

# Analisis Power Budget pada Perancangan Jaringan Akses Fiber To The Home (FTTH) pada Perumahan D'east Townhouse Cimanggis

Alfito Danies Widayadi<sup>1</sup>, Fajar Rahayu<sup>\*2</sup>, Achmad Zuchriadi<sup>3</sup>

<sup>1,2,3</sup> Teknik Elektro, Fakultas Teknik, Universitas Pembangunan Nasional Veteran Jakarta  
Email: <sup>1</sup>alfitowdyd@gmail.com, <sup>2</sup>fajarrahayu@upnvj.ac.id, <sup>3</sup>acmad.zp@upnvj.ac.id

## Abstrak

Jaringan *Fiber To The Home* (FTTH) yang menggunakan teknologi GPON, sudah dapat diimplementasikan di perumahan baru. Hal ini sebagai penunjang untuk komunikasi internet yang lebih baik. Parameter yang diterapkan dalam menguji kelayakan adalah *Power Budget*. Untuk memastikan kualitas transmisi data fiber optik dihitung dari daya yang dikirim penyedia layanan ke rumah pelanggan. Penelitian ini bertujuan untuk mengevaluasi kualitas akseptabilitas berbagai desain *splitter* (1:4, 1:8, 1:16, 1:32) dengan menganalisis nilai yang dihitung secara manual dan pengukuran simulasi desain. Analisis dilakukan dengan menggunakan perangkat lunak OptiSystem yang mencakup jarak OLT hingga ONT mulai dari jarak terdekat hingga terjauh, termasuk jarak menengah. Supaya didapat identifikasi desain *splitter* yang menunjukkan tingkat kualitas penerimaan tertinggi. Nilai yang didapatkan melalui perhitungan maupun simulasi mendapatkan hasil yang hampir sama dan tidak memiliki selisih perbedaan yang besar. Dari hasil analisis nilai *power budget* menunjukkan bahwa perancangan dengan ODP *splitter* 1:4 dengan nilai -21.718 dBm perhitungan, -21.711 dBm simulasi, memiliki kualitas daya terima yang paling baik dibanding *splitter* 1:8, 1:16, 1:32 dan layak untuk diimplementasikan.

**Kata kunci:** FTTH, ODP *splitter*, Optisystem, *power budget*.

## Abstract

The *Fiber to The Home* (FTTH) network which uses GPON technology can now be implemented in new housing. This is a support for better internet communication. The parameter applied in testing feasibility is *Power Budget*. To ensure the quality of fiber optic data transmission, it is calculated from the power sent by the service provider to the customer's home. This study aims to evaluate the acceptability quality of various *splitter* designs (1:4, 1:8, 1:16, 1:32) by analyzing manually calculated values and design simulation measurements. Analysis was carried out using OptiSystem software which covers the OLT to ONT distance from the closest to the farthest, including medium distance. In order to identify the *splitter* design that shows the highest level of reception quality. The values obtained through calculations and simulations produce almost the same results and do not have large differences. From the results of the analysis of *power budget* values, it shows that the design with a 1:4 ODP *splitter* with a value of -21,718 dBm calculated, -21,711 dBm simulated, has the best received power quality compared to *splitters* 1:8, 1:16, 1:32 and is suitable for use. implemented.

**Keywords:** FTTH, ODP *splitter*, OptiSystem, *power budget*.

## 1. Pendahuluan

Fiber To The Home (FTTH) [1] merupakan pemanfaatan kabel serat optik untuk konektivitas internet pribadi atau perumahan. Sistem komunikasi optik telah terbukti sangat efisien dalam mentransmisikan berbagai bentuk informasi digital, termasuk suara, video, dan data. Untuk memenuhi kebutuhan itu diperlukan suatu jaringan yang baik, dengan kapasitas bandwidth besar dengan penambahan kapasitas yang mudah, performansi baik, tinggi tingkat ketersediaan, dan fleksibilitas yang baik. Banyak operator jaringan merekomendasikan dan menggunakan teknologi *Gigabit Passive Optical Network* (GPON) [2][3] yang merupakan teknologi telekomunikasi yang memanfaatkan kabel serat optik untuk mengirimkan data dengan kecepatan tinggi. GPON merupakan teknologi akses data yang termasuk dalam kategori *Broadband Access*, khususnya yang memanfaatkan kabel serat optik.

Dibanding dengan data seluler yang sudah dimiliki pada *smartphone*, [5] masyarakat modern terlebih lagi yang memiliki rumah lebih menginginkan koneksi Wi-Fi di rumahnya karena koneksi internet yang tidak terbatas tanpa mengurangi data seluler pada *smartphone*, efisien dapat mengakses internet pada beberapa perangkat secara bersamaan, hiburan film, *video*

*game*, sosial media melalui perangkat yang bisa diakses Wi-Fi seperti *smart TV*, Komputer, Laptop secara tak terbatas, dan keuntungan lainnya. Munculnya layanan *Triple Play Service* yang berarti pelanggan dapat menikmati layanan data, suara, dan video dalam satu jaringan yang membuat FTTH ini banyak diminati.

Saat merancang jaringan FTTH, penting untuk mempertimbangkan batas jarak maksimum 20 kilometer untuk memastikan penerimaan layanan yang tepat oleh pelanggan pada teknologi GPON. Jarak yang diukur berasal dari kantor utama penyedia layanan (STO) disebut sebagai *Optical Line Terminal* (OLT). Menggunakan sinyal optik dari hilir atau downstream dengan panjang gelombang 1490 nm dan sinyal optik dari hulu atau upstream dengan panjang gelombang 1310 nm untuk mengirim data, suara, dan video digital. Sinyal optik pada panjang gelombang 1310 nm dan 1490 nm digabungkan menggunakan *coupler* kemudian ditransmisikan secara bersamaan ke pelanggan. Jaringan FTTH memfasilitasi transmisi beragam informasi secara bersamaan di tiga panjang gelombang berbeda, yang disebarkan ke berbagai arah dalam satu kabel serat optik. Komponen pada FTTH teknologi GPON membutuhkan perangkat OLT, FTM, ODC, ODP, ONT, serat optik, *passive splitter*, [4] konektor, dan *splicing*.

Serat optik juga dikenal sebagai *fiber optic* adalah media transmisi berkecepatan tinggi yang terdiri dari kaca atau plastik yang sangat tipis. Serat optik ini memfasilitasi transfer data dalam jumlah besar secara efisien dengan memanfaatkan cahaya sebagai media transmisi. Sumber cahaya laser dan LED banyak digunakan dalam berbagai pengaplikasian dalam media fiber optik. Diameter kabel ini diperkirakan berukuran sekitar 120 mikrometer. Pemanfaatan saluran komunikasi ini sangat menguntungkan karena kecepatan transmisi serat optik yang luar biasa, sehingga penggunaan serat optik sangat menunjang teknologi FTTH.

Dalam penelitian ini dilakukan survey pendataan homepass pengguna indihome pada perumahan di sekitar STO Cibubur dan perumahan D'East Townhouse [6] saat ini untuk melihat kelayakan dan kecocokan *provider* FTTH untuk digunakan pada sebuah perumahan D'East Townhouse. Data yang diperoleh menyatakan bahwa beberapa perumahan tersebut memiliki lebih dari 70% homepass pengguna FTTH di setiap perumahannya. Perancangan FTTH Provider indihome pada perumahan D'East Townhouse sangat layak digunakan karena koneksi yang stabil, akses yang mudah, dan sudah sebagian besar masyarakat memilih menggunakan provider Indihome pada area perumahan serupa di sekitar perumahan D'East Townhouse Cimanggis.

Tabel 1. Data Pengguna Indihome Pada Perumahan Sekitar D'east Townhouse

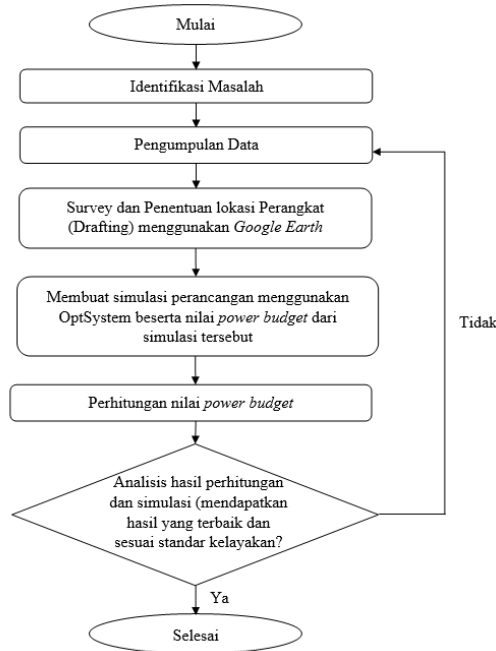
Perumahan	Unit	Unit pelanggan Indihome
Puri Cibubur Permai	45	100%
Pondok Cibubur Indah	22	77,2%
The Dandelion Pondok Cibubur	14	100%
Pesona Cibubur Residence	40	75%
Puri Kencana Permai 1	30	83,3%
Puri Kencana Permai 2	64	79,6%

Langkah selanjutnya melibatkan desain jaringan akses yang memerlukan identifikasi lokasi dan perangkat yang cocok untuk digunakan. Analisis ini dilakukan untuk menilai kelayakan sistem melalui pemanfaatan perangkat lunak simulasi, OptiSystem, dan penerapan perhitungan teoritis. Pada penelitian ini untuk menghitung desain jaringan FTTH menggunakan Power Budget. Tujuan dari *Power Budget* adalah untuk menentukan alokasi daya yang diperlukan untuk penerima guna memastikan bahwa tingkat daya yang diterima tidak melebihi batas sensitivitas daya terima maksimum. Perhitungan *Power Budget* bertujuan untuk menentukan redaman atau kerugian kumulatif dan rentang daya yang diizinkan antara daya keluaran pemancar (*transmitter*) dan sensitivitas penerima (*receiver*).

Perancangan FTTH pada perumahan D'East Townhouse dengan standar PT. Telkom Indonesia beserta simulasinya dengan *software* OptiSystem, dilakukan dengan menggunakan *splitter* pada ODP yg berbeda yaitu dengan *splitter* 1:4, 1:8, 1:16, 1:32. Daya terima yang didapatkan dari perhitungan dan simulasi dianalisis untuk menghasilkan perancangan yang menghasilkan kualitas daya terima yang paling baik.

## 2. Metode Penelitian

Tahapan-tahapan penelitian secara garis besar digambarkan dalam diagram alir (*flowchart*) berikut:

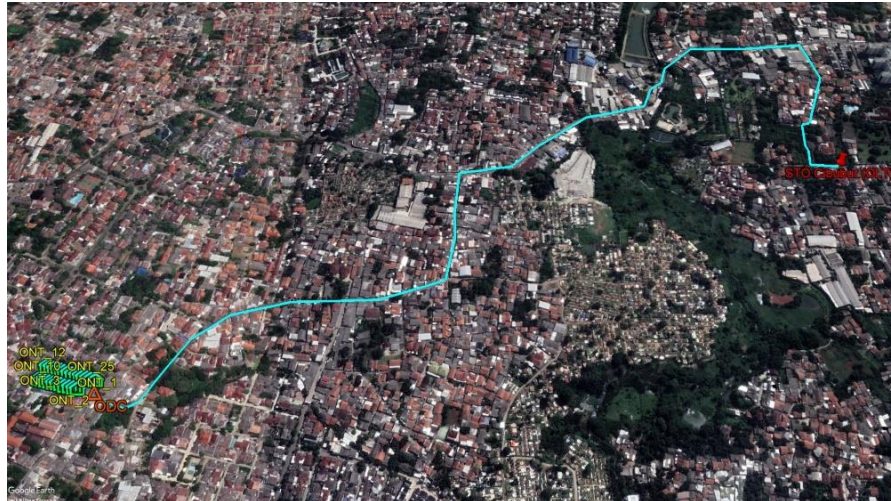


Gambar 1. Flowchart Tahapan Penelitian

Berdasarkan alur penelitian yang ditampilkan pada gambar 1, tahap pertama dilakukan identifikasi masalah, yaitu membandingkan data seluler pada *smartphone* terhadap kebutuhan koneksi Wi-Fi di rumah. Koneksi Wifi lebih diinginkan karena koneksi yang tidak terbatas, dapat dipakai beberapa perangkat, dan lebih stabil koneksinya. Lokasi perumahan yang dipilih merupakan perumahan baru yang sedang dibangun yaitu D'East Townhouse untuk diimplementasikan jaringan FTTH. Spesifikasi dari perangkat yang akan digunakan dapat ditentukan dengan standar perangkat PT. Telkom Indonesia di sekitar lokasi penelitian dan menggunakan ODP *splitter* 1:4, 1:8, 1:16, 1:32 untuk analisa. Data dan hasil perhitungan selanjutnya diolah agar didapatkan dasar untuk memulai perancangan, melakukan simulasi dengan perangkat lunak OptiSystem dan analisis perhitungan *Power Budget*. Hasil analisis dievaluasi untuk menentukan rancangan dengan ODP *splitter* terbaik untuk menghasilkan kualitas daya terima yang paling baik.

### 2.1. Pengumpulan Data

Pada tahap ini dilakukan pengumpulan data dengan melakukan survey langsung maupun *drafting* menggunakan aplikasi Google Earth Pro. Perangkat-perangkat yang digunakan menggunakan perangkat yang digunakan oleh PT. Telkom. Berikut data yang diperlukan untuk melakukan perancangan jaringan FTTH:



Gambar 2. Rancangan FTTH OLT-ONT

### 1. Lokasi

Perumahan baru dipilih pada perancangan ini bertujuan untuk melengkapi kebutuhan pengguna yang menginginkan jaringan FTTH ke perumahannya. Perumahan D'East Townhouse Cimanggis dipilih sebagai lokasi untuk pengimplementasian teknologi GPON pada jaringan akses FTTH dan STO terdekat dari perumahan adalah STO Cibubur. Perumahan tersebut akan memiliki 25 rumah. Kabel yang digunakan adalah kabel optik jenis single mode G.652D menggunakan sistem aerial. Dilakukan penarikan kabel feeder dari STO Cibubur hingga ke ODC yang digunakan yaitu ODC baru yang terletak 100meter diluar area perumahan D'East Townhouse untuk memenuhi kapasitas kebutuhan pelanggan baru, dibutuhkan 1 buah ODC, lalu ditambahkan kabel distribusi dari ODC hingga ke ODP terjauh, dan menggunakan kabel drop dari ODP ke masing-masing ONT pelanggan seperti terlihat pada gambar 2. Adapun spesifikasi kabel yang digunakan terlihat pada tabel 2[7].

Tabel 2. Spesifikasi Kabel Optik G.652D

Parameter	Spesifikasi	Satuan
Attenuation at 1490 nm	≤ 0,28	dB/Km
Attenuation at 1310 nm	≤ 0,35	dB/Km

### 2. Optical Line Terminal (OLT)

OLT berada di STO Cibubur sebagai *power transmitter*. Sebelum didistribusikan kabel dihubungkan ke *fiber termination module* (FTM). FTM menerima kabel serat optik yang datang dari OLT sebelum dihubungkan ke kabel feeder yang akan menyebarkan sinyal optik[8] ke titik-titik distribusi. OLT perancangan ini menggunakan OLT seperti terlihat di tabel 3, dari ZTE dengan kode produksi ZXA10 C300.

Tabel 3. Spesifikasi OLT ZTE ZXA10 C300 [9]

Parameter	Spesifikasi	Satuan
Optical Transmit Power	3	dBm
Downlink Wavelength	1490	Nm
Uplink Wavelength	1310	Nm
Downstream Rate	2,488	Gbps
Upstream Rate	1,244	Gbps
Lebar Spectral	1	Nm
Max. Receiver Sensitivity	-28	dBm
Max. Transmission Distance	60	Km
Power Supply (DC)	-48	V

### 3. Optical Network Terminal (ONT)

ONT sebagai receiver berada di sisi pelanggan. Sesuai dengan perumahan D'East Townhouse yang akan memiliki 25 rumah, dibutuhkan 25 ONT untuk masing-masing rumah. ONT

dipakai untuk menerima transmisi data *downstream* dan mengirim transmisi data *upstream*. ONT yang digunakan adalah ONT merk ZTE ZXA10 F660 yang dijelaskan pada tabel 4.

Tabel 4. Spesifikasi OLT ZTE ZXA10 F660[10]

Parameter	Spesifikasi	Satuan
Optical Transmit Power	0,5	dBm
Downlink Wavelength	1490	Nm
Uplink Wavelength	1310	Nm
Downstream Rate	2,488	Gbps
Upstream Rate	1,244	Gbps
Power Consumption	15	Watt
Max. Receiver Sensitivity	-28	dBm
Max. Transmission Distance	60	Km
Power Supply (DC)	-48	V

#### 4. Konektor

Jenis Konektor yang digunakan adalah *Subscriber Connector* (SC) sebagai penghubung frame input dan output pada masing masing perangkatnya. Adapun spesifikasi dari konektor dijabarkan pada tabel 5.

Tabel 5. Spesifikasi Perangkat Konektor

Parameter	Spesifikasi	Satuan
Fiber Type	SC/UPC	
Connector	≤0,25	dB
Adaptor	≤0,25	dB
Fusion Splice	0,05~0,1	dB

#### 5. Passive Splitter (PS)

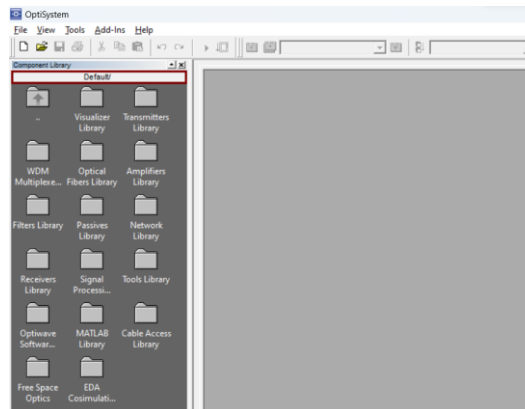
*Splitter* merupakan komponen pasif yang memiliki peran untuk membagi daya optik dari satu input serat ke dua atau lebih output serat yang digunakan berdasarkan jumlah *homepass* yang harus dipenuhi. Kriteria dari splitter dijelaskan pada tabel 6.

Tabel 6. Spesifikasi Perangkat *Passive Splitter*

Parameter	Spesifikasi	Satuan
Splitter 1:4	7,8	dB
Splitter 1:8	10,38	dB
Splitter 1:16	14,1	dB
Splitter 1:32	17,45	dB

## 2.2. Simulasi Perancangan

Simulasi perancangan jaringann FTTH dari OLT ke ONT terdekat, menengah, dan terjauh menggunakan perangkat lunak OptiSystem sesuai perangkat-perangkat yang digunakan dan perancangannya. OptiSystem memiliki library komponen perangkat komunikasi serat optik yang cukup lengkap. Setiap komponen perangkat memiliki *properties* yang bisa diatur berdasarkan parameter input yang digunakan pada perancangan ini seperti yang terlihat pada gambar 2.



Gambar 2. Library SKSO pada OptiSystem

### 2.3. Power Budget

Menghitung *Power Budget* bertujuan untuk mengetahui total redaman yang dimiliki dan daya keluaran pemancar optik yang ditembakkan sampai dengan batas sensitivitas daya terima dapat dilakukan dengan rumus berikut. Nilai batas total redaman standar dari PT. Telkom yaitu maksimum 28 dB, dan Batas daya terima yang diizinkan adalah maksimum -28 dBm.

$$\alpha_{total} = L \cdot \alpha_{kabel} + Nc \cdot \alpha_c + Ns \cdot \alpha_s + Sp \quad (1)$$

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

Keterangan:

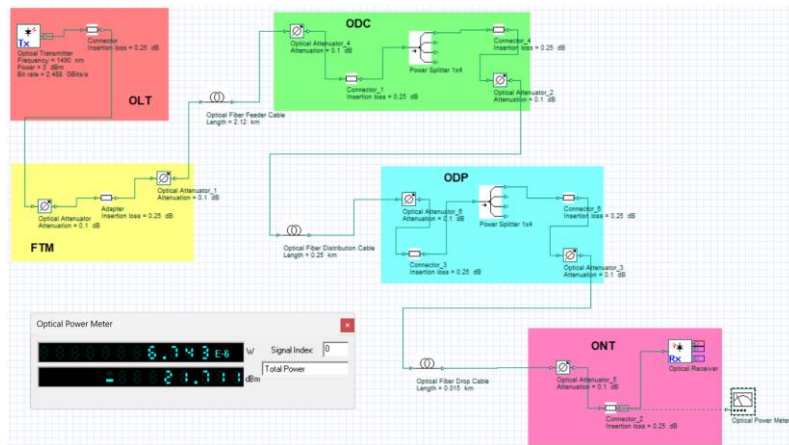
- $P_{tx}$  = Daya keluaran *transmitter* (dBm)
- $P_{rx}$  = Sensitivitas daya terima *receiver* (dBm)
- SM = *Safety Margin* (6 dB)
- $\alpha_{total}$  = Redaman total (dB)
- L = Panjang serat optik (Km)
- $\alpha_{kabel}$  = Redaman serat optik (dB/Km)
- $\alpha_c$  = Redaman konektor (dB/buah)
- $\alpha_s$  = Redaman sambungan (dB/sambungan)
- Nc = Jumlah konektor
- Ns = Jumlah sambungan
- SP = Redaman *Splitter* (dB)

## 3. Hasil dan Analisa

### 3.1. Simulasi Perancangan

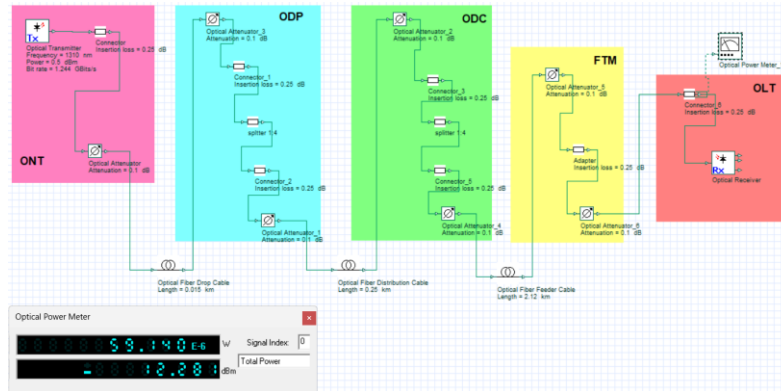
Simulasi perancangan dibagi menjadi 2 bagian yaitu pada *link downstream* dan *upstream* untuk mendapatkan nilai *power budget* yang diterima ONT diukur dengan alat *Optical Power Meter* (OPM) pada simulasi OptiSystem.

#### 1. Simulasi Downstream



Gambar 3. Simulasi *Downstream*

#### 2. Simulasi Upstream



Gambar 4. Simulasi *Upstream*

Gambar 3. dan Gambar 4. merupakan simulasi perancangan dengan ODP splitter 1:4 dengan jarak OLT-ONT terjauh. Pada simulasi tersebut didapatkan nilai *power budget* pada OPM sebesar -21,711 dBm untuk *link Downstream* dan -12,281 dBm untuk *link Upstream*. Dilakukan uji coba menggunakan rancangan *splitter* pada ODP yaitu untuk *splitter* 1:4, 1:8, 1:16, dan 1:32 dan sesuai dengan jarak terdekat, menengah, dan terjauhnya untuk mendapatkan nilai *power budget* dari simulasi perancangan tersebut.

### 3.2. Hasil *Power Budget* Dari Simulasi

Pada Simulasi perancangan dengan OptiSystem dilakukan pengukuran daya yang diterima *receiver* dengan menggunakan OPM yang disambungkan ke *connector* terakhir sebelum *receiver*. Pengukuran dilakukan pada tiap masing-masing simulasi, berikut hasil semua pengukuran daya terima *receiver* (Prx) yang didapat pada OPM simulasi seperti pada tabel 7 untuk downstream dan tabel 8 untuk upstream:

Tabel 7. Hasil Pengukuran Pada Simulasi Untuk *Downstream*

Downstream	Splitter	Jarak (km)	Simulasi
			Daya Terima
Jarak Terdekat	1:4	2.180	-21.654
	1:8	2.180	-24.012
	1:16	2.180	-26.606
	1:32	2.180	-30.280
Jarak Menengah	1:4	2.285	-21.682
	1:8	2.255	-24.033
	1:16	2.255	-26.627
	1:32	2.240	-30.297
Jarak terjauh	1:4	2.385	-21.711
	1:8	2.335	-24.055
	1:16	2.295	-26.638
	1:32	2.325	-30.321

Tabel 8. Hasil Pengukuran pada Simulasi Untuk *Upstream*

Upstream	Splitter	Jarak (km)	Simulasi
			Daya Terima
Jarak Terdekat	1:4	2.180	-12.209
	1:8	2.180	-11.557
	1:16	2.180	-11.141
	1:32	2.180	-10.805
Jarak Menengah	1:4	2.285	-12.246
	1:8	2.255	-11.583
	1:16	2.255	-11.167
	1:32	2.240	-10.826
Jarak terjauh	1:4	2.385	-12.281
	1:8	2.335	-11.611
	1:16	2.295	-11.177
	1:32	2.325	-10.855

### 3.3. Hasil Power Budget Dari Perhitungan

Perhitungan daya terima dengan rumus dibagi menjadi 4 sesuai rancangan *splitter* yang digunakan pada ODP yaitu untuk *splitter* 1:4, 1:8, 1:16, dan 1:32 dengan jarak terdekat, menengah, dan terjauh, untuk link downstream beserta upstream. Berikut adalah hasil semua perhitungan daya terima receiver (Prx) yang diperlihatkan pada tabel 9 dan tabel 10:

Tabel 9. Hasil Perhitungan Untuk *Downstream*

Downstream	Splitter	Jarak (km)	Simulasi
			Daya Terima
Jarak Terdekat	1:4	2.180	-21.660
	1:8	2.180	-24.240
	1:16	2.180	-27.960
	1:32	2.180	-31.310
Jarak Menengah	1:4	2.285	-21.690
	1:8	2.255	-24.261
	1:16	2.255	-27.981
	1:32	2.240	-31.327
Jarak terjauh	1:4	2.385	-21.718
	1:8	2.335	-24.284
	1:16	2.295	-27.993
	1:32	2.325	-31.351

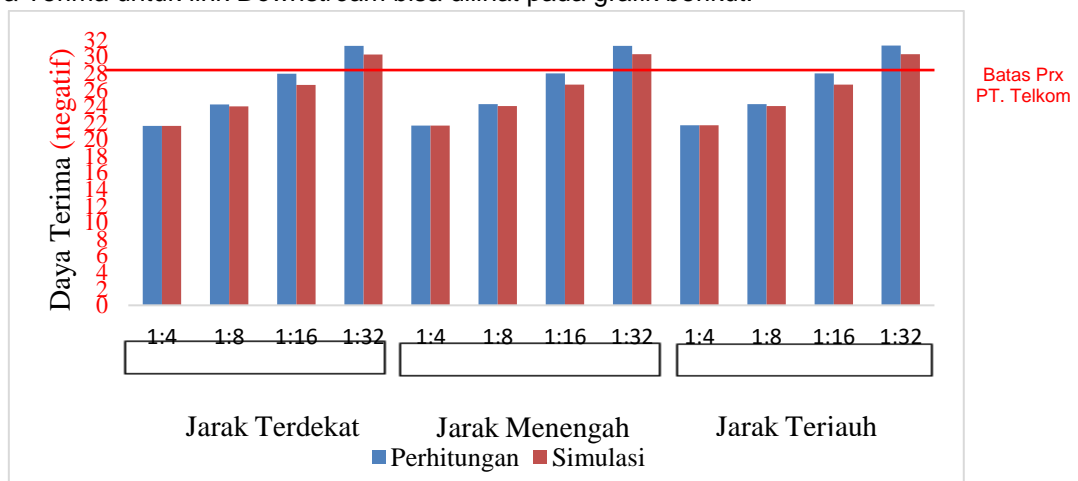
Tabel 10. Hasil Perhitungan Untuk *Upstream*

Downstream	Splitter	Jarak (km)	Simulasi
			Daya Terima
Jarak Terdekat	1:4	2.180	-12.613
	1:8	2.180	-11.961
	1:16	2.180	-11.544
	1:32	2.180	-11.208
Jarak Menengah	1:4	2.285	-11.650
	1:8	2.255	-11.987
	1:16	2.255	-11.571
	1:32	2.240	-11.229
Jarak terjauh	1:4	2.385	-12.685
	1:8	2.335	-12.015
	1:16	2.295	-11.585
	1:32	2.325	-11.259

### 3.4. Analisis Nilai Power Budget

Setelah nilai *power budget* dari hasil perhitungan dengan hasil simulasi terkumpul selanjutnya dilakukan analisis untuk mengetahui rancangan dengan *splitter* mana yang memiliki kualitas yang paling baik. Berdasarkan simulasi rancangan yang sudah diuji daya terima pada setiap kombinasi *splitter*.

1. Daya Terima untuk link *Downstream* bisa dilihat pada grafik berikut.

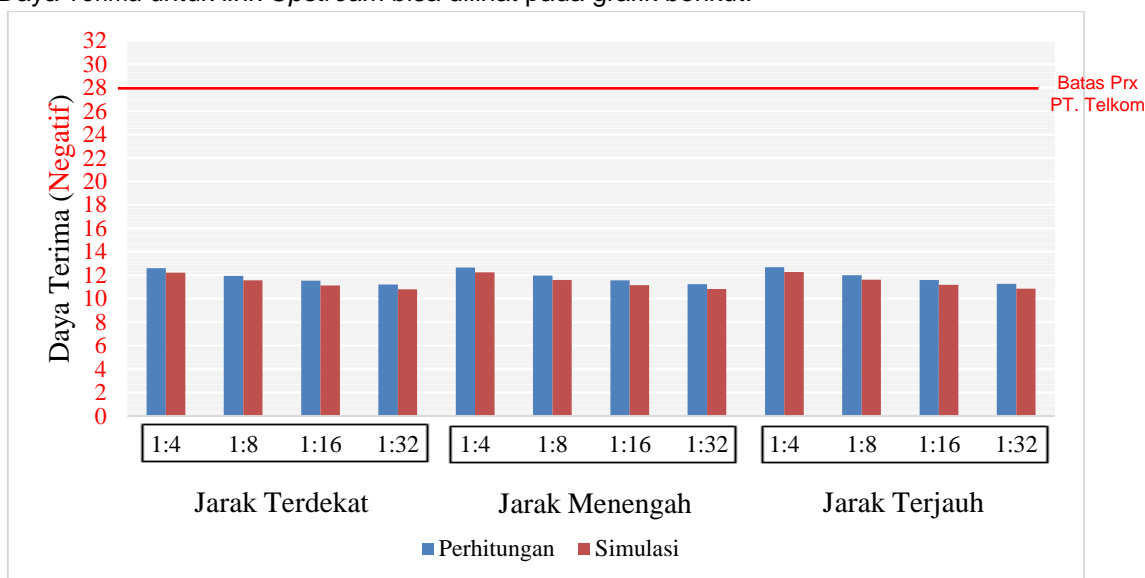


Gambar 5. Grafik Analisis Prx Untuk *Downstream*



Dilihat pada Gambar 5., grafik menunjukkan dengan daya keluaran OLT sebesar 3 dBm, dari jarak yang terdekat, menengah, hingga terjauh, daya yang diterima ONT pada perancangan menggunakan *splitter* 1:4, 1:8, 1:16 masih berada di bawah batas sensitifitas daya terima PT. Telkom, sedangkan dengan *splitter* 1:32 menghasilkan daya terima yang tidak memenuhi standar batas sensitifitas daya terima PT. Telkom. Dari grafik tersebut menunjukkan perancangan dengan ODP *splitter* 1:4 memiliki kualitas daya terima yang paling baik dibanding *splitter* lainnya dan layak untuk diimplementasikan [11].

2. Daya Terima untuk *link Upstream* bisa dilihat pada grafik berikut.



Gambar 6. Grafik Analisis Prx Untuk *Upstream*

Dilihat pada Gambar 6., grafik menunjukkan dengan daya keluaran ONT sebesar 0,5 dBm, dari jarak yang terdekat, menengah, hingga terjauh, daya yang diterima OLT pada perancangan menggunakan *splitter* 1:4, 1:8, 1:16, dan 1:32 masih berada di bawah batas sensitifitas daya terima PT. Telkom. Menunjukkan semua perancangan memiliki kelayakan dan sesuai standar dari segi upload data.

#### 4. Kesimpulan

1. Nilai yang didapatkan melalui perhitungan dan simulasi mendapatkan hasil yang hampir sama dan tidak memiliki selisih perbedaan yang besar.
2. Dari hasil analisis nilai *power budget* menunjukkan bahwa perancangan dengan ODP *splitter* 1:4 dengan nilai -21.718 dBm perhitungan, -21.711 dBm simulasi, memiliki kualitas daya terima yang paling baik dibanding *splitter* 1:8, 1:16, 1:32 dan layak untuk diimplementasikan.
3. Perancangan jaringan FTTH dengan teknologi GPON di Perumahan D'East Townhouse Cimanggis membutuhkan perangkat antara lain: 1 buah OLT, 1 buah ODC, 8 buah ODP, 25 buah ONT, kabel Optik G.652D sepanjang 2,72 km, 1 buah *passive splitter* 1:4 untuk ODC, 8 buah *passive splitter* 1:4 untuk ODP, 175 buah konektor SC dan splicing untuk menghasilkan kualitas daya terima yang paling baik

#### Referensi

- [1] F Sashna. *Fiber to the home network (FTTX) Implementation and Feasibility in Sri Lanka*. International Journal of Research Publications. 2019.
- [2] D A B Adiananda. *Perancangan Dan Analisis Jaringan Akses Fiber To The Home (FTTH) Dengan Teknologi Gigabit Passive Optical Network (GPON) Pada Komplek Kramat Jaya Baru*. Technology telecommunication. Thesis. Bandung: Telkom University. 2021.
- [3] R F Adiati, A Kusumawardhani, H Setijono. *Design and Analysis of an FTTH-GPON in a Residential Area*. Jurnal Pendidikan Fisika dan Teknologi (JPFT). 2022. Vol. 8 No. 2 December 2022.

- [4] B R Prayudha, E Wahyudi, D Zulherman. *Performansi Jaringan Fiber To The Home (Ftth) Menggunakan Splitter 1:64*. Conference on Electrical Engineering, Telematics, Industrial Technology, and Creative Media. 2018.
- [5] F Rahayu, S Budiyanto, L M Silalahi, F A Silaban, R K Dewi. *Techno-Economics on Implementation of FTTH Network for Broadband Services*. IEEE International Conference on Communication, Networks, and Satellite. 2020
- [6] D Fourman. *Perancangan Dan Analisis Jaringan Akses Fiber To The Home (FTTH) Dengan Teknologi Gigabit Passive Optical Network (GPON) Di Perumahan Grand Sharon*. Technology telecommunication. Thesis. Bandung: Telkom University. 2019.
- [7] ITU-T. Recommendation ITU-T G.984.1. *Gigabit capable passive optical networks (GPON): General characteristics*. 2008.
- [8] ITU-T. Recommendation ITU-T G.652. *Characteristics of a single-mode optical fibre and cable*. 2016.
- [9] ZTE Cooperation. *ZXA10 C300: Optical Access Covergence Equipment—Product Description*. 2011.
- [10] ZTE Cooperation. *ZXA10 F660: Optical Access Covergence Equipment—Product Description*. 2011.
- [11] OptiWave. *Opti System: Optical Communication System and Amplifier Design Software*. 2009