

Perancangan dan Analisis Jaringan *Fiber To The Home (FTTH) Iconnet dengan Teknologi Gigabit Passive Optical Network (GPON) Cluster Singakerta Kecamatan Ubud*

1st Faridhatul Zikri
Fakultas Ilmu Terapan
Universitas Telkom
Bandung, Indonesia

ffaridhatu@telkomuniversity.ac.id

2nd Hafidudin
Fakultas Ilmu Terapan
Universitas Telkom
Bandung, Indonesia

Hafid@tass.telkomuniversity.ac.id

3rd Indra Wijaya Gumilang
Departemen Retail dan Pembangunan
PT Indonesia Comnets Plus
Denpasar, Indonesia
indra.wijaya@iconpln.co.id

Abstrak — Setiap tahun, permintaan akan layanan *triple play* seperti internet, telepon, dan siaran TV terus meningkat, mendorong pengembangan teknologi *Fiber to the Home (FTTH)* yang menggunakan *Gigabit Passive Optical Network (GPON)* untuk menyediakan akses langsung ke rumah pengguna. Di Singakerta, Ubud, permintaan ini terus meningkat karena belum adanya jaringan FTTH di wilayah tersebut. PT. Indonesia Comnets Plus (ICON+), sebuah perusahaan di bidang Teknologi Informasi dan Komunikasi (TIK), merespons permintaan ini dengan menyediakan jaringan. Proyek Akhir bertujuan untuk merancang jaringan FTTH-GPON dan *Homepass* yang sesuai dengan analisis permintaan di wilayah tersebut. Perancangan menggunakan Google Earth dan simulasi dengan Optisystem untuk menganalisis kinerja jaringan. Hasil perancangan menunjukkan bahwa parameter-parameter seperti *Power Link Budget*, *Bit Error Rate (BER)*, dan *Q-Factor* memenuhi standar ITU-T dan ICON+, dengan redaman total tidak melebihi 28 dB, daya terima tidak kurang dari -25 dBm, nilai *Rise Time* tidak melebihi batas untuk pengkodean NZR, $BER < 10^{-9}$, dan *Q-Factor* > 6 .

Kata kunci— FTTH, Perancangan jaringan, Google Earth, Optisystem, GPON, ICON+

I. PENDAHULUAN

Dalam era digital yang terus berkembang, industri telekomunikasi menjadi salah satu sektor yang mengalami transformasi besar-besaran. Peningkatan kebutuhan akan konektivitas, layanan digital, dan inovasi teknologi telah mendorong perusahaan-perusahaan di bidang telekomunikasi untuk terus beradaptasi dan mengembangkan strategi bisnis yang efektif. PT Indonesia Comnets Plus, sebagai bagian anak usaha dari PT PLN (Persero), mulai melangkah ke dunia komersial pada tahun 2001. Pusat Operasi Jaringan yang terletak di Gandul, Cirebon, menjadi titik awal perjalanan mereka. Sebagai entitas anak PT PLN (Persero), pendirian PLN Icon Plus mengarah pada tujuan utama: memenuhi permintaan yang muncul dari PT PLN (Persero) terkait infrastruktur telekomunikasi yang mumpuni. Namun, seiring kebutuhan industri akan jaringan telekomunikasi, di mana ketersediaan dan kehandalan menjadi prioritas, PLN Icon Plus merasa perlu untuk menjajaki ruang pengembangan yang lebih luas. Inisiatif ini membawa mereka menuju

diversifikasi usaha, dengan mengarahkan kelebihan kapasitas dari jaringan serat optik milik PT PLN (Persero) di Jawa dan Bali untuk kepentingan masyarakat luas. [1]. Salah satu cara untuk memenuhi permintaan tersebut adalah dengan memperkenalkan jaringan FTTH dengan teknologi GPON.

PT Indonesia Comnets Plus memiliki layanan internet yang bernama Iconnet. Iconnet adalah produk layanan internet berbasis fiber optic [2]. Iconnet juga memiliki kecepatan tinggi dan menggunakan teknologi fiber optik terbaru yang handal dan stabil, didesain khusus untuk ritel dan daerah perumahan. Studi kasus pada PT Indonesia Comnets Plus adalah belum meratanya coverage jaringan FTTH di Provinsi Bali, FTTH merupakan teknologi jaringan yang menggunakan serat optik untuk menghubungkan rumah-rumah ke jaringan internet. Dalam hal ini, GPON merupakan salah satu teknologi yang digunakan untuk menyediakan layanan FTTH. GPON merupakan teknologi yang dapat menyediakan bandwidth yang tinggi dan jangkauan yang lebih jauh dibandingkan teknologi sebelumnya, seperti ADSL atau kabel koaksial.

Pada penelitian sebelumnya [3] penulis melakukan perancangan dan implementasi jaringan distribusi serat optik point to multipoint dan pada penelitian [4] yang telah dilakukan penulis melakukan analisis kelayakan power link budget yang di tinjau dari PoP (Point of Presence) existing terdekat. Sementara pada proyek akhir kali ini akan membuat suatu perancangan dan analisis jaringan FTTH pada cluster Singakerta Kecamatan Ubud, karena banyaknya permintaan dalam layanan FTTH dengan menggunakan jasa dari PT. Indonesia Comnets Plus (ICON+) berdasarkan hasil survei yang dilakukan oleh tim divisi sales retail. Dalam perancangan dan analisis jaringan FTTH dengan teknologi GPON di cluster Singakerta Kecamatan Ubud, terdapat beberapa permasalahan yang harus diatasi, seperti pemilihan lokasi OLT (*Optical Line Termination*), pemilihan tipe OLT yang tepat, titik sebaran splitter dan perhitungan jangkauan serat optik serta analisis terhadap kelayakan sistem jaringan sesuai standar ITU-T dan ICON+.

Permasalahan-permasalahan tersebut harus diatasi agar jaringan FTTH dapat berjalan dengan baik dan memberikan layanan internet yang cepat dan stabil kepada masyarakat di Cluster Singakerta. Oleh karena itu, perancangan dan analisis jaringan FTTH dengan teknologi GPON menjadi sangat penting untuk dilakukan.

II. KAJIAN TEORI

A. Fiber Optik

Fiber Optik adalah sebuah teknologi transmisi sinyal kabel yang memanfaatkan benang kaca atau plastik untuk penghantar. Kabel serat optik memiliki kemampuan untuk mentransmisikan sinyal dengan modulasi ke dalam bentuk gelombang cahaya. Serat kaca dalam kabel ini umumnya memiliki diameter sekitar 120 mikrometer dan berfungsi untuk mengirimkan sinyal cahaya dari satu lokasi ke lokasi lain, bahkan pada jarak hingga 50 km tanpa perlu pengulangan sinyal menggunakan *repeater*. Sinyal gelombang cahaya ini dapat membawa informasi berupa komunikasi suara yang terkode atau data-data komputer. Terdapat dua tipe utama dari kabel serat optik, yaitu *singlemode* dan *multimode*, bergantung pada bagaimana cahaya berpropagasi di dalam serat tersebut. Fiber optik umumnya digunakan sebagai tulang punggung (*backbone*) dalam jaringan komputer, mampu menghubungkan berbagai perangkat dalam jaringan. Selain itu, teknologi ini juga memungkinkan penghubungan antara gedung-gedung, kota-kota, dan bahkan pulau-pulau melalui jaringan serat optik yang canggih dan efisien. [5]

Kabel Fiber Optik pada dasarnya terdiri dari beberapa bagian utama yaitu *core* (bagian tengah atau inti), *cladding* (bagian optik luar atau kulit yang membungkus atau mengelilingi *core*), *coating* (pelapisan), dan *outer jacket* (jaket luar). [6]

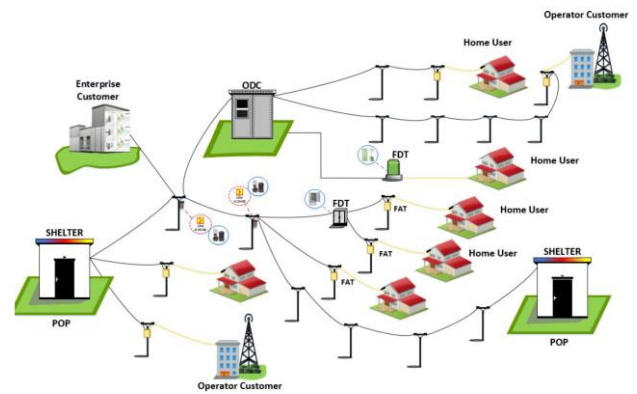


Gambar 1 Bagian-bagian fiber optik [7]

B. Arsitektur jaringan Fiber to the Home (FTTH)

FTTH (*Fiber to the Home*) adalah sebuah struktur jaringan serat optik yang menghubungkan dari Sentral Telepon hingga ke perangkat pengguna di rumah. FTTH adalah teknologi jaringan *broadband* yang memanfaatkan serat optik sebagai media transmisi data. FTTH memungkinkan pengguna untuk mengakses internet dengan kecepatan tinggi dan kapasitas yang besar. Pada FTTH, kabel serat optik ditarik langsung ke rumah pelanggan dan digunakan sebagai jalur transmisi data.

Berikut ini merupakan gambar dari arsitektur jaringan *Fiber to the Home* dapat dilihat pada ... berikut,



Gambar 2 Arsitektur Fiber to the Home

C. Komponen Fiber To The Home (FTTH)

1. Fiber Optics Distribution Box (FODB)

Fiber Optical Distribution Box (ODB) biasanya dipasang di dalam ruangan atau di tiang menggunakan aksesoris seperti baut, steel band, dan buckle. Di dalam kotak FODB, terdapat komponen pasif yang disebut optical splitter yang berfungsi untuk membagi satu inti serat optik menjadi beberapa cabang, serta beberapa output yang mengarah ke Homepass atau ke FODB berikutnya, di mana kabel serat optik akan kembali bercabang. Berdasarkan posisinya dari titik sentral, FODB dapat dibedakan menjadi dua jenis, yaitu Fiber Distribution Terminal (FDT) dan Fiber Access Terminal (FAT).

2. Serat Optik Flat-type

Serat optik flat-type merujuk pada serat optik yang memiliki bentuk pipih. Umumnya, serat ini terdiri dari lapisan luar berbahan PE (polyethylene), beberapa serat optik (dalam jumlah 1, 2, atau 4), serta dua elemen penyangga yang bertujuan melindungi serat optik dari kemungkinan lekukan atau kerusakan. Dalam konteks *Fiber to the Home* (FTTH), jenis kabel ini digunakan untuk menghubungkan bagian akhir jaringan (*Fiber Access Terminal/FAT*) dengan Roset atau Unit Terminal Optik (*Optical Network Unit/ONU*), yang sering disebut sebagai "*last mile connection*".

3. Fiber Optics Splice Clouser/Joint Box

Joint Box atau JB berfungsi sebagai tempat untuk melindungi serta mengamankan sambungan serat optik. Dalam implementasi FTTH, JB sering digunakan untuk melakukan percabangan dari kabel distribusi menjadi beberapa jalur atau sub-jalur pada jalur distribusi utama. Dengan demikian, JB memfasilitasi pengaturan sambungan dan percabangan serat optik dalam jaringan FTTH.

4. Adapter/Coupler

Adapter serat optik berfungsi sebagai penghubung antara dua kabel serat optik yang telah diterminasi dengan kabel *Patch Cord*. Terdapat berbagai varian adaptor yang umumnya digunakan, seperti SC, FC, LC, ST, dan tipe E2000. Standar yang diadopsi oleh PT ICON+ mengatur bahwa hilangnya daya akibat penyisipan (*insertion loss*) pada sebuah konektor tidak boleh melebihi 0.25 desibel.

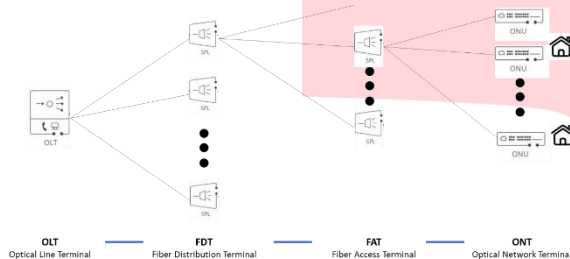
5. Passive Optical Splitter

Splitter optik pasif merupakan salah satu komponen utama dalam jaringan *Fiber-to-the-Home* (FTTH), yang

berfungsi untuk membagi sinyal optik dalam serat optik. Umumnya, *splitter* optik memiliki satu *input* dan beberapa *output*, biasanya berkelipatan 2. Rasio antara input dan output disebut sebagai rasio pembagian. Karena fungsinya dalam pembagian sinyal, *splitter* optik pasif menjadi sumber redaman utama dalam jaringan FTTH. Redaman cenderung meningkat dengan bertambahnya jumlah *output splitter*.

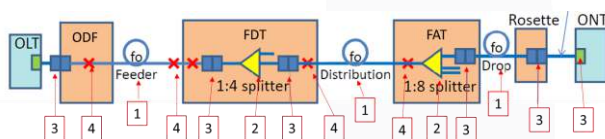
D. Gigabit Passive Optical Network (GPON)

GPON adalah teknologi jaringan akses lokal fiber optik berbasis PON yang merupakan pengembangan dari BPON, distandardisasi oleh ITU-T (ITU-T G.984 series). GPON merupakan teknologi FTTx yang dapat mengirimkan informasi sampai ke pelanggan menggunakan kabel optik dan perangkat *pasif splitter*, menyediakan 2.5Gbps *bandwidth downstream* dan 1.25Gbps *upstream* yang dibagikan dengan maksimum 1:128 [12].



Gambar 3 Teknologi GPON

E. Power Link Budget



Perhitungan dan analisis *power budget* merupakan salah satu metode untuk mengetahui performansi suatu jaringan. Hal ini dikarenakan metode ini dapat digunakan untuk melihat kelayakan suatu jaringan untuk mengirimkan sinyal dari pengirim sampai ke penerima atau dari sentral (OLT) ke pengguna (ONT) dan sebaliknya. [3]

Keterangan:

- [1]. Redaman Kabel = total Panjang kabel x standar redaman kabel
- [2]. Redaman Splitter = Redaman Splitter FAT + Redaman Splitter FDT
- [3]. Redaman Konektor = Jumlah konektor x Standar Redaman Konektor
- [4]. Redaman Sambungan = Jumlah Sambungan x Redaman Sambungan

Untuk menghitung total loss suatu jaringan digunakan rumus sebagai berikut;

$$\alpha_{tot} = (L \cdot \alpha_{serat}) + (N_c \cdot \alpha_c) + (N_s \cdot \alpha_s) + S_p \quad (1)$$

Dimana,

$$P_{Rx} = P_{Tx} - \alpha_{tot} \quad (2)$$

Keterangan :

- α_{tot} = total redaman (dB)
 L = Panjang serat optik (dalam Kilometer)

- α_{serat} = Redaman serat optik (dB/Km)
 N_c = Jumlah konektor
 α_c = Redaman konektor (dB/buah)
 N_s = Jumlah sambungan
 α_s = Redaman sambungan (dB/sambungan)
 S_p = Redaman splitter (dB)
 P_{Tx} = Minimum transmitter power (dBm)
 P_{Rx} = Minimum receiver sensitivity (dBm)

Redaman total (α_{tot}) diperoleh dari jumlah loss untuk tiap komponen sepanjang jalur distribusi serat optik, yang perhitungannya bertujuan untuk mengetahui apakah daya terima memenuhi syarat atau standar yang ada [3].

F. Homepass (HP)

Dalam FTTH, *Homepass* merujuk pada jumlah perangkat *Optical Network Unit (ONU)* yang dapat terhubung ke *Central Office (CO)*, dengan asumsi okupansi mencapai 100%. Jumlah maksimum *Homepass* dapat dihitung dengan mempertimbangkan jumlah *port GPON* pada *Optical Line Terminal (OLT)* dan total *output splitter* dalam distribusinya. Perhitungan untuk mendapatkan jumlah *Homepass* dilakukan sebagai berikut:

$$HP = P (S_1 \times S_2 \times S_3 \times \dots \times S_n) \quad (3)$$

Di mana variabel P menggambarkan jumlah *port GPON* pada *Optical Line Terminal (OLT)* dan variabel S melibatkan *output splitter* pada tahap pertama, tahap kedua, dan seterusnya. Jumlah *Homepass (HP)* sebaiknya tetap berada dalam batas spesifikasi OLT agar menghindari risiko *overload* pada daya optik di SFP (*Small Form-Factor Pluggable*).

III. METODE

A. Flowchart penelitian



Gambar 4 Diagram Alir perancangan FTTH

B. Sumber Data Penelitian

a) Data primer

Data primer merupakan informasi yang diperoleh melalui pengukuran dan data yang diberikan oleh PT Indonesia Comnets Plus. Ini mencakup data parameter OLT, FDT, FAT, atenuasi/redaman *splice* dan

konektor untuk setiap perangkat dalam distribusi optik serta *passive splitter*, yang nantinya akan diolah untuk mendapatkan daya terima (Prx).

b) Data Sekunder

Data sekunder adalah tambahan informasi yang diperoleh tidak langsung selama penelitian. Sumber data sekunder berasal dari referensi-referensi terpercaya seperti buku, jurnal, tesis, standar, *datasheet*, dan referensi lain yang relevan dengan penelitian ini.

C. Jenis Data Penelitian

a) Data Kuantitatif

Data kuantitatif adalah informasi berupa angka atau data lain yang dapat diukur. Contoh data kuantitatif melibatkan *initial user* (peminat) di Kecamatan Ubud, jumlah *Homepass*, nilai parameter kualitas jaringan (daya pancar, daya terima, redaman), panjang kabel serat optik, dan sebagainya.

b) Data Kualitatif

Data kualitatif adalah informasi yang tidak diekspresikan dalam bentuk angka, melibatkan gambar, grafik, dan foto dokumentasi. Kompatibilitas tiang penyangga eksisting merupakan contoh data kualitatif dalam penelitian ini.

D. Teknik Pengumpulan Data

a) Metode Observasi

Metode observasi dilakukan dengan melakukan pengukuran langsung terhadap kualitas jaringan menggunakan instrumen yang relevan, seperti pengukuran rata-rata daya keluaran (Ptx) pada OLT sampai ke ONT.

b) Metode Kepustakaan

Metode kepustakaan melibatkan pengumpulan data melalui membaca literatur-literatur terkait dengan penelitian ini.

E. Instrumen Penelitian

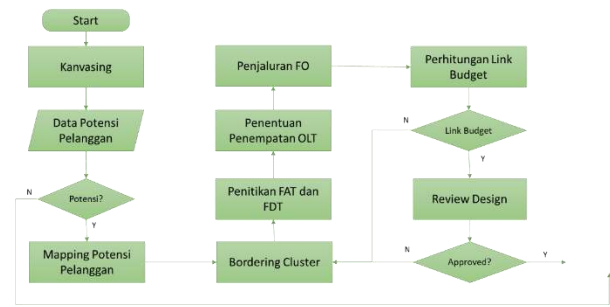
a) Perangkat Keras

Perangkat keras yang digunakan meliputi Laptop OS Windows 10, dan *Optical Power Meter* (OPM) untuk mengukur nilai daya terima perancangan.

b) Perangkat Lunak

Perangkat lunak yang digunakan melibatkan Optisystem untuk melakukan simulasi pengukuran daya, serta Google Earth Pro untuk perencanaan dan menampilkan gambar satelit.

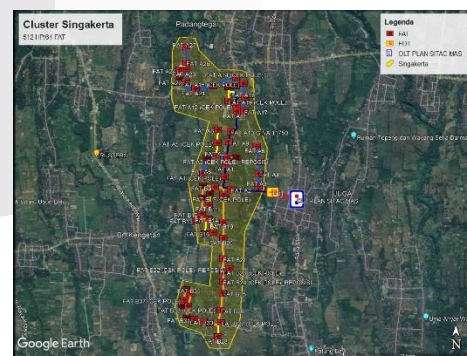
F. Perancangan Jaringan FTTH-GPON



Gambar 5 Prosedur desain jaringan FTTH GPON

1. Kanvasing, *canvassing* yang merujuk pada Survei atau Penelitian yang meliputi pengumpulan data pelanggan melalui survei atau penelitian lapangan.
2. Pendataan data potensial pelanggan dari hasil *cannvasing* yang telah dilakukan.
3. *Mapping* data pelanggan dan *bordering cluster*, untuk menentukan penempatan komponen-komponen/perangkat FTTH, dilakukan pada software Google Earth.
4. Melakukan penitikan FDT dan FAT, untuk jaringan ICONNET FAT/FDT di ditempatkan pada tiang-tiang PLN dengan bantuan mode satelit dari software Google Earth.
5. Menempatkan OLT (*Optical Line Termination*), OLT ditempatkan pada sentral atau titik tengah pada perancangan agar dapat mendapatkan redaman yang memenuhi standar pada setiap komponen.
6. Melakukan penjaluran kabel FO (*Fiber Optik*).
7. Membuat perhitungan *Link Budget*.
8. Apakah *link budget* memenuhi standar kelayakan ICON+ dengan redaman tidak melebihi – 25dB ?
9. Jika iya maka perancangan dapat di implementasikan.

G. Desain Akhir Jaringan FTTH Software Google Earth



Gambar 6 Cluster Singakerta

Gambar 6 merupakan desain dari jaringan FTTH dengan menggunakan Google Earth yang berlokasi di Singakerta, Kecamatan Ubud. Perumahan yang akan dicover jaringannya oleh PT Indonesia Comnets Plus (ICON+) yaitu berjumlah 512 rumah/homepass. Dengan 1 buah FDT dan 64 FAT sesuai analisis penggunaan *cascade splitter* 1:4 untuk FDT dan 1:8 untuk FAT.

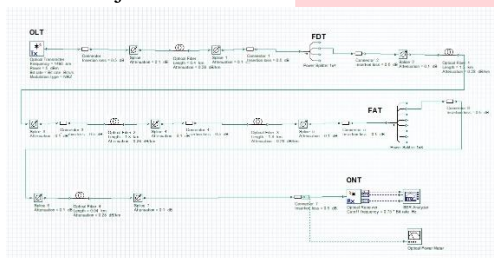
H. Desain Jaringan FTTH Software Optisystem

Desain FTTH pada Optisystem digunakan untuk melakukan simulasi *power link budget* dari perancangan yang telah dibuat, melalui dua arus perhitungan yaitu secara *downstream* dan *upstream*, simulasi yang dilakukan pada penelitian kali ini hanya berfokus pada perhitungan jarak terjauh dan terdekat dari OLT ke ONT.

• Downstream

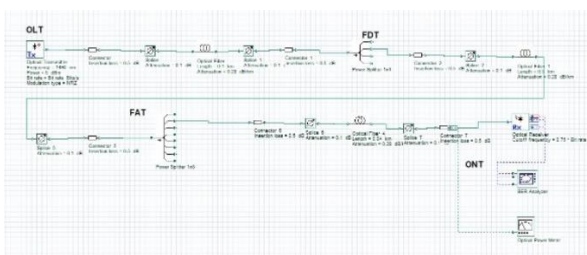
Simulasi perhitungan *downstream* dilakukan dari OLT sebagai pemancar sinyal optik dan melalui *passive splitter* FDT dan FAT hingga ke perangkat user. Dengan ketentuan untuk FDT menggunakan *splitter* 1:4 (7.25dB) dan FAT 1:8 (10.35dB) serta *wavelength* untuk *downstream* adalah 1490nm.

➤ Jarak terjauh



Gambar 7 downstream jarak terjauh

➤ Jarak terdekat

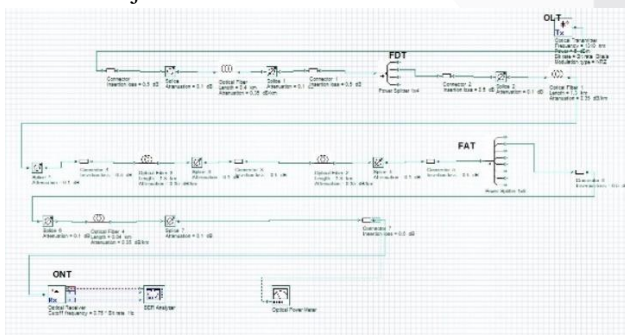


Gambar 8 downstream jarak terdekat

• Upstream

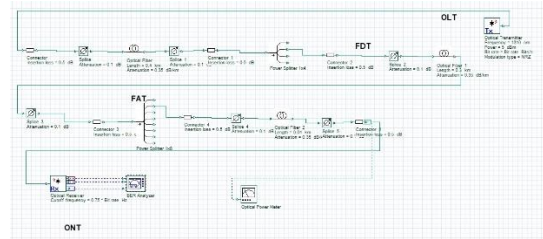
Simulasi perhitungan *upstream* dilakukan dari ONT sebagai penerima sinyal optik dan melalui *passive splitter* FAT dan FDT hingga ke OLT. Dengan ketentuan untuk FDT menggunakan *splitter* 1:4 (7.25dB) dan FAT 1:8 (10.35dB) serta *wavelength* untuk *upstream* adalah 1310nm.

➤ Jarak terjauh



Gambar 9 upstream jarak terjauh

➤ Jarak terdekat



Gambar 10 upstream jarak terdekat

IV. HASIL DAN PEMBAHASAN

A. Kajian Cluster

Dalam evaluasi perancangan jaringan FTTH *cluster* Singakerta, melibatkan analisis *link budget* dengan penerapan *cascade splitter* yang berbeda, perhitungan *Power Link Budget* melalui dua arah baik dari sisi *Upstream* maupun *Downstream*, serta juga perlu melakukan analisa dalam perincian *Bill of Quantity* (BoQ) untuk mendapatkan hasil yang optimal.

❖ Cascade Splitter

Analisis *Cascade Splitter* memegang peran krusial dalam perancangan *Fiber to the Home* (FTTH), karena memungkinkan efisiensi optimal dalam distribusi sinyal optik pada jaringan. *Cascade Splitter*, sebagai komponen pembagi daya, memainkan peran penting dalam membagi dan mendistribusikan sinyal optik ke berbagai terminal pelanggan. Dengan memahami karakteristik dan kinerja *Cascade Splitter*, dapat ditemukan solusi perancangan yang tepat untuk meminimalkan kerugian daya, dan meningkatkan kapasitas jaringan dalam layanan FTTH. Oleh karena itu, analisis menyeluruh terhadap *Cascade Splitter* menjadi kunci dalam memastikan keberhasilan implementasi FTTH yang efisien dan handal.

Diketahui panjang serat terjauh untuk masing-masing hierarki adalah sebagai berikut:

Table 1 Hierarki serat optik

Hierarki	Panjang (m)
Feeder	1500
Distribusi	1300
Lastmile	300

Selanjutnya adalah menghitung hasil link budget untuk berbagai arsitektur *splitter* yang berbeda, lalu membandingkannya dengan standar redaman maksimum yang ditetapkan oleh PT ICON+, yaitu -25 dB.

➤ Arsitektur 2-stage 4-8

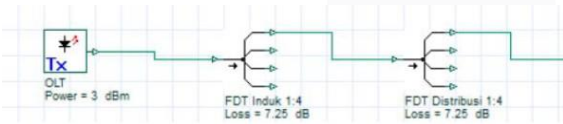


Gambar 11 splitter 4-8

Untuk simulasi redaman terhadap *splitter* 2-stage 4-8 sebagai berikut:

Table 2 Simulasi redaman splitter 4-8

Kategori	Deskripsi	Redaman	Jumlah	Total
FDT	PC	0.3	1	0.3
	ODF	0.05	1	0.05
	Panjang Kabel Feeder	0.35	1.5	0.525
	Splice FDT	0.05	0	0
	Connector FDT	0.6	1	0.6
	Splitter 1:4 x 1	7.25	1	7.25
	Connector Splitter	0.6	1	0.6
	PC	0.3	1	0.3
	Connector	0.6	1	0.05
FAT	Splice FAT	0.05	1	0.05
	Panjang Kabel FO Distribusi	0.35	1.3	0.455
	Splitter 1:8	10.38	1	10.38
	Connector	0.35	1	0.105
	Drop Cable	0.35	0.3	0
User	Rosset	0.05	0	0.3
	PC	0.3	1	
Total				20.965

➤ **Arsitektur 2-stage 4-4**

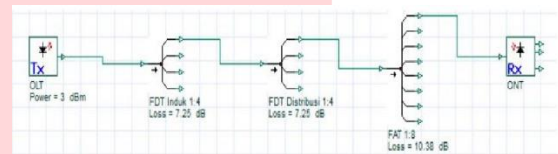
Gambar 12 Splitter 4-4

Untuk arsitektur 2-stage splitter 4-4, hasil simulasinya adalah sebagai berikut:

Table 3 Simulasi redaman splitter 4-4

Kategori	Deskripsi	Redaman	Jumlah	Total
FDT	PC	0.3	1	0.3
	ODF	0.05	1	0.05
	Panjang Kabel Feeder	0.35	1.5	0.525
	Splice FDT	0.05	0	0
	Connector FDT	0.6	1	0.6
	Splitter 1:4	7.25	1	7.25
	Connector Splitter	0.6	1	0.6
	PC	0.3	1	0.3
	Connector	0.6	1	0.05

FAT	Splice FAT	0.05	1	0.05
	Panjang Kabel FO Distribusi	0.35	1.3	0.455
	Splitter 1:4	7.25	1	7.25
	Connector	0.35	1	0.105
	Drop Cable	0.35	0.3	0
User	Rosset	0.05	0	0.3
	PC	0.3	1	
Total				17.835

➤ **Arsitektur 3-stage 4-4-8**

Gambar 13 Splitter 4-4-8

Untuk arsitektur 3-stage splitter 4-4-8, hasil simulasinya adalah sebagai berikut:

Table 4 Simulasi redaman splitter 4-4-8

Kategori	Deskripsi	Redaman	Jumlah	Total
FDT	PC	0.3	1	0.3
	ODF	0.05	1	0.05
	Panjang Kabel Feeder	0.35	1.5	0.525
	Splice FDT	0.05	0	0
	Connector FDT	0.6	1	0.6
	Splitter 1:4 x 2	15	1	15
	Connector Splitter	0.6	1	0.6
	PC	0.3	1	0.3
	Connector	0.6	1	0.05
FAT	Splice FAT	0.05	1	0.05
	Panjang Kabel FO Distribusi	0.35	1.3	0.455
	Splitter 1:8	10.35	1	10.35
	Connector	0.35	1	0.105
	Drop Cable	0.35	0.3	0
User	Rosset	0.05	0	0.3
	PC	0.3	1	
Total				28.715

Dengan menghitung jumlah *homepass* maksimum dengan persamaan (3), hasil simulasi *link budget* dapat dirangkum ke dalam tabel berikut:

Arsitektur	Splitter	Jumlah <i>Homepass</i> maks.	Redaman
2-stage	4-8	512	20.965
3-stage	4-4	256	17.835
3-stage	4-4-8	2048	28.715

Dapat dilihat dari table di atas, arsitektur 3-stage 4-4-8 menghasilkan redaman yang berada dalam kategori *bad* (buruk), serta melebihi standar yang telah ditetapkan ICON+ yaitu -25 dB, untuk arsitektur 4-4 menghasilkan redaman yang berada dalam kategori sangat baik, namun jumlah *homepass* maksimal. Belum memenuhi total potensi pada daerah Kecamatan Singakerta yaitu sebanyak 512 *homepass*.

Bedasarkan pertimbangan kebutuhan *homepass* dan redaman di atas, maka arsitektur yang akan digunakan untuk cluster Singakerta adalah 2-stage *splitter* 4-8.

B. Hasil Perhitungan Power Link Budget

Pada perancangan jaringan FTTH di wilayah Singakerta penulis melakukan analisa perhitungan *power link budget*, hal ini dilakukan untuk mengetahui daya terima tidak melebihi dari batas minimal yang di terima oleh penerima. Biasanya diterapkan selisih pada batas minimal daya yang diterima oleh penerima agar menjaga kualitas dari layanan, sehingga batas minimal daya yang diterima penerima sesuai dengan standar kelayakan yang sudah ditetapkan ICON+ yaitu -25 dB

Analisa perhitungan dilakukan dengan dua cara yaitu secara teoritis dan perhitungan *real* menggunakan OPM. Perhitungan akan mengacu pada dua sampel dengan jarak terdekat dan terjauh dari OLT sampai ONT. Dimana untuk jarak terjauh ada di FAT-033 dengan jarak total yaitu 4.34 km dan jarak terdekat ada di FAT-001 dengan jarak sekitar 0.7 km. Perhitungan dilakukan dengan dua arah yaitu *downstream* dengan panjang gelombang 1490 nm (OLT menuju ONT) dan *upstream* dengan panjang gelombang 1310 nm (ONT menuju OLT).

Perhitungan dilakukan untuk FAT jarak terdekat dan terjauh dari OLT-ONT yang telah dirancang dan akan sajikan dalam bentuk tabel. Pada tabel tersebut akan berisi nilai daya terima (Prx) baik downstream maupun upstream, lalu akan di analisis parameter kelakannya apakah sudah sesuai standar dari ICON+ atau tidak. Untuk melakukan perhitungan perlu memperhatikan setiap standar redaman perangkat *passive* dan *attenuation* perangkat FTTH. Berikut ini standar redaman dalam perancangan menurut ICON+ pada tabel berikut:

No	Uraian	Standar Redaman (dB)	
1.	Kabel FO/km	0.35	
2.	<i>Splitter</i>	1:2	3.70
		1:4	7.25
		1:8	10.38
		1:16	14.10

		1:32	17.45
3.	Konektor	SC/UPC	0.25
		SC/APC	0.35
4.	Sambungan/ <i>Splice</i>	di kabel <i>feeder</i>	0.10
		di kabel distribusi	
		di <i>drop</i> kabel	

a) Perhitungan Power Link Budget Jarak Terjauh

Posisi terjauh ONT dari OLT/POP yang berada di PLN Distribusi SITAC MAS yang berjarak sekitar 4.34 km dengan melewati OLT-FDT-FAT-ONT. Menggunakan pasif *splitter* 1:4 pada FDT dengan redaman ≤ 7.25 dB dan pasif *splitter* 1:8 yang berada pada FAT memiliki redaman ≤ 10.38 dB. Perhitungan menggunakan persamaan (1).

➤ Downstream

$$\alpha_{total} = (L. \alpha_{serat}) + (N_c. \alpha_c) + (N_s. \alpha_s) + N_{S_p} + \alpha_{S_p}$$

$$\alpha_{total} = (4.34 \times 0.28) + (8 \times 0.5) + (8 \times 0.1) + (7.25 + 10.38)$$

$$\alpha_{total} = 23.64$$

Dari hasil perhitungan tersebut, maka redaman total (dB) yang didapatkan sebesar 23.641. Nilai redaman tersebut berada dibawah nilai redaman maksimal yang sudah ditetapkan oleh ITU-I yaitu sebesar -28 dB. Oleh karena itu dari sisi redaman total rancangan tersebut telah memenuhi syarat.

Selanjutnya adalah mengalkulasi daya terima (Prx) menggunakan nilai daya transmisi standar dari OLT, yaitu 5. Nilai ini merupakan standar yang umum digunakan oleh ICON+. Perhitungan Prx menggunakan persamaan (2), dan hasil perhitungan dapat dilihat untuk jalur Upstream berikut ini,

$$PRx = PTx - \alpha_{tot}$$

$$PRx = 5 - 23.641$$

$$PRx = -18.641 \text{ dBm}$$

Dari perhitungan tersebut didapatkan daya terima atau power *receiver* (Prx) sebesar -18.64 dB. Hal ini membuktikan bahwa nilai tersebut telah memenuhi syarat dari standar yang diharapkan yaitu -8 dBm sampai -25 dBm.

➤ Upstream

$$\alpha_{total} = (L. \alpha_{serat}) + (N_c. \alpha_c) + (N_s. \alpha_s) + N_{S_p} + \alpha_{S_p}$$

$$\alpha_{total} = (4.34 \times 0.35) + (8 \times 0.5) + (8 \times 0.1) + (7.25 + 10.38)$$

$$\alpha_{total} = 24.949$$

Dari hasil perhitungan tersebut, maka redaman total (dB) yang didapatkan sebesar 24.949. Nilai redaman tersebut berada dibawah nilai redaman maksimal yang sudah ditetapkan oleh ITU-I yaitu sebesar 28 dB. Oleh karena itu dari sisi redaman total rancangan tersebut telah memenuhi syarat.

Langkah berikutnya adalah mengalkulasi daya terima (Prx) menggunakan nilai daya transmisi standar dari OLT, yaitu 5. Nilai ini merupakan standar yang umum digunakan oleh ICON+. Perhitungan Prx menggunakan persamaan (2), dan hasil perhitungan dapat dilihat untuk jalur *Upstream* berikut ini,

$$PR_x = PT_x - \alpha_{tot}$$

$$PR_x = 5 - 24.949$$

$$PR_x = -19.949 \text{ dBm}$$

Dari perhitungan tersebut didapatkan daya terima atau *power receiver* (Prx) sebesar -17.28 dB. Hal ini membuktikan bahwa nilai tersebut telah memenuhi syarat dari standar yang diharapkan yaitu -8 dBm sampai -25 dBm.

b) Perhitungan Power Link Budget Jarak Terdekat

Posisi ONT terdekat dari perancangan ini berjarak sekitar 0.7 km dari lokasi OLT/POP yang berada pada PLN Distribusi SITAC MAS dengan melalui OLT-FDT-FAT-ONT. Menggunakan pasif splitter 1:4 yang terdapat pada FDT dengan redaman ≤ 7.25 dB dan pasif splitter 1:8 pada FAT dengan redaman ≤ 10.35 dB. Perhitungan menggunakan persamaan (1).

➤ Downstream

$$\alpha_{total} = (0.7 \times 0.28) + (6 \times 0.5) + (6 \times 0.1) + (7.25 + 10.38)$$

$$\alpha_{total} = 21.426$$

Dari hasil perhitungan tersebut, maka redaman total (dB) yang didapatkan sebesar 21.426. Nilai redaman tersebut berada dibawah nilai redaman maksimal yang sudah ditetapkan oleh ITU-I yaitu sebesar 28 dB. Oleh karena itu dari sisi redaman total rancangan tersebut telah memenuhi syarat.

Selanjutnya adalah mengalkulasi daya terima (Prx) menggunakan nilai daya transmisi standar dari OLT, yaitu 5. Nilai ini merupakan standar yang umum digunakan oleh ICON+. Perhitungan Prx menggunakan persamaan (2), dan hasil perhitungan dapat dilihat untuk jalur *Upstream* berikut ini,

$$PR_x = PT_x - \alpha_{tot}$$

$$PR_x = 5 - 21.426$$

$$PR_x = -16.426 \text{ dBm}$$

Dari perhitungan tersebut didapatkan daya terima atau *power receiver* (Prx) sebesar -16.62 dB. Hal ini membuktikan bahwa nilai tersebut telah memenuhi syarat dari standar yang diharapkan yaitu -8 dBm sampai -25 dBm.

➤ Upstream

$$\alpha_{total} = (0.7 \times 0.35) + (6 \times 0.5) + (6 \times 0.1) + (7.25 + 10.38)$$

$$\alpha_{total} = 21.475 \text{ dB}$$

Dari hasil perhitungan tersebut, maka redaman total (dB) yang didapatkan sebesar 21.475 dB. Nilai redaman tersebut berada dibawah nilai redaman maksimal yang sudah ditetapkan oleh ITU-I yaitu sebesar 28 dB. Oleh karena itu dari sisi redaman total rancangan tersebut telah memenuhi syarat.

Selanjutnya adalah mengalkulasi daya terima (Prx) menggunakan nilai daya transmisi standar dari OLT, yaitu 5. Nilai ini merupakan standar yang umum digunakan oleh ICON+. Perhitungan Prx menggunakan persamaan (2), dan hasil perhitungan dapat dilihat untuk jalur *Upstream* berikut ini,

$$PR_x = PT_x - \alpha_{tot}$$

$$PR_x = 5 - 21.475$$

$$PR_x = -16.475 \text{ dBm}$$

Dari perhitungan tersebut didapatkan daya terima atau *power receiver* (Prx) sebesar -16.80 dB. Hal ini membuktikan bahwa nilai tersebut telah memenuhi syarat dari standar yang diharapkan yaitu -8 dBm sampai -25 dBm.

Berikut ini merupakan tabel hasil perhitungan redaman total (α_{tot}) dan daya terima (Prx) secara *downstream* dan *upstream* :

FAT	DATA	Jarak	Hasil Perhitungan (Manual)
FAT-001	Upstream	Terdekat	-16.475
	Downstream	Tedekat	-16.426
FAT-033	Upstream	Tejauh	-19.949
	Downstream	Terjauh	-18.641

C. Hasil Simulasi Menggunakan Software Optisystem Downstream



Gambar di atas merupakan hasil pengukuran dari OPM untuk jarak terjauh pada FAT-033, dari gambar didapatkan hasil bahwa nilai daya terima yaitu -18.589 dBm, hasil tersebut sudah memenuhi standar PT. Indonesia Comnets Plus (ICON+) dan ITU-T bahwasannya nilai daya terima tidak boleh lebih dari -25 dBm. Maka dari itu bisa di simpulkan bahwa hasil tersebut dapat di katakan layak.

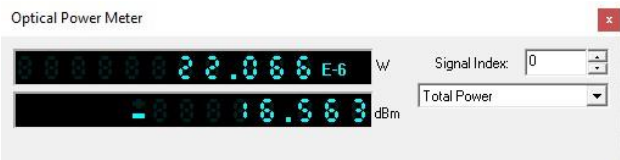


Gambar di atas merupakan hasil pengukuran dari OPM untuk jarak terdekat pada FAT-001, dari gambar tersebut didapatkan hasil bahwa nilai daya terima yaitu -16.511 dBm, hasil tersebut sudah memenuhi standar PT. Indonesia Comnets Plus (ICON+) dan ITU-T bahwasannya nilai daya terima tidak boleh lebih dari -25 dBm. Maka dari itu bisa di simpulkan bahwa hasil tersebut dapat di katakan layak.

D. Hasil Simulasi Menggunakan Software Optisystem Upstream



Gambar di atas merupakan hasil pengukuran dari OPM untuk jarak terjauh pada FAT-033, dari gambar tersebut didapatkan bahwa nilai daya terima yaitu -19.023 dBm, hasil tersebut sudah memenuhi standar PT. Indonesia Comnets Plus (ICON+) dan ITU-T bahwasannya nilai daya terima tidak boleh lebih dari -25 dBm. Maka dari itu bisa di simpulkan bahwa hasil tersebut dapat di katakan layak.



Gambar di atas merupakan hasil pengukuran dari OPM untuk jarak terdekat pada FAT-001, dari gambar tersebut didapatkan hasil bahwa nilai daya terima yaitu -16.563 dBm, hasil tersebut sudah memenuhi standar PT. Indonesia Comnets Plus (ICON+) dan ITU-T bahwasannya nilai daya terima tidak boleh lebih dari -25 dBm. Maka dari itu bisa di simpulkan bahwa hasil tersebut dapat di katakan layak.

E. Perbandingan Hasil Pengukuran Link Budget OPM (Optical Power Meter)

Berikut ini merupakan perbandingan pengukuran OPM secara manual, simulasi optisystem serta hasil pengukuran menggunakan alat ukur OPM secara real di lapangan, sample perhitungan berdasarkan pengukuran *Downstream* jarak terdekat pada FAT-001 dengan panjang gelombang 1310nm.

Pengukuran	Hasil	Nilai Daya
Secara Manual (FAT-001) <i>downstream</i>	Redaman Total: $\alpha_{total} = (L_{aserat}) + (N_c \cdot \alpha_c) + (N_s \cdot \alpha_s) + NS_p + \alpha S_p$ $\alpha_{total} = (0.7 \times 0.28) + (6 \times 0.5) + (6 \times 0.1) + (7.25 + 10.38)$ $\alpha_{total} = 21.426$ Daya Terima: $P_{Rx} = P_{Tx} - \alpha_{tot}$ $P_{Rx} = 5 - 21.426$ $P_{Rx} = -16.426 \text{ dBm}$	-16.426 dBm
Simulasi Optisystem (FAT-001) <i>downstream</i>		-16.511 dbm
Alat ukur OPM (FAT-001) <i>downstream</i>		-15.43 dBm

Dari tabel di atas perhitungan *downstream* yang dihasilkan untuk jarak terdekat perhitungan secara manual nilai Prx sebesar -16.426 dBm, untuk perhitungan simulasi menggunakan optisystem didapatkan Prx sebesar -16.511 dbm, serta untuk perbandingan hasil daya terima (Prx) menggunakan alat ukur OPM tidak berbeda jauh yaitu -15.43dBm sehingga dapat disimpulkan bahwa perancangan yang dilakukan sudah sesuai. Dari perhitungan tersebut dapat dikatakan memenuhi standar kelayakan dari ICON+ yaitu maksimal 25dBm.

Pengukuran	Hasil	Nilai Daya
Secara Manual (FAT-001) <i>upstream</i>	Redaman Total: $\alpha_{total} = (L_{aserat}) + (N_c \cdot \alpha_c) + (N_s \cdot \alpha_s) + NS_p + \alpha S_p$ $\alpha_{total} = (0.7 \times 0.35) + (6 \times 0.5) + (6 \times 0.1) + (7.25 + 10.38)$ $\alpha_{total} = 21.475 \text{ dB}$ Daya Terima: $P_{Rx} = P_{Tx} - \alpha_{tot}$ $P_{Rx} = 5 - 21.475$ $P_{Rx} = -16.475 \text{ dBm}$	-16.475 dBm
Simulasi Optisystem (FAT-001) <i>upstream</i>		-16.563 dbm
Alat ukur OPM (FAT-001) <i>upstream</i>		-16.43 dBm

Dari tabel di atas perhitungan *upstream* yang dihasilkan untuk jarak terdekat perhitungan secara manual nilai Prx sebesar -16.475 dBm, untuk perhitungan simulasi menggunakan optisystem didapatkan Prx sebesar -16.563 dbm, serta untuk perbandingan hasil daya terima (Prx) menggunakan alat ukur OPM tidak berbeda jauh yaitu -16.43dBm sehingga dapat disimpulkan bahwa perancangan yang dilakukan sudah sesuai. Dari perhitungan tersebut dapat dikatakan memenuhi standar kelayakan dari ICON+ yaitu maksimal 25dBm.

F. Analisa Gangguan Jaringan Pada FTTH

Analisa gangguan jaringan pada jaringan FTTH (Fiber-to-the-Home) menjadi langkah kritis untuk memastikan keandalan dan kinerja optimal. Pertama, proses ini melibatkan pemantauan konstan terhadap faktor-faktor potensial yang dapat mengganggu transmisi serat optik, seperti interferensi elektromagnetik atau kerusakan fisik pada kabel serat itu sendiri. Melalui pemantauan ini, dapat diidentifikasi dan dianalisis potensi titik kegagalan atau gangguan dalam jaringan, memungkinkan tim teknis untuk merespons dengan cepat dan efektif.

Selanjutnya, analisis gangguan pada jaringan FTTH juga memperhitungkan faktor internal, seperti kegagalan

perangkat keras atau perangkat lunak. Identifikasi kerusakan perangkat aktif atau masalah dalam konfigurasi perangkat lunak dapat membantu meningkatkan kecepatan respons dan meminimalkan downtime. Melibatkan tim yang terlatih dan peralatan pemantauan yang canggih dapat mempercepat proses identifikasi dan memungkinkan perbaikan yang lebih efisien.

Terakhir, dokumen hasil analisis gangguan menjadi dasar untuk perbaikan dan peningkatan jaringan FTTH. Informasi yang diperoleh dari analisis ini dapat digunakan untuk merancang strategi pemeliharaan preventif, memastikan keandalan jaringan dalam jangka panjang, serta meningkatkan kepuasan pelanggan dengan memberikan layanan yang lebih handal dan responsif

V. KESIMPULAN

Berdasarkan hasil perancangan, perhitungan dan simulasi yang dilakukan pada perancangan FTTH *cluster* Singakerta, didapatkan beberapa kesimpulan yang dapat diambil : 1. Hasil perancangan jaringan FTTH di *cluster* Singakerta menggunakan *cascade splitter* 4-8 untuk mendapatkan maksimal 512 HP, dengan menggunakan 1 buah FDT dan 64 FAT. 2. Berdasarkan analisa penggunaan *cascade-splitter* perancangan jaringan FTTH *cluster* Singakerta menggunakan splitter 4-8 dengan ketentuan *splitter* FDT 1:4 dan FAT 1:8, berdasarkan analisa redaman total yang dihasilkan 20.9 dB, dapat dikatakan layak karena tidak melebihi standar ICON+ yaitu -25 dB. 3. Besarnya nilai daya terima (Prx) didapatkan dari hasil perhitungan manual dan simulasi. Untuk perhitungan jarak terjauh *downstream* sebesar -18.641 dBm dan *upstream* sebesar -19.949 dBm dan untuk jarak terdekat pada *downstream* -16.426 dBm. Dan *upstream* -16.475. Sedangkan hasil simulasi dari *software* optisystem, untuk perhitungan jarak terjauh *downstream* sebesar -18.589 dan *upstream* sebesar -19.023 dBm dan untuk jarak terdekat pada *downstream* -16.511 dBm dan *upstream* sebesar -16.563 dBm. Berdasarkan

perhitungan dan simulasi yang dilakukan dapat diambil kesimpulan bahwa perancangan jaringan FTTH pada *cluster* Singakerta dapat dikatakan layak karena daya terima memenuhi standar dari perusahaan ICON+ kurang yaitu -25 dBm.

REFERENSI

- [1] "Tentang kami," [Online]. Available: <http://plniconplus.co.id/about/>.
- [2] a. fkt, "PLN Merilis Layanan Internet Mereka Yang Bernama Iconnet," in *Universitas Alma Ata*, Yogyakarta, 2021.
- [3] M. B. N. PUTRA, "Perancangan dan Implementasi jaringan distribusi serat optik point to multipoint pada infrastruktur Icon+ Di Kecamatan Tabanan," Universitas Udayana, Jember, 2022.
- [4] M. I. PRANANDA, "PERANCANGAN DAN ANALISIS JARINGAN FIBER TO THE HOME STROOMNET DI BANDAR LAMPUNG," Universitas Telkom, Bandung, 2021.
- [5] S. M. Hanif Abdullah, Instalasi Sederhana Jaringan LAN menggunakan Kabel Fiber Optik, Jombang: Lembaga Penelitian dan Pengabdian kepada Masyarakat Universitas KH. A. Wahab Hasbullah, 2021.
- [6] D. Kho, "Komponen Elektronika," Teknik Elektronika, [Online]. Available: <https://teknikelektronika.com/pengertian-fiber-optik-optical-fiber-jenis-jenis-fiber-optik/>.
- [7] "teknik elektronika," 2022, 2023. [Online]. Available: teknikelektronika.com. [Accessed 1 Juli 2023].
- [8] K. A. Rong Zhao, "'FTTH Handbook, Creating a bright future," *FTTH Council Europe*, 2014.