

# Perencanaan Sistem Komunikasi Serat Optik berbasis FTTH di Kepulauan Seribu

Ir. Arifin Djauhari, M.T  
Departemen Teknik Elektro, Fakultas Teknik  
Universitas Indonesia, Depok 16424  
E-mail : arifin@eng.ui.ac.id

Tommy Saut Hasiholan  
Departemen Teknik Elektro, Fakultas Teknik  
Universitas Indonesia, Depok 16424  
E-mail : tommy\_030890@yahoo.com

**Abstract—** *This Thesis discusses the FTTH optical fiber communication systems planning in Kepulauan Seribu as the transmission media from the providers to their respective users that is driven by the need to get the service, which also known as Triple Play Services includes three aspects: data, voice, and video. District of Kepulauan Seribu have a total land area about 900 hectares have Pulau Pramuka that calling themselves The Cyber Island and Pulau Panggang defined as the most representative island have a pretty large service needs so that the FTTH network planning can be made in this 2 islands. In the end, from the results we found the needs of FTTH devices are 2 OLT, 2 ODC 96 ports, 2 passive splitter with a ratio of 1:2, 4 ODP 12 ports, 1 ONU 8 Fe ports, and 22 ONU 4 Fe ports. In addition to the acquisition of such devices, power link budget analysis also shows that the plan is in compliance with the standard of quality.*

**Keywords —** *FTTH, Cyber Island, Kepulauan Seribu, power link budget*

## I. PENDAHULUAN

Kepulauan Seribu yang terletak di antara Laut Jawa dan Teluk Jakarta merupakan wilayah dengan karakteristik dan potensi alam yang berbeda dengan wilayah DKI Jakarta lainnya. Kepulauan Seribu pada dasarnya merupakan gugusan pulau-pulau terumbu karang yang terbentuk oleh biota koral dan biota asosiasinya (algae, moluska, dan lain-lain) dengan bantuan proses dinamika alam. Kepulauan Seribu merupakan satu bagian daerah yang cukup unik yang ada di DKI Jakarta. Wilayah ini pada awalnya merupakan bagian dari Kotamadya Jakarta Utara.

Berdasarkan UU No.34 Tahun 1999 statusnya ditingkatkan menjadi Kabupaten Administrasi yang kemudian disahkan per tanggal 3 Juli 2001 dengan Peraturan Pemerintah No. 55. Sesuai SK Gubernur DKI No. 1986/2000 mengenai Pemecahan, Pembentukan, Penetapan Batas dan Nama Kelurahan-kelurahan di Kecamatan Kepulauan Seribu wilayah Kotamadya Jakarta Utara, pulau-pulau di Kepulauan Seribu berjumlah 110 buah. Dari 110 buah tersebut, 36 pulau diperuntukkan sebagai pulau pariwisata dan rekreasi (SK Gubernur DKI No. 1814/1989). Hingga saat ini 13 pulau sudah aktif diperuntukkan umum dengan 11 pulau sebagai peristirahatan dan 2 pulau menjadi pusat wisata sejarah, sedangkan 23 pulau wisata lainnya digunakan untuk kalangan terbatas/pribadi.

Sesuai dengan karakteristik diatas dan kebijakan pembangunan DKI Jakarta (1), maka pengembangan wilayah Kepulauan Seribu diarahkan terutama untuk :

- Meningkatkan kegiatan pariwisata.

- Meningkatkan kualitas kehidupan masyarakat nelayan melalui peningkatan budidaya laut.
- Pemanfaatan sumber daya perikanan dengan konservasi ekosistem terumbu karang dan mangrove.

Namun, minimnya sarana transportasi dan telekomunikasi membuat Kepulauan Seribu seperti terpisahkan dari kawasan lainnya di DKI Jakarta. Selain itu, tingkat pendidikan dan perekonomian yang rendah, serta persebaran penduduk yang tidak merata yang diikuti dengan minimnya sarana dan prasarana jasa layanan masyarakat menjadi kendala dalam meningkatkan kesejahteraan masyarakatnya.

Untuk mendorong dan mendukung pengembangan Kepulauan Seribu diperlukan adanya suatu jaringan telekomunikasi lokal yang dapat menampung dan menjadi tulang rusuk penyambung Ibukota DKI Jakarta dengan ibukota yang telah ditetapkan yaitu Pulau Pramuka dalam segala hal (*data, voice, dan video*) yang dapat digunakan dan diandalkan hingga jangka panjang. Sehingga keseimbangan dapat terjadi dalam proses pengembangan yang dijalankan di Kepulauan Seribu dan dapat tercapainya peningkatan kesejahteraan masyarakat kearah yang lebih baik.

### 1.1. Tujuan Penelitian

Penelitian ini bertujuan untuk menentukan dan memilih penempatan perangkat serat optik yang tepat guna dan sesuai dengan kebutuhan data service pada setiap pulau di Kepulauan Seribu.

### 1.2. Pembatasan Masalah

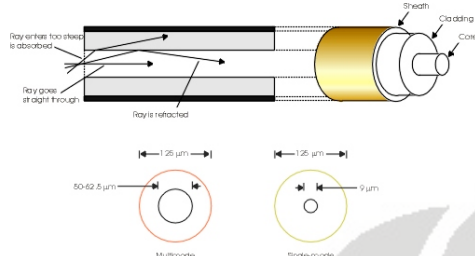
Penelitian ini dilakukan dengan beberapa pembatasan masalah, antara lain:

- Perencanaan Jaringan Serat Optik untuk Kepulauan Seribu yang meliputi 36 Pulau pariwisata dan rekreasi sesuai SK Gubernur DKI No. 1814/1989.
- Laporan ini tidak membandingkan jaringan fiber optik yang sekarang dengan perancangan yang akan dibuat.
- Perencanaan ini dibuat menyesuaikan dengan lokasi pulau dan kebutuhan penunjang perekonomian pariwisata.
- Perencanaan ini menggunakan metode *sampling* untuk beberapa pulau, maksudnya dari 5 pulau tujuan diambil 1 pulau dengan *traffic* paling mewakili sedangkan pulau lainnya dianggap sama dengan pulau *sampling*.

## II. SISTEM TRANSMISI SERAT OPTIK

## A. Serat Optik

Serat optik atau *fiber optic* adalah komponen utama dalam infrastruktur telekomunikasi saat ini <sup>(2)</sup>. Serat optik merupakan sejenis kabel yang terbuat dari kaca atau plastik yang memiliki ketebalan yang sangat halus. Serat ini dapat digunakan menjadi sebuah media transmisi sinyal cahaya dari satu tempat ke tempat lainnya. Kabel ini berdiameter kurang lebih 120 mikrometer dan memiliki kemampuan transmisi yang sangat cepat sehingga seiring berjalannya perkembangan teknologi, jenis kabel ini menjadi pilihan tepat untuk saluran komunikasi.

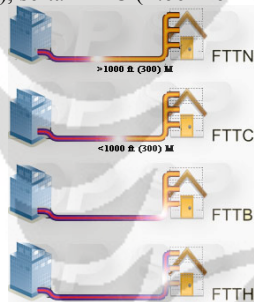


**Gambar 1 Struktur Serat Optik<sup>(3)</sup>**

Pada Gambar 1 dapat dilihat bahwa secara garis besar serat optik terdiri dari 3 bagian, yaitu *core*, *cladding*, serta *seath* atau *coating*. *Cladding* adalah selubung dari inti (*core*). *Cladding* ini memiliki indeks bias yang lebih rendah dari *core*, sehingga *cladding* memantulkan kembali cahaya yang mengarah keluar dari *core* menjadi mengarah masuk ke dalam *core*. Bagian ke-3 disebut *coating* (jaket), bagian ini terbuat dari bahan plastik yang elastis.

## B. Konfigurasi FTTx

Sesuai Gambar 2 FTTx (*Fiber To The X*) melingkupi FTTH (*Fiber To The Home*), FTTB (*Fiber To The Basement*), FTTN (*Fiber To The Node*), serta FTTC (*Fiber To The Curb*) <sup>(4)</sup>.



**Gambar 2 Struktur dasar FTTH, FTTB, FTTC, FTTN<sup>(4)</sup>**

FTTx yang telah dibagi menjadi 4 jenis tersebut dapat dijelaskan sebagai berikut:

### *Fiber To The Home (FTTH)*

*Fiber To The Home* atau biasa disingkat FTTH diartikan sebagai sebuah konstruksi jaringan kabel berbasis serat optik yang dibuat hingga menjangkau rumah-rumah atau titik dimana terminal dilokasikan. Teknologi jenis ini merupakan konstruksi telekomunikasi dengan penggunaan jaringan optik secara keseluruhan dari mulai provider hingga user (pemakai). Jenis ini biasa menggunakan *splitter* 1:16 yang artinya menggunakan *multiplexer* berbasis 16 titik pengguna yang berbeda, namun itupun dapat disesuaikan dengan kebutuhan yang ada.

### *Fiber To The Basement (FTTB)*

FTTB merupakan jenis lain dari konstruksi atau konfigurasi jaringan berbasis serat optik. Jenis ini diperuntukkan untuk penggan yang terhubung dalam suatu area bisnis di gedung

bertingkat atau pelanggan pada pengguna apartemen. Jaringan kabel serat optik ini dibuat hingga mencapai gedung bertingkat tersebut yang kemudian akan didistribusikan ke masing-masing ruangan dengan kabel tembaga *indoor*.

### *Fiber To The Curb (FTTC)*

*Fiber To The Curb* merupakan jenis jaringan serat optik yang mirip seperti FTTB namun tidak berlaku pada gedung bertingkat melainkan hanya sebuah area saja. Jaringan ini dibuat sampai mencapai sebuah titik pendistribusian (*curb*) yang berada kira-kira 100 kaki dari tempat pengguna berada. Pendistribusian dari titik ke lokasi pengguna dilanjutkan dengan koneksi kabel tembaga. 1 titik *curb* biasanya dapat menampung atau melayani 8 hingga 24 pelanggan. FTTC ini dapat diterapkan bagi pelanggan bisnis yang letaknya terkumpul dalam suatu kompleks bisnis yang bangunannya bukan merupakan bangunan bertingkat (misalnya perumahan).

### *Fiber To The Node (FTTN)*

*Fiber To The Node* merupakan perluasan dari jenis jaringan berbasis serat optik FTTC. Jaringan fiber ini dibuat sampai pada suatu node yang pengguna dan titik distribusinya dapat berjarak lebih dari 100 kaki, dan dengan jumlah pelanggan yang dapat lebih banyak ditampung oleh satu buah *node* dibandingkan satu buah *curb*. Dari titik node ke pengguna, FTTN juga menggunakan kabel tembaga untuk konektornya. Jaringan jenis ini dapat digunakan pada daerah kawasan bisnis atau perumahan besar yang letaknya jauh dan sudah tidak memungkinkan lagi untuk ditambah dengan kabel tembaga.

## Komponen Serat Optik

### *Optical Line Terminal (OLT)*



**Gambar 3 Optical Line Terminal<sup>(8)</sup>**

*Optical Line Terminal* yang digambarkan pada Gambar 3 menyediakan layanan *interface* antara sistem PON dengan *service provider* selaku penyedia operator layanan *data*, *voice*, dan *video*. Bagian ini akan membuat *link* ke sistem operasi penyedia layanan melalui EMS (*Element Management System*).

### *Optical Distribution Network (ODN)*

Konfigurasi jaringan optik atau sering disebut dengan ODN/ODP adalah jaringan optik antara OLT terhadap pengguna dan juga sebaliknya. Transmisi pada ODP menggunakan *passive splitter*. Perangkat yang disediakan pada ODP untuk melakukan transmisi optik antara OLT dan ONU adalah :

- Optical Fiber*
- Splices*
- Konektor
- Splitter*

*Splices* merupakan alat penyambung satu kabel optik dengan kabel lainnya secara permanen dengan prinsip yaitu



sambungan fusi dan sambungan mekanik. Sambungan fusi menggunakan pancaran listrik untuk mematri dua kabel optik secara bersamaan. Diperlukan keahlian dalam mengaplikasikan teknik jenis ini, karena penjajaran kabel serat membutuhkan komputer terkontrol untuk mencapai kerugian seminimal mungkin yaitu 0.05 dB. Sedangkan sambungan mekanik, semuanya menggunakan elemen *standard*. Teknik ini lebih mudah, karena kerugian yang dapat diterapkan di lapangan sebesar 0.2 dB.



**Gambar 4 Optical Distribution Point<sup>(9)</sup>**

Pada Gambar 4 terlihat bahwa pada ODP terdapat dua buah konektor yang berfungsi sebagai penghubung kabel optik. ODP ini berguna untuk menghubungkan kabel udara maupun kabel udara kepada masing-masing *subscriber*nya<sup>(9)</sup>. Dalam operasinya, konektor ini nanti dibentuk melilit melingkari serat kecil, tujuannya agar cahaya terbawa secara tepat bersamaan pada inti dan segaris dengan cahaya pada serat lain. *Splitter* yang digunakan merupakan komponen pasif yang dapat memisahkan daya optik dari satu input serat ke dua atau beberapa serat lain. Optimalisasi pada *splitter* ini diterapkan saat penyamarataan transmisi yang bersifat *idle* dan cara kerjanya membagi daya optik sama rata.

#### Optical Network Termination/Unit (ONT/ONU)

ONU menyediakan *interface* antar jaringan dengan pelanggan, di mana sinyal optik yang ditransmisikan oleh ODN diubah menjadi sinyal elektrik yang dibutuhkan untuk *service* pelanggan. ONU dihubungkan oleh *Adaptation Unit* (AU) yang menyediakan fungsi penyesuaian pada ONU dan pada sisi pelanggan.

ONU merupakan terminasi pada sisi pelanggan dan terhubung langsung pada OLT. ONU berisikan rangkaian pelanggan, pengadaan saluran, catu daya, serta cadangan baterai. Sistem yang menggunakan *Optical Network Unit* pada sisi pelanggan biasanya disebut dengan nama *Fast Link*. *Fast Link* adalah sistem berbentuk modul untuk pemecahan masalah jaringan dalam area pelayanan yang terdiri atas jasa-jasa interaktif seperti telepon atau ISDN serta jasa-jasa *community antenna television* (CATV).



**Gambar 5 Perangkat ONU 4FE<sup>(10)</sup>**

Ada beberapa jenis perangkat ONU salah satunya adalah ONU 4FE (Gambar 5) Adanya ONU memungkinkan *Fast Link* untuk diterminasi di sisi pelanggan. Terminal pelanggan dapat dihubungkan dengan ONU melalui *interface* yang ada. Berikut ini adalah beberapa tipe dari *Optical Network Unit* yang digunakan pada *fast link*<sup>(10)</sup> :

- ONU 30 FTTb/FTTc (maksimal 30 pelanggan)
- ONU 120 FTTb/FTTc (maksimal 120 pelanggan)

- ONU 240 FTTb/FTTc (maksimal 240 pelanggan dan 8x2 Mbit/s saluran sewa)

Menurut fungsinya, *Optical Network Unit/Terminal* merupakan perangkat pengkonversi sinyal *analog* menjadi sinyal *digital* maupun sebaliknya.

#### ITU-T G.652

Sistem Komunikasi Kabel Laut yang telah diaplikasikan sejauh ini menggunakan G.625 *standard* ITU-T untuk komponen serat optik didalamnya. Kabel optik jenis ini menggunakan *single mode optical fibre* dengan *zero dispersion* untuk teknik perambatan cahayanya dengan panjang gelombang yang optimal pada 1310 nm<sup>(14)</sup>. Modulasi analog maupun digital dapat digunakan pada jenis kabel optik ini.

**Table 1 Spesifikasi ITU-T G.652<sup>(14)</sup>**

Fibre attributes		
Attribute	Detail	Value
Mode field diameter	Wavelength	1 310 nm
	Range of nominal values	8.6-9.5 $\mu$ m
	Tolerance	$\pm 0.7 \mu$ m
Cladding Diameter	Nominal	125.0 $\mu$ m
	Tolerance	$\pm 1 \mu$ m
Core concentricity error	Maximum	0.8 $\mu$ m
Cladding noncircularity	Maximum	2.0%
Cable cut-off wavelength	Maximum	1 260 nm
	Radius	37.5 mm
Macrobend loss	Number of turns	100
	Maximum at 1 550 nm	0.50 dB
	Maximum at 16XX nm (Note 1)	0.50 dB
	Minimum	0.69 GPa
Proof stress	$\lambda_{0min}$	1 300 nm
	$\lambda_{0max}$	1 324 nm
	$S_{0max}$	0.093 ps/nm <sup>2</sup> ·km
Uncabled fibre PMD coefficient	Maximum	ps/ $\sqrt$ km (Note 2)

Tabel 1 menunjukkan bahwa G.652 bekerja optimal pada 1310 nm dengan beberapa spesifikasi yang juga dituliskan pada tabel tersebut.

#### Link Budget Power

*Link Budget* adalah perhitungan yang harus dilakukan mengenai keadaan sebenarnya dalam parameter dari sistem yang digunakan. Beberapa faktor yang penting untuk dipertimbangkan antara lain hal-hal yang terkait dengan kinerja jaringan optik yang dibuat terkait dengan kualitas transmisi<sup>(15)</sup> yaitu parameter daya sinyal diterima, dan *bit error rate*. Untuk menghitung semua faktor tersebut perlu dikumpulkan informasi tentang rugi-rugi yang ada. Rugi-rugi atau disebut *losses* pada serat optik pada umumnya berada disekitar 3 hingga 4 dB per Km pada *wavelength* 850nm, kemudian sekitar 1 hingga 2 dB per Km pada *wavelength* 1310nm<sup>(16)</sup>.

#### Sinyal pada receiver (Pr)

Sinyal pada *receiver* biasa disebut daya sinyal yang diterima, adapun daya sinyal ini dapat dilihat melalui persamaan berikut ini:

$$Pr = Pt - Lc(\text{total}) - Ls(\text{total}) - Lf(\text{total}) - M \quad (2.1)$$

Dimana,

Pr = Daya sinyal yang diterima (dBm)

Pt = Daya optik yang dipancarkan (dBm)

Lc(total) = Loss pada konektor =  $N_c \times L_c$

$$\begin{aligned}
 L_s(\text{total}) &= \text{Loss pada splice} = N_s \times L_s \\
 L_f(\text{total}) &= \text{Loss pada fiber optic} = L \times a, \\
 L &= \text{panjang saluran (Km)}, a = \text{redaman fiber (dB/Km)} \\
 M &= \text{Loss margin sistem yang biasanya besarnya 6 dB.}
 \end{aligned}$$

#### Signal to Noise ratio (S/N)

Menentukan kualitas transmisi dapat dilakukan dengan menggunakan *signal to noise ratio* (S/N) atau *bit error rate* (BER). *Signal to Noise ratio* merupakan perbandingan antara daya sinyal terhadap daya yang terkandung pada noise pada titik yang sama saat transmisi<sup>(17)</sup> sehingga dapat dirumuskan sebagai berikut :

$$\left( \frac{S}{N} \right) = \frac{\text{Signal Power}}{\text{Shot noise power} + \text{amplifier noise power}} \quad (2.2)$$

Adapun perhitungan daya sinyal (*signal power*) dan daya derau (*noise power*) adalah sebagai berikut (15):

##### a. Daya Sinyal (*Signal Power*)

Daya sinyal adalah kuat daya dari sinyal yang diterima pada *receiver*. Besar dari daya sinyal di penerima atau *receiver* ini ditunjukkan dengan persamaan berikut ini:

$$\text{Signal Power} = 2 \left( P_{\text{opt}} \left( \frac{nq}{hv} \right) \right)^2 M^2 \quad (2.3)$$

Dimana,

$P_{\text{opt}}$  = daya sinyal yang diterima pada detector (W)

$\eta$

= efisiensi kuantum

$h$  = konstanta Plank

$hv$  = energi foton

$q$  = muatan elektron

$M$  = tambahan daya sinyal yang terdapat pada detector cahaya bila yang digunakan adalah APD

##### b. Derau (*Noise*)

Derau adalah sinyal-sinyal yang tidak diinginkan dan menjadi pengganggu dalam suatu transmisi karena sinyal tersebut selalu ada dalam sistem transmisi yang dibuat. *Level* dari *noise* yang cukup besar akan dapat sangat mengganggu sisi *receiver*. Adapun macam-macam dari *noise* yang terdeteksi pada sistem komunikasi jenis ini terdiri dari 3 macam *noise*, yaitu: *thermal noise*, *noise dark current* dan *shot noise*.

##### 1. *Dark current*

*Dark current* atau arus balik/arus gelap kecil yang mengalir melalui *reverse bias diode*. Arus gelap ini terjadi pada setiap dioda yang kedapatan memiliki arus bocor balik. Adapun persamaan arus gelap ini adalah:

$$\text{Noise dark current} = 2 q i_D B \quad (2.4)$$

Dimana,

$i_D$  = arus gelap

$B$  = *bandwidth* dari detektor cahaya

##### 2. *Thermal Noise*

*Thermal Noise* merupakan arus yang berasal dari struktur gerak acak masing-masing elektron bebas dari komponen elektronik. Biasanya *noise* ini sebanding *level*-nya dengan temperatur pada sistem komunikasi serat optik. Adapun persamaan dari *thermal noise* ini adalah:

$$\text{Thermal Noise} = \frac{4kT_{\text{eff}}B}{R_1} \quad (2.5)$$

Dimana,

$k$  = konstanta Boltzman

$B$  = *bandwidth*

$T_{\text{eff}}$  = efektif *noise temperature* dengan derajat kelvin

$R_1$  = *equivalent resistance*

##### 3. Shot Noise

Shot Noise atau derau tembakan terjadi karena adanya ketidaklinearan dalam sistem komunikasi tersebut. Perumusan untuk derau tembakan itu sendiri adalah:

$$\text{Shot Noise} = 2q \left( 2P_{\text{opt}} \frac{nq}{hv} \right) BM^2 F(M) \quad (2.6)$$

Dimana,

$F(M)$  = *noise figure*

Dengan kata lain, ketiga *noise* tersebut dijumlah adalah total *noise* yang menjadi faktor pembagi bagi daya sinyal untuk memperoleh nilai rasio sinyal dan *noise* atau *S/N ratio*.

#### Bit Error Rate (BER)

*Bit Error Rate* adalah *rate* dari bit atau laju dari kesalahan bit yang terjadi pada saat mentransmisikan sinyal *digital*. BER dapat dihitung dengan menggunakan pendekatan *quantum noise* ( $Q$ ) dan probabilitas *error* ( $P_e$ ) dengan rumus sebagai berikut:

$$(S/N)_{\text{pk/rms}} = 20 \log 2Q \quad (2.7)$$

$$\text{BER} = P_e(Q) = \frac{1}{\sqrt{2\pi}} \cdot \frac{e^{-\frac{Q^2}{2}}}{Q} \quad (2.8)$$

Mengacu pada pengertiannya, makin tinggi nilai dari *S/N ratio*, makin baik mutu komunikasinya serta makin kecil nilai dari BER tersebut semakin juga baik mutu komunikasinya. Oleh karena itu, batasan minimum dari S/N dalam hubungan telekomunikasi untuk dapat memuaskan konsumen pemakai jasa telekomunikasi. Standard S/N untuk sistem komunikasi serat optik adalah 21.5 dB dengan nilai BER =  $10^{-19}$  <sup>(18)</sup>

### III. DATA JARINGAN KEPULAUAN SERIBU

#### Sekilas Kabupaten Administrasi Kepulauan Seribu

Kepulauan Seribu merupakan salah satu Wilayah Pengembangan (WP) dan diatur dalam Perda No.6 tahun 1999 tentang Rencana Tata Ruang Wilayah (RTRW) DKI Jakarta<sup>(1)</sup>. Pembagian WP didasarkan pada karakteristik fisik dan perkembangan masing-masing wilayah dengan rincian sebagai berikut :

1. Wilayah Pengembangan Utara, yang terdiri dari WP Kepulauan Seribu (WP-KS) dan WP Pantai Utara.
2. Wilayah Pengembangan Tengah, terdiri dari WP Tengah Pusat, WP Tngah Barat, dan WP Tengah Timur.
3. Wilayah Pengembangan Selatan, terdiri dari WP Selatan Utara, dan WP Selatan Selatan.

Secara administrasi, Kabupaten Administrasi Kepulauan Seribu ini memiliki luas wilayah 8.70 Km<sup>2</sup>, yang terbagi menjadi 2 kecamatan dengan 6 klurahan dan 106 pulau. Rincian kecamatan dan kelurahan di Kabupaten Administrasi Kepulauan Seribu<sup>(1)</sup> adalah sebagai berikut :

1. Kecamatan Kepulauan Seribu Utara (81 Pulau)
  - a. Kelurahan Pulau Kelapa
  - b. Kelurahan Pulau Harapan
  - c. Kelurahan Pulau Panggang
2. Kecamatan Kepulauan Seribu Selatan (25 Pulau)
  - a. Kelurahan Pulau Tidung
  - b. Kelurahan Pulau Pari
  - c. Kelurahan Pulau Untung Jawa



Berikut ini adalah statistik Kepulauan Seribu dalam beberapa kategori, yaitu :

#### Geografis

Mengingat pentingnya mengetahui letak geografis Kepulauan Seribu selain dari peta pada gambar 6 dalam upaya perencanaan perancangan jaringan komunikasi lokal di lokasi tersebut, maka berikut disajikan beberapa statistik terkait georeafis Kepulauan Seribu.



**Gambar 6 Peta Kepulauan Seribu<sup>(1)</sup>**

**Table 2 Jumlah Pulau, Nama dan Luas Daratan Pulau Pemukiman menurut Kecamatan dan Kelurahan, 2010<sup>(1)</sup>**

Kecamatan – Kelurahan	Jumlah Pulau	Pulau Pemukiman	Luas (HA)
<b>Kepulauan Seribu Selatan</b>	<b>31</b>	<b>5</b>	<b>167.54</b>
1. P. Tidung	6	a. Payung	20.86
		b. Tidung	50.13
2. P. Pari	10	a. Lancang	15.13
		b. Pari	41.32
3. P. Untung Jawa	15	a. Untung Jawa	40.10
<b>Kepulauan Seribu Utara</b>	<b>79</b>	<b>6</b>	<b>55.51</b>
1. P. Panggang	13	a. Panggang	9
		b. Pramuka	16
2. P. Kelapa	36	a. Kelapa	13.09
		b. Kelapa Dua	1.9
3. P. Harapan	30	a. Harapan	6.7
		b. Sebir	8.82

Dari tabel 2 dapat dilihat bahwa ada 3 pulau di Kepulauan Seribu yang memiliki luas daerah cukup besar, yaitu Pulau Tidung, Pulau Pari, dan Pulau Untung Jawa.

#### Kependudukan

Selain mengacu pada faktor letak geografis, faktor kepadatan penduduk juga tidak dapat ditinggalkan, karena aktivitas yang ada tergantung dengan penduduk yang menempati lokasi tertentu memberikan hasil sensus penduduk tahun 2010 sehingga dapat dilihat jumlah kepadatan penduduknya.

**Table 3 Luas Wilayah dan Jumlah Kepadatan Penduduk menurut Kecamatan dan Kelurahan, sesuai Sensus Penduduk 2010.<sup>(1)</sup>**

Kecamatan – Kelurahan	Luas Area (Km2)	Penduduk Hasil Sensus		
		Laki – Laki	Perempuan	Total
<b>1. Kepulauan Seribu Selatan</b>	<b>3.05</b>	<b>4202</b>	<b>4130</b>	<b>8332</b>
a. P. Tidung	1.07	2051	2097	4148
b. P. Pari	0.95	1283	1175	2458
c. P. Untung Jawa	1.03	868	858	1676
<b>2. Kepulauan Seribu Utara</b>	<b>5.65</b>	<b>6509</b>	<b>6241</b>	<b>12750</b>
a. P. Panggang	0.62	2613	2510	5123
b. P. Kelapa	2.58	2822	2753	5557
c. P. Harapan	2.45	1074	996	2070
<b>Total</b>	<b>8.70</b>	<b>10711</b>	<b>10371</b>	<b>21082</b>

#### Pulau Pramuka

Pulau Pramuka dijuluki sebagai *Cyber Island* karena disinilah terdapat kantor kabupaten serta pusat administrasi keseluruhan Kep. Seribu(1). Di pulau ini terdapat banyak gedung pemerintahan serta gedung-gedung penting lainnya yang memiliki fungsi administrasi serta penunjang kelangsungan serta kebutuhan hidup di Kep. Seribu.

Adapun Pulau Pramuka memiliki beberapa gedung pemerintahan seperti Gedung Kantor Kabupaten, Kantor Dinas Perhubungan, Rumah Dinas Kelurahan, Kabupaten, Sekertaris Kabupaten, dan Guru, lalu terdapat pula Balai Warga, Gelanggang Olahraga, Gedung Pemadam Kebakaran, Gedung Insanektor, Bank DKI cabang Kab.Kep.Seribu, KUA Kab.Kep.Seribu, Kantor Pos Giro Indonesia, UKM Koperasi, Gedung PLN serta PLTD, Gedung Taman Nasional Laut, 2 Buah Gedung operasional tower operator seluler, SDN 02, SMP 133, SMA 69 Jakarta, serta beberapa gedung lain seperti Gedung Elang Ekowisata, Masjid, Gedung Perikanan, Asrama putra-putri, Gedung Manca (perpustakaan), serta gedung Madrasah.

Gedung-gedung utama di Pulau Pramuka antara lain adalah Kantor Kabupaten yang terdiri dari 2 lantai dengan masing-masing 10 komputer, 3 line telepon, serta 2 TV di tiap lantainya. Kemudian Kantor Dinas Perhubungan yang memiliki 2 lantai dengan masing-masing 2 komputer, 2 line telepon dan 2 TV di tiap lantainya. Lalu Kantor Pos Indonesia yang memiliki 1 lantai dengan 4 buah computer, 3 line telepon, serta 1 TV. Gedung KUA Kab.Kep.Seribu yang memiliki 1 lantai dengan 1 buah computer, 1 line telepon, dan 1 TV. Kemudian Gedung Balai Warga yang hanya memiliki 1 lantai dengan 1 TV dan 1 line telepon. Kemudian ada juga Gedung Pelanggaran ikan yang memiliki 1 lantai dengan 1 TV dan 1 line telepon. Gedung Pemadam Kebakaran yang terdiri dari 2 lantai dengan 2 TV dan 1 line telepon di lantai 1 serta 2 komputer dan 1 line telepon di lantai 2. Kemudian ada gedung operator untuk PLN dan PLTD yang masing masing terdiri dari 1 lantai dengan 1 komputer, 1 line telepon, serta 1 televisi. Serta Gedung Taman Nasional Laut dan Gedung Perpustakaan Manca yang masing-masing terdiri dari 1 lantai dengan 1 komputer, 1 line telepon serta 1 televisi.

#### Pulau Panggang

Pulau Panggang adalah pulau yang tergolong cukup padat penduduk dan ditambah lagi dengan luas daerahnya yang cukup kecil. Pulau ini berjarak sekitar 1.3 Km dari Pulau Pramuka(1). Pulau Panggang merupakan salah satu dari sekian pulau yang diperuntukkan sebagai pemukiman penduduk. Pulau ini merupakan salah satu kelurahan yang mencakup Pulau Pramuka didalamnya.

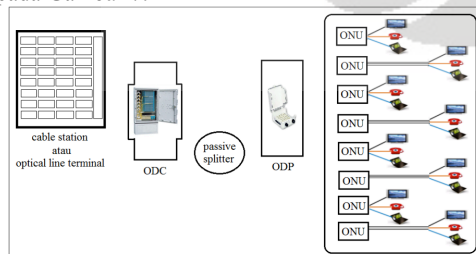
Gedung-gedung yang terdapat di Pulau Panggang tergolong banyak mengingat luas daerahnya yang cukup kecil namun berkebutuhan cukup tinggi. Adapun gedung-gedung tersebut antara lain adalah Gedung Kelurahan Pulau Panggang, Gedung RO Air Laut, Gedung Sekolah Dasar 01 dan 03, Gedung Karang Taruna serta Rumah Dinas guru, Rumah Dinas Dokter, Gedung Permuseuman dan Perumahan Pemda, Kantor RW 01, 02, dan 03, Gedung PLN dan PLTD, Puskesmas, Madrasah (MI), Masjid, serta Pos Polisi.

Gedung utama di Pulau Panggang antara lain adalah Kantor Kelurahan yang notabene baru didirikan dengan 2 lantai yang masing-masing memiliki 6 buah komputer, 2 TV, serta 1 line telepon di tiap lantainya. Kemudian ada juga Gedung RO Air Laut yang memiliki 2 lantai dengan 1 komputer dan 1 line telepon di lantai 2 serta 1 TV dan 1 komputer di lantai 1. Lalu Kantor Rukun Warga 01, 02, 03 yang berjumlah 3 gedung terpisah, yang masing-masing terdiri dari 1 lantai dengan 1 komputer, 1 TV, serta 1 line telepon. Ada juga Pusat Kesehatan Masyarakat yang terdiri dari 1 lantai dengan 1 komputer, 2 TV, serta 1 line telepon. Kemudian gedung operator PLN dan PLTD yang juga memiliki 1 komputer, 1 TV, serta 1 line telepon di masing-masing gedungnya.

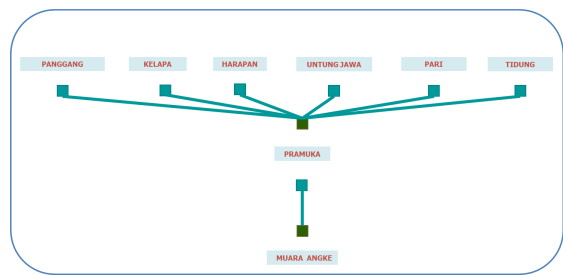
#### IV. PERENCANAAN JARINGAN FTTH

Perencanaan jaringan FTTH ini diawali dengan perhitungan bandwidth dibawah ini diperoleh dengan mendaftarkan jumlah enduser yang aktif dalam jam kerja pada umumnya. Perhitungan ini dibatasi menjadi dua, yaitu perkiraan bandwidth pada P.Pramuka serta perkiraan bandwidth pada P.Panggang sebagai pulau *sampling*. Setelah bandwidth yang dibutuhkan diperoleh dari hasil perhitungan menurut *end user* yang diinginkan, maka perhitungan dilanjutkan dengan skema rancangan.

Secara sederhana seperti pada Gambar 8, Kepulauan Seribu akan dihubungkan dengan SKKL serat optik dari DKI Jakarta dengan cable station dan *power feed equipment* yang tersambung dari bagian utara Jakarta. SKKL ini akan menghubungkan DKI Jakarta dengan pulau pramuka. Pulau pramuka ditentukan menjadi *receiver* dari SKKL yang dibuat dengan beberapa pertimbangan seperti jarak dari DKI Jakarta dan letak Pulau pramuka terhadap pulau lainnya. Sementara itu dari pulau pramuka, jaringan tersebut akan dihubungkan-antar-pulau-kan oleh kabel laut juga ke sekitar 5-6 pulau utama yang ada di kepulauan seribu dengan contoh penggunaan perangkat seperti terlihat pada Gambar 7.



Gambar 7 Single line FTTH menurut perangkat yang digunakan



Gambar 8 Skema SKKL Muara Angke – P.Seribu

Pada Gambar 7 dijelaskan tentang skema penghubungan kabel antar pulau di Kepulauan Seribu. Menurut sumber yang didapatkan dari Badan Pusat Statistik, jarak antara DKI Jakarta dengan Pulau Pramuka adalah sekitar 38 Km. Berdasarkan hal tersebut, maka dalam perencanaan perancangan Sistem Komunikasi Kabel Laut serat optik ini menggunakan kabel optic sepanjang 40 Km dan mengingat bahwa SKKL ini dapat bekerja tanpa perlu menggunakan *repeater* hingga kurang lebih 80 Km, maka rancangan ini tidak menggunakan *repeater*.

#### Pemilihan dan Pemasangan Perangkat Optical Network

##### Pemilihan Perangkat ONU

Pemilihan perangkat *Optical Network Unit* ditentukan dengan menentukan kepentingan atau *data service* yang dibutuhkan tiap gedungnya serta jumlah kebutuhan *port* yang akan digunakan tiap ONU tersebut. *Optical Network Unit* memiliki beberapa jenis kombinasi port seperti 4FE, 8FE, 16FE, dan 24FE yang tiap perangkat tersebut biasanya dilengkapi dengan beberapa pilihan port telepon dan port televisi. Selanjutnya pada halaman berikutnya, pada Tabel 4.3 serta pada Tabel 4.4 dimuat hasil penentuan pemilihan perangkat Optical Network Unit berdasarkan kebutuhan end user per pulauanya.

Table 4 Perangkat ONU P.Pramuka

No	Nama Gedung	Tingkat	Komputer	TV	Telepon	Tipe ONU
			Jumlah	Jumlah	Jumlah	
1	Kabupaten	2	10	2	3	8 + 4 + 4
2	Dinas Perhubungan	2	2	2	2	4 + 4
3	Pos Indonesia	1	4	3	1	4 + 4
4	KUA	1	1	1	1	4
5	Balai Warga	1	0	1	1	4
6	Pelelangan Ikan	1	0	1	1	4
7	Pemadam Kebakaran	2	1	1	1	4
8	PLTD	1	1	1	1	4
9	PLN	1	1	1	1	4
10	Taman Nasional Laut	1	1	1	1	4
11	Perpustakaan MANCA	1	1	1	1	4

Table 5 Perangkat ONU P.Panggang

No	Nama Gedung	Tingkat	Komputer	TV	Telepon	Tipe ONU
			Jumlah	Jumlah	Jumlah	
1	Kelurahan	2	6	2	1	4 + 4
2	RO Air Laut	1	2	1	1	4

3	RW 1	1	1	1	1	4
4	RW 2	1	1	1	1	4
5	RW 3	1	1	1	1	4
6	Puskesmas	1	1	1	1	4
7	PLN	1	1	1	1	4
8	PLTD	1	1	1	1	4

#### Pemilihan Perangkat Optical Distribution Point

*Optical Distribution Point* biasanya ditentukan berdasarkan jumlah perangkat ONU yang akan dihubungkan dan mempertimbangkan jarak antar gedung yang berdekatan. ODP memiliki beberapa varian jumlah port dimulai dari 12, 24, 36, 48, hingga 96 port. Adapun ODP yang digunakan untuk perancangan ini adalah ODP dengan tipe 12, yaitu ODP dengan jumlah port masing masing 12 port sebanyak 4 buah. Hasil pemilihan perangkat ODP tersebut dapat dilihat melalui Tabel 6 dan Tabel 7.

**Table 6 Perangkat ODP P.Pramuka**

No	Nama Gedung	Tipe ONU	Tipe ODP
1	Kabupaten	8 + 4 + 4	Tipe Port 12
2	Dinas Perhubungan	4 + 4	
3	Pos Indonesia	4 + 4	
4	KUA	4	
5	Balai Warga	4	
6	Pelelangan Ikan	4	Tipe Port 12
7	Pemadam Kebakaran	4	
8	PLTD	4	
9	PLN	4	
10	Taman Nasional Laut	4	
11	Perpustakaan MANCA	4	

**Table 7 Perangkat ODP P.Panggang**

No	Nama Gedung	Tipe ONU	Tipe ODP
1	Kelurahan	4 + 4	Tipe 12
2	RO Air Laut	4	
3	RW 1	4	
4	RW 2	4	
5	RW 3	4	
6	Puskesmas	4	Tipe 12
7	PLN	4	
8	PLTD	4	

#### Pemilihan Perangkat OLT, ODC, dan PS

Pada umumnya dengan mempertimbangkan jumlah penggunaan ONU pada setiap gedung, PS atau *Passive Splitter* dapat ditempatkan dengan 2 cara, yaitu pada *Optical Distribution Cabinet* atau pada *Optical Distribution Point*. Pada kasus gedung bertingkat seperti apartment, *passive splitter* dapat ditempatkan

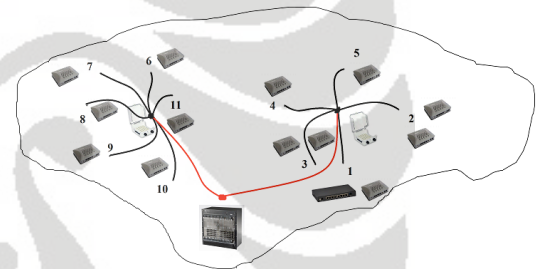
pada masing-masing ODP dikarenakan banyaknya jumlah ONU di tiap lantainya. Sedangkan untuk kasus di Kepulauan Seribu yang bangunannya bukan bangunan bertingkat tinggi, maka akan lebih efisien jika penempatan *passive splitter* cukup diletakkan di setiap ODC yang ada. Jumlah port pada ODC pun bervariasi, pada umumnya ODC memiliki port berjumlah 96, 144, 288, 324, dan 576.

**Table 8 Tabel Rekapitulasi ODP - ONU**

No	Port ODP	Jumlah ONU
1	12	7
2	12	7
3	12	4
4	12	4

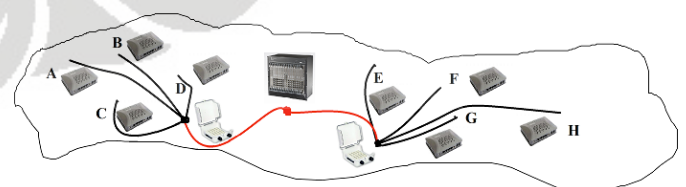
Dari Tabel 8 tersebut dapat dihitung bahwa jumlah port ODP yang digunakan adalah 48 buah dan jumlah ONU yang digunakan adalah 22 buah untuk kedua pulau ini, yaitu Pulau Pramuka dan Pulau Panggang. Sehingga penggunaan ODC yang dapat didesain adalah 2 buah ODC masing masing di tiap pulau, serta ODC yang digunakan merupakan ODC dengan 96 port dengan 2 buah *passive splitter* rasio 1:2. ODC 1 akan menghubungkan ODP 1 dan ODP 2, serta ODC 2 akan menghubungkan ODP 3 dan ODP 4. Adapun terdapat sisa port pada masing-masing ODC sejumlah 72 port sangat amat cukup untuk digunakan jika dalam beberapa tahun kedepan terjadi penambahan komponen ataupun kebutuhan data-data service dimasing-masing pulau.

#### Skema Hasil Perencanaan



**Gambar 9 Skema Hasil Perencanaan FTTH di Pulau Pramuka**

Keterangan :  
 1-10 : Titik letak gedung utama  
 : Perangkat ONU 4FE  
 : Perangkat ONU 8FE  
 : Perangkat ODP Port 12  
 : Perangkat OLT + ODC



**Gambar 10 Skema Hasil Perencanaan FTTH di Pulau Panggang**

Keterangan :



- 1-8 : Titik letak gedung utama  
 : Perangkat ONU 4FE  
 : Perangkat ONU 8FE  
 : Perangkat ODP Port 12  
 : Perangkat OLT + ODC

#### Analisa Perencanaan Penempatan Perangkat Optik

Rancangan jaringan di Kepulauan Seribu dapat dimulai dari Pulau Pramuka (Gambar 9) yang merupakan *Cyber Island* bagi Kepulauan seribu, serta Pulau Panggang (Gambar 10) sebagai *sampling* dengan pemukiman terpadat. Rancangan ini memerlukan perangkat ONU sejumlah 15 (P.Pramuka) dan 8 (P.Panggang). Terdiri dari 1 buah ONU port 8FE dan sisanya 22 buah ONU port 4FE yang disesuaikan dengan kebutuhan service tiap lokasinya.

Perangkat ODP (*Optical Distribution Point*) yang digunakan berjumlah 4 buah dengan jumlah port masing-masing 12 port yang ditentukan berdasarkan pengelompokan tiap-tiap perangkat ONU yang akan dihubungkan dengan ODP tersebut.

Perancangan ini menggunakan 1 buah GPON OLT dimasing-masing pulau, 1 buah ODC port 72 dimasing-masing pulau, serta 1 buah *passive splitter* 1:2. Terdapat *Optical Line Terminal* pada tiap-tiap pulau sebagai penghubung masing-masing ODP didalam pulau tersebut dengan OLT dari pulau lainnya.

Dengan perencanaan ini, meninjau dari ketersediaan port jika dilakukan penambahan komponen dan enduser didalamnya, sistem komunikasi optik di Pulau Pramuka dan Pulau Panggang dapat diterapkan untuk 10 hingga 20 tahun kedepan sesuai dengan ketahanan minimum 25 tahun yang menjadi standard bagi perencanaan SKKL.

#### Link Power Budget

Perancangan sistem telekomunikasi serat optik memerlukan analisa kehandalan kinerja yang matang. Untuk mengetahui kinerja FTTH dan meninjau ketepatan pemasangan perangkat OLT hingga perangkat ONU diperlukan adanya peninjauan parameter-parameter performansi desain jaringan lokal akses *fiber*. Adapun beberapa parameter tersebut adalah  $L_f$  (*Loss Fiber*),  $L_s$  (*Loss Splices*),  $L_c$  (*Loss Connector*),  $L_{sp}$  (*Loss Splitter*, pada PON),  $P_r$  (daya sinyal yang diterima),  $M$  (*Loss Margin*),  $L$  (jarak transmisi), dan  $S/N$ . Peninjauan kinerja atau analisis performansi ini dipandu menggunakan tabel karakterestik SKSO untuk analisis manual *link power budget*. Berikut ini tabel 9 tentang spesifikasi parameter *link power budget* STO P.Pramuka – P.Panggang:

**Table 9 Tabel Karakteristik Parameter Link Power Budget**

No. (1)	Link parameter (2)	Symbol (3)	Value (4)	Satuan (5)
1	Jenis sumber cahaya		ILD	
2	Panjang gelombang	$\lambda$	1310	nm
3	Daya output	$P_t$	-5	dBm
4	Jenis detektor cahaya		PIN	
5	Dark current	$I_{dark}$	2	nA
6	Responsivity	$R$	0,85	A/W
7	Bandwidth	$B$	0,5	GHz
8	Resistansi ekuivalen	$R_{load}$	50	$\Omega$
9	Jenis kabel serat optik		SM-SI	
10	Diameter core	$D_{core}$	9	$\mu m$
11	Bandwidth serat optik	$B$	10,00	MHz.Km
12	Koefisien redaman kabel serat optik	$\alpha_f$	0.30	dB/Km
13	Numerical Aperture	$NA$	0.20	

Analisa manual *Link Power Budget* dapat dilakukan dengan menggunakan persamaan-persamaan 2.1 hingga persamaan 2.8 pada Bab 2 seperti dibawah ini:

#### 1. Pulau Pramuka

Adapun persamaan untuk besar daya yang diterima adalah:

$$P_r = P_t - L_{f_{tot}} - L_{s_{tot}} - L_{c_{tot}} - L_{sp} - M$$

##### • Loss Fiber ( $L_f$ )

$$L_{f_{tot}} = L \times \alpha_f = 38.3 \text{ Km} \times 0.3 \text{ dB/Km} = 11.49 \text{ dB}$$

##### • Loss Splices

$$L_{s_{tot}} = N_s \times L_s = 2 \times 0.2 \text{ dB} = 0.4 \text{ dB}$$

##### • Loss Connector ( $L_c$ )

$$L_{c_{tot}} = N_c \times L_c = 2 \times 0.75 \text{ dB} = 1.5 \text{ dB}$$

##### • Loss Splitter ( $L_{sp}$ )

Desain ini menggunakan splitter dengan typical 1:2 dengan redaman minimum sebesar 2.7 dB.

##### • Loss Margin ( $M$ )

Margin sistem biasanya menggunakan nilai sebesar 3 dB.

##### • Daya Sinyal yang diterima ( $P_r$ )

$$\begin{aligned} P_r &= P_t - L_{f_{tot}} - L_{s_{tot}} - L_{c_{tot}} - L_{sp} - M \\ &= -5 \text{ dBm} - 11.49 \text{ dB} - 0.4 \text{ dB} - 1.5 \text{ dB} - 2.7 \text{ dB} - 3 \text{ dB} \\ &= -24.09 \text{ dBm} \\ &= 3.899 \times 10^{-6} \text{ Watt} \end{aligned}$$

##### • Signal-to-Noise Ratio ( $S/N$ )

$$P_{opt} = P_r = 3.899 \times 10^{-6} \text{ Watt}$$

$R = \eta q / h\nu = 0.85 \text{ A/W}$  pada  $\lambda = 1310 \text{ nm}$ , maka dapat dihitung

$$\begin{aligned} \text{Signal Power} &= 2 \left[ P_{opt} \left( \frac{nq}{h\nu} \right) \right]^2 \\ &= 2 \left[ 3.899 \times 10^{-6} \text{ W} \times 0.85 \frac{\text{A}}{\text{W}} \right]^2 \\ &= 2.1967 \times 10^{-11} \text{ A} \end{aligned}$$

Daya Derau (*Noise Power*) =  $2q \times i_d \times B$

$$q = 1.6 \times 10^{-19} \text{ C}$$

$$i_d = 2 \times 10^{-9} \text{ A}$$

$$B = 0.5 \text{ GHz} = 0.5 \times 10^9 \text{ Hz}$$

##### i. Noise Dark Current

$$\text{Noise dark current} = 2q i_d B$$

$$\begin{aligned} &= 2 (1.6 \times 10^{-19} \text{ C}) (2 \times 10^{-9} \text{ Watt}) (0.5 \times 10^9 \text{ Hz}) \\ &= 3.20 \times 10^{-19} \text{ A} \end{aligned}$$

##### ii. Shot Noise Current

$$\begin{aligned} \text{Shot Noise current} &= 2q [2P_{opt} (\eta q / h\nu)] B \\ &= 4 (1.6 \times 10^{-19} \text{ C}) (3.899 \times 10^{-6} \text{ Watt}) (0.85 \text{ A/W}) (0.5 \times 10^9 \text{ Hz}) \\ &= 1.060 \times 10^{-15} \text{ A} \end{aligned}$$

##### iii. Thermal Noise Current

$$T_{eff} = 290^\circ \text{K}$$



$$\begin{aligned}
 R_{Load} &= 50 \, \Omega, k = 1.38 \times 10^{-23} \, \text{J}^\circ\text{K}, \\
 \text{Thermal noise} &= [4KT_{\text{eff}}B] / R_{Load} \\
 &= [(4)(1.38 \times 10^{-23} \, \text{J}^\circ\text{K})(290^\circ\text{K})(0.5 \times 10^9 \, \text{Hz})] / 50\Omega \\
 &= 1.601 \times 10^{-13} \, \text{A} \\
 \text{Total Noise} &= (3.20 \times 10^{-19} \, \text{A}) + (1.601 \times 10^{-13} \, \text{A}) \\
 &= 1.6116 \times 10^{-13} \, \text{A}
 \end{aligned}$$

Maka dapat diperoleh besarnya *Signal-to-Noise Ratio* sebagai berikut,

$$\left(\frac{S}{N}\right)_{pk/rms} = \frac{\text{Signal Power}}{\text{Noise Power}} = \frac{2.1967 \times 10^{-11} \, \text{A}}{1.6116 \times 10^{-13} \, \text{A}} = 21.345 \, \text{dB}$$

$$\begin{aligned}
 \text{Bit Error Rate (BER)} & \\
 (S/N)_{pk/rms} &= 20 \log 2Q \\
 21.345 \, \text{dB} &= 20 \log 2Q
 \end{aligned}$$

$$\text{Maka: } Q = \log^{-1} \left( \frac{21.345}{20} \right) = 5.837$$

Maka dapat dihitung nilai pendekatan BER sebesar;

$$\begin{aligned}
 \text{BER} = P_e(Q) &= \frac{1}{\sqrt{2\pi}} \cdot \frac{e^{-\frac{Q^2}{2}}}{Q} = \frac{1}{\sqrt{(2)(3.14)}} \times \frac{e^{-\frac{5.837^2}{2}}}{5.837} \\
 &= 2.725 \times 10^{-9}
 \end{aligned}$$

## 2. Pulau Panggang

Dengan persamaan yang serupa pada perhitungan Pulau Pramuka untuk besar daya yang diterima yaitu:

$$Pr = Pt - Lf_{\text{tot}} - Ls_{\text{tot}} - Lc_{\text{tot}} - Lsp - M$$

- Loss Fiber (Lf)

$$\begin{aligned}
 Lf_{\text{tot}} &= L \times \alpha f = 1.32 \, \text{Km} \times 0.3 \, \text{dB/Km} \\
 &= 0.396 \, \text{dB}
 \end{aligned}$$

- Loss Splices

$$\begin{aligned}
 Ls_{\text{tot}} &= Ns \times Ls = 2 \times 0.2 \, \text{dB} \\
 &= 0.4 \, \text{dB}
 \end{aligned}$$

- Loss Connector (Lc)

$$\begin{aligned}
 Lc_{\text{tot}} &= Nc \times Lc = 2 \times 0.75 \, \text{dB} \\
 &= 1.5 \, \text{dB}
 \end{aligned}$$

- Loss Splitter (Lsp)

Desain ini menggunakan splitter dengan typical 1:2 dengan redaman minimum sebesar 2.7 dB.

- Loss Margin (M)

Margin sistem biasanya menggunakan nilai sebesar 3 dB.

- Daya Sinyal yang diterima (Pr)

$$\begin{aligned}
 Pr &= Pt - Lf_{\text{tot}} - Ls_{\text{tot}} - Lc_{\text{tot}} - Lsp - M \\
 &= -5 \, \text{dBm} - 0.396 \, \text{dB} - 0.4 \, \text{dB} - 1.5 \, \text{dB} - 2.7 \, \text{dB} - 3 \, \text{dB} \\
 &= -12.996 \, \text{dBm} \\
 &= 5.01 \times 10^{-5} \, \text{Watt}
 \end{aligned}$$

- Signal-to-Noise Ratio (S/N)

$$\begin{aligned}
 P_{\text{opt}} &= Pr = 5.01 \times 10^{-6} \, \text{Watt} \\
 R &= \eta q / h\nu = 0.85 \, \text{A/W} \text{ pada } \lambda = 1310 \, \text{nm}, \text{ maka dapat dihitung}
 \end{aligned}$$

$$\text{Signal Power} = 2 \left[ P_{\text{opt}} \left( \frac{\eta q}{h\nu} \right) \right]^2$$

$$\begin{aligned}
 &= 2 \left[ 5.01 \times 10^{-5} \, \text{W} \times 0.85 \frac{\text{A}}{\text{W}} \right]^2 \\
 &= 3.627 \times 10^{-9} \, \text{A}
 \end{aligned}$$

$$\text{Daya Derau (Noise Power)} = 2q \times i_d \times B$$

$$q = 1.6 \times 10^{-19} \, \text{C}$$

$$i_d = 2 \times 10^{-9} \, \text{A}$$

$$B = 0.5 \, \text{Ghz} = 0.5 \times 10^9 \, \text{Hz}$$

- Noise Dark Current

$$\begin{aligned}
 \text{Noise dark current} &= 2q i_d B \\
 &= 2 (1.6 \times 10^{-19} \, \text{C})(2 \times 10^{-9} \, \text{Watt})(0.5 \times 10^9 \, \text{Hz}) \\
 &= 3.20 \times 10^{-19} \, \text{A}
 \end{aligned}$$

- Shot Noise Current

$$\begin{aligned}
 \text{Shot Noise current} &= 2q [2P_{\text{opt}} (\eta q / h\nu)] B \\
 &= 4 (1.6 \times 10^{-19} \, \text{C})(5.01 \times 10^{-5} \, \text{Watt})(0.85 \, \text{A/W})(0.5 \times 10^9 \, \text{Hz}) \\
 &= 1.363 \times 10^{-14} \, \text{A}
 \end{aligned}$$

- Thermal Noise Current

$$\begin{aligned}
 T_{\text{eff}} &= 290^\circ\text{K} \\
 R_{Load} &= 50 \, \Omega, k = 1.38 \times 10^{-23} \, \text{J}^\circ\text{K}, \\
 \text{Thermal noise} &= [4KT_{\text{eff}}B] / R_{Load} \\
 &= [(4)(1.38 \times 10^{-23} \, \text{J}^\circ\text{K})(290^\circ\text{K})(0.5 \times 10^9 \, \text{Hz})] / 50\Omega \\
 &= 1.601 \times 10^{-13} \, \text{A} \\
 \text{Total Noise} &= (3.20 \times 10^{-19} \, \text{A}) + (1.363 \times 10^{-14} \, \text{A}) + (1.601 \times 10^{-13} \, \text{A}) \\
 &= 1.737 \times 10^{-13} \, \text{A}
 \end{aligned}$$

Maka dapat diperoleh besarnya *Signal-to-Noise Ratio* sebagai berikut,

$$\left(\frac{S}{N}\right)_{pk/rms} = \frac{\text{Signal Power}}{\text{Noise Power}} = \frac{3.627 \times 10^{-9} \, \text{A}}{1.737 \times 10^{-13} \, \text{A}} = 43.197 \, \text{dB}$$

$$\text{Bit Error Rate (BER)}$$

$$\begin{aligned}
 (S/N)_{pk/rms} &= 20 \log 2Q \\
 43.197 \, \text{dB} &= 20 \log 2Q
 \end{aligned}$$

$$\text{Maka: } Q = \log^{-1} \left( \frac{43.197}{20} \right) = 12.0205$$

Maka dapat dihitung nilai pendekatan BER sebesar;

$$\begin{aligned}
 \text{BER} = P_e(Q) &= \frac{1}{\sqrt{2\pi}} \cdot \frac{e^{-\frac{Q^2}{2}}}{Q} = \frac{1}{\sqrt{(2)(3.14)}} \times \frac{e^{-\frac{12.0205^2}{2}}}{12.0205} \\
 &= 1.678 \times 10^{-32}
 \end{aligned}$$

### Analisa Link Power Budget

Selain meninjau dari penempatan komponen optik seperti ONU, ODP, dan OLT, diperlukan adanya perhitungan kelayakan yang disebut perhitungan link power budget. Adanya batasan minimum dari S/N untuk dapat memuaskan konsumen pemakai jasa telekomunikasi dimana menurut standardnya, S/N untuk Sistem Komunikasi Serat Optik dapat dikatakan beroperasi dengan

baik adalah 21.5 dB dengan BER =  $10^{-19}$ . Oleh karena itu, sesuai dengan hasil perhitungan link power budget yang telah dilakukan, dapat dikatakan bahwa rancangan ini dapat berjalan dengan cukup baik karena BER yang diperoleh sangat kecil dan memenuhi standard minimum terkait pemakaian jasa telekomunikasi dengan perolehan  $P_r = 3.899 \times 10^{-6}$  Watt, S/N = 21.345 dB, dan BER =  $2.725 \times 10^{-9}$ , serta S/N pada pulau panggang sebesar 43.197 dB dan BER =  $1.678 \times 10^{-32}$ .

## V. KESIMPULAN

1. Jenis Perangkat yang digunakan yaitu:
  - A. ONU jenis 4FE serta 8FE yang ditempatkan dimasing-masing gedung utama yang telah ditentukan sesuai dengan kebutuhan masing-masing gedung di tiap pulau.
  - B. ODP yang dipilih adalah ODP dengan jumlah port masing-masing sebanyak 12 port. ODP ini ditempatkan menurut lokasi beberapa ONU yang berdekatan.
  - C. ODC dengan jenis ODC yang memiliki port berjumlah 96 port sehingga memungkinkan sistem ini bertahan dalam jangka waktu yang cukup panjang meskipun dilakukan penambahan-penambahan enduser dan komponen lain.
2. Pada Pulau Pramuka ditempatkan perangkat yaitu:
  - a. 15 buah perangkat ONU
  - b. 2 buah perangkat ODP
  - c. 1 buah perangkat ODC
  - d. 1 buah perangkat OLT
3. Pada Pulau Panggang ditempatkan perangkat yaitu:
  - a. 8 buah perangkat ONU
  - b. 2 buah perangkat ODP
  - c. 1 buah perangkat ODC
  - d. 1 buah perangkat OLT
4. Hasil Perhitungan Link Power Budget
  - a. Pulau Pramuka
    - i.  $P_r = 3.899 \times 10^{-6}$  Watt
    - ii. S/N = 21.345 dB
    - iii. BER =  $2.725 \times 10^{-9}$
  - b. Pulau Panggang
    - i.  $P_r = 5.01 \times 10^{-6}$  Watt
    - ii. S/N = 43.197 dB
    - iii. BER =  $1.678 \times 10^{-32}$

## REFERENCES

1. **Badan Pusat Statistik Kabupaten Administrasi Kepulauan Seribu.** *Kepulauan Seribu in Figures 2011*. Jakarta : BPS Kabupaten Administrasi Kepulauan Seribu, 2011.
2. **Massa, Nick.** *Fiber Optic Telecommunication. Fiber Optic Telecommunication*. Massachusetts : University of Connecticut, 2000, pp. 293-347.
3. **LWC Training Corp.** LRG Networks. *www.lrgnetworks.com*. [Online] [Cited: Desember 17, 2012.] <http://www.lrgnetworks.com/net+/net+03/net+03b.htm>.
4. **OpfibreCorp.** FTTH Fiber to the Home. *www.opfibrecorp.com*. [Online] <http://www.opfibrecorp.com/info/articles/fttb.html>.
5. *Ethernet Passive Optical Network*. **Metro Ethernet Forum**. 2006, A Tutorial.
6. **Rüick.** Own work FTTH. *GFDL*. s.l. : FTTH-fr.svg, 2007.

7. **International Telecommunication Union.** *ITU-T G.984.1 Telecommunication Standardization sector of ITU*. s.l. : ITU-T, 2009.
8. **Arrisgroup,inc.** AXS2200 Optical Line Terminal. *moto.arrisi.com*. [Online] 2013. [http://moto.arrisi.com/Video-Solutions/US-EN/Products-and-Services/Broadband-Access/Optical-Line-Terminals/AXS2200\\_US-EN](http://moto.arrisi.com/Video-Solutions/US-EN/Products-and-Services/Broadband-Access/Optical-Line-Terminals/AXS2200_US-EN).
9. **Freewtc, corp.** Distribution Point Box. *www.freewtc.com*. [Online] 2012. <http://www.freewtc.com/products/distribution-point-box-1314-13690.htm>.
10. *Professional Supplier of Fiber Optic Components*. **FLYIN Optronics.,LTD.** 2011, 1 GE/4FE/4FE+2FXS/4FE+2FXS+1TV Port ONU, pp. 1-4.
11. **Putri, Dini Hariska.** Sistem Komunikasi Kabel Laut. *cozyt4lks.wordpress.com*. [Online] <http://cozyt4lks.wordpress.com/2012/01/18/sistem-komunikasi-kabel-laut/>.
12. *Ilmu Komputer*. **Niswati, Lutfi Nur.** 2007, Perancangan Kabel Komunikasi Bawah Laut, pp. 1-8.
13. **Alcatel-Lucent.** Submarine Network Solutions. *www.alcatel-lucent.com*. [Online] 2013. <http://www.alcatel-lucent.com/solutions/submarine-networks>.
14. **International Telecommunication Union.** *ITU-T G.652 Telecommunication standardization sector of ITU*. Geneva : Formerly CCITT Recommendation, 2001.
15. **Hasanuddin, Zulfadjri Basri.** *Jaringan Lokal Akses Fiber Dengan Konfigurasi Jaringan FTTH*. Makasar : Universitas Hasanudin.
16. **CSI Communication Specialties, Inc.** *Edu Guide Introduction to Fiber Optics*. New York : CSI, 2007.
17. *Analisis Jarak Terhadap Redaman, SNR (Signal-To-Noise) Ratio, Dan Kecepatan Download Pada Jaringan ADSL*. **AKATEL Sandhy Putra Purwokerto**. Purwokerto : AKATEL.
18. **Freeman, Roger L.** *Fundamental of Telecommunication*. New York : John Wiley & Sons, Inc., 1999. ISBN 0-471-29699-6.
19. **Badan Pusat Statistik Kabupaten Administrasi Kepulauan Seribu.** *Kepulauan Seribu Selatan in Figures 2011*. Jakarta : BPS Kabupaten Administrasi Kepulauan Seribu, 2011.
20. —. *Kepulauan Seribu Utara in Figures 2011*. Jakarta : BPS Kabupaten Administrasi Kepulauan Seribu, 2011.