

## **Analisis Perbandingan Hasil Aplikasi Fiber Optic Calculator Dengan Impementasi FTTH Pada OLT EPON HSQG**

**Ahmad Tantoni<sup>1</sup>, Mohamad Taufan Asri Zaen<sup>2,\*</sup>, Khairul Imtihan<sup>2</sup>**

<sup>1</sup>Program Studi Teknik Informatika, STMIK Lombok, Praya, Indonesia

<sup>2</sup>Program Studi Sistem Informasi, STMIK Lombok, Praya, Indonesia

Email: <sup>1</sup>ahmadtantoni@gmail.com, <sup>2,\*</sup>opanzain@gmail.com, <sup>2</sup>khairulimtihan31@gmail.com

Email Penulis Korespondensi: opanzain@gmail.com

**Abstrak**—Dalam penggunaan kabel fiber optik terdapat teknologi yang digunakan diantaranya infrastruktur teknologi FTTH (*Fiber to The Home*) yang merupakan arsitektur jaringan optik mulai dari sentral office (STO) hingga ke perangkat pelanggan disetiap rumah (*end user*). EPON menggunakan arsitektur point-to-multipoint dan transmisi pasif splitter untuk menyediakan layanan melalui Ethernet. EPON tidak memerlukan protokol yang rumit, sinyal optik ditransmisikan secara akurat kepada pengguna akhir, dan data dari pengguna akhir dapat ditransmisikan ke jaringan pusat. Permasalahan dalam penelitian ini saat penerapan infrastruktur teknologi jaringan FTTH (*Fiber to The Home*) menggunakan hardware OLT EPON memerlukan perancangan yang baik dan matang dikarenakan pada saat pemilihan besaran nilai rasio splitter yang digunakan, besaran nilai pasif splitter yang digunakan, besaran redaman dari pigtail, besaran redaman dari patchcore (link power budget) harus perlu diperhatikan. Jika tidak dilakukan perancangan serta disimulasikan dengan baik akan ada nominal anggaran yang membengkak. Untuk menghindari nominal anggaran yang membengkak tersebut, dilakukan perancangan serta simulasi menggunakan Aplikasi Fiber Optic Calculator agar ada bayangan besaran nilai rasio splitter dan nilai pasif splitter yang akan digunakan. Hal demikian diharapkan menjadi solusi dari permasalahan pemilihan nilai besaran rasio splitter dan pasif splitter yang digunakan. Penelitian ini bertujuan melakukan perbandingan nilai besaran rasio splitter dan pasif splitter yang digunakan pada saat melakukan simulasi aplikasi Fiber Optic Calculator dengan penerepan real pada hardware jaringan OLT EPON HSQG.

**Kata Kunci:** Analisis, Impementasi, Fiber Optik Calculator, FTTH, HSGQ

**Abstract**—In the use of fiber optic cables, there are technologies used, including FTTH (*Fiber to The Home*) technology infrastructure, which is an optical network architecture starting from the central office (STO) to customer devices in every home (*end user*). EPON uses a point-to-multipoint architecture and a passive transmission splitter to provide services over Ethernet. EPON does not require complicated protocols, optical signals are transmitted accurately to end users, and data from end users can be transmitted to the central network. The problem in this study when implementing FTTH (*Fiber to The Home*) network technology infrastructure using OLT EPON hardware requires a good and mature design because when selecting the splitter ratio used, the passive splitter used, the pigtail attenuation, and the attenuation of the patchcore (link power budget) must be considered. If the design and simulation are not carried out properly, there will be a nominal budget that will swell. To avoid the funds exceeding budget, design and simulation is carried out using the Fiber Optic Calculator Application so that there is an idea of the splitter ratio value and the passive splitter value to be used. This is expected to be a solution to the problem of selecting the value of the splitter ratio and the passive splitter used. This study aims to compare the values of the magnitude of the splitter and passive splitter ratios used when simulating the Fiber Optic Calculator application with real implementation on the OLT EPON HSQG network hardware.

**Keywords:** Analysis; Implementation; Fiber Optic Calculator; FTTH; HSGQ

### **1. PENDAHULUAN**

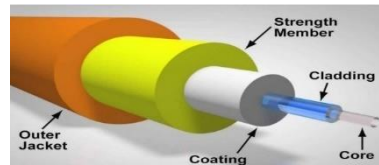
Perubahan jaringan telekomunikasi yang cepat diakibatkan meningkatnya kebutuhan pengguna agar tetap terhubung kapan dan dimana pun. Munculnya berbagai aplikasi baru, seperti layanan multimedia online, video conference, permainan interaktif (*game online*) dan layanan akses internet yang semuanya itu membutuhkan bandwidth yang sangat besar. Disamping itu juga, pengguna menginginkan jaringan internet yang memberikan layanan terbaik dan efisien [1]. Dengan perkembangan teknologi jaringan komputer saat ini, hampir semua alat telekomunikasi beralih menggunakan media fiber optik sebagai media transmisi yang handal dikarenakan dapat meningkatkan layanan multimedia video, voice dan data. Komunikasi dengan kabel fiber optik merupakan teknologi yang memanfaatkan pulsa cahaya untuk mentransfer informasi menggunakan serat fiber optik dan memiliki kelebihan bandwidth yang besar, loss rendah dan tahan terhadap gangguan elektromagnetik (*noise*) [2]. Kelebihan lainnya juga [3] antara lain lebih ekonomis untuk komunikasi jarak jauh, lebih kecil ukurannya, penurunan kualitas sinyal lebih sedikit dan komunikasi lebih aman.

Dalam penggunaan kabel fiber optik terdapat teknologi yang digunakan diantaranya infrastruktur teknologi FTTH (*Fiber to The Home*) yang merupakan arsitektur jaringan optik mulai dari sentral office (STO) hingga ke perangkat pelanggan disetiap rumah (*end user*) [2]. Perangkat yang digunakan sebagai transmitter fiber optik adalah EPON, EPON menggunakan arsitektur point-to-multipoint dan transmisi pasif splitter untuk menyediakan layanan melalui Ethernet. EPON tidak memerlukan protokol yang rumit, sinyal optik ditransmisikan secara akurat kepada pengguna akhir, dan data dari pengguna akhir dapat ditransmisikan ke jaringan pusat [4].

Permasalahan dalam penelitian ini saat penerapan infrastruktur teknologi jaringan FTTH (*Fiber to The Home*) menggunakan hardware OLT EPON memerlukan perancangan yang baik dan matang dikarenakan pada saat pemilihan besaran nilai rasio splitter yang digunakan, besaran nilai pasif splitter yang digunakan, besaran redaman dari pigtail, besaran redaman dari patchcore (link power budget) harus perlu diperhatikan. Jika tidak dilakukan perancangan serta disimulasikan dengan baik akan ada nominal anggaran yang membengkak. Untuk menghindari nominal anggaran yang membengkak tersebut, dilakukan perancangan serta simulasi menggunakan Aplikasi Fiber Optic Calculator agar ada

bayangan besaran nilai rasio splitter dan nilai pasif splitter yang akan digunakan. Hal demikian diharapkan menjadi solusi dari permasalahan pemilihan nilai besaran rasio splitter dan pasif splitter yang digunakan. Penelitian ini bertujuan melakukan perbandingan nilai besaran rasio splitter dan pasif splitter yang digunakan pada saat melakukan simulasi aplikasi Fiber Optic Calculator dengan penerepan real pada hardware jaringan OLT EPON HSQG.

Serat optik (fiber optic) merupakan pemandu gelombang cahaya yang berupa suatu kabel tembus pandang (transparan), yang pemampang kabel tersebut terdiri dari bagian tengah disebut "Core" dan bagian luar yang disebut "Cladding" dan gambar dari struktur kabel fiber seperti pada gambar 1 dibawah ini :



**Gambar 1.** Struktur kabel fiber optik [5]

Jenis kabel fiber optik yaitu, 1. Singlemode mempunyai core yang lebih kecil dari multimode sekitar 9 micron menggunakan wavelength 1300 nm atau 1550 nm dan hanya memungkinkan terjadinya satu modus cahaya saja yang dapat melewati inti pada suatu waktu. 2. Multimode memiliki core sekitar 50 sampai 100 micron menggunakan wavelength 850 nm atau 1300 nm dan memungkinkan ratusan modus cahaya tersebar secara bersamaan. Kabel serat optik single mode umumnya digunakan pada tempat yang sangat terpencil dimana sangat sulit dijangkau dengan alat-alat telekomunikasi. Untuk skema jalannya sinar serat optik (fiber optic) ada 2 jenis : 1. step index yaitu jalannya sinar adalah patah-patah dan sedangkan 2. grade index yaitu jalannya sinar adalah tidak patah-patah melainkan berbentuk garis lengkung [6]. OPM (Optic Power Meter) merupakan alat pengukur total loss pada sebuah link optik dan untuk mengukur kekuatan dalam sinyal optik. Pengukuran dengan OPM digunakan untuk menentukan loss cahaya pada saluran kabel fiber optik [7]. FTTH (Fiber to The Home) merupakan arsitektur jaringan optik mulai dari sentral office (STO) hingga ke perangkat pelanggan disetiap rumah. Dalam jaringan FTTH terdapat segmen Kabel Feeder, segmen Kabel Distribusi, segmen Kabel Drop dan segmen kabel Indoor dan perangkat aktif seperti OLT dan ONU/ONT [1].

Aplikasi Fiber Optic Calculator merupakan aplikasi Android yang memungkinkan user merancang jaringan fiber optik. Fitur aplikasi ini tersedia dalam opsi rasio splitter 1/99, 2/98, 3/97, 4/96, 5/95, 6/94, 7/93, 8/92, 9/91, 10/90, 12,5/87.5, 15/85, 20/80, 25/75, 30/70, 33/67, 35/65, 40/60, 45/55, 50/50 serta pasif splitter 1:4, 1:8, 1:16, 1:32, 1:64, 1:128. Menggunakan aplikasi Fiber Optic Calculator dapat menghitung daya keluaran jaringan serat optik. Pengguna dapat merancang jaringan mereka dengan mengubah nilai coupler perantara untuk mendapatkan output yang diinginkan pada titik terminasi dan bisa juga melakukan ekspor ke file PDF.[8]

OLT (Optical Line Terminal) merupakan hardware titik akhir (endpoint) dalam passive optical network (PON). OLT memiliki dua fungsi utama yaitu 1. Mengubah sinyal standar yang digunakan oleh penyedia FiOS ke frekuensi dan framing yang digunakan oleh sistem PON. 2. Mengkoordinasi multiplexing antara perangkat konversi di terminal jaringan optik (OLT) yang terletak di lokasi pelanggan [9]. ODP (Optical Distribution Point) merupakan perangkat terminasi awal penggunaan drop cable, sebelum masuk ke rumah pelanggan. Ada tiga jenis ODP yaitu ODP Pedestal, ODP Pole dan ODP Closure. Komponen perangkat ODP terdiri dari pigtail, adaptor, splitter room, ruang fiber dengan kapasitas tertentu dan dilengkapi dengan tempat untuk jalur masuk/keluar kabel [10].

Rasio splitter merupakan distribusi daya dikontrol oleh masukan serat optik untuk menghasilkan fungsi coupling seperti dalam rasio 10:90%, 20:80%, 30:70%, 40:60%, atau 50:50% pada Splitte r[11]. Coupling Ratio (CR) merupakan proses prosentase dari rasio antara daya salah satu keluaran terhadap total dari daya pada kedua keluaran [12] [13]. Pasif splitter merupakan optical fiber coupler yang secara sederhana dapat membagi sinyal optic menjadi berbagai macam path. Selain itu, splitter juga dapat bergungsi sebagai jalur dalam mengkombinasikan berbagai sinyal optic. Alat tersebut sedikitnya terdiri dari 2 port, 4 port, 8 port, 16 port dan 32 port. [14]

Penelitian yang dilakukan Nuari, fitri dan Nurhayati tahun 2020, bertema Analisis Perancangan Jaringan Fiber to The Home Area Universitas Nasional Blok IV dengan Optisystem dengan tujuan untuk mengetahui (1) seberapa tinggi kecepatan kapasitas daya akses jaringan yang ada di blok 4 Universitas Nasional, (2) seberapa besar laju kesalahan error dalam mentransmisikan sinyal digital dalam Bit Error Rate, (4) menganalisis nilai yang dibutuhkan untuk merancangan akses layanan jaringan yang sesuai standar optik pada PT. Telkom yang diharapkan dapat diimplementasikan secara nyata untuk layanan triple play (voice, data, video). Kesimpulan dari penelitian sebelumnya ini analisis perancangan dengan 7 percobaan dengan nilai parameter dan hasil yang berbeda menggunakan metode perhitungan Link power budget dan Rise time budget. Penelitian ini membahas simulasi jaringan FTTH menggunakan optisystem serta melakukan link power budget, rise time budget, bit error rate pada instalasi fiber optik sedangkan penelitan yang dibahas melakukan implementasi instalasi jaringan fiber optik dengan penggunaan rasio splitter, pasif splitter pada instalasi jaringan FTTH serta membandingkan dengan hasil simulasi pada aplikasi Fiber Optic Calculator. [15]

Penelitian yang dilakukan Syamsi, Damayanti dan Uripno tahun 2019, bertema Perancangan FTTH Menggunakan Teknologi Mini Olt Pada Msan Di Kawasan Margahayu Raya dengan tujuan PT Telkom memiliki target untuk membangun seluruh jaringan menjadi full fiber optik menggunakan teknologi Gigabit Passive Optical Network (GPON). Kesimpulan dari penelitian sebelumnya ini. Penelitian ini membahas perancangan dengan google earth, perancangan dengan optisystem aplikasi, perhitungan power link budget (power link budget downstream dan power link budget

upstream), perhitungan rise time budget (rise time budget downstream dan rise time budget upstream) sedangkan penelitian yang dibahas adalah implementasi instalasi jaringan fiber optik dengan penggunaan rasio splitter, pasif splitter pada instalasi jaringan FTTH serta membandingkan dengan hasil simulasi pada aplikasi Fiber Optic Calculator. [16]

Penelitian yang dilakukan Soedradjat, Damayanti dan Putri tahun 2019, bertema Analisis Perbandingan Perancangan Jaringan Fiber To The Building (FTTB) Multi Rasio Passive Splitter Dengan Teknologi Gigabit Passive Optical Network (GPON) Di Ujungberung Town Square dengan tujuan untuk melakukan perbandingan pengimplementasian teknologi passive splitter secara one stage dan two stage untuk diterapkan pada jaringan FTTB di Ujungberung Town Square dengan parameter dalam perbandingan berupa Power Link Budget (PLB), Rise Time Budget (RTB) dan Bit Error Rate (BER). Kesimpulan dari penelitian sebelumnya ini (1) Berdasarkan analisis kelayakan jaringan dan perbandingan pengaplikasian passive splitter one stage 1:32, two stage 1:4 dan 1:32, serta 1:8 dan 1:16, didapatkan penerapan skenario 1 dengan menggunakan passive splitter dengan rasio 1:32 memiliki nilai dari ketiga parameter lebih baik dibandingkan skenario yang lainnya. (2) Hasil perancangan merekomendasikan penggunaan skenario 1 dengan menggunakan passive splitter dengan rasio 1:32. Penelitian ini membahas analisa kebutuhan bandwidth, analisis kelayakan jaringan, skenario pengujian sedangkan penelitian yang dibahas adalah implementasi instalasi jaringan fiber optik dengan penggunaan rasio splitter, pasif splitter pada instalasi jaringan FTTH serta membandingkan dengan hasil simulasi pada aplikasi Fiber Optic Calculator [17].

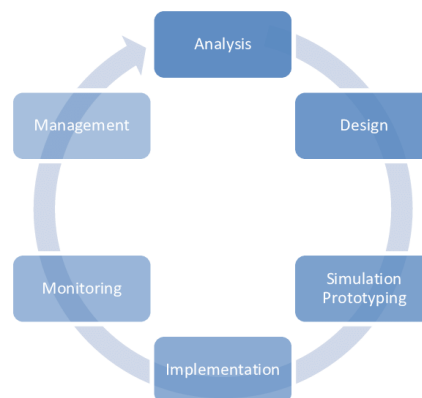
Penelitian yang dilakukan Ridho dkk tahun 2020, bertema Perancangan Jaringan Fiber to the Home (FTTH) pada Perumahan di Daerah Urban. Kesimpulan dari penelitian sebelumnya ini adalah hasil perhitungan dan analisis, daya yang diterima detektor pada jarak terjauh adalah -22,792 dBm untuk downlink dan -23,120 dBm untuk uplink, dengan total rise time uplink sebesar 0,256 ns dan downlink sebesar 0,258 ns, serta nilai BER sebesar  $14,628 \times 10^{-12}$ . Penelitian ini membahas analisis link power budget, rise time analysis, bit error rate, analisis biaya material dan SDM sedangkan penelitian yang dibahas adalah implementasi instalasi jaringan fiber optik dengan penggunaan rasio splitter, pasif splitter pada instalasi jaringan FTTH serta membandingkan dengan hasil simulasi pada aplikasi Fiber Optic Calculator [18].

Penelitian yang dilakukan Pamungkas dan Agustina tahun 2022, bertema Analisis performansi jaringan Fiber to The Home berbasis Gigabit Capable Passive Optical di IZI Network Sekeloa Utara dengan tujuan (1) mengurangi terjadinya gangguan terhadap jaringan dan meningkatkan performansi jaringan dengan menerapkan konfigurasi spliter ratio pada arsitektur jaringan. (2) memperoleh rekomendasi konfigurasi jaringan baru dengan membangun sebuah aplikasi yang dapat memeberikan rekomndasi jaringan dengan penerpaan splitter ratio yang tepat. Kesimpulan dari penelitian sebelumnya ini (1) Penerapan Splitter Ratio pada konfigurasi jaringan berhasil meningkatkan performansi jaringan dengan penyebaran redaman tiap ODP lebih merata. (2) konfigurasi dengan penerapan Splitter Ratio dapat digunakan sebagai rekomendasi konfigurasi baru untuk mengatasi penurunan performansi jaringan. Penelitian ini membahas lebih berfokus pada penggunaan rasio splitter sedangkan penelitian yang dibahas adalah implementasi instalasi jaringan fiber optik dengan penggunaan rasio splitter, pasif splitter pada instalasi jaringan FTTH serta membandingkan dengan hasil simulasi pada aplikasi Fiber Optic Calculator [19].

## 2. METODOLOGI PENELITIAN

### 2.1 Tahapan Penelitian

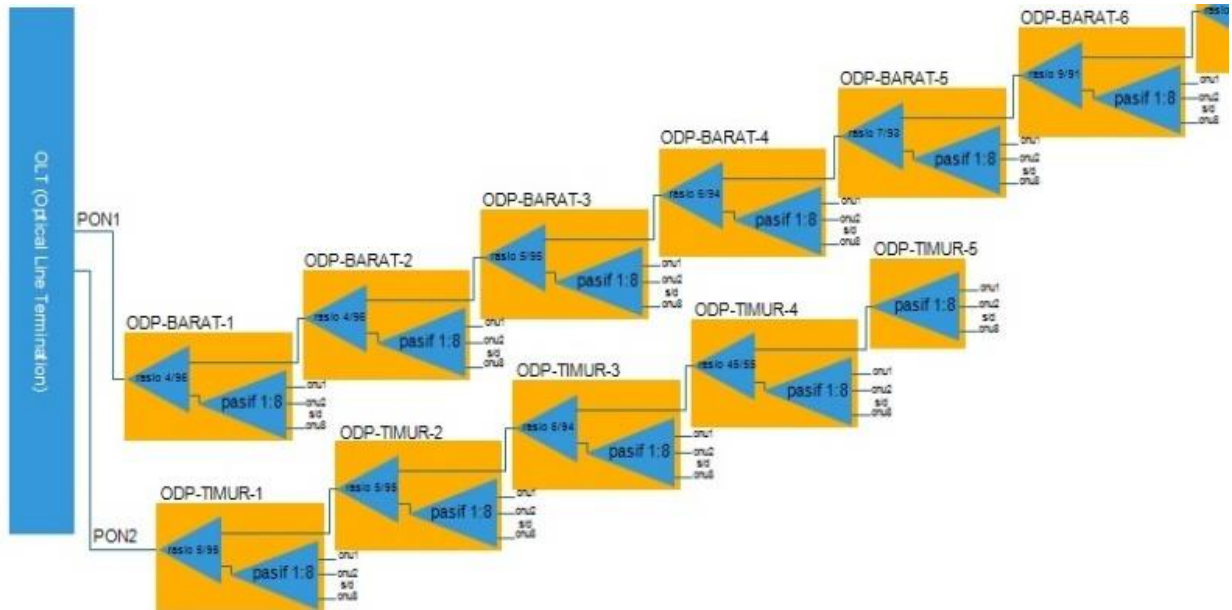
Dalam analisis perbandingan hasil aplikasi dengan penerapan FTTH pada OLT EPON HSQG menggunakan metode NDLC yang memiliki tahapan [20], sebagai berikut :



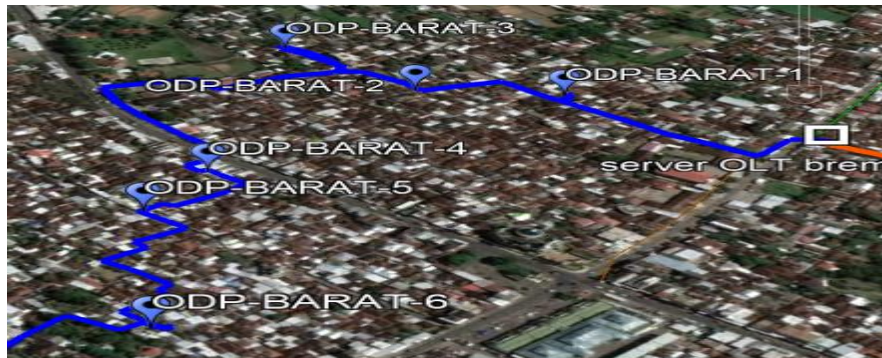
Gambar 2. Metode NDLC

- Analysis melakukan a) analisis kebutuhan hardware seperti pemilihan nilai rasio splitter dan nilai pasif splitter dikarenakan pada saat pemilihan nilai dari rasio splitter/pasif splitter akan berpengaruh pada hasil output redaman kabel fiber optik dengan ketentuan tidak lebih dari -26dbm. b) analisis kebutuhan software yang digunakan untuk melakukan mapping topologi seperti google earth untuk mengukur panjang kabel, edraw max untuk membuat gambar topologi. c) analisis kebutuhan user (kebutuhan fungsional/nonfungsional) yaitu tersedianya konektifitas jaringan

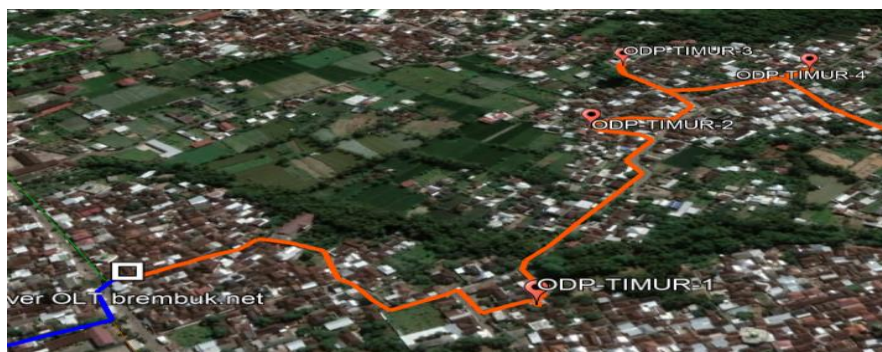
- internet dengan hasil redaman fiber optik yang sesuai. d) analisis topologi jaringan FTTH untuk mendukung perbandingan hasil aplikasi dengan penerapan jaringan FTTH.
- b. Design melakukan desain topologi jaringan FTTH serta melakukan penentuan port input/output jaringan FTTH yang akan memberikan gambaran tentang proyek jaringan. Topologi jaringan FTTH dengan lokasi penempatan ODP sebagai berikut :



Gambar 3. Topologi Jaringan FTTH



Gambar 4. Jalur Kabel Fiber Optik Jalur Barat



Gambar 5. Jalur Kabel Fiber Optik Jalur Timur

Pada gambar 3 menunjukkan terdapat 2 jalur FTTH yaitu PON1 dan PON2 sedangkan pada gambar 4 menunjukkan jalur kabel fiber optik jalur barat, dan pada gambar 5 menunjukkan jalur kabel fiber optik jalur timur. Pada jalur PON1 dikhususkan untuk jalur barat yang terdapat 8 ODP yang implementasikan didalam ODP antara lain: ODP-BARAT-1 terdapat rasio splitter 4/96 dengan nilai rasio 4% terhubung ke pasif splitter 1:8 yang akan menuju ke router onu, sedangkan nilai rasio 96% akan dilanjutkan ke ODP berikutnya. Letak koordinat ODP 8°37'11.00"S 116°28'29.19"E. ODP-BARAT-2 terdapat rasio splitter 4/96 dengan nilai rasio 4% terhubung ke pasif splitter 1:8 yang akan menuju ke router onu, sedangkan nilai rasio 96% akan dilanjutkan ke ODP berikutnya. Letak koordinat ODP

8°37'13.88"S 116°28'28.05"E. ODP-BARAT-3 terdapat rasio splitter 5/95 dengan nilai rasio 5% terhubung ke pasif splitter 1:8 yang akan menuju ke router onu, sedangkan nilai rasio 95% akan dilanjutkan ke ODP berikutnya. Letak koordinat ODP 8°37'15.27"S 116°28'24.60"E. ODP-BARAT-4 terdapat rasio splitter 6/94 dengan nilai rasio 6% terhubung ke pasif splitter 1:8 yang akan menuju ke router onu, sedangkan nilai rasio 94% akan dilanjutkan ke ODP berikutnya. Letak koordinat ODP 8°37'20.18"S 116°28'31.55"E. ODP-BARAT-5 terdapat rasio splitter 7/93 dengan nilai rasio 7% terhubung ke pasif splitter 1:8 yang akan menuju ke router onu, sedangkan nilai rasio 93% akan dilanjutkan ke ODP berikutnya. Letak koordinat ODP 8°37'22.26"S 116°28'33.29"E. ODP-BARAT-6 terdapat rasio splitter 9/91 dengan nilai rasio 9% terhubung ke pasif splitter 1:8 yang akan menuju ke router onu, sedangkan nilai rasio 91% akan dilanjutkan ke ODP berikutnya. Letak koordinat ODP 8°37'24.33"S 116°28'38.59"E. Sedangkan pada jalur PON2 dikhususkan untuk jalur timur yang terdapat 5 ODP yang implementasikan didalam ODP antara lain: ODP-TIMUR-1 terdapat rasio splitter 5/95 dengan nilai rasio 5% terhubung ke pasif splitter 1:8 yang akan menuju ke router onu, sedangkan nilai rasio 95% akan dilanjutkan ke ODP berikutnya. Letak koordinat ODP 8°37'8.61"S 116°28'42.20"E. ODP-TIMUR-2 terdapat rasio splitter 5/95 dengan nilai rasio 5% terhubung ke pasif splitter 1:8 yang akan menuju ke router onu, sedangkan nilai rasio 95% akan dilanjutkan ke ODP berikutnya. Letak koordinat ODP 8°36'59.02"S 116°28'42.70"E. ODP-TIMUR-3 terdapat rasio splitter 6/94 dengan nilai rasio 6% terhubung ke pasif splitter 1:8 yang akan menuju ke router onu, sedangkan nilai rasio 94% akan dilanjutkan ke ODP berikutnya. Letak koordinat ODP 8°36'54.31"S 116°28'43.30"E. ODP-TIMUR-4 terdapat rasio splitter 45/55 dengan nilai rasio 45% terhubung ke pasif splitter 1:8 yang akan menuju ke router onu, sedangkan nilai rasio 55% akan dilanjutkan ke ODP berikutnya. Letak koordinat ODP 8°36'54.78"S 116°28'48.61"E.

- c. Simulation Prototype. Pada tahap ini melakukan simulasi menggunakan aplikasi Fiber Optic Calculator untuk mengetahui sampai mana redaman fiber optik, ada beberapa teknisi jaringan FTTH melakukan simulasi sistem yang akan kerjakan seperti aplikasi optisystem dengan tujuan melihat kinerja dari jaringan FTTH yang dibangun.
- d. Implementation. Pada tahap ini melakukan penerapan dari tahap analisis, tahap desain dan tahap simulasi prototipe jaringan yang untuk penerapan jaringan FTTH. Total pajang kabel fiber optik Jalur Barat 1460meter dan total pajang kabel fiber optik Jalur Timur 1230meter.
- e. Monitoring. Pada tahap ini melakukan analisis perbandingan hasil aplikasi Fiber Optic Calculator dengan penerapan jaringan FTTH. Melakukan perbandingan hasil simulasi pada aplikasi Fiber Optic Calculator dengan hasil penerapan jaringan FTTH menggunakan OPM
- f. Management. Pada tahap ini melakukan pemeliharaan dan pengelolaan secara berkala bertujuan jaringan FTTH yang telah dibangun dapat berjalan lama.

### 3. HASIL DAN PEMBAHASAN

#### 3.1 Fiber Optik Jalur Barat

##### 3.1.1 SFP +8db

Hasil pengukuran menggunakan OPM pada SFP sebagai berikut :

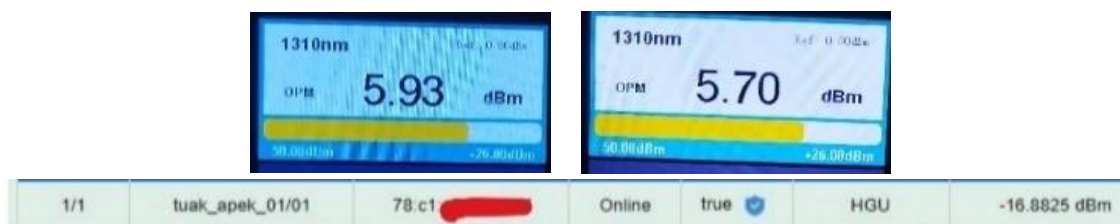


Gambar 6. Hasil Pengukuran OPM pada SFP

Pada gambar 6 menunjukkan hasil pengukuran OPM pada SFP OLT EPON +8db dengan hasil +6.32dBm.

##### 3.1.2 ODP-1 Jalur Barat

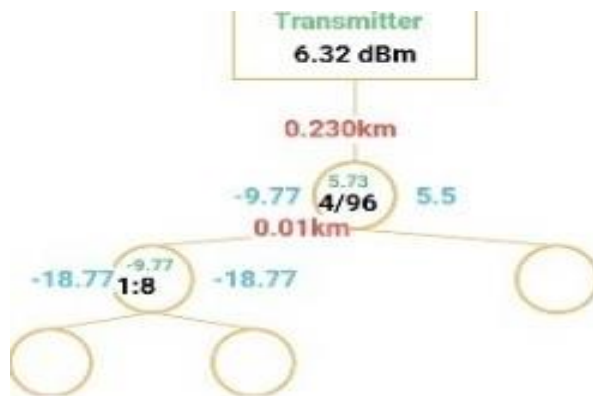
Hasil pengukuran menggunakan OPM pada ODP-1 Jalur Barat sebagai berikut :



Gambar 7. Hasil Pengukuran OPM pada ODP-1 Jalur Barat

Pada gambar 7 menghasilkan input redaman sebesar +5.93dBm dengan jarak panjang kabel fiber optik dari server sampai ODP-1 Jalur Barat adalah 230m. Setelah menggunakan rasio splitter 4/96, nilai output rasio 96% adalah

+5.70dBm terdapat penurunan 0,23dBm dalam penggunaan rasio splitter. Untuk nilai output rasio 4% digabungkan dengan pasif splitter 1:8 menghasilkan output redaman ODP-1 untuk setiap client/onu adalah -16.8825dBm.



Gambar 8. Hasil Simulasi Pengukuran pada ODP-1 Jalur Barat

Pada gambar 8 hasil simulasi pengukuran pada ODP-1 Jalur Barat menggunakan rasio splitter 4/96. Nilai output rasio 96% pada simulasi adalah +5.5dBm sedangkan hasil pengukuran pada OPM adalah +5.70dBm artinya hasil sudah baik karena hasil pengukuran OPM lebih baik dari hasil simulasi. Nilai output rasio 4% digabungkan dengan pasif splitter 1:8 pada simulasi menghasilkan output redaman adalah -18.77dBm sedangkan hasil pengukuran pada OLT EPON adalah -16.8825dBm artinya hasil redaman sudah baik karena pengukuran OPM lebih baik dari simulasi.

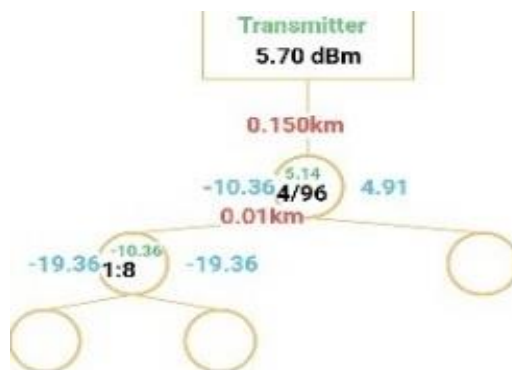
### 3.1.3 ODP-2 Jalur Barat

Hasil pengukuran menggunakan OPM pada ODP-2 Jalur Barat sebagai berikut :



Gambar 9. Hasil Pengukuran OPM pada ODP-2 Jalur Barat

Pada gambar 9 menghasilkan input redaman sebesar +4.43dBm dengan jarak panjang kabel fiber optik dari ODP-1 sampai ODP-2 Jalur Barat adalah 150m. Setelah menggunakan rasio splitter 4/96, nilai output rasio 96% adalah +3.64dBm terdapat penurunan 0,79dBm dalam penggunaan rasio splitter. Untuk nilai output rasio 4% digabungkan dengan pasif splitter 1:8 menghasilkan output redaman ODP-2 untuk setiap client/onu adalah -20.5553dBm.

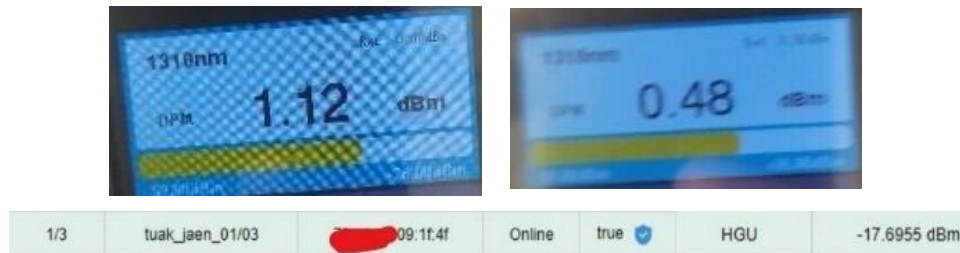


Gambar 10. Hasil Simulasi Pengukuran pada ODP-2 Jalur Barat

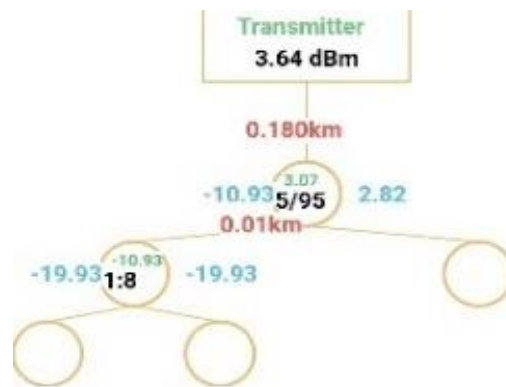
Pada gambar 10 hasil simulasi pengukuran pada ODP-2 Jalur Barat menggunakan rasio splitter 4/96. Nilai output rasio 96% pada simulasi adalah +4.91dBm sedangkan hasil pengukuran pada OPM adalah +4.43dBm artinya terdapat perbedaan sebesar redaman 0.48dBm. Nilai output rasio 4% digabungkan dengan pasif splitter 1:8 pada simulasi menghasilkan output redaman adalah -19.36dBm sedangkan hasil pengukuran pada OLT EPON adalah -20.5553dBm artinya terdapat perbedaan redaman sebesar 1.1953dBm.

### 3.1.4 ODP-3 Jalur Barat

Hasil pengukuran menggunakan OPM pada ODP-3 Jalur Barat ditunjukkan pada gambar 11. Pada gambar 11 menghasilkan input redaman sebesar +1.12dBm dengan jarak panjang kabel fiber optik dari ODP-2 sampai ODP-3 Jalur Barat adalah 180m. Setelah menggunakan rasio splitter 5/95, nilai output rasio 95% adalah +0.48dBm ada terdapat penurunan 0,64dBm dalam penggunaan rasio splitter. Untuk nilai output rasio 5% digabungkan dengan pasif splitter 1:8 menghasilkan output redaman ODP-3 untuk setiap client/onu adalah -17.6955dBm.



Gambar 11. Hasil Pengukuran OPM pada ODP-3 Jalur Barat

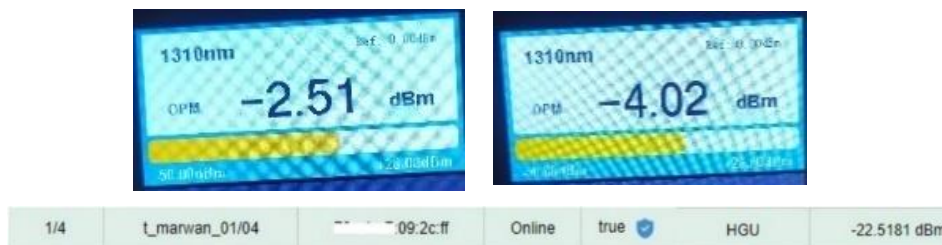


Gambar 12. Hasil Simulasi Pengukuran pada ODP-3 Jalur Barat

Pada gambar 12 hasil simulasi pengukuran pada ODP-3 Jalur Barat menggunakan rasio splitter 5/95. Nilai output rasio 95% pada simulasi adalah +2.81dBm sedangkan hasil pengukuran pada OPM adalah +0.48dBm artinya terdapat perbedaan sebesar redaman 2.33dBm. Nilai output rasio 5% digabungkan dengan pasif splitter 1:8 pada simulasi menghasilkan output redaman adalah -19.93dBm sedangkan hasil pengukuran pada OLT EPON adalah -17.6955dBm artinya hasil redaman sudah baik karena pengukuran OPM lebih baik dari simulasi.

### 3.1.5 ODP-4 Jalur Barat

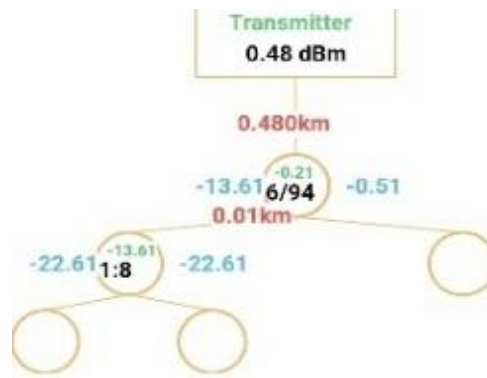
Hasil pengukuran menggunakan OPM pada ODP-4 Jalur Barat sebagai berikut :



Gambar 13. Hasil Pengukuran OPM pada ODP-4 Jalur Barat

Pada gambar 13 menghasilkan input redaman sebesar -2.51dBm dengan jarak panjang kabel fiber optik dari ODP-3 sampai ODP-4 Jalur Barat adalah 480m. Setelah menggunakan rasio splitter 6/94, nilai output rasio 94% adalah -4.02dBm terdapat penurunan 1.51dBm dalam penggunaan rasio splitter. Untuk nilai output rasio 6% digabungkan dengan pasif splitter 1:8 menghasilkan output redaman ODP-4 untuk setiap client/onu adalah -22.5181dBm.

Pada gambar 14 di bawah ini menunjukkan hasil simulasi pengukuran pada ODP-4 Jalur Barat menggunakan rasio splitter 6/94. Nilai output rasio 94% pada simulasi adalah -0.51dBm sedangkan hasil pengukuran pada OPM adalah -4.02dBm artinya terdapat perbedaan sebesar redaman 3.51dBm. Nilai output rasio 6% digabungkan dengan pasif splitter 1:8 pada simulasi menghasilkan output redaman adalah -22.61dBm sedangkan hasil pengukuran pada OLT EPON adalah -22.5181dBm artinya hasil redaman sudah baik karena pengukuran OPM lebih baik dari simulasi.



Gambar 14. Hasil Simulasi Pengukuran pada ODP-4 Jalur Barat

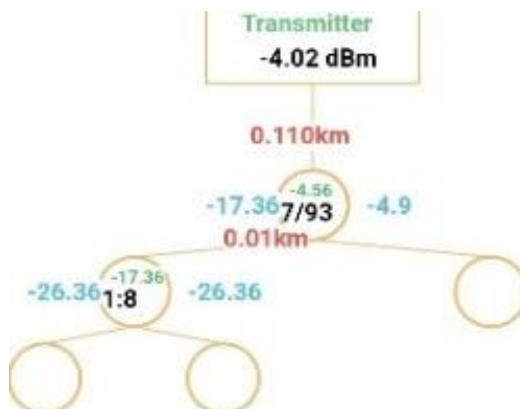
### 3.1.6 ODP-5 Jalur Barat

Hasil pengukuran menggunakan OPM pada ODP-5 Jalur Barat sebagai berikut :



Gambar 15. Hasil Pengukuran OPM pada ODP-5 Jalur Barat

Pada gambar 15 menghasilkan input redaman sebesar -6.47dBm dengan jarak panjang kabel fiber optik dari ODP-4 sampai ODP-5 Jalur Barat adalah 110m. Setelah menggunakan rasio splitter 7/93, nilai output rasio 93% adalah -7.11dBm terdapat penurunan 0.64dBm dalam penggunaan rasio splitter. Untuk nilai output rasio 7% digabungkan dengan pasif splitter 1:8 menghasilkan output redaman ODP-5 untuk setiap client/onu adalah -23.6653dBm.

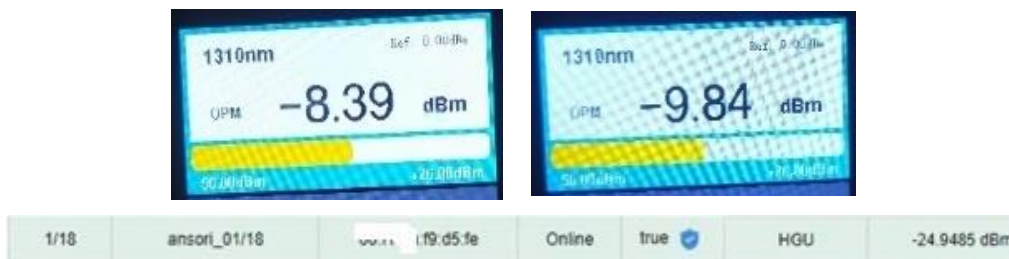


Gambar 16. Hasil Simulasi Pengukuran pada ODP-5 Jalur Barat

Pada gambar 16 hasil simulasi pengukuran pada ODP-5 Jalur Barat menggunakan rasio splitter 7/93. Nilai output rasio 93% pada simulasi adalah -4.9dBm sedangkan hasil pengukuran pada OPM adalah -7.11dBm artinya terdapat perbedaan sebesar redaman 2.21dBm. Nilai output rasio 7% digabungkan dengan pasif splitter 1:8 pada simulasi menghasilkan output redaman adalah -26.36dBm sedangkan hasil pengukuran pada OLT EPON adalah -23.6653dBm artinya hasil redaman sudah baik karena pengukuran OPM lebih baik dari simulasi.

### 3.1.7 ODP-6 Jalur Barat

Hasil pengukuran menggunakan OPM pada ODP-6 Jalur Barat ditunjukkan gambar 17. Pada gambar 17 menghasilkan input redaman sebesar -8.39dBm dengan jarak panjang kabel fiber optik dari ODP-5 sampai ODP-6 Jalur Barat adalah 310m. Setelah menggunakan rasio splitter 9/91, nilai output rasio 91% adalah -9.84dBm terdapat penurunan 1.45dBm dalam penggunaan rasio splitter. Untuk nilai output rasio 9% digabungkan dengan pasif splitter 1:8 menghasilkan output redaman ODP-6 untuk setiap client/onu adalah -23.6653dBm



Gambar 17. Hasil Pengukuran OPM pada ODP-6 Jalur Barat



Gambar 18. Hasil Simulasi Pengukuran pada ODP-6 Jalur Barat

Pada gambar 18 hasil simulasi pengukuran pada ODP-6 Jalur Barat menggunakan rasio splitter 9/91. Nilai output rasio 91% pada simulasi adalah -8.17dBm sedangkan hasil pengukuran pada OPM adalah -9.84dBm artinya terdapat perbedaan sebesar redaman 1.67dBm. Nilai output rasio 9% digabungkan dengan pasif splitter 1:8 pada simulasi menghasilkan output redaman adalah -25.33dBm sedangkan hasil pengukuran pada OLT EPON adalah -23.6653dBm artinya hasil redaman sudah baik karena pengukuran OPM lebih baik dari simulasi.

### 3.2 Fiber Optik Jalur Timur

#### 3.2.1 SFP +8db

Hasil pengukuran menggunakan OPM pada SFP sebagai berikut :



Gambar 19. Hasil Pengukuran OPM pada SFP

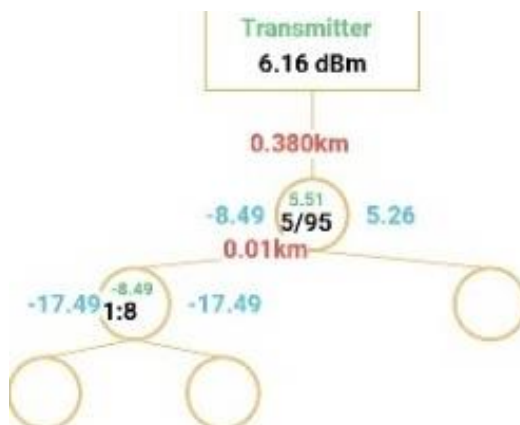
Pada gambar 19 menunjukkan hasil pengukuran OPM pada SFP OLT EPON +8db dengan hasil +6.16dBm.

#### 3.2.2 ODP-1 Jalur Timur

Hasil pengukuran menggunakan OPM pada ODP-1 Jalur Timur ditunjukkan gambar 20. Pada gambar 20 menghasilkan input redaman sebesar +5.55dBm dengan jarak panjang kabel fiber optik dari server sampai ODP-1 Jalur Timur adalah 385m. Setelah menggunakan rasio splitter 5/95, nilai output rasio 95% adalah +4.36dBm terdapat penurunan 1.29dBm dalam penggunaan rasio splitter. Untuk nilai output rasio 5% digabungkan dengan pasif splitter 1:8 menghasilkan output redaman ODP-1 untuk setiap client/onu adalah -18.1531dBm.



Gambar 20. Hasil Pengukuran OPM pada ODP-1 Jalur Timur



Gambar 21. Hasil Simulasi Pengukuran pada ODP-1 Jalur Timur

Pada gambar 21 hasil simulasi pengukuran pada ODP-1 Jalur Timur menggunakan rasio splitter 5/95. Nilai output rasio 95% pada simulasi adalah +5.26dBm sedangkan hasil pengukuran pada OPM adalah +5.55dBm artinya hasil sudah baik karena hasil pengukuran OPM lebih baik dari hasil simulasi. Nilai output rasio 5% digabungkan dengan pasif splitter 1:8 pada simulasi menghasilkan output redaman adalah -17.49dBm sedangkan hasil pengukuran pada OLT EPON adalah -18.1531dBm artinya terdapat perbedaan redaman sebesar 0.6631dBm.

### 3.2.3 ODP-2 Jalur Timur

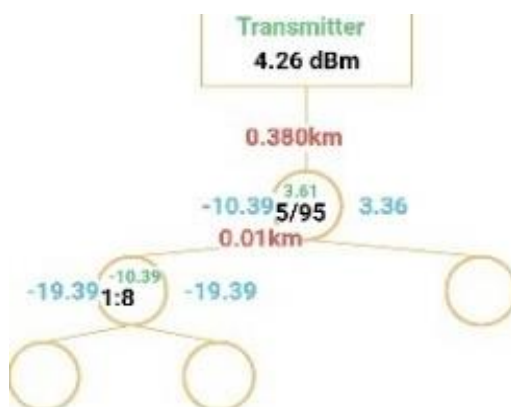
Hasil pengukuran menggunakan OPM pada ODP-2 Jalur Timur sebagai berikut :



Gambar 22. Hasil Pengukuran OPM pada ODP-2 Jalur Timur

Pada gambar 22 menghasilkan input redaman sebesar +1.62dBm dengan jarak panjang kabel fiber optik dari ODP-1 sampai ODP-2 Jalur Timur adalah 380m. Setelah menggunakan rasio splitter 5/95, nilai output rasio 95% adalah +0.88dBm terdapat penurunan 0.74dBm dalam penggunaan rasio splitter. Untuk nilai output rasio 5% digabungkan dengan pasif splitter 1:8 menghasilkan output redaman ODP-2 untuk setiap client/onu adalah -21.7393dBm.

Pada gambar 23 di bawah ini menunjukkan hasil simulasi pengukuran pada ODP-2 Jalur Timur menggunakan rasio splitter 5/95. Nilai output rasio 95% pada simulasi adalah +3.36dBm sedangkan hasil pengukuran pada OPM adalah +0.88dBm artinya terdapat perbedaan sebesar redaman 2.48dBm. Nilai output rasio 5% digabungkan dengan pasif splitter 1:8 pada simulasi menghasilkan output redaman adalah -19.39dBm sedangkan hasil pengukuran pada OLT EPON adalah -21.7393dBm artinya terdapat perbedaan redaman sebesar 2.3493dBm.



Gambar 23. Hasil Simulasi Pengukuran pada ODP-2 Jalur Timur

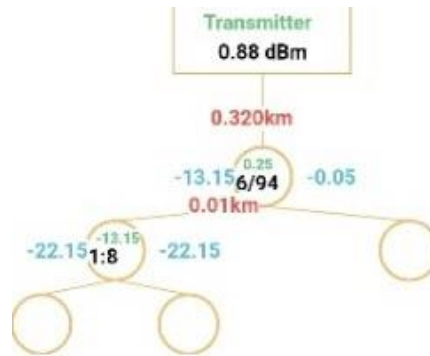
### 3.2.4 ODP-3 Jalur Timur

Hasil pengukuran menggunakan OPM pada ODP-3 Jalur Timur sebagai berikut :



Gambar 24. Hasil Pengukuran OPM pada ODP-3 Jalur Timur

Pada gambar 24 menghasilkan input redaman sebesar  $-0.94\text{dBm}$  dengan jarak panjang kabel fiber optik dari ODP-2 sampai ODP-3 Jalur Timur adalah  $235\text{m}$ . Setelah menggunakan rasio splitter  $6/94$ , nilai output rasio  $94\%$  adalah  $-1.82\text{dBm}$  terdapat penurunan  $0.88\text{dBm}$  dalam penggunaan rasio splitter. Untuk nilai output rasio  $6\%$  digabungkan dengan pasif splitter  $1:8$  menghasilkan output redaman ODP-3 untuk setiap client/onu adalah  $-17.0774\text{dBm}$ .



Gambar 25. Hasil Simulasi Pengukuran pada ODP-3 Jalur Timur

Pada gambar 25 hasil simulasi pengukuran pada ODP-3 Jalur Timur menggunakan rasio splitter  $6/94$ . Nilai output rasio  $94\%$  pada simulasi adalah  $-0.05\text{dBm}$  sedangkan hasil pengukuran pada OPM adalah  $-1.82\text{dBm}$  artinya terdapat perbedaan sebesar redaman  $1.77\text{dBm}$ . Nilai output rasio  $6\%$  digabungkan dengan pasif splitter  $1:8$  pada simulasi menghasilkan output redaman adalah  $-22.15\text{dBm}$  sedangkan hasil pengukuran pada OLT EPON adalah  $-17.0774\text{dBm}$  artinya hasil redaman sudah baik karena pengukuran OPM lebih baik dari simulasi.

### 3.2.5 ODP-4 Jalur Timur

Hasil pengukuran menggunakan OPM pada ODP-4 Jalur Timur ditunjukkan pada gambar 26 di bawah ini. Pada gambar 26 menghasilkan input redaman sebesar  $-4.79\text{dBm}$  dengan jarak panjang kabel fiber optik dari ODP-3 sampai ODP-4 Jalur Timur adalah  $230\text{m}$ . Setelah menggunakan rasio splitter  $45/55$ , nilai output rasio  $55\%$  adalah  $-5.85\text{dBm}$  terdapat penurunan  $1.06\text{dBm}$  dalam penggunaan rasio splitter. Untuk nilai output rasio  $45\%$  digabungkan dengan pasif splitter  $1:8$  menghasilkan output redaman ODP-4 untuk setiap client/onu adalah  $-21.7393\text{dBm}$ .



Gambar 26. Hasil Pengukuran OPM pada ODP-4 Jalur Timur



Gambar 27. Hasil Simulasi Pengukuran pada ODP-4 Jalur Timur

Pada gambar 27 hasil simulasi pengukuran pada ODP-4 Jalur Timur menggunakan rasio splitter 45/55. Nilai output rasio 55% pada simulasi adalah -5.31dBm sedangkan hasil pengukuran pada OPM adalah -5.85dBm artinya terdapat perbedaan sebesar redaman 0.54dBm. Nilai output rasio 45% digabungkan dengan pasif splitter 1:8 pada simulasi menghasilkan output redaman adalah -15.11dBm sedangkan hasil pengukuran pada OLT EPON adalah -21.7393dBm artinya terdapat perbedaan redaman sebesar 6.6293dBm.

Hasil perbandingan redaman fiber optik antara hasil simulasi dengan hasil menggunakan OPM pada ODP jalur barat dan jalur timur pada tabel 1 sebagai berikut :

**Tabel 1.** Hasil Perbandingan Redaman Fiber Optik Antara Hasil Simulasi dan OPM

ODP	Nilai Rasio Splitter	Hasil Simulasi	Hasil OPM	Keterangan
ODP-1 Jalur Barat	96%	+5.5dBm	+5.70dBm	Hasil baik karena pengukuran OPM lebih baik dari hasil simulasi
ODP-2 Jalur Barat	96%	+4.91dBm	+4.43dBm	Terdapat perbedaan sebesar redaman 0.48dBm
ODP-3 Jalur Barat	95%	+2.81dBm	+0.48dBm	Terdapat perbedaan sebesar redaman 2.33dBm
ODP-4 Jalur Barat	94%	-0.51dBm	-4.02dBm	Terdapat perbedaan sebesar redaman 3.51dBm
ODP-5 Jalur Barat	93%	-4.9dBm	-7.11dBm	Terdapat perbedaan sebesar redaman 2.21dBm
ODP-6 Jalur Barat	91%	-8.17dBm	-9.84dBm	Terdapat perbedaan sebesar redaman 1.67dBm
ODP-1 Jalur Timur	95%	+5.26dBm	+5.55dBm	Hasil baik karena pengukuran OPM lebih baik dari hasil simulasi
ODP-2 Jalur Timur	95%	+3.36dBm	+0.88dBm	Terdapat perbedaan sebesar redaman 2.48dBm
ODP-3 Jalur Timur	94%	-0.05dBm	-1.82dBm	Terdapat perbedaan sebesar redaman 1.77dBm
ODP-4 Jalur Timur	55%	-5.31dBm	-5.85dBm	Terdapat perbedaan sebesar redaman 0.54dBm

#### 4. KESIMPULAN

Kesimpulan dari penelitian ini adalah pada ODP-1 Jalur Barat mendapatkan hasil baik karena pengukuran OPM lebih baik dari hasil simulasi. Sedangkan pada ODP-2, ODP-3, ODP-4, ODP-5, ODP-6 untuk Jalur Barat mendapatkan perbedaan hasil antara simulasi Aplikasi Fiber Optic Calculator dengan pengukuran menggunakan OPM, perbedaan demikian ini kemungkinan diakibatkan kabel fiber optik yang kurang baik atau looses pada penggunaan patchcore/pigtail. Pada ODP yang terdapat disemua jalur barat menggunakan rasio splitter yang berbeda-beda dan penggunaan pasif splitter menggunakan 1:8 disemua ODP jalur barat yang memungkinkan 8 pengguna FTTH sebagai end-device. Pada ODP-1 Jalur Timur mendapatkan hasil baik karena pengukuran OPM lebih baik dari hasil simulasi. Sedangkan pada ODP-2, ODP-3, ODP-4 untuk Jalur Timur mendapatkan perbedaan hasil antara simulasi Aplikasi Fiber Optic Calculator dengan pengukuran menggunakan OPM, perbedaan demikian ini kemungkinan diakibatkan kabel fiber optik yang kurang baik atau looses pada penggunaan patchcore/pigtail. Pada ODP yang terdapat disemua jalur timur menggunakan rasio splitter yang berbeda-beda dan penggunaan pasif splitter menggunakan 1:8 di semua ODP disemua jalur timur yang memungkinkan 8 pengguna FTTH sebagai end-device. Saran dari penelitian ini adalah melakukan analisis menggunakan OTDR untuk mengetahui tempat redaman naik atau terjadi looses pada jaringan FTTH. Serta pengukuran pada patchcore/pigtail untuk menganalisis looses yang terjadi pada jaringan FTTH.

#### REFERENCES

- [1] G. P. Agrawal, *Fiber-Optic Communication Systems*, 4th editio. Rochester, USA: John Wiley & Sons, 2010. doi: 10.1002/9780470918524.
- [2] D. Akses, "PANDUAN DESAIN FTTH," Jakarta, 2012.
- [3] G. D. Hantoro and Karyada, *Fiber Optic : Teknologi Material, Instalasi dan Implementasi Fiber Untuk Berbagai Kebutuhan: Fiber to the building - fiber to the zone - fiber to thecurb - fiber to the home - fiber to the tower*. Bandung: Informatika, 2015.
- [4] anonymous, "EPON (Jaringan Serat Optik Ethernet Pasif)," 2019. <http://id.ftxsolution.com/info/epon-ethernet-passive-fiber-optical-network-33562698.html> (accessed May 16, 2023).
- [5] Anonymous, "Kabel Fiber Optic," [socs.binus.ac.id](https://socs.binus.ac.id), 2018. <https://socs.binus.ac.id/2018/12/06/kabel-fiber-optic/> (accessed Jun. 21, 2023).
- [6] H. M. Wahyudi, "Mengenal Teknologi Kabel Serat Optik (Fiber Optic)," Jakarta, 2010.
- [7] anonymous, "Power Meter," [karyamandiritechindo.com](https://karyamandiritechindo.com). [https://karyamandiritechindo.com/product-category/alat-ukur/electrical-testing/power-meter/#:~:text=Pengukuran dengan optical power meter,rata dalam sistem serat optik.](https://karyamandiritechindo.com/product-category/alat-ukur/electrical-testing/power-meter/#:~:text=Pengukuran%20dengan%20optical%20power%20meter,rata%20dalam%20sistem%20serat%20optik.) (accessed May 07, 2023).
- [8] anonymous, "Fiber Optic Ratio Calculator," [apkcombo.com](https://apkcombo.com). <https://apkcombo.com/id/fiber-optic-ratio-calculator/com.asahantech.fiberopticrotiocalculator/> (accessed May 09, 2023).
- [9] anonymous, "Mengenal Optical Line Terminal (OLT)," [netmonk.id](https://netmonk.id), 2020. <https://netmonk.id/mengenal-optical-line-terminal-olt> (accessed May 09, 2023).
- [10] J. Hernady, "Pedoman Pemasangan Jaringan Fiber to the Home (PPJ FTTH)," Bandung, 2013.
- [11] R. Firmansyah, G. Yudoyono, and Sudarsono, "Fabrikasi Dan Karakteristik Splitter Pof Multinode Sebagai Power Divider Menggunakan Pergeseran Mikro," Institut Teknologi Sepuluh Nopember Suraaya, 2018. [Online]. Available:

- [https://repository.its.ac.id/56444/1/0111144000058-Undergraduate\\_Theses.pdf](https://repository.its.ac.id/56444/1/0111144000058-Undergraduate_Theses.pdf)
- [12] J. Crisp and B. Elliott, *Introduction to Fiber Optics*, Third Edition, 2nd Editio. Oxford, Boston: Newnes, 2005. doi: 10.1016/B978-0-7506-6756-2.X5000-5.
- [13] N. S. Mohamed-Kassim and M. K. Abd-Rahman, "High Resolution Tunable POF Multimode Power Splitter," *Opt. Commun.*, vol. 400, pp. 136–143, 2017, doi: <https://doi.org/10.1016/j.optcom.2017.05.014>.
- [14] meilinaeka, "Mengetahui Pengertian, Fungsi, dan Cara Kerja Splitter," [it.telkomuniversity.ac.id/](http://it.telkomuniversity.ac.id/), 2022. <https://it.telkomuniversity.ac.id/mengetahui-pengertian-fungsi-serta-cara-kerja-splitter/> (accessed May 10, 2023).
- [15] E. Nuari, I. Fitri, and N. Nurhayati, "Analisis Perancangan Jaringan Fiber to The Home Area Universitas Nasional Blok IV dengan Optisystem," *J. Media Inform. Budidarma*, vol. 4, no. 2, pp. 257–263, 2020, doi: 10.30865/mib.v4i2.1984.
- [16] A. R. K. N. Syamsi, T. N. Damayanti, and B. Uripno, "Perancangan FTTH Menggunakan Teknologi Mini OLT Pada Msan Di Kawasan Margahayu Raya," in *Proceeding of Applied Science*, 2019, vol. 5, no. 1, pp. 334–354.
- [17] O. F. Soedradjat, T. N. Damayanti, and H. Putri, "Analisis Perbandingan Perancangan Jaringan Fiber To The Building (FTTB) Multi Rasio Passive Splitter Dengan Teknologi Gigabit Passive Optical Network (GPON) Di Ujungberung Town Square," 2019, vol. 5, no. 2, pp. 1502–1517. [Online]. Available: <https://openlibrarypublications.telkomuniversity.ac.id/index.php/appliedscience/article/view/9514>
- [18] S. Ridho, A. N. A. Yusuf, A. Syaniri, D. N. S. Sirin, and C. Apriono, "Perancangan Jaringan Fiber To The Home (FTTH) pada Perumahan di Daerah Urban," *J. Nas. Tek. Elektro dan Teknol. Inf.*, vol. 9, no. 1, pp. 94–103, 2020.
- [19] A. Pamungkas and R. D. Agustina, "Analisis Performansi Jaringan Fiber To The Home Berbasis Gigabit Capable Passive Optical di IZI Network Sekeloa Utara," pp. 3–8.
- [20] J. E. Goldman and P. T. Rawles, *Applied Data Communications, A business-Oriented Approach*, Third Edit. John Wiley & Sons, 2000.