through the implementation of GPON architecture and analysis of the cost of the implementation", International Journal Of Communications, vol. 5, no. 4, pp 175-182, 2011.

- [3]. A. Salihovic, "Gigabit Passive Optical Network - GPON", in Proceedings of the ITI 2007 29th Int. Conf. on Information Technology Interfaces, 2007, pp. 679-684.
- [4]. D. J. Kadhim, N. A. Hussain, "Link and Cost Optimization of FTTH Network Implementation through GPON Technology", Journal of Com. and Network, vol.5, 2013, pp438-443.
- [5]. A. S. Lestari, "Perancangan Jaringan Akses Fiber To The Home (FTTH) Studi Kasus Perumahan Gunung Batu Bandung", Skripsi Tugas Akhir, Universitas Telkom, 2013.
- [6]. M. Zainudin, M. Samsono dan H. Mahmudah, "Analisa Perhitungan Untuk Kebutuhan Daya Serat Optik Di Telkom", Jurnal Tugas Akhir, Institut Teknologi Sepuluh Nopember, 2011.
- [7]. G. Keiser, *FTTx concept and application*, Canada: John Wiley & Sons, Inc, 2006.
- [8]. J.Wess, T.Dean and J. Andrews, *Network+ Guide to network 7th*, Boston: CompTia, 2013.