

PERANCANGAN JARINGAN FTTH (FIBER TO THE HOME)

Mohamad Indra Yanuardin¹, Devie Ryana S², Mia Rosmiati S³

^{1,2,3} Program Studi D3 Teknik Komputer, Fakultas Ilmu Terapan, Universitas Telkom

¹mohhindra@gmail.com, ²deviesuchendra@tass.telkomuniversity.ac.id, ³mia@tass.telkomuniversity.ac.id

Abstrak

Perkembangan teknologi telekomunikasi yang semakin pesat memicu masyarakat mendapatkan layanan telekomunikasi yang cepat dan efisien, maka dibutuhkan sebuah teknologi jaringan baru untuk menggantikan jaringan akses tembaga yang dinilai belum mampu menampung kebutuhan masyarakat dengan kecepatan yang tinggi. *Fiber To The Home (FTTH)* merupakan sebuah teknologi telekomunikasi yang baru dengan menggunakan jaringan akses *fiber optic* sampai ke rumah pelanggan yang dituju. Dengan menggunakan teknologi FTTH layanan telekomunikasi dapat diakses lebih cepat dibandingkan menggunakan jaringan akses tembaga. Perumahan Cherry Field yang terletak di Ciganitri, Kabupaten Bandung, merupakan lokasi dari penelitian Proyek Akhir FTTH ini, dan *provider* yang digunakan sebagai sumber data adalah perusahaan PT. Telkom. Untuk memenuhi teknologi FTTH di perumahan ini, maka diperlukan perancangan jaringan berupa penentuan jalur serta jumlah perangkat yang diperlukan kemudian dianalisis kelayakan sistemnya berdasarkan perhitungan parameter *link budget*. Dari hasil penelitian ini diperoleh perhitungan *Link Budget* atau total *Loss* sebesar 22,8 dB. Dengan hasil perhitungan total *Loss* sebesar 22,8 dB, maka redaman tersebut dikatakan layak karena masih di bawah standarisasi yang diterapkan oleh PT. Telkom yaitu sebesar 28 dB.

Kata Kunci: *Fiber To The Home (FTTH), Total Loss, OptiSystem.*

Abstract

The telecommunication technologies more rapidly trigger people get telecommunications services rapid and efficient, it takes a technology new tissue access to replace the copper is not able to accommodate the need for people with speed hig. Fiber to the home (FTTH) is a new telecom technologies by using tissue fiber optic access to get home customers in country. By means of technology FTTH telecommunication service accessible faster than using tissue access copper. Housing Cherry Field located in Ciganitri, Bandung District, is the site of the study the finished project FTTH this , and providers used as the data is PT. Telkom. To meet technology FTTH housing this, then required network design of the route lines and in the device that required then analyzed eligibility the system based on the calculation budget parameter link. The research is obtained calculation link budget or total Loss of 22,8 dB. With the calculation on the total Loss of 22,8 dB, so the damping said worthy of being was still below standardization applied by PT. Telkom is as much as 28 dB.

Keyword : *Fiber To The Home (FTTH), Total Loss, Autocad.*

1. Pendahuluan

1.1. Latar Belakang

Perkembangan teknologi yang semakin maju, terutama teknologi telekomunikasi, memicu masyarakat mendapatkan layanan yang mudah dan efisien. Keterbatasan jaringan akses tembaga yang dinilai belum dapat menampung kapasitas *bandwidth* yang besar dengan kecepatan yang tinggi, memicu operator ingin meningkatkan kualitas layanan dengan membuat infrastruktur jaringan baru yang berbasis serat optik sampai ke rumah pelanggan atau yang dikenal dengan jaringan *Fiber To The Home (FTTH)*. Dengan menggunakan teknologi FTTH layanan telekomunikasi dapat diakses lebih cepat dibandingkan menggunakan jaringan akses tembaga.

Perumahan Cherry Field yang terletak di Ciganitri, Kabupaten Bandung, merupakan lokasi penelitian Proyek Akhir FTTH ini. Konstruktor pada perumahan ini menawarkan

layanan jaringan internet kepada calon penghuni setiap pembelian 1 unit rumah, maka sangat memungkinkan bagi *provider* jaringan membangun jaringan *Fiber To The Home* pada perumahan ini, mengingat perumahan ini akan membangun sebanyak 744 rumah dan masih dalam tahap pembangunan sekitar 30% - 55%.

Jaringan *Fiber To The Home* adalah penyaluran informasi data dari pusat penyedia menuju langsung ke rumah pengguna dengan menggunakan kabel fiber optik yang diharapkan pengguna dapat menikmati akses layanan jaringan dengan cepat. Oleh sebab itu untuk memenuhi teknologi FTTH dimasa mendatang, diperlukan sebuah ketelitian dalam melakukan penentuan jalur akses serta jumlah perangkat yang diperlukan dalam suatu jaringan akses tersebut yang kemudian dianalisis kelayakan sistemnya berdasarkan perhitungan parameter total *Loss*.

1.2. Rumusan Masalah

Berdasarkan latar belakang yang telah dijelaskan, permasalahan yang dihadapi lebih lanjut yaitu :

1. Bagaimana melakukan desain jaringan FTTH ke area yang belum dilakukan pemasangan jaringan FTTH sebelumnya?
2. Bagaimana menentukan peletakan perangkat FTTH yang sesuai diperumahan Cherry Field?
3. Bagaimana mengukur total *Loss* jaringan FTTH pada perumahan Cherry Field?

1.3. Tujuan

Adapun tujuan dari Proyek Akhir ini adalah sebagai berikut :

1. Memilih dan menempatkan perangkat (ODC, ODP dan Tiang) dengan konfigurasi FTTH berdasarkan perancangan desain yang telah dibuat di *Autocad*
2. Mendapatkan desain FTTH yang memiliki *Loss* minimum dengan simulasi *Optical System*.

1.4. Batasan Masalah

Batasan masalah dalam peningkatan performansi *Fiber To The Home* (FTTH) ini adalah :

1. Ruang lingkup desain hanya pada lokasi perumahan Cherry Field, Bandung.
2. Desain FTTH menggunakan *Autocad* dengan analisa data yang diperoleh dari hasil *survey*.
3. Pengujian *Loss* menggunakan simulasi virtual dengan menggunakan aplikasi *Optical System*.
4. Pada perangkat keras yang digunakan, yang dibahas adalah fungsi dari perangkat tersebut.
5. Perancangan jaringan FTTH dari STO ke ODC menggunakan skala pada aplikasi *Google Earth*.

1.5. Metode Pengerjaan

Pada pembuatan proyek akhir ini model yang tepat digunakan adalah model *waterfall*, dimana tahapan utama dari model *waterfall* mencerminkan aktifitas pengembangan dasar. Terdapat 3 tahapan *waterfall* pada proyek akhir ini, yaitu *requirement analysis and definition*, perancangan sistem, dan pengujian.

2. Tinjauan Pustaka

2.1 *Fiber Optic*

Fiber Optic [1] adalah suatu saluran transmisi yang menggunakan kaca atau plastik yang dapat melewatkan cahaya dari suatu tempat ke tempat lain dan mempunyai kecepatan transfer data yang tinggi. Sumber cahaya yang biasa digunakan adalah cahaya laser atau LED, dan karena kecepatan transmisinya

yang tinggi sehingga *Fiber Optic* sangat bagus digunakan dalam komunikasi.

2.2 *Fiber To The Home*

Fiber to the home (FTTH) [2] merupakan arsitektur jaringan kabel *Fiber Optic* yang di buat sampai ke rumah-rumah dimana perangkat pelanggan berupa ONU berada. Teknologi FTTH merupakan jaringan optik dari pusat penyedia (*provider*) ke kawasan pengguna dengan menggunakan *Fiber Optic*. Jarak antara pusat layanan dengan pelanggan mencapai jarak maksimal 20 kilometer, dimana pada bagian provider terdapat OLT, kemudian OLT di hubungkan ke ONU yang terletak pada rumah-rumah pelanggan melalui jaringan distribusi serat optik yang bernama *Optical Distribution Network* (ODN).

2.3 Komponen Perangkat *Fiber To The Home*

Berdasarkan pada gambar segmentasi jaringan, maka dapat dijelaskan beberapa elemen perangkat yang dipakai dalam *Fiber to the home*, yaitu : [3]

2.3.1 *Optical Distribution Cabinet*

ODC adalah suatu perangkat pasif yang diinstalasi diluar STO. ODC berfungsi sebagai tempat melakukan proses instalasi sambungan jaringan optik *single mode*.

2.3.2 *Optical Line Terminal*

OLT adalah jenis perangkat aktif yang berfungsi merubah sinyal elektrik yang digunakan oleh perangkat *provider* menjadi sinyal *Fiber Optic* yang digunakan oleh jaringan PON, serta untuk proses *multiplexing* dengan perangkat.

2.3.3 *Optical Distribution Point*

ODP adalah suatu perangkat pasif yang memiliki fungsi sebagai terminasi kabel sebelum masuk ke dalam rumah pelanggan.

2.3.4 *Splitter*

Splitter merupakan perangkat pasif dalam jaringan PON yang berfungsi untuk pencabangan dari satu saluran *Fiber Optic* menjadi beberapa saluran *Fiber Optic*.

2.3.5 *Roset*

Roset merupakan perangkat pasif yang diletakan didalam rumah pelanggan. Roset fungsinya sebagai titik terakhir terminasi dari kabel *drop Fiber Optic* tipe G 657.

2.3.6 *Optical Network Terminal*

ONT merupakan perangkat aktif (Opto Elektrik) yang dipasang disisi pelanggan. Fungsi dari perangkat ini yaitu sebagai *interface* antara jaringan optik dengan pelanggan yang membutuhkan layanan data, suara, dan video.

2.4 Gigabit Passive Optical Network

2.4.1 GPON Secara Umum

GPON adalah salah satu teknologi akses dengan menggunakan *Fiber Optic* sebagai media transport ke pelanggan. GPON merupakan evolusi dari teknologi *Passive Optical Network* (PON).

2.4.2 Prinsip GPON

GPON memiliki prinsip kerja dimana ketika informasi dikirim dari OLT dengan serat optik tunggal, informasi akan di distribusikan menggunakan *splitter* yang memungkinkan informasi terbagi kedalam beberapa percabangan, kemudian akan diterima ONT yang terdapat disisi pelanggan.

2.5 Teknik Mendesain Jaringan FTTH

Teknik mendesain Jaringan FTTH mempunyai beberapa aspek, yaitu : [5]

2.5.1 Pencarian Data Informasi

Pencarian data informasi dilakukan melalui dialog langsung dengan *Developer Project Manager* dari perumahan Cherry Field Matahari untuk permintaan denah keseluruhan dari perumahan tersebut.

2.5.2 Penempatan Perangkat FTTH

Pada tahap ini perancangan desain mulai dilakukan dengan menggunakan *software Autocad*.

2.5.3 Autocad

Autocad pertama kali diciptakan oleh Autodesk Inc. Amerika. *Graphical User Interface* dari *Autocad* sendiri berupa gambar 2 dimensi (2D) dan *autocad* ini berfungsi sebagai *software* untuk mendesain jaringan FTTH.

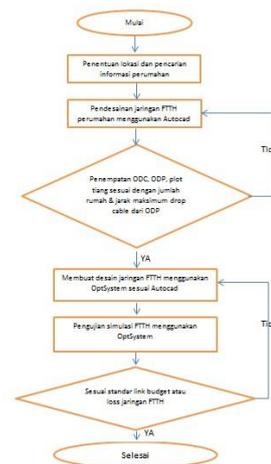
2.5.4 Optical System

Optical System (OptiSys) adalah perangkat lunak yang berfungsi untuk melakukan simulasi jaringan *Fiber Optic*.

3. Analisis dan Perancangan

3.1. Skema Diagram

Perencanaan adalah suatu tahap atau langkah awal untuk mencapai sebuah tujuan agar dapat tercapai dengan efektif dan efisien. Tolak ukur perancangan jaringan FTTH yaitu dari segi desain dan teknis. Desain yang baik untuk FTTH adalah desain dengan perancangan yang membutuhkan biaya operasional kecil, memperhatikan estetika lingkungan serta mengikuti aspek teknis dari ITU_T atau standar dari PT Telkom Akses.



Gambar 1 flowchart pengerjaan Proyek Akhir

3.2. Perancangan

3.2.1. Perhitungan Link Budget

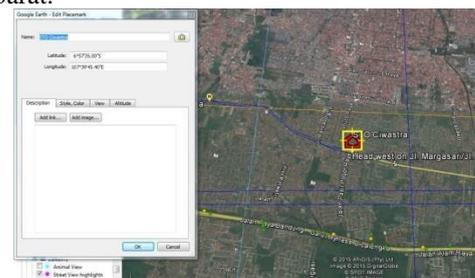
Perhitungan *link budget* atau *total Loss* adalah perhitungan standar total redaman pada FTTH untuk mengetahui layak atau tidaknya jaringan FTTH diimplementasikan pada jaringan sebenarnya.

| Perhitungan Link Budget | | | | | | |
|--|--------------------|---------------------|----------------------------|--------|--------------------|-------|
| No | Perangkat | Satuan | Redaman Maksimal / loss DB | Volume | Total Redaman (dB) | |
| 1 | Kabel Feeder | KM | 0,35 | 5,2 | 1,82 | |
| 2 | Kabel Distribution | KM | 0,35 | 0,83 | 0,29 | |
| 3 | Kabel Drop | KM | 0,35 | 0,05 | 0,01 | |
| 4 | Splitter | 1 : 4 | Buah | 7,25 | 1 | 7,25 |
| 5 | Konektor | 1 : 8 | Buah | 10,38 | 1 | 10,38 |
| 6 | Sambungan/Splicing | SC/UPC | Buah | 0,25 | 8 | 2,00 |
| | | Di Kabel Feeder | Buah | 0,1 | 4 | 0,4 |
| | | Di Kabel Distribusi | Buah | 0,1 | 2 | 0,2 |
| | | Di Kabel Drop | Buah | 0,1 | 2 | 0,2 |
| Total Redaman Murni | | | | | 22,8 | |
| Maksimal Total Redaman yang di persyaratkan telkom | | | | | 28 dB | |
| Perkiraan Power Receive | | | | | -11,2 dBm | |

Gambar 2 Perhitungan Link Budget

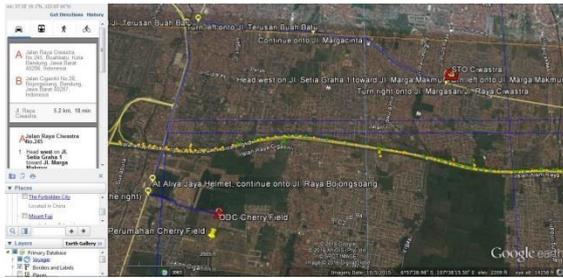
3.2.2. Lokasi Sentral Telepon Otomat

Lokasi STO atau OLT yang terdekat dengan perumahan Cherry Field Bandung untuk penarikan kabel *feeder network* sampai ODC terdapat di Jalan Raya Ciwastra no 245, Buahbatu, Kota Bandung, Jawa Barat.



Gambar 3 Gambar Lokasi STO Cijaura

Dilihat dari gambar diatas, posisi akurat dari STO Cijaura yaitu 6°57'35,00°S garis lintang dan 107°39'45,40°E garis bujur. Jarak dari STO Cijaura menuju ODC yaitu 5.2 Km.



Gambar 4 Jarak STO Cijaura - ODC Cherry Field

3.2.3. Bill Of Quantity

| NO | DESIGNATOR | URAIAN PERIKUAAN | SARJAN | VOLUME |
|---------------------------------|--------------------|--|--------|--------|
| KABEL & PENYAMBUNGAN | | | | |
| 1. | ACOF-8M-24-SC | Pengadaan dan pemasangan kabel udara Fiber Optic Single mode 24 Core 6-852 | Meter | 5394 |
| Node Terminal | | | | |
| 4. | ODC-C-288 Splitter | Pengadaan dan pemasangan kabinet ODC Kap 288 Core dengan space untuk splitter modular termasuk adaptor SC/LPC, pigtail, pondasi beton, lantai dan partisi pengaman | Pcs | 1 |
| 5. | ODF-CA-8 | Pengadaan dan pemasangan ODF type Closure untuk Kap 8 core berikut space 1 passive splitter 1:8, adaptor SC/LPC, termasuk pondasi | Pcs | 17 |
| 6. | ODF-CA-16 | Pengadaan dan pemasangan ODF type Closure untuk Kap 16 core berikut space 2 passive splitter 1:8, adaptor SC/LPC, termasuk pondasi | Pcs | 87 |
| 7. | PS-1-4 ODC | Pengadaan dan pemasangan Passive Splitter 1-4 for ODC, termasuk pigtail | Pcs | 36 |
| 8. | PS-1-8 ODF | Pengadaan dan pemasangan Passive Splitter 1-8 for ODF, termasuk adaptor | Pcs | 111 |
| Akuis Kabel | | | | |
| 9. | Pu-07-D-140 | Pengadaan dan Pemasangan Ring besi 7 meter dengan cat dan cor pondasi - Kuantitas tanah 140kg | Pcs | 207 |
| 10. | Pu-08-D-140 | Pengadaan dan Pemasangan Ring besi 9 meter dengan cat dan cor pondasi - Kuantitas tanah 140kg | Pcs | 10 |
| 11. | SB-01 | Pengadaan dan Pemasangan Grounding 3 titik rod pada ODC dengan maks 1 ohm | Pcs | 1 |
| 12. | TK-1-ODC | Pengadaan dan Pemasangan Rise Pipe untuk pengaman kabinet optik ke ODC Pole / Duct maks 10 diameter 1 panjang 3 meter | Pcs | 5 |
| 13. | OD-009-16 | Pengadaan dan Pemasangan 3 jenis ODF/ODC 80, 100, dan 120 core untuk ODF | Meter | 185 |
| 14. | SC-FRS | Galian, Pengadaan kembali dan perbaikan kembali, pengisian pasir, dan tancu rube kabel tanah dan | Meter | 2 |
| 15. | SC-FRS | Galian, Pengadaan kembali dan perbaikan kembali, pengisian pasir, dan tancu rube kabel tanah dan | Meter | 2 |
| 16. | Kit-Kit Perakasa | Pengadaan dan pemasangan Kit-Kit Perakasa | Pcs | 1 |

Gambar 5 Tabel BOQ

Tabel BoQ diatas adalah tabel yang menunjukkan jumlah material yang di gunakan di dalam desain FTTH yang sudah di buat pada Autocad.

3.3. Kebutuhan Perangkat Keras Lunak

Tabel 1 Perangkat Lunak

| No | Software | Fungsi |
|----|-------------------------------|-------------------------------------|
| 1 | Google Earth Versi 7.1.2 | Mengukur jarak dalam desain Autocad |
| 2 | Autocad Version of F.51.0.0 | Mendesain Jaringan FTTH |
| 3 | OptiSystem Version 7.0.0, 469 | Simulasi virtual dari FTTH |

Tabel 2 Perangkat Keras

| No | Hardware | Spesifikasi |
|----|----------|--|
| 1. | Laptop | Acer Travelmate P243. Processor Type : Intel Core i3 2.4GHz, Ram 2GB |

3.4. Optical System

Optical System merupakan software yang dapat mensimulasikan perhitungan Loss budget pada jaringan serat optik yang sesungguhnya. Adapun beberapa komponen sebagai pengganti disetiap perangkat komponennya, yaitu [6] :

3.4.1. Optical Power Meter

Berfungsi untuk melihat pengukuran daya Loss yang terdapat pada suatu range dalam suatu jaringan FO

3.4.2. Optical Transmitter

Berfungsi sebagai pengirim sinyal LED/optik, dan pengganti OLT pada perangkat asli.

3.4.3. Connector

Connector yaitu alat atau slot yang terdapat pada ujung serat optik yang terhubung langsung bersama adaptor/perangkat.

3.4.4. Splitter

Splitter adalah optical fiber coupler yang berfungsi untuk membagi sinyal optik dari satu titik ke banyak titik.

2.4.5. Splicing

Splicing berfungsi untuk menyambungkan antar 2 kabel fiber optik karena jarak nya yang terlalu panjang.

2.5.6. Optical Receiver

Optical Receiver berfungsi untuk menangkap cahaya yang dikirimkan dari optical transmitter. Sinyal ini kemudian akan di decode menjadi sinyal digital yang berisi informasi sebagai pengganti ONT.

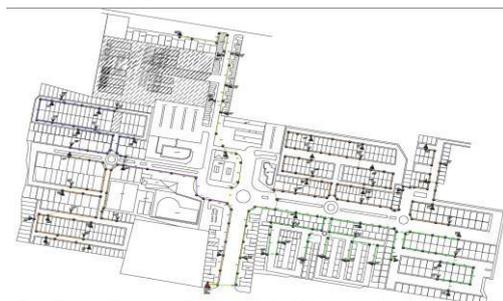
4. Implementasi dan Pengujian

4.1. Implementasi

Dalam tahap ini dilakukan pembuatan gambar kerja jaringan FTTH Cherry Field menggunakan Autocad yang telah di perhitungkan untuk penempatan perangkat.

Proses gambar pada Autocad meliputi :

1. Menyesuaikan kebutuhan jumlah perangkat dengan total homepassed
2. Plot tiang
3. Penentuan jalur Feeder Network
4. Penentuan jalur Distribusi Network
5. Penempatan ODC
6. Penempatan ODP (Splitter)



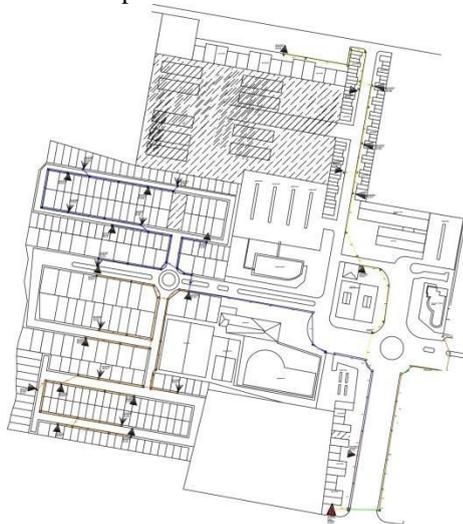
Gambar 6 Proses Autocad Full Desain

Pembagian jalur distribusi dalam desain ini dibagi menjadi 5 jalur distribusi. Seperti pada gambar 4-2, merupakan jalur distribusi 1 dan 2.



Gambar 7 Jalur Distribusi 1 dan 2

Selanjutnya pada gambar 4-3 merupakan jalur distribusi 3 sampai 5



Gambar 8 Jalur Distribusi 3 - 5

Tabel 3 Total Kabel Distribusi

| Jalur Distribusi | Panjang Kabel Distribusi |
|------------------|--------------------------|
| 1 | 1.502 M |
| 2 | 1.312 M |
| 3 | 1.099 M |
| 4 | 880 M |
| 5 | 601 M |

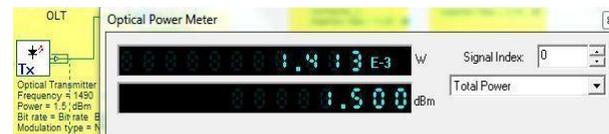
4.2. Pengujian

Pengujian pada tahap ini di lakukan menggunakan simulasi virtual untuk mengukur parameter total Loss dari rancangan FTTH yang telah di desain dan di perhitungkan seperti penggunaan kebutuhan dari jumlah perangkat pada perumahan Cherry Field. Pengujian ini menggunakan software Optical System sebagai

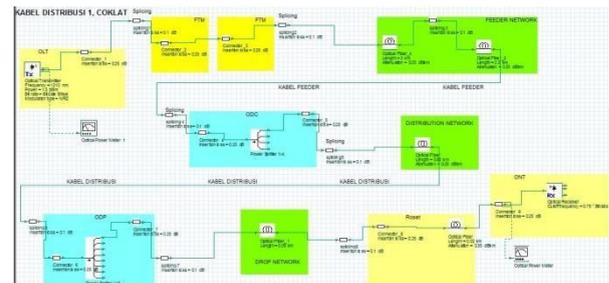
pengganti Optical Power Meter pada keadaan yang sesungguhnya di lapangan.

4.3. Rancangan Optical System

Pada software Optical System dibuat kembali rancangan desain fisik FTTH berdasarkan desain jaringan yang telah di buat pada Autocad.



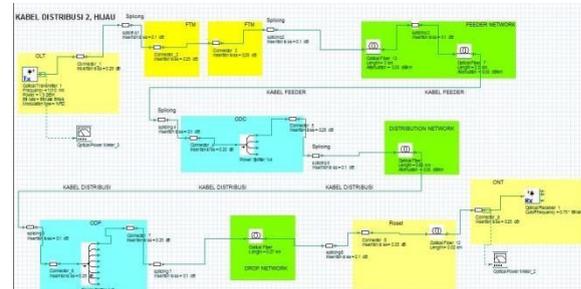
Gambar 8 Keluaran Sumber Daya pada OLT



Gambar 9 Rancangan Jalur Distribusi 1



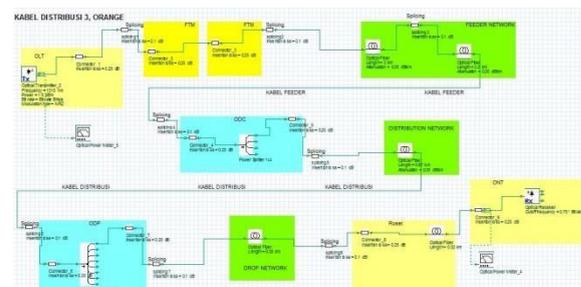
Gambar 10 Hasil OPM Roset Distribusi 1



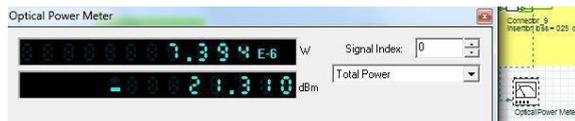
Gambar 11 Rancangan Jalur Distribusi 2



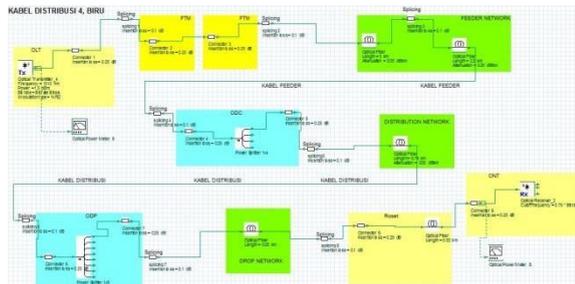
Gambar 12 Hasil OPM Roset Distribusi 2



Gambar 13 Rancangan Jalur Distribusi 3



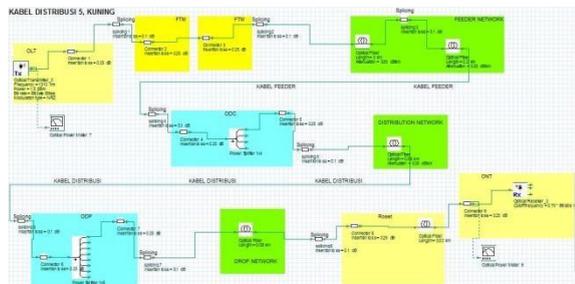
Gambar 14 Hasil OPM Roset Distribusi 3



Gambar 15 Rancangan Jalur Distribusi 4



Gambar 16 Hasil OPM Roset Distribusi 4



Gambar 17 Rancangan Jalur Distribusi 5



Gambar 18 Hasil OPM Roset Distribusi 5

4.4. Perhitungan Loss Pada OptiSystem

Perhitungan *Loss* adalah perhitungan antara sensitivitas daya input di penerima (*receiver*) dengan daya output yang berada pada sumber optik (*transmitter*). Berikut ini adalah persamaan rumus Daya *Loss* berdasarkan Optical System.

$$\text{Total Loss} = P_t - P_r \dots\dots(2)$$

- a. *Loss* Distribusi Jalur 1
 $\text{Total Loss} = P_t - P_r = (1,5 \text{ dBm}) - (-21,366 \text{ dBm}) = 22,86 \text{ dB}$
- b. *Loss* Distribusi Jalur 2
 $\text{Total Loss} = P_t - P_r = (1,5 \text{ dBm}) - (-21,310 \text{ dBm}) = 22,81 \text{ dB}$
- c. *Loss* Distribusi Jalur 3
 $\text{Total Loss} = P_t - P_r = (1,5 \text{ dBm}) - (-21,310 \text{ dBm}) = 22,81 \text{ dB}$
- d. *Loss* Distribusi Jalur 4
 $\text{Total Loss} = P_t - P_r = (1,5 \text{ dBm}) - (-21,335 \text{ dBm}) = 22,83 \text{ dB}$

- e. *Loss* Distribusi Jalur 5
 $\text{Total Loss} = P_t - P_r = (1,5 \text{ dBm}) - (-21,289 \text{ dBm}) = 22,78 \text{ dB}$

Tabel 4 Total Loss Jalur Distribusi

| Jalur Distribusi | Total Loss (satuan dB) |
|------------------|------------------------|
| 1 | 22,86 |
| 2 | 22,81 |
| 3 | 22,81 |
| 4 | 22,83 |
| 5 | 22,78 |
| Rata-rata | 22,8 dB |

5. Penutup

5.1. Kesimpulan

- Perangkat FTTH yang di dapatkan dari desain jaringan FTTH pada Cherry Field yaitu 1 ODC dengan kapasitas 288, ODP yang terpasang sebanyak 111, jumlah tiang yang di pasang sebanyak 217 tiang.
- Hasil pengukuran dari total *Loss* pada perumahan Cherry Field yaitu berada di rata-rata 22,8 dB

5.2. Saran

Untuk kedepannya diharapkan perancangan jaringan FTTH yang dilakukan di mulai dari Feeder Network yaitu OLT sampai dengan ONT sehingga nilai dari redaman/total *Loss* yang didapatkan lebih detail.

Daftar Pustaka

- [1] Barry, Crisp J. 2005. "Sebuah Pengantar Serat Optik Edisi Ketiga". Erlangga
- [2] PT. Telekomunikasi Indonesia TBK. 2012. "Panduan Desain FTTH". Jakarta
- [3] PT. Telekomunikasi Indonesia TBK. 2013. "Overview Jaringan FTTH Modul". Jakarta
- [4] Pengenalan Teknologi GPON. [Online] <http://ahambali.staff.telkomuniversity.ac.id/2014/05/> [Accessed 28 Agustus 2015].
- [5] PT. Telkom Akses. 2013. "Digital Life Modul Survey FTTX". Jakarta
- [6] Laboratorium Sistem Komunikasi Serat Optik Universitas Telkom. 2015. "Modul Praktikum OptiSystem". Bandung
- [7] PT. Telekomunikasi Indonesia TBK. 2012. "FTTH Design Guidance". Jakarta
- [8] PT. Telekomunikasi Indonesia TBK. 2013. "Modul Pengukuran Jaringan OSP FTTH". Jakarta

