

**LAPORAN STIMULUS PENELITIAN
UNIVERSITAS NASIONAL**



**PERENCANAAN JARINGAN KOMUNIKASI SERAT OPTIK
DI PULAU MADURA UNTUK MENDUKUNG
PEMBELAJARAN JARAK JAUH**

Peneliti :

Dr. Heni Jusuf, S.kom, M.Kom

**TEKNIK ELEKTRO
FAKULTAS TEKNIK DAN SAINS
UNIVERSITAS NASIONAL
2021**

Halaman Pengesahan

Judul Penelitian. : Perencanaan Jaringan Komunikasi Serat Optik di Pulau Madura
untuk Mendukung Pembelajaran Jarak Jauh

1. Ketua Peneliti : Dr.Heni Jusuf, S.kom, M.Kom
2. Tempat /tanggal Lahir : Bandung / 5 Februari 1973
3. NIDN : 0305027303
4. Pangkat /Golongan : IV B
5. Jabatan Fungsional : Lektor Kepala
6. Prodi/Fakultas : Teknik Elektro
7. Alamat Rumah : Jl. Amsar, No. 4, Cipulir, Jakarta-Selatan
8. Telepon : 0812-100-7770
9. Jangka Waktu Penelitian : 5 (Lima) Bulan
10. Mahasiswa yang terlibat :
 - a. Mochamad Ikli (183112700220061)
 - b. Redi Sulistiawan (183112700250028)
11. Biaya : Rp. 8.500.000
 - In Cash : Rp. 3.500.000
 - In Kind : Rp. 5.000.000

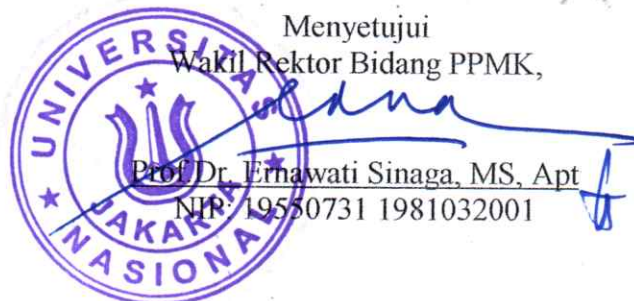
Mengetahui:
Dekan Fakultas FTS UNAS



Dosen Peneliti

Dr.Heni Jusuf, M. Kom
NIP: 0111050749

Menyetujui
Wakil Rektor Bidang PPMK,



DAFTAR ISI

	Halaman Pengesahan	1
	Daftar Isi	2
	Abstrak	3
BAB I	PENDAHULUAN	4
I.1	Latar Belakang	4
I.2	Perumusan Masalah	9
I.3	Tujuan Penelitian	9
I.4	Urgensi Penelitian	10
BAB II	LANDASAN TEORI	11
II.1	Kajian Teori	11
II.1.1	Sistem Komunikasi Serat Optik	12
II.1.2	Pemancar Optik	14
II.1.3	Serat Optik	16
II.1.4	Penerima Optik	23
II.1.5	Pendeteksi Cahaya	24
II.1.6	Parameter unjuk Kerja Saluran Transmisi Serat Optik	27
II.1.7	Pewer Link Budget	30
II.1.8	Rise Time Budget	31
II.1.9	Studi Literatur	32
II.2	Roadmap Penelitian	33
BAB III	METODOLOGI PENELITIAN	35
III.1	Lokasi dan Waktu Penelitian	35
III. 2	Metode Penelitian	35
BAB IV	HASIL PENELITIAN	36
BAB V	KESIMPULAN	54
	DAFTAR PUSTAKA	55

Abstrak

Sesuai Edaran Mendikbud nomor 4 tahun 2020 (Mendikbud RI, 2020) tentang Kebijakan Belajar dari rumah, yang intinya adalah melalui pembelajaran jarak jauh, memberikan pengalaman belajar yang bermakna, tanpa terbebani tuntutan capaian kurikulum untuk kenaikan kelas maupun kelulusan, difokuskan pada pendidikan kecakapan hidup antara lain mengenai pandemi covid-19, aktivitas dan tugas pembelajaran belajar dari rumah dapat bervariasi antar siswa termasuk mempertimbangkan kesenjangan akses atau fasilitas belajar di rumah, bukti atau produk aktivitas belajar dari rumah diberi umpan balik yang sifat kualitatif dan berguna dari guru. Fiber Optik telah menjadi solusi atas meningkatnya kebutuhan transfer data dengan kapasitas tinggi. Jaringan ini merupakan media transmisi yang banyak digunakan saat ini. Salah satunya adalah Pulau Madura untuk menghubungkan semua Kabupaten di Pulau tersebut. Perancangan jaringan komunikasi berbasis serat optik di Pulau Madura meliputi penarikan kabel serat optik dari Kabupaten Bangkalan ke Kabupaten Sampang, Kabupaten Sampang ke Kabupaten Pamekasan, Kabupaten Pamekasan ke Kabupaten Sumenep, Kabupaten Sumenep ke Kecamatan Ketapang dan yang terakhir dari Kecamatan Ketapang ke Kabupaten Bangkalan sehingga membentuk topologi *Ring*

Kata Kunci: *online learning, distance education, fiber optic, madura*

BAB I

PENDAHULUAN

I.1 Latar Belakang

Era Covid-19 adalah suatu era dimana terjadi bencana Nasional covid-19 di Indonesia, dengan penyebaran yang cepat sehingga pemerintah berusaha memutus rantai penularannya dengan cepat, mengubah pola hidup menjadi baru, karena cakupan perubahannya luas mulai dari dunia bisnis, budaya, sosial hingga pendidikan dan pembelajaran. Sesuai Edaran Mendikbud nomor 4 tahun 2020 (Mendikbud RI, 2020) tentang Kebijakan Belajar dari rumah, yang intinya adalah melalui pembelajaran jarak jauh, memberikan pengalaman belajar yang bermakna, tanpa terbebani tuntutan capaian kurikulum untuk kenaikan kelas maupun kelulusan, difokuskan pada pendidikan kecakapan hidup antara lain mengenai pandemi covid-19, aktivitas dan tugas pembelajaran belajar dari rumah dapat bervariasi antar siswa termasuk mempertimbangkan kesenjangan akses atau fasilitas belajar di rumah, bukti atau produk aktivitas belajar dari rumah diberi umpan balik yang sifat kualitatif dan berguna dari guru. Semua Sekolah mulai dari TK hingga SMA langsung melaksanakan edaran Mendikbud tersebut tanpa persiapan dan strategi bagaimana pembelajaran jarak jauh tersebut dilaksanakan.

Menurut Undang-Undang Sistem Pendidikan Nasional No. 20 Tahun 2003 (Kementerian pendidikan, 2003) pembelajaran adalah proses interaksi peserta didik dengan pendidik dan sumber belajar pada suatu lingkungan belajar. Definisi Pembelajaran menurut Atwi Suparman dalam (Suparman, 2014) yaitu pengajar dan peserta didik secara bersamaan menciptakan lingkungan termasuk serangkaian tata nilai dan keyakinan yang dianggap penting untuk menyatukan pandangan tentang realitas kehidupan. Dalam definisi ini, pembelajaran tetap menghadirkan pengajar bersama peserta didik dan berkolaborasi dalam menciptakan kesepakatan tentang apa yang penting agar pada gilirannya mempengaruhi pandangan tentang realitas hidup. Kegiatan pembelajaran adalah suatu rangkaian peristiwa yang mempengaruhi peserta didik sedemikian rupa sehingga perubahan perilaku yang

disebut belajar terfasilitasi. Pembelajaran dapat didefinisikan sebagai pengaruh permanen atas perilaku, pengetahuan, dan keterampilan berpikir, yang diperoleh melalui pengalaman.

Dengan dikeluarkannya edaran Mendikbud tersebut, maka membutuhkan kebijakan, strategi dan inovasi baru sehingga menghasilkan suatu model strategik baru yaitu model pembelajaran baru dimana model pembelajaran ini mendorong kearah digitalisasi pendidikan dan mengubah peran dan interaksi antara guru dengan murid dalam pembelajaran. Pembelajaran jarak jauh yang sedang dijalani saat ini tidak sepenuhnya direncanakan dengan baik, karena mendadak dan terpaksa. Semula proses pembelajaran yang sepenuhnya direncanakan untuk dilaksanakan secara tatap muka, namun ditengah-tengah dipaksa untuk diimplementasikan secara jarak jauh. Menurut Atwi Suparman dalam (Suparman, 2014) mengatakan bahwa pembelajaran adalah Setiap upaya yang sistematis dan sengaja untuk menciptakan, agar terjadi kegiatan interaksi edukatif antar dua pihak, yaitu antar warga belajar (peserta didik) dan sumber belajar (pendidik) yang melakukan kegiatan membelajarkan. Definisi tersebut memberikan pemahaman bahwa pembelajaran bukanlah sesuatu yang terjadi seketika itu, melainkan sesuatu yang terlebih dahulu harus direncanakan. Pembelajaran harus tetap dilaksanakan dengan strategi yang mampu meminimalisir kontak fisik antara siswa dengan siswa lain, ataupun antara siswa dengan guru (Firman & Rahayu, 2020). Penggunaan teknologi digital memungkinkan siswa dan guru berada di tempat yang berbeda selama proses pembelajaran (Belawati, 2019).

Pendidikan jarak jauh (bahasa Inggris: *distance education*) (Bates, 2005) adalah pendidikan formal berbasis lembaga yang peserta didik dan instruktornya berada di lokasi terpisah sehingga memerlukan sistem telekomunikasi interaktif untuk menghubungkan keduanya dan berbagai sumber daya yang diperlukan di dalamnya. Pembelajaran elektronik (*e-learning*) atau pembelajaran daring (*online*) merupakan bagian dari pendidikan jarak jauh yang secara khusus menggabungkan teknologi elektronika dan teknologi berbasis internet. Kemajuan yang terjadi dalam dunia teknologi komunikasi dan informasi memunculkan peluang maupun tantangan baru dalam dunia pendidikan. Peluang

baru yang muncul termasuk akses yang lebih luas terhadap konten multimedia yang lebih kaya, dan berkembangnya metode pembelajaran baru yang tidak lagi dibatasi oleh ruang dan waktu. Di sisi lain kemajuan teknologi dengan beragam inovasi digital yang terus berkembang juga menghadirkan tantangan baru bagi penyelenggara pendidikan untuk terus menyesuaikan infrastruktur pendidikan dengan teknologi baru tersebut.

Pendidikan jarak jauh bukan metode baru dalam sistem pendidikan. Metode pembelajaran ini telah digunakan di Amerika Serikat sejak tahun 1892 ketika Universitas Chicago meluncurkan program pembelajaran jarak jauh pertamanya untuk tingkat pendidikan tinggi. Metode pembelajaran jarak jauh terus berkembang dengan menggunakan beragam teknologi komunikasi dan informasi termasuk radio, televisi, satelit, dan internet. Meluasnya penggunaan internet oleh publik di berbagai negara pada tahun 1996 menjadi suatu fenomena yang berkembang dan diikuti oleh kemunculan beragam konten digital di dalamnya. Pada tahun yang sama, John Bourne mengembangkan *Asynchronous Learning Network Web* yang merujuk kepada kemampuan untuk memberikan pendidikan kapan saja dan di mana saja melalui internet.

Metode pendidikan secara tatap muka dikenal sebagai model utama pendidikan. Namun demikian, pendidikan jarak jauh juga sudah lama berkembang khususnya dengan peserta didik usia dewasa. Di Indonesia, pembelajaran jarak jauh (*distance learning*) adalah bagian dari pendidikan jarak jauh (*distance education*) yang telah diatur dalam undang-undang Republik Indonesia nomor 20 tahun 2003 terkait sistem pendidikan nasional.

Keseriusan pemerintah Indonesia dalam mengembangkan pendidikan jarak jauh sebagai bagian dari sistem pendidikan di Indonesia ditunjukkan dengan dikeluarkannya berbagai produk hukum yang ikut mengatur pendidikan jarak jauh, antara lain:

- a. Undang-undang (UU) nomor 12 tahun 2012 tentang pendidikan tinggi
- b. UU nomor 20 tahun 2003 tentang sistem pendidikan nasional
- c. Peraturan pemerintah (PP) nomor 17 tahun 2010 tentang pengelolaan dan penyelenggaraan pendidikan

- d. Peraturan menteri pendidikan dan kebudayaan (Permendikbud) nomor 109 tahun 2013 tentang penyelenggaraan pendidikan jarak jauh pada pendidikan tinggi
- e. Permendikbud nomor 20 tahun 2011 tentang penyelenggaraan program studi di luar domisili perguruan tinggi

Upaya untuk meningkatkan pemerataan akses pendidikan tinggi di Indonesia juga direspon baik oleh para penyelenggara pendidikan konvensional. Beberapa penyelenggara pendidikan konvensional mulai turut mengembangkan sistem pendidikan jarak jauh ini. Salah satu tantangan yang dihadapi dalam pengembangan pendidikan jarak jauh di Indonesia adalah kesiapan infrastruktur teknologi komunikasi dan informasi, khususnya ketersediaan koneksi internet. Meski konektivitas jaringan internet di berbagai wilayah Indonesia sudah cukup baik, namun masih ada wilayah-wilayah yang masih belum dapat terhubung dengan internet. Pemerintah Indonesia berusaha menyiasatinya melalui program pengadaan satelit yang ditargetkan akan selesai dan dapat digunakan pada tahun 2016

Sebagai negara kepulauan, Indonesia terdiri dari 13.487 pulau dengan 6000 di antaranya masih tidak berpenghuni. Setengah dari penduduk Indonesia yang berjumlah lebih dari 250 juta jiwa memilih untuk tinggal di pulau Jawa walau luas pulau Jawa hanya 6,9 persen dari total 37 persen luas daratan di Indonesia. Besarnya kepulauan di Indonesia yang disertai dengan pembangunan yang belum merata mengakibatkan tidak meratanya juga infrastruktur dan fasilitas di berbagai bidang termasuk pendidikan. Keterbatasan jumlah perguruan tinggi di suatu pulau kerap mendorong sebagian penduduk memilih untuk mengenyam pendidikan tinggi di pulau lainnya. Implikasi yang timbul dari pilihan tersebut adalah besarnya biaya yang harus dikeluarkan bukan hanya untuk pendidikan yang akan ditempuh, melainkan juga untuk biaya hidup lainnya.

Pulau Madura terletak di timur laut pulau Jawa, kurang lebih 7 derajat sebelah selatan dari khatulistiwa di antara 112 derajat dan 114 derajat bujur timur. Pulau ini dipisahkan dari Jawa oleh Selat Madura, yang menghubungkan Laut Jawa dengan Laut Bali. Pulau Madura termasuk wilayah Jawa Timur yang besarnya

kurang lebih 5.168 km² dengan penduduk hampir 4 juta jiwa. Bentuk Pulau Madura seakan mirip badan sapi, yang terdiri dari empat Kabupaten, yaitu: Bangkalan, Sampang, Pamekasan dan Sumenep. Pulau ini didiami oleh suku Madura yang merupakan salah satu etnis suku dengan populasi besar di Indonesia, jumlahnya sekitar 20 juta jiwa.

Keberadaan *backbone* serat optik yang terintegrasi di Pulau Madura diharapkan akan menjadi solusi yang komprehensif terhadap rencana proyek pembangunan di Pulau Madura khususnya pada pendidikan jarak jauh yang direncanakan akan permanen dilakukan di Indonesia. Perencanaan ini bisa mengurangi kesenjangan digital khususnya di empat kabupaten yang ada pulau ini, sehingga akan memacu pengembangan berbagai layanan infokom untuk menunjang perekonomian di Pulau Madura. Selain itu, jaringan serat optik ini juga diharapkan akan meningkatkan jumlah titik akses ke jaringan pita lebar, mendukung peluang persaingan dan prospek bisnis di wilayah-wilayah kabupaten di Madura, menyediakan komunikasi yang lebih efisien, aman dan berdaya jangkau luas bagi sektor publik maupun pemerintahan termasuk militer, polisi, meteorologi, pencegahan krisis, dan pelanggan korporat dan rumah tangga; serta mengurangi biaya komunikasi di dalam wilayah-wilayah yang tercakup.

Oleh karena itu, perencanaan sistem komunikasi serat optik dilakukan pada rute Bangkalan-Sampang-Pamekasan-Sumenep yang mana ke empat kabupaten ini merupakan bagian dari pulau Madura. Hal ini dimaksudkan untuk mengantisipasi kebutuhan telekomunikasi saat ini dan mendatang yang terus meningkat pesat.

Keterbatasan utama dalam sistem komunikasi adalah kecepatan dan kapasitas transmisi, sehingga menuntut perkembangan yang semakin cepat seiring berkembangnya sektor komunikasi data dan suara. Teknologi serat optik dengan frekuensi 10¹³ Hz dan cahaya sebagai media transmisi menawarkan suatu jawaban dalam membangun suatu sistem transmisi yang berkecepatan tinggi dan memiliki kapasitas yang besar. Saat ini kecepatan transmisi serat optik sudah mencapai 10 Gbps dan *bandwidth* sebesar 19,3 GHz untuk panjang-gelombang sebesar 1550 nm.

Gubernur Jawa Timur saat ini, Khofifah Indar Parawansa mempersiapkan sejumlah rencana proyek pembangunan di Madura. Pasalnya, sejak Jembatan Suramadu beroperasi pada 2009 lalu, perekonomian pulau tersebut belum berkembang maksimal. Termasuk pembangunan infrastruktur di bidang telekomunikasi, berupa *link backbone* berbasis serat optik. Mengingat pembangunan di kawasan pulau ini tidak secepat di wilayah Pulau Jawa.

I.2 Perumusan Masalah

Dalam penelitian ini dirumuskan permasalahan adalah sebagai berikut:

1. Bagaimana proses perancangan jaringan komunikasi berbasis serat optik antar Kabupaten di Pulau Madura agar pendidikan jarak jauh yang direncanakan akan permanen dilakukan di Indonesia dapat dirancang dengan baik, sehingga pulau Madura dapat menjadi prototype pulau lainnya
2. Bagaimana proses pemilihan komponen serat optik.
3. Bagaimana menganalisis redaman setiap jalur transmisi serat optik.
4. Bagaimana proses perhitungan *power link budget* dan *rise time budget* untuk mengetahui jangkauan jarak maksimum, kecepatan data serta mengujinya pada simulasi aplikasi *OptiSystem*

I.3 Tujuan Penelitian

Adapun tujuan yang ingin dicapai dari penelitian ini adalah :

1. Mengetahui proses perancangan jaringan komunikasi berbasis serat optik antar Kabupaten di Pulau Madura.
2. Mengetahui proses pemilihan komponen serat optik.
3. Menganalisis redaman setiap jalur transmisi serat optik.
4. Menganalisis perhitungan *power link budget* dan *rise time budget* untuk menjangkau jarak maksimum, kecepatan data dan hasil simulasi pada aplikasi *OptiSystem*.

I.4 Urgensi Penelitian

Urgensi dari penelitian ini adalah sebagai berikut :

1. Hasil penelitian ini diharapkan dapat dijadikan model untuk perancangan jaringan komunikasi di pulau lainnya agar pendidikan jarak jauh dapat dilaksanakan di wilayah Indonesia
2. Hasil penelitian ini diharapkan menjadi masukan dan pertimbangan untuk penerapan pembelajaran jarak jauh.

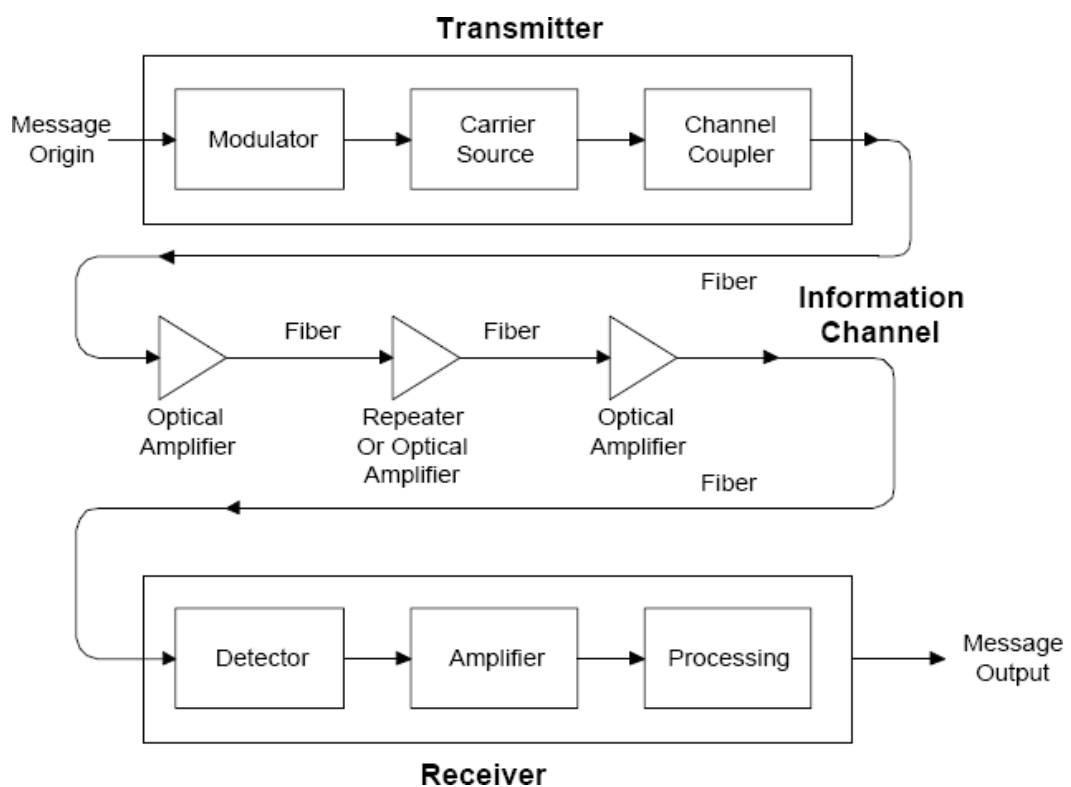
BAB II

LANDASAN TEORI

II.1 Kajian Teori

II.1.1 Sistem Komunikasi Serat Optik

Elemen kunci dari sistem komunikasi optik adalah pemancar optik, kabel optik, dan penerima optik.



Gambar 2.1 Blok Diagram Dasar Sistem Komunikasi Serat Optik

Dimana fungsi-fungsi dari setiap bagian adalah sebagai berikut:

1. *Message Origin*
 - a. *Message origin* bisa berupa besaran fisik non-listrik (suara atau gambar), sehingga diperlukan transduser (sensor) yang merubah *message* dari bentuk non-listrik ke bentuk listrik.

- b. Contoh yang umum adalah *microphone* merubah gelombang suara menjadi arus listrik dan video kamera (CCD) merubah gambar menjadi arus listrik.
2. *Modulator dan Carrier Source*
 - a. Memiliki dua fungsi utama, pertama merubah *message* elektrik ke dalam bentuk yang sesuai, kedua menumpangkan sinyal ini pada gelombang yang dibangkitkan oleh *carrier source*.
 - b. Format modulasi dapat dibedakan menjadi modulasi analog dan digital.
 - c. Pada modulasi digital untuk menumpangkan sinyal data digital pada gelombang *carrier*, *modulator* cukup hanya meng-on-kan atau meng-off-kan *carrier source* sesuai dengan sinyal datanya.
 - d. *Carrier source* membangkitkankan gelombang cahaya dimana informasi akan ditransmisikan, yang umum digunakan *Laser Diode* (LD) atau *Light Emitting Diode* (LED).
 3. *Channel Coupler*
 - a. Untuk menyalurkan daya gelombang cahaya yang telah termodulasi dari *carrier source* ke *information channel* (serat optik).
 - b. Merupakan bagian penting dari desain sistem komunikasi serat optik sebab kemungkinan *loss* yang tinggi.
 4. *Information Channel* (Serat Optik)
 - a. Karakteristik yang diinginkan dari serat optik adalah atenuasi yang rendah dan sudut *light-acceptance-cone* yang besar.
 - b. *Amplifier* dibutuhkan pada sambungan yang sangat panjang (ratusan atau ribuan kilometer) agar didapatkan daya yang cukup pada *receiver*.
 - c. *Repeater* hanya dapat digunakan untuk sistem digital, dimana berfungsi merubah sinyal optik yang lemah ke bentuk listrik kemudian dikuatkan dan dikembalikan ke bentuk sinyal optik untuk transmisi berikutnya.
 - d. Waktu perambatan cahaya didalam serat optik tergantung pada frekuensi cahaya dan pada lintasan yang dilalui, sinyal cahaya yang merambat di

dalam serat optik memiliki frekuensi berbeda-beda dalam rentang tertentu (lebar spektrum frekuensi) dan dayanya terbagi-bagi sepanjang lintasan yang berbeda-beda, hal ini menyebabkan distorsi pada sinyal.

- e. Pada sistem digital distorsi ini berupa pelebaran (dispersi) pulsa digital yang merambat di dalam serat optik, pelebaran ini makin bertambah dengan bertambahnya jarak yang ditempuh dan pelebaran ini akan tumpang tindih dengan pulsa-pulsa yang lainnya, hal ini akan menyebabkan kesalahan pada deteksi sinyal. Adanya dispersi membatasi kecepatan informasi (pada sistem digital kecepatan informasi disebut *data rate* diukur dalam satuan *bit per second* (bps) yang dapat dikirimkan.

5. *Detector dan Amplifier*

- a. Digunakan detektor cahaya (*photo-diode* dan *photo transistor*) yang berfungsi merubah sinyal optik yang diterima menjadi sinyal listrik.

6. *Signal Processor*

- a. Untuk transmisi analog, sinyal prosesor terdiri dari penguatan dan *filtering* sinyal. *Filtering* bertujuan untuk memaksimalkan rasio dari daya sinyal terhadap power sinyal yang tidak diinginkan. Fluktuasi acak yang ada pada sinyal yang diterima disebut sebagai *noise*. Bagaimana pengaruh *noise* ini terhadap sistem komunikasi ditentukan oleh besaran *Signal to Noise Ratio* (SNR), yaitu perbandingan daya sinyal dengan daya noise, biasanya dinyatakan dalam *desiBell* (dB), makin besar SNR maka makin baik kualitas sistem komunikasi tersebut terhadap gangguan *noise*.
- b. Untuk sistem digital, sinyal prosesor terdiri dari penguatan dan *filtering* sinyal serta rangkaian pengambil keputusan.
- c. Rangkaian pengambil keputusan ini memutuskan apakah sebuah bilangan biner 0 atau 1 yang diterima selama slot waktu dari setiap individual bit. Karena adanya *noise* yang tak dapat dihilangkan maka selalu ada kemungkinan kesalahan dari proses pengambilan keputusan ini

dinyatakan dalam besaran *Bit Error Rate* (BER) yang nilai-nya harus kecil pada sistem komunikasi.

- d. Jika data yang dikirim adalah analog (misalnya suara), namun ditransmisikan melalui serat optik secara digital (pada *transmitter* dibutuhkan *Analog to Digital Converter* (ADC) sebelum sinyal masuk *modulator*) maka dibutuhkan juga *Digital to Analog Converter* (DAC) pada sinyal prosesor, untuk merubah data digital menjadi analog, sebelum dikeluarkan ke keluaran (misalnya *speaker*).

7. *Message Output*

- a. Jika keluaran yang dihasilkan di presentasikan langsung ke manusia, yang mendengar atau melihat informasi tersebut, maka keluaran yang masih dalam bentuk sinyal listrik harus dirubah menjadi gelombang suara atau visual image. Transduser (*actuator*) untuk hal ini adalah *speaker* untuk *audio message* dan tabung sinar katoda (CRT) (atau yang lainnya seperti LCD) untuk *visual image*.
- b. Pada beberapa situasi misalnya pada sistem dimana komputer-komputer atau mesin-mesin lainnya dihubungkan bersama-sama melalui sebuah sistem serat optik, maka keluaran dalam bentuk sinyal listrik langsung dapat digunakan. Hal ini juga jika sistem serat optik hanya bagian dari jaringan yang lebih besar, seperti pada sebuah *fiber link* antara *telephone exchange* atau sebuah *fiber trunk line* membawa sejumlah program televisi, pada kasus ini *processing* mencakup distribusi dari sinyal listrik ke tujuan-tujuan tertentu yang diinginkan. Peralatan pada *message output* secara sederhana hanya berupa sebuah konektor elektrik dari prosesor sinyal ke sistem berikutnya.

II.1.2 Pemancar Optik

Pemancar optik merupakan sumber cahaya dalam sistem komunikasi serat optik. Pemancar optik digunakan untuk mengkonversi sinyal elektrik menjadi sinyal optik yang akan dilewatkan melalui serat optik. Cahaya yang dibawa dapat

diatur kedalam tingkat intensitas yang berbeda-beda, sehingga menjadi lebih mudah untuk diaktifkan dan dinonaktifkan yang disebut dengan modulasi analog. Modulasi yang dapat merubah intensitas cahaya disebut juga dengan *Amplitude Modulation (AM)*.

Secara umum sumber cahaya dalam sistem komunikasi serat optik ada dua jenis, yaitu:

1. *Light Emitting Diode (LED)*

LED yang sering digunakan dalam sistem komunikasi serat optik adalah *solid state semiconductor*. LED sering digunakan untuk jalur transmisi *multimode*. Sumber cahaya yang menggunakan LED lebih sedikit mengkonsumsi daya daripada laser. Namun sebagai konsekuensinya, sinar yang dipancarkan oleh LED tidak dapat menempuh jarak sejauh laser. Terdapat dua jenis LED yaitu *edge emitting LED (ELED)* dan *surface emitting LED*. Keduanya mempunyai divergensi tinggi dari cahaya keluaran. Selain itu LED mempunyai *rise time* yang lambat (kurang dari 1ns) yang membatasi kecepatan sistem komunikasi dan juga kurang sensitif terhadap suhu. ELED dapat digunakan pada jalur transmisi *single mode*.

2. Laser

Laser digunakan untuk kecepatan data yang lebih tinggi. Laser dengan panjang gelombang (*wavelength*) yang pendek (780-850 nm) umumnya digunakan untuk serat optik *multimode*, sedangkan laser dengan *wavelength* yang lebih panjang (1,3-1,5 μm) digunakan untuk serat optik *singlemode*. Laser yang digunakan dalam sistem komunikasi serat optik merupakan laser tipe *edge emitting laser*. Terdapat banyak jenis laser, tetapi hanya sebagian jenis saja yang dapat digunakan dalam sistem komunikasi serat optik, yaitu:

- a. *Double Heterostructure (DH)*
- b. *Quantum Well (QW)*
- c. *Strained Layer (SL)*
- d. *Distributed Feedback (DFB)*
- e. *Distributed Bragg Reflector (DBR)*
- f. *Vertical Cavity Surface Emitting Lasers (VCSEL)*

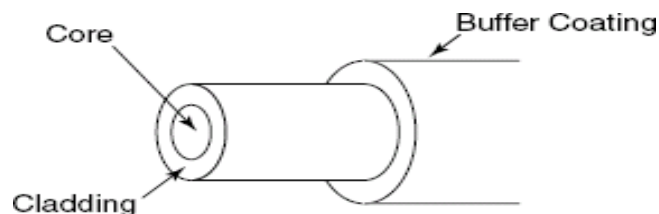
Tabel 2.1 Perbandingan Laser Diode dan LED

Karakteristik	Laser Diode	Light Emitting Diode
Wavelength	>1300 nm	800-900 nm
Spectral Width	1-2 nm	30-40 nm
Available Output Power	5-15 mW	1-5 mW
Insertion Loss	3 dB	15-20 dB
Modulation Frequency	1000 MHz	10-100 MHz
Life Expectancy	10^4 - 10^5 hours	10^5 - 10^6 hours

II.1.3 Serat Optik

Serat optik adalah saluran transmisi yang terbuat dari kaca atau plastik yang digunakan untuk mentransmisikan sinyal cahaya dari suatu tempat ke tempat lain. Cahaya yang ada di dalam serat optik sulit keluar karena indeks bias dari kaca lebih besar daripada indeks bias dari udara. Sumber cahaya yang digunakan adalah laser karena laser mempunyai spektrum yang sangat sempit. Kecepatan transmisi serat optik sangat tinggi sehingga sangat bagus digunakan sebagai saluran komunikasi.

Sebuah serat optik terdiri dari tiga bagian, yaitu: inti (*core*), kulit (*cladding*) dan mantel (*buffer*) atau pelindung. *Core* adalah sebuah batang silinder terbuat dari bahan dielektrik bahan silika (SiO_2), biasanya diberi pengotor dengan germanium oksida (GeO_2) atau fosfor penta oksida (P_2O_5) untuk meningkatkan indeks bias. *Core* memiliki jari-jari sekitar 8 – 200 μm dan indeks bias (n_1) besarnya sekitar 1,5. *Core* diselubungi oleh lapisan material yang disebut kulit dan terbuat dari bahan dielektrik (silika tanpa atau sedikit pengotor), kulit memiliki jari-jari sekitar 125 – 400 μm , indeks bias (n_2) sedikit lebih rendah dari n_1 .



Gambar 2.2 Struktur Dasar Serat Optik

Keuntungan serat optik adalah sebagai berikut:

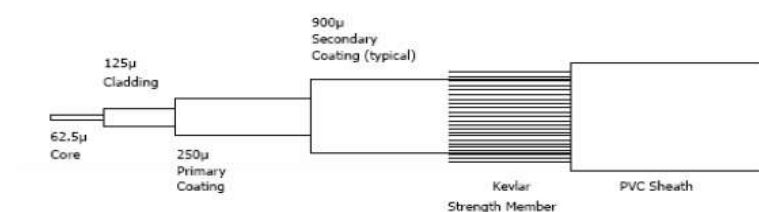
1. Tahan terhadap gangguan RFI (*Radio Frequency Interference*) dan EMI (*Electromagnetic Interference*).
2. Keamanan, tidak bisa disadap melalui kabel biasa.
3. *Bandwidth* yang besar.
4. Tidak berkarat.
5. Jangkauan lebih jauh dibanding kabel tembaga.
6. Kecepatan transfer lebih tinggi.

Kelemahan serat optik adalah sebagai berikut:

1. Guncangan fisik akan menjadi gangguan terhadap sinyal.
2. Sulit dalam instalasi dibanding kabel tembaga yaitu penyambungan untuk instalasi atau apabila putus.
3. Pembelokan yang tajam bisa menyebabkan patah.

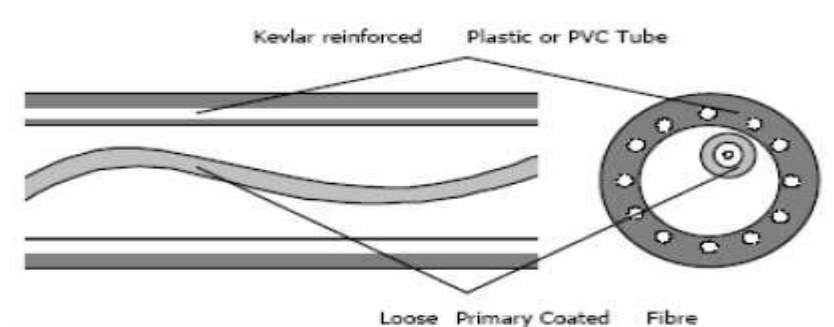
Berdasarkan tipe struktur, serat optik dibagi menjadi dua, yaitu:

1. Struktur kabel tipe *tight-jacket*.

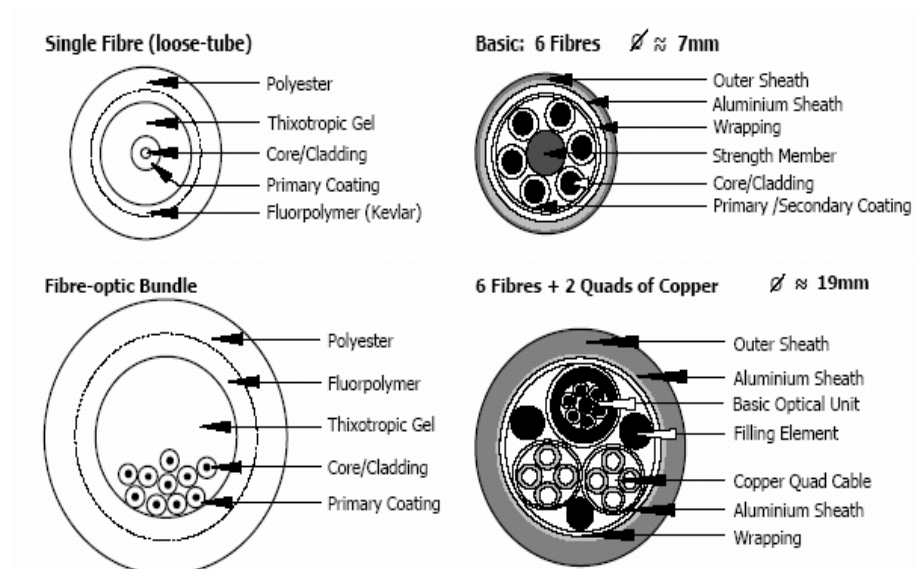


Gambar 2.3 Serat Optik Tipe *Tight-Jacket*

2. Struktur kabel tipe *loosen tube*.



Gambar 2.4 Serat Optik Tipe *Loosen Tube*



Gambar 2.5 Konstruksi Kabel Serat Optik

Secara umum serat optik dibagi menjadi dua, yaitu:

1. Berdasarkan mode yang dirambatkan:

a. *Singlemode*

Serat optik dengan inti yang sangat kecil, diameter mendekati panjang gelombang sehingga cahaya yang masuk ke dalamnya tidak terpantul - pantul ke dinding kulit.

b. *Multimode*

Serat optik dengan diameter inti yang agak besar yang membuat laser di dalamnya akan terpantul-pantul di dinding kulit yang dapat menyebabkan berkurangnya bandwidth dari serat optik jenis ini.

2. Berdasarkan indeks bias inti:

a. *Step Index*

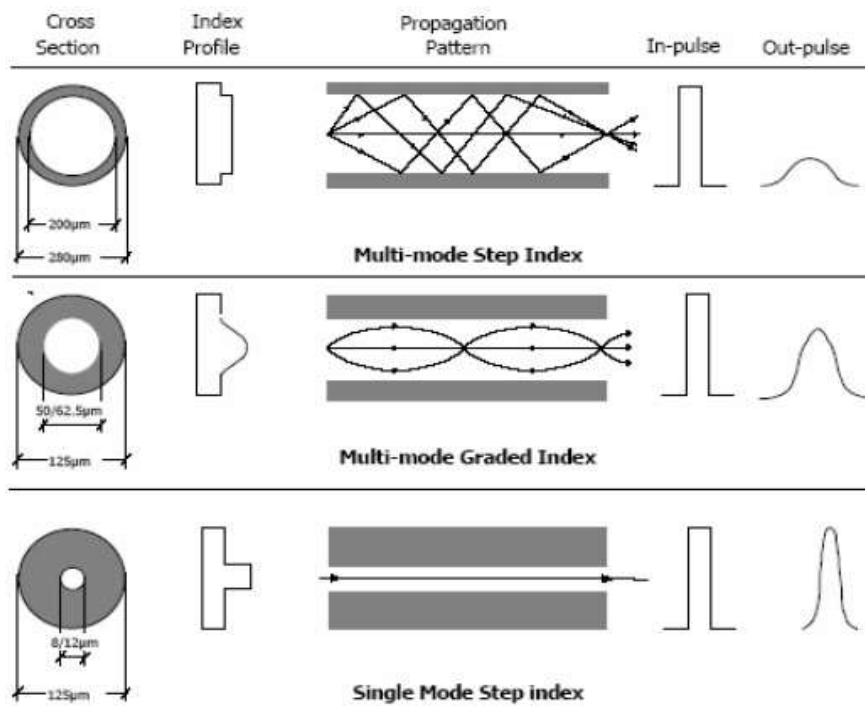
Pada serat optik step index, inti memiliki indeks bias yang homogen.

b. *Graded index*

Indeks bias inti semakin mendekati ke arah kulit semakin kecil. Jadi pada *graded index*, pusat inti memiliki nilai indeks bias yang paling besar. Serat optik jenis *graded index* memungkinkan untuk membawa *bandwidth* yang lebih besar, karena pelebaran pulsa yang terjadi dapat diminimalkan.

Terdapat tiga jenis kabel serat optik yang sering digunakan:

1. *Multimode Step Index*
2. *Multimode Grade Index*
3. *Single Mode*



Gambar 2.6 Index Profil, Perambatan Cahaya, Masukan-Keluaran Pulsa dari Jenis Kabel Serat Optik *Single Mode Step Index*, *Multimode Step Index* dan *Multi Mode Graded Index*

Tabel 2.2 Perbandingan Antara Step index, Grade index dan Single Mode

Fiber Type	Core/Cladding Diameter(m)	Attenuation Coefficient (dB/km)			Bandwidth (MHz-km)
		850 nm	1300 nm	1550 nm	
Multimode/Plastic	1 mm	(1 dB/m	@665 nm)		Low
Multimode/Step Index	200/240	6			50 @ 850 nm
Multimode/Graded Index	50/125	3	1		600 @1300 nm
	62.5/125	3	1		500 @1300 nm
	85/125	3	1		500 @1300 nm
	100/140	3	1		300 @1300 nm
Singlemode	8-9/125		0.5	0.3	high

Ada lima jenis redaman dalam serat optik, yaitu:

1. Redaman Penyerapan

Redaman penyerapan pada serat optik disebabkan oleh tiga mekanisme yang berbeda, yaitu penyerapan ultraviolet, penyerapan inframerah, dan penyerapan resonansi ion. Penyerapan ultraviolet terjadi karena untuk silika lebur murni (*pure fused silica*). Penyerapan inframerah terjadi karena foton-foton dari energi cahaya diserap oleh atom-atom di dalam molekul gelas dan diubah menjadi getaran mekanis yang acak yang merupakan ciri khas dari pemanasan. Ionisasi ini berkembang menjadi suatu rugi energi pada medan - medan cahaya dan mempengaruhi rugi transmisi.

2. Redaman Penyebaran *Rayleigh*

Gelas dalam serat optik merupakan suatu benda padat *amorphous* (tidak berbentuk kristal) yang dibentuk dengan cara membiarkan gelas itu mendingin dari keadaan cairnya pada suhu tinggi hingga membeku. Selama proses pembentukan ini, variasi-variasi submikroskopis dalam kerapatan gelas dan dalam campuran-campuran didalamnya ikut dibekukan di dalam gelas, dan kemudian menjadi facet-facet yang memantulkan dan membiaskan serta menyebarkan (*scatter*) sebagian kecil cahaya yang lewat melalui gelas tersebut. Meskipun teknik pembuatannya yang teliti dapat mengurangi penyimpangan hingga minimum, mereka tidak dapat seluruhnya dihilangkan. Redaman yang

ditimbulkan karena efek penyebaran ini berubah menurut perbandingan terbalik pangkat empat dari panjang gelombang ($\alpha\lambda^4$), sehingga pengaruhnya akan berkurang hingga lebih kecil dari kira-kira 0.3 dB/km pada panjang gelombang 1.3 μm .

3. Ragam-ragam yang Bocor

Bila pelapis dikelilingi oleh suatu bahan dengan indeks bias yang lebih rendah, pembiasan sebagian dari ragam-ragam lengkungan akan terjebak di dalam pelapis dan merambat di sepanjang pelapis ke penerima. Ragam-ragam bocor harus dibuang dari inti dan pelapis sedini mungkin agar dapat mengurangi penyebaran sinyal. Ragam-ragam bocor yang ditimbulkan pada ujung pemancar dari serat optik biasanya hanya mengandung beberapa persen dari daya terbimbing total, dan hal ini akan diredam dengan cepat didekat pemancar. Hal ini menjadi suatu rugi tetap bagi serat optik. Bila serat optik tidak bersambung, rugi ini hanya akan terjadi sekali. Tetapi bila pada kabel terdapat sambungan-sambungan (*splices*), ragam-ragam yang terkandung dan merambat di bagian pertama mungkin tidak digandengkan (*coupled*) ke bagian berikutnya, dan ini akan mengakibatkan dipindahkannya daya ke ragam - ragam bocor pada sambungan tersebut. Daya ini hilang tepat dibelakang sambungan karena efek menghilangkan (*stripping*), sehingga setiap sambungan akan menambah rugi.

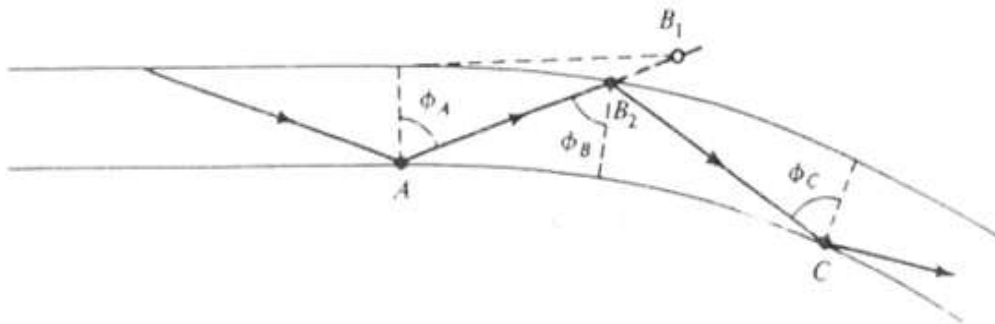
4. Redaman Penggandengan Ragam (*Mode-Coupling Losses*)

Daya yang sudah dilepaskan dengan baik ke dalam suatu ragam yang merambat kemungkinan digandengkan ke dalam suatu ragam bocor atau ragam radiasi pada sebuah titik yang agak jauh pada fiber. Efek penggandengan ini dapat terjadi karena cacat-cacat kecil pada gelas inti atau pada interface inti-pelapis, seperti misalnya variasi kecil pada diameter inti, bentuk penampang atau gelembung-gelembung dalam gelas dapat menyebabkan digandengkannya energi ke dalam salah satu dari ragam-ragam bocor. Redaman dari sumber ini akan terbagi rata di sepanjang fiber. Sumber lain dari penggandengan ragam ialah sambungan-sambungan yang dibentuk dengan kurang sempurna. Pada

umumnya, redaman ini ditekan hingga 0.5 dB per gandengan atau kira-kira 0.2 dB per sambungan. Hal ini merupakan rugi- rugi yang diskrit dan dapat dibuat menjadi minimum dengan cara mengurangi banyaknya sambungan atau konektor yang diperlukan dalam suatu jalur serat optik tertentu.

5. Redaman Pembengkokan (*Bending Losses*)

Dua jenis pembengkokan yang menyebabkan redaman dalam serat optik, adalah pembengkokan mikro (*microbending*) dan pembengkokan radius konstan. Keduanya timbul karena alasan-alasan yang berbeda, dan menimbulkan redaman dengan dua macam mekanisme yang berbeda pula. Pembengkokan mikro adalah suatu pembengkokan mikroskopis dari inti serat optik yang disebabkan oleh laju penyusutan atau kontraksi suhu yang sedikit berbeda antara bahan inti dan bahan pelapis. Pembengkokan mikro juga dapat timbul jika serat optik berulang kali digulung menjadi suatu kabel serat optik majemuk atau jika digulung pada kelas-kelas untuk memudahkan pengangkutan dan penyimpanan. Ketelitian selama pembuatan dan pengangkutannya akan banyak mengurangi redaman ini. Bila serat optik diinstalasikan dalam saluran kabel atau pada tiang-tiang untuk saluran transmisi, seringkali menemukan adanya belokan-belokan pada *fiber* untuk mengikuti misalnya sudut atau tikungan. Belokan yang cukup tajam dapat juga menyebabkan rugi atau hilangnya cahaya dalam *fiber*. Makin tajam belokan itu dibuat, makin banyak pula ragam-ragam yang terlepas pada belokan, sehingga untuk memasang serat optik, perlu dipastikan bahwa tidak ada belokan-belokan yang tajam. Pembuat fiber biasanya menspesifikasikan suatu radius belokan minimum dan memberikan pula suatu angka rugi minimum yang berkaitan dengan belokan tersebut.



Gambar 2.7 Rambat Sinar Dalam Serat Optik yang Dibengkokkan

II.1.4 Penerima Optik

Penerima berfungsi untuk mengubah sinyal optik menjadi sinyal elektrik. Oleh karena itu, karakteristik yang sangat dibutuhkan diantaranya adalah sebagai berikut:

1. Sensitivitas tinggi
2. *Bandwidth* yang mencukupi dan respon yang cepat untuk mengakomodasi laju informasi.
3. *Noise* rendah.
4. Reliabilitas tinggi dan tidak terpengaruh oleh perubahan suhu.

Komponen penerima dibagi menjadi 3, yaitu:

1. *Front End*

Terdiri dari:

- a. *Photo Diode*: mengubah sinyal optik menjadi sinyal elektrik.
- b. *Preamplifier*: menguatkan sinyal untuk proses selanjutnya.

2. *Linear Channel*

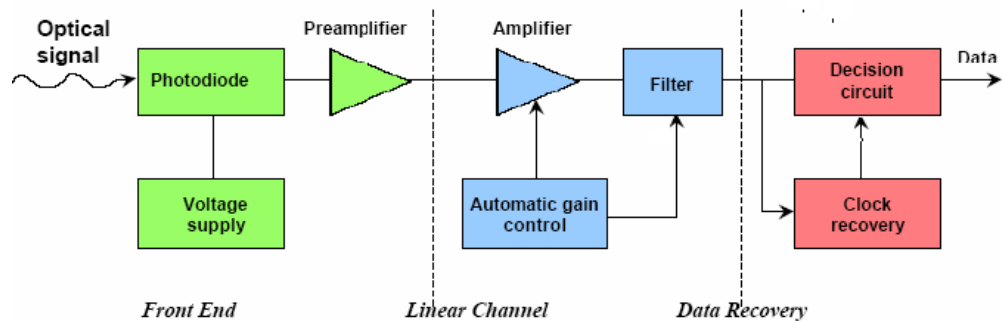
Terdiri dari:

- a. *Main Amplifier*: dikontrol secara otomatis untuk membatasi tegangan keluaran.
- b. *Low Pass Filter*: untuk membentuk pulsa tegangan yang berguna untuk mengurangi noise.

3. Data Recovery

Terdiri dari:

- a. Sirkit Decision: untuk membandingkan *output* dari linear *channel* terhadap level *threshold* dan memutuskan apakah sinyal merupakan bit “1” atau bit “0”.
- b. Sirkit *Clock Recovery*: mensinkronkan proses keputusan.



Gambar 2.8 Blok Diagram Penerima Serat Optik

Penerima pada sistem komunikasi serat optik terdiri dari dua bagian, yaitu:

1. Detektor penerima

Detektor Penerima (*Photodetector*) berfungsi untuk menangkap cahaya yang berupa gelombang optik pembawa informasi.

2. Rangkaian elektrik

Rangkaian elektrik berfungsi untuk mengkonversi cahaya pembawa informasi terhadap data informasi terhadap data informasi yang dibawa dengan melakukan regenerasi waktu, regenerasi pulsa serta konversi sinyal elektrik ke dalam *interface* V.28 yang berupa sinyal digital dan sebaliknya.

II.1.5 Pendeteksi Cahaya

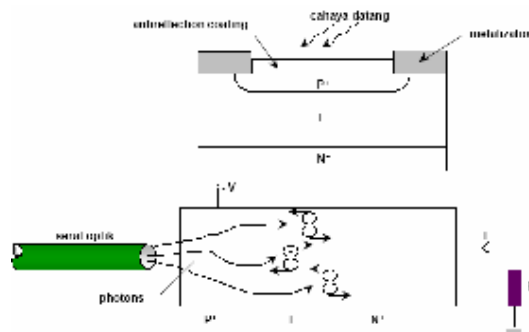
Detektor adalah bagian integral dari seluruh sistem komunikasi serat optik, yang terletak pada bagian penerima. Berfungsi untuk mengubah kembali sinyal optik menjadi sinyal elektrik. Detektor optik dapat menghasilkan gelombang sesuai aslinya, dengan meminimalisasi redaman yang timbul selama perambatan, sehingga

dapat juga menghasilkan sinyal elektrik yang maksimum dengan daya optik yang kecil.

Detektor penerima berfungsi untuk menangkap cahaya yang berupa gelombang optik pembawa informasi, dapat berupa PIN *diode* atau *Avalanche Photo Diode* (APD). Pemilihannya tergantung keperluan sistem komunikasinya. Seperti halnya pemancar optik, penerima optik juga terdiri dari bahan semikonduktor. Dikombinasikan dengan pemancar *Gallium Arsenide* (GaAS), serat *silika quartz* (SiO₂) dan *silika* (Si).

Terdapat dua jenis penerima detektor yaitu:

1. Pin/ Fet *Photo Diode*



Gambar 2.9 Struktur dan Prinsip PIN

Di dalam dioda PIN, serat optik ditempatkan sedemikian rupa sehingga cahaya yang diterima jatuh pada suatu lapisan intrinsik dari materiasemi konduktor yang diletakkan antara lapisan tipe n dan tipe p. *Diode junction* yang dibentuk oleh lapisan. Lapisan ini dibias mundur (*reverse-bias*) dan jumlah arus yang mengalir melalui *junction* tersebut ditentukan oleh intensitas cahaya (jumlah photon) yang masuk dalam lapisan intrinsik. Variasi arus yang mengalir melalui *diode* PIN sebagai hasil dari variasi intensitas sinyal optik yang diterima adalah sangat kecil sehingga memerlukan penguatan.

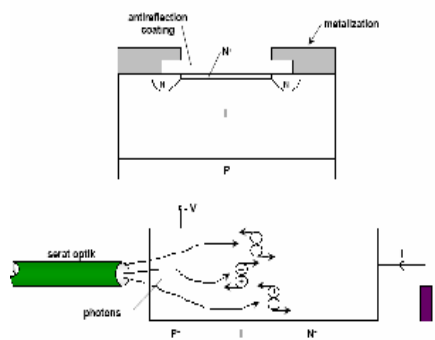
2. *Avalanche Photo Diode* (APD)

APD mempunyai konstruksi yang mirip dan beroperasi dengan cara yang sama dengan diode PIN. Akan tetapi APD tidak memerlukan penguat efek medan

di dalam modul penerima. Internal gain yang membuat APD lebih sensitif, diperoleh melalui penggunaan tegangan bias mundur yang tinggi pada diode junction-nya. Hal ini menghasilkan suatu medan listrik yang tinggi pada lapisan instrinsik dioda. Pada saat suatu elektron dilepas karena adanya suatu photon yang masuk ke lapisan intrinsik, medan listrik akan menyebabkan elektron tersebut bergerak sepanjang lapisan pada kecepatan yang tinggi dan bertubrukan dengan molekul-molekul lain sehingga melepaskan lebih banyak elektron-elektron yang selanjutnya akan bergerak sepanjang lapisan dengan kecepatan tinggi. Proses ini dinamakan *avalanche breakdown*

Cara kerja APD adalah photon diserap di daerah pengosongan (*depletion*), menimbulkan elektron bebas dan lobang (*hole*) bebas. Gaya listrik yang besar pada bagian ini menyebabkan perubahan percepatan yang dapat membangkitkan energi kinetik. Energi kinetik ini meningkatkan elektron yang menyebrang pita energi pemisah. Percepatan muatan pertama dapat membangkitkan beberapa kali percepatan muatan yang baru. Hal ini menyebabkan proses pengkalian arus pada APD.

Pada saat suatu elektron dilepas karena adanya suatu photon yang masuk ke lapisan intrinsik, medan listrik akan menyebabkan elektron tersebut bergerak sepanjang lapisan pada kecepatan yang tinggi dan bertubrukan dengan molekul-molekul lain sehingga melepaskan lebih banyak elektron-elektron yang selanjutnya akan bergerak sepanjang lapisan dengan kecepatan tinggi. Keuntungan penggunaan *avalanche breakdown* ini adalah peningkatan sensitivitas dibandingkan dengan diode PIN.



Gambar 2.10 Struktur dan Prinsip APD

Keuntungan penggunaan *avalanche breakdown* ini adalah dapat digunakan untuk komunikasi jarak jauh pada panjang gelombang 1310 nm, 1500 nm dan 1550 nm dengan kualitas yang baik. Artinya detektor APD mempunyai sensitivitas dan response yang tinggi terhadap sinar laser sebagai pembawa gelombang optik informasi.

Tabel 2.3 Perbandingan PIN dan APD

Karakteristik	PIN Photodiode	APD
<i>Bandwidth</i> modulasi	Puluhan MHz hingga puluhan GHz	Ratusan MHz hingga puluhan GHz
<i>Gain</i>	1	>1
Kebutuhan rangkaian tambahan	Tidak	Sumber tegangan bias yang tinggi, rangkaian pengkompensasi suhu
Linieritas	Tinggi	Rendah
Biaya	Rendah	Sedang hingga tinggi

II.1.6 Parameter Unjuk Kerja Saluran Transmisi Serat Optik

Dalam perancangan suatu perencanaan sistem transmisi serat optik diperlukan suatu pengujian terhadap hasil perencanaan tersebut, hal ini diperlukan agar sistem yang direncanakan tersebut layak untuk diterapkan di lapangan. Adapun syarat-syarat yang diperlukan untuk menganalisis jalur transmisi serat optik, yaitu:

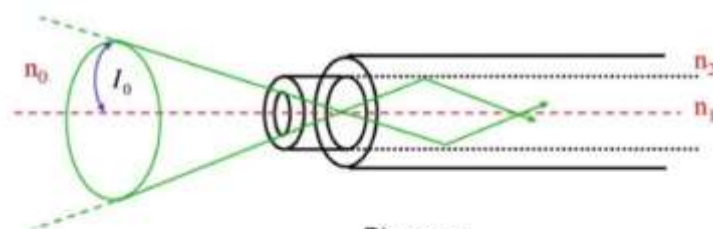
1. Jarak transmisi yang diinginkan
2. Kecepatan data atau *bandwidth*
3. *Bit error rate* (BER)

Untuk memenuhi syarat-syarat ini, maka karakteristik yang berhubungan dengan komponen- komponen yang dipilih adalah sebagai berikut:

1. *Multimode* atau *singlemode fiber optic*
 - a. Ukuran dari *core*

- b. Profile indeks bias dari *core*
- c. *Bandwidth* atau *disperse*
- d. Redaman atau atenuasi
- e. *Numerical aperture*

Numerical Aperture merupakan parameter yang merepresentasikan sudut penerimaan maksimum dimana berkas cahaya masih bisa diterima dan merambat didalam inti serat. Sudut penerimaan ini dapat beraneka macam tergantung kepada karakteristik indeks bias inti dan selubung serat optik. Jika sudut datang berkas cahaya lebih besar dari NA atau sudut kritis maka berkas tidak akan dipantulkan kembali ke dalam serat melainkan akan menembus cladding dan akan keluar dari serat. Semakin besar NA maka semakin banyak jumlah cahaya yang diterima oleh serat. Akan tetapi sebanding dengan kenaikan NA menyebabkan lebar pita berkurang, dan rugi penyebaran serta penyerapan akan bertambah. Oleh karena itu, nilai NA besar hanya baik untuk aplikasi jarak-pendek dengan kecepatan rendah. Besarnya *Numerical Aperture* (NA) dapat dihitung dengan menggunakan persamaan berikut:



$$NA = \frac{\sqrt{n_1^2 - n_2^2}}{n_0}$$

Dimana :
 NA = Numerical Aperture
 n1 = Indeks bias core
 n2 = Indeks bias cladding
 n0 = Indeks bias pelepasan

Jika $n_0 = 1$, maka :

$$NA = \sqrt{n_1^2 - n_2^2}$$

I_0 = Kerucut penerimaan = arc Sin NA

Gambar 2.11 Gambar dan Rumus Persamaan *Numerical Aperture*

Pembiasan atau refraksi adalah pembelokan arah cahaya akibat perubahan kecepatan cahaya saat memasuki medium yang berbeda kerapatannya dengan

medium cahaya itu berasal. Jika seberkas cahaya diarahkan pada bidang batas antara dua buah medium dimana medium tujuan cahaya lebih rapat kerapatannya dibandingkan dengan medium asalnya, sebagian cahaya akan dipantulkan dan yang sebagian lagi akan dibiaskan seperti bunyi Hukum Pembiasan atau Hukum Snellius berikut.

- Sinar datang, sinar bias dan garis normal berpotongan pada sebuah titik dan terletak pada sebuah bidang datar.
- Hubungan sudut datang (θ_1), sudut bias (θ_2) dan kerapatan medium sinar datang n_1 serta kerapatan medium sinar bias n_2 dinyatakan oleh persamaan umum

$$n_1 \sin \theta_1 = n_2 \sin \theta_2.$$

Karena hukum ini dikemukakan oleh Snellius, maka hukum ini dikenal sebagai hukum Snellius dan persamaan itu dikenal sebagai persamaan Snellius.

2. Sumber optik LED atau *laser diode*

- a. Panjang gelombang emisi
- b. Daya keluaran
- c. Pola emisi

3. PIN atau APD

- a. Responsivitas
- b. Panjang gelombang operasi
- c. Kecepatan
- d. Sensitivitas

Dua analisis yang biasanya digunakan untuk memastikan bahwa sistem komunikasi serat optik yang diinginkan telah terpenuhi adalah melalui analisis *power link budget* dan *rise time budget* sistem. Pada analisis *power link budget*, mula-mula menentukan rentang daya (*power margin*) antara keluaran pemancar optik dan sensitivitas minimum dari penerima, sehingga sesuai dengan spesifikasi dari BER. Kemudian batas ini dapat dialokasikan ke konektor, sambungan dan

redaman serat, ditambah beberapa batasan lain yang diperlukan untuk degradasi atau efek temperatur dari komponen yang dipakai.

Apabila analisis dengan *power link budget* telah memenuhi kriteria maka selanjutnya menggunakan analisis *rise time budget*. Perhitungan *rise time budget* merupakan metode untuk menentukan keterbatasan akibat pengaruh dispersi pada saluran transmisi. Tujuannya adalah untuk menganalisis apakah unjuk kerja sistem secara keseluruhan telah tercapai dan mampu memenuhi bit rate transmisi yang diinginkan.

II.1.7 Power Link Budget

Power Budget adalah perhitungan daya yang dilakukan pada suatu sistem transmisi yang didasarkan pada karakteristik saluran (redaman), sumber optik dan sensitivitas detektor. Berikut ini persamaan-persamaan yang digunakan dalam menghitung *power link budget*:

$$\text{BER} = \frac{1}{2} \operatorname{erfc} \frac{\sqrt{\text{SNR}}}{2\sqrt{2}} \dots\dots\dots (2.1)$$

$$B = \frac{1}{2} B_T \dots\dots\dots (2.2)$$

$$P_d = \frac{2 \times e \times B \times F(M) \times \text{SNR}}{R} \dots\dots\dots (2.3)$$

$$P_s = 10 \log P_{LD} \dots\dots\dots (2.4)$$

$$l = \frac{P_s - P_d - (n_c.L_c) - (n_s.L_s) - P_m}{L_f} \dots\dots\dots (2.5)$$

Keterangan:

- P_s = Daya sumber optik (dBm)
- P_d = Sensitivitas penerima (dBm)
- L_s = Redaman Penyambungan (*splice*) (dB)
- L_c = Redaman konektor (dB)
- n_s = Jumlah *splice*

- n_c = Jumlah konektor
- L_f = Redaman Serat optik (dB/Km)
- P_m = *Margin* Sistem (dB)
- $F(M)$ = Faktor penguatan
- B = *Bandwidth* (Hz)
- B_T = Kecepatan data (bps)
- BER = *Bit Error Rate*
- SNR = *Signal to Noise Ratio*

II.1 8 Rise Time Budget

Perhitungan *rise time budget* merupakan metode untuk menentukan keterbatasan akibat pengaruh dispersi pada saluran transmisi. Tujuannya adalah untuk menganalisis apakah unjuk kerja sistem secara keseluruhan telah tercapai dan mampu memenuhi *bit rate* transmisi yang diinginkan. *Rise time budget* dihitung dengan menggunakan persamaan-persamaan berikut ini:

$$t_s = M \times \sigma \lambda \times L \dots\dots\dots(2.6)$$

$$t_{sis} = \sqrt{t^2_{tx} + t^2_s + t^2_{tx}} \dots\dots\dots(2.7)$$

$$B = \frac{0.35}{t_{sis}} \dots\dots\dots(2.8)$$

$$B_T = 2 \times B \dots\dots\dots(2.9)$$

Keterangan:

- t_{sis} = *Rise time* total sistem
- t_{tx} = *Rise time* sumber optik
- t_{rx} = *Rise time* detektor optik
- t_s = *Rise time* serat optik
- $\sigma\lambda$ = Dispersi Kromatik
- L = Panjang *link*
- B = *Bandwidth*

II.1.9 Studi Literatur

Tabel 2.4 berikut adalah perbandingan dari beberapa referensi yang sudah dihimpun. Dalam penelitian ini ada beberapa perbedaan yang bisa dilihat pada tabel 2.4 dibawah ini.

Tabel 2.4 Referensi tabel perbandingan

No	Judul Penelitian	Penulis	Sumber	Metode Penelitian	Hasil Penelitian	Perbandingan
1	Perencanaan Sistem Komunikasi Serat Optik berbasis FTTH di Kepulauan Seribu	Ir. Arifin Djauhari M.T. & Tommy Saut Hasiholan	Fakultas Teknik Universitas Indonesia	Membuat skema jalur, pemilihan perangkat optik, analisa penempatan perangkat, perhitungan link budget	Pada Perancangan menggunakan perangkat ONU, ODP, dan ODC & Perhitungan Power Link Budget	Perancangan ini menggunakan sistem FTTH yang bertujuan untuk distribusi jaringan
2	Perancangan Jaringan Backhaul 4G/LTE Menggunakan Serat Optik di Kecamatan Loksado, Kandangan, dan Kalumpang	Ir. Akhmad Hambali, M.T. & Valendira Putri P.	Fakultas Teknik Elektro Universitas Telkom Bandung	Perhitungan trafik user, perancangan link Backhaul dan Akses, perhitungan link budget, simulasi analisis pada OptiSystem	Nilai terburuk pada Q-factor, BER, dan Power Received serta Nilai terburuk pada sistem STM-16	Perancangan ini memiliki parameter nilai Q-factor dan power received
3	Analisis Perencanaan Sistem Transmisi Serat Optik DWDM PT. Telkom Indonesia, Tbk Link Jakarta - Banten	Yorashaki Martha Leza	Fakultas Teknik Universitas Indonesia	Analisa kebutuhan Bandwidth, penentuan rute & jarak transmisi, penentuan teknologi dan spesifikasi perangkat, perhitungan link budget	Mengetahui kebutuhan Bandwidth PT Telkom area Jakarta-Banten, Kapasitas Bandwidth maksimum, dan Keandalan margin sistem	Perancangan ini menggunakan teknologi DWDM

4	Perancangan Jaringan Fiber Optik di Lingkungan Universitas Riau	Adriansyah	Fakultas Teknik Universitas Riau	Observasi kebutuhan jaringan, cek kelengkapan data, analisa komponen dan perangkat jaringan FO, perancangan FO, perhitungan Link Budget	Kebutuhan bandwidth Universitas Riau, Mengetahui loss terbesar di setiap jalur transmisi, dan Perhitungan Rise time	Perancangan ini menghitung redaman terbesar di tiap-tiap jalur transmisi fiber optik
5	Perancangan Jaringan WDM Sebagai Backbone Berkapasitas 80 Gbps untuk FTTH	Fachrurozy Ischak, Ucu Darusalam, Novi Dian Nathasia	Fakultas Teknologi Komunikasi dan Informatika, Universitas Nasional	Identifikasi jaringan backbone, persiapan pengambilan data, pengambilan data BER jaringan FO, pembuatan simulasi, analisa hasil simulasi	Penentuan hasil analisis terhadap parameter SNR dan BER dalam WDM selalui software Optisystem	Perancangan ini melakukan simulasi dengan OptiSystem guna menghindari pembesaran BER dan SNR

Penelitian ini selain memiliki beberapa perbedaan yang tertera pada tabel 2.4, namun ada juga beberapa kesamaan metode yang digunakan seperti identifikasi area lokasi, membuat skema jalur, penentuan rute dan jarak, pemilihan komponen dan spesifikasi serat optik serta perhitungan *link budget* maupun *bandwidth* di setiap jalur transmisi.

II.2 Roadmap Penelitian

Road map penelitian yang sudah dilakukan selama ini adalah sebagai berikut :

Tabel 2.5 Road Map Penelitian

No.	Tahun	Judul Penelitian	Pendanaan
			Sumber
1.	2019	Model Pembelajaran berbasis Flipped blended untuk mata kuliah desain grafis	UNAS

2.	2018	Dampak Penggunaan Hybrid Learning dalam Proses Pembelajaran	UNAS
3.	2018	Penggunaan <i>Hybrid Learning</i> dalam Proses Pembelajaran	UNAS
4.	2017	Pengembangan <i>e-test</i> sebagai sarana belajar mandiri peserta didik berbasis MOODLE	UNAS
5.	2017	Dampak Pemanfaatan <i>Content Management Application</i> Berbasis <i>Private Cloud Computing</i> Untuk Pembelajaran Kolaboratif Sebagai Upaya Meningkatkan Kompetensi Lulusan	UNAS
6.	2017	Pemanfaatan <i>Content Management Application</i> Berbasis <i>Private Cloud Computing</i> Untuk Pembelajaran Kolaboratif Sebagai Upaya Meningkatkan Kompetensi Lulusan	UNAS
7.	2016	Gamifikasi dalam pembelajaran	UNAS
8.	2016	Perancangan infrastruktur e-learning berbasis modular objek <i>object oriented dynamic learning environment</i> sebagai upaya membantu siswa dan pengajar dalam proses pembelajaran <i>homeschooling</i>	HIBER
9.	2016	Perancangan Dan Pengembangan <i>Repository</i> Pengetahuan Berbasis <i>Ontology</i> Untuk Mengidentifikasi Tumbuhan Obat Menggunakan Kunci Determinasi	HIBER
10.	2015	Implementasi Penggunaan Ssh Pada Web Ujian Online Berbasis Privat Network	UNAS
11.	2015	Perancangan Dan Pengembangan <i>Repository</i> Pengetahuan Berbasis <i>Ontology</i> Untuk Mengidentifikasi Tumbuhan Obat Menggunakan Kunci Determinasi	HIBER
12.	2014	Analisa Penggunaan E-Learning pada Proses Belajar Mengajar di Perguruan Tinggi	UNAS
13.	2014	Perancangan Dan Pembuatan Perangkat Lunak <i>Upload GBPP,SAP Dan RPL</i> Untuk Kurikulum Berbasis Kompetensi Pada Universitas Nasional	UNAS
14.	2014	Perancangan Aplikasi Perhitungan <i>Zakat Maal</i> Berbasis <i>Smartphone Android</i>	UNAS
15.	2013	Pengembangan Aplikasi Sistem Absensi Dosen Dengan Menggunakan <i>Fingerprint</i> (Sidik Jari Digital) Di Universitas Nasional	UNAS
16.	2013	Analisa dan Perancangan Sistem Informasi Administrasi Akademik Berbasis Web dengan Menggunakan Total Architecture	UNAS
17.	2013	Pembuatan Aplikasi Monitoring Pengukuran Kinerja Belajar Mengajar di Universitas Nasional	Mandiri

BAB III

METODOLOGI PENELITIAN

III.1 Lokasi dan Waktu Penelitian

Penelitian ini akan dilakukan di Universitas Nasional dan akan berlangsung pada bulan September 2020 - Februari 2021.

III.2. Metode Penelitian

Penelitian yang dilakukan adalah penelitian pengembangan (R&D) karena memenuhi empat ciri utama yang diperkenalkan oleh Borg and Gall, yaitu Melakukan studi awal untuk mencari informasi mengenai model desain yang akan dikembangkan, mengembangkan produk berdasarkan hasil temuan penelitian, melakukan uji coba lapangan terhadap produk yang dikembangkan, merevisi produk berdasarkan hasil uji coba agar menjadi produk bermanfaat yang menjawab kebutuhan. Penelitian pengembangan bertujuan mengembangkan produk, bukan menguji suatu teori atau konsep tertentu. Tahapan yang dilakukan meliputi perencanaan rute kabel serat optic, Identifikasi Area Lokasi, Pemilihan komponen optik.

BAB IV

HASIL PENELITIAN

IV.1 Analisis Redaman Saluran Transmisi Serat Optik

Dalam suatu sistem transmisi serat optik harus memungkinkan interkoneksi serat optik yang membawa cahaya untuk mengatasi jarak yang lebih jauh. Teknik koneksi yang digunakan harus dalam tingkat ketelitian tinggi. Tujuan menghubungkan dua buah serat optik adalah untuk menggabungkan cahaya yang dibawa dalam salah satu serat optik kedalam inti dari serat optik lainnya yang sesuai dengan redaman yang sekecil mungkin.

Permukaan akhir serat optik yang dihubungkan harus halus dan bersih. Hal ini dicapai dengan memutuskan serat optik atau dengan memotong serat optik kemudian menggosok permukaannya. Didalam kedua kasus tersebut penting bahwa permukaan akhir serat optik tegak lurus terhadap poros atau sumbu serat optik, sehingga permukaan dapat dibuat berpasangan tanpa ada satupun celah udara yang tidak diinginkan. Hubungan dengan redaman kecil juga didapat dengan penyesuaian ketepatan dari inti dua buah serat optik.

Pada sistem transmisi serat optik, cahaya yang merambat sepanjang serat optik akan mengalami peredaman, sehingga diujung jauh (sisi penerima) kekuatan cahaya akan menjadi lemah. Disisi lain kekuatan cahaya dari dioda laser terbatas dan *photodetector* memiliki sensitifitas tertentu untuk dapat mendeteksi sinyal optik.

Oleh karena itu untuk dapat mengoperasikan sistem telekomunikasi, redaman optik (total *loss*) harus dibuat pada level yang lebih tinggi dari level sensitivitas yang dimiliki oleh *photodetector*. Level redaman optik yang diperbolehkan sudah ditentukan untuk masing- masing sistem telekomunikasi. Jenis redaman pada penyambungan antar serat optik antara lain sebagai berikut:

- a. *Lateral missalignment* (kesalahan secara lateral dimana titik pusat serat optik 1 dan serat optik 2 bergeser sejauh jarak tertentu).
- b. *Angular missalignment* (kesalahan yang terjadi akibat terbentuknya sudut

- antara serat optik 1 dan serat optik 2).
- c. *Separation missalignment* (kesalahan yang terjadi akibat terbentuknya celah antara serat optik 1 dan serat optik 2).
- d. *Diameter missalignment* (kesalahan yang terjadi akibat diameter yang berbeda antara serat optik 1 dan serat optik 2).

Adapun standarisasi redaman serat optik idealnya sebagai berikut:

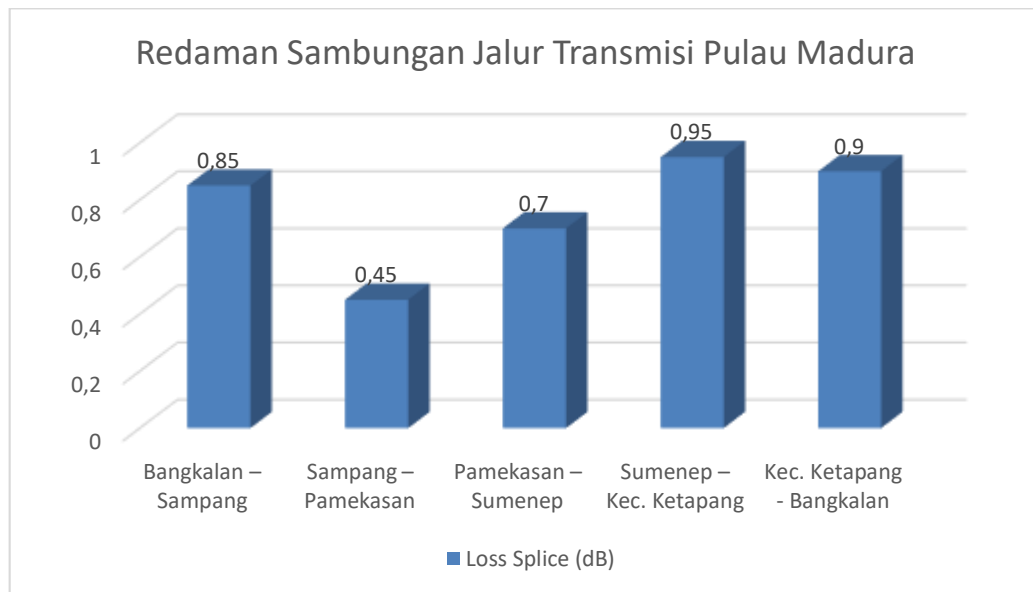
Tabel 0.1 Standarisasi Ideal Redaman Serat Optik

No	Uraian	Tipe	Satuan	Standar Redaman (dB)
1	Kabel Serat Optik		Km	0.35
2	Splitter	1:2	Pcs	3.70
		1:4	Pcs	7.25
		1:8	Pcs	10.38
		1:16	Pcs	14.10
		1:32	Pcs	17.45
3	Konektor	SC/UPC	Pcs	0.25
		SC/APC	Pcs	0.35
4	Sambungan	Di kabel feeder	Titik	0.05
		Di kabel distribusi	Titik	0.10
		Di Drop kabel	Titik	0.10

Berdasarkan karakteristik pada Tabel 4.1 dan juga perhitungan kebutuhan panjang kabel di lapangan yaitu 4000 meter disetiap haspel/gulungan, dapat disimpulkan hasil redaman yang bisa dianalisa dari semua jalur transmisi perencanaan jaringan komunikasi antar Kabupaten di Pulau Madura yaitu sebagai berikut.

Tabel 0.2 Redaman Jalur Transmisi Antar Kabupaten

No	Jalur Transmisi Antar Kabupaten	Jumlah Splicing (Titik)	Loss Splice (dB)	Loss Connector (dB)	Total Loss (dB)
1	Bangkalan – Sampang	17	0,85	0,7	1,9
2	Sampang – Pamekasan	9	0,45	0,7	1,5
3	Pamekasan – Sumenep	14	0,7	0,7	1,75
4	Sumenep – Kec. Ketapang	19	0,95	0,7	2
5	Kec. Ketapang - Bangkalan	18	0,9	0,7	1,95



Gambar 0.1 Grafik *Loss Splice* Jalur Transmisi FO Pulau Madura

Pada gambar 4.1 terlihat bahwa redaman sambungan pada jalur transmisi antar kabupaten di Pulau Madura masih dalam batas *loss* ideal. *Splice* merupakan teknik penyambungan serat optik secara permanen. Teknik penyambungan ini menghasilkan *loss* yang disebut *loss splice*.

IV.2 Analisis *Power Link Budget*

Power Budget adalah perhitungan daya yang dilakukan pada suatu sistem transmisi yang didasarkan pada karakteristik saluran (redaman), sumber optik dan sensitivitas detektor.

Tabel 0.3 Karakteristik Jalur Transmisi Serat Optik

No	Karakteristik	Nilai
1	Serat optik	<i>Wavelength</i> 1310 nm
2	<i>Loss</i> Serat Optik	0,22 dB/km
3	<i>Loss Splice</i>	0,05 dB
4	<i>Loss</i> konektor	0,15 dB
5	Sensitivitas penerima	-30 dBm
6	Margin sistem	9 dB

Berikut ini perhitungan *power link budget* untuk setiap jalur transmisi:

a. Langkah 1: Menghitung *Bandwidth*

Pada perancangan jaringan komunikasi ini menggunakan transmisi digital NRZ, sehingga besarnya *bandwidth* adalah sebagai berikut:

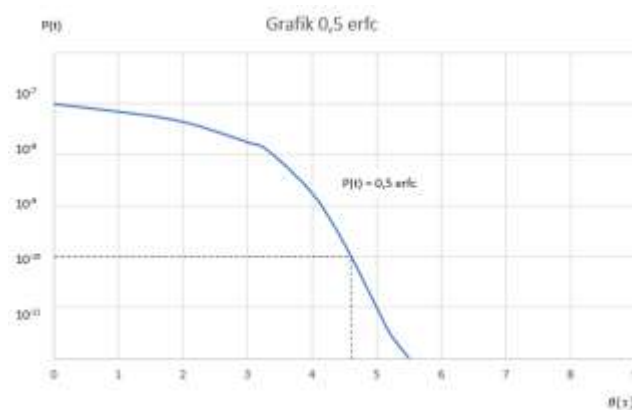
$$B = \frac{B_T}{2}$$

$$B = \frac{100 \times 10^6}{2}$$

$$B = 50 \text{ MHz}$$

b. Langkah 2: Menghitung SNR

Pada gambar grafik 0.5 erfc dibawah dengan BER 10^{-10} diketahui nilainya mendekati 4.55, sehingga dapat dihitung berapa nilai SNR nya.



Gambar 0.2 Grafik 0,5 erfc

$$\text{BER} = 0.5 \operatorname{erfc} \frac{\sqrt{\text{SNR}}}{2\sqrt{2}}$$

$$10^{-10} = 0.5 \operatorname{erfc} \frac{\sqrt{\text{SNR}}}{2\sqrt{2}}$$

$$4,55 = \frac{\sqrt{\text{SNR}}}{2\sqrt{2}}$$

$$\text{SNR} = 165,63$$

c. Langkah 3: Faktor penguatan

Faktor penguatan untuk penerima optik jenis PIN adalah 1.

d. Langkah 4: Menghitung sensitifitas penerima optik

Dari perhitungan *bandwidth*, SNR dan faktor penguatan PIN dapat dihitung besar sensitifitas penerima optik.

$$P_d = \frac{2e \times B \times F(M) \times SNR}{R}$$

$$P_d = \frac{(2 \times 1,6 \times 10^{-19}) \times (50 \times 10^6) \times 1 \times 165,63}{1}$$

$$P_d = 2,65 \times 10^{-12} \text{ nW}$$

$$P_d \text{ (dBm)} = 10 \log (2,65 \times 10^{-12})$$

$$P_d \text{ (dBm)} = -115,76 \text{ dBm}$$

e. Langkah 5: Menghitung *power launching*

Power launching dapat dihitung dengan menggunakan data sumber optik yang digunakan, yaitu laser dioda. Daya keluaran dari laser ke serat optik sebesar 1,5 mW.

$$P_s = 10 \log P_f$$

$$P_s = 10 \log (1,5 \text{ mW})$$

$$P_s = 1,76 \text{ dBm}$$

f. Langkah 6: Menghitung panjang maksimum

Dari hasil perhitungan daya pemancar, daya penerima, dan redaman (*loss*) yang ada maka dapat dihitung panjang maksimum serat optik tanpa memerlukan penguat optik.

$$L = \frac{P_s - P_d - (n_c L_c) - (n_s L_s) - P_M}{L_f}$$

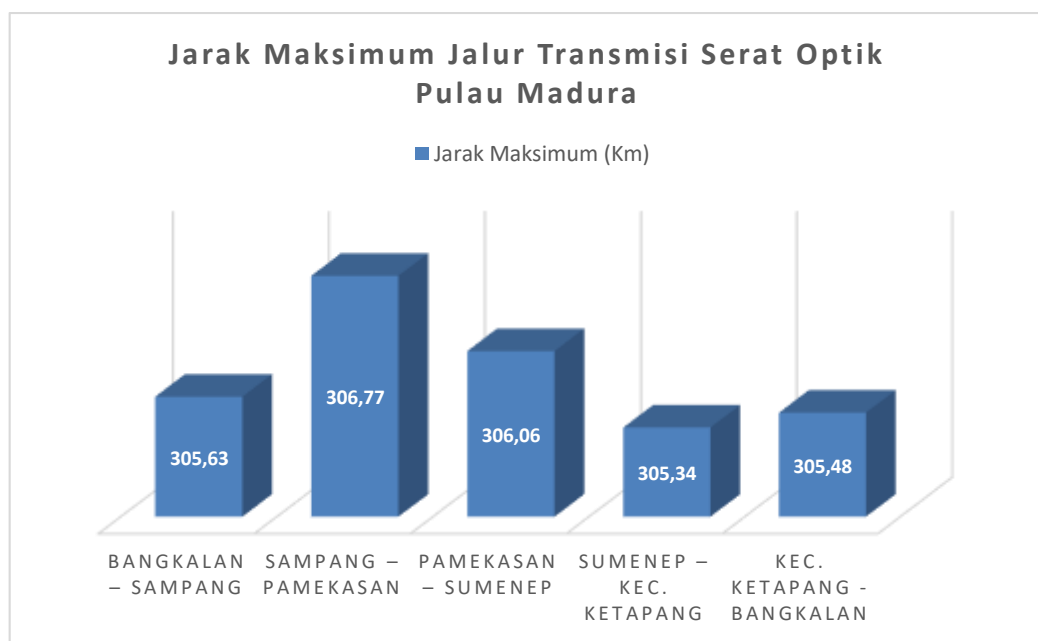
$$L = \frac{1,76 - (-115,76) - (2 \times 0,15) - 0 - 9}{0,22}$$

$$L = 491,9 \text{ km}$$

Perhitungan *power link budget* didapatkan jarak jangkauan maksimum sebesar 491.9 km sebelum menggunakan penguat optik. Hal ini berarti jarak tersebut lebih besar dari jalur transmisi serat optik yang di rencanakan di Pulau Madura sehingga tidak membutuhkan penguat optik. Dari hasil pengukuran redaman jalur transmisi pada tabel 4.2, dapat dihitung jarak maksimum yang dapat dicapai oleh setiap jalur transmisi. Berikut adalah hasil perhitungannya.

Tabel 0.4 Analisa Jarak Maksimum Jalur Transmisi Pulau Madura

No	Jalur Transmisi Antar Kabupaten	Jarak Maksimum (Km)
1	Bangkalan – Sampang	305,63
2	Sampang – Pamekasan	306,77
3	Pamekasan – Sumenep	306,06
4	Sumenep – Kec. Ketapang	305,34
5	Kec. Ketapang - Bangkalan	305,48



Gambar 0.3 Grafik Jarak Maksimum Jalur Transmisi FO Pulau Madura

Pada Gambar 4.3 dapat dilihat jalur transmisi serat optik antar kabupaten di Pulau Madura memiliki jarak maksimum yang cukup tinggi. Hal itu dikarenakan *loss* serat optik, *loss splicing*, dan *loss connector* pada setiap *core* jalur transmisi tersebut masih dalam kategori redaman ideal. Sehingga dengan menggunakan nilai *loss* tersebut didapatkanlah nilai jarak maksimum yang dapat dicapai sebelum menggunakan penguat. Jarak maksimum tersebut lebih kecil dari jarak maksimum yang didapat pada *flow chart* perencanaan, sehingga dapat dipastikan bahwa saluran transmisi serat optik antar kabupaten di Pulau Madura ini memenuhi syarat.

IV.3 Analisis Rise Time Budget

Perhitungan *rise time budget* merupakan metode untuk menentukan keterbatasan akibat pengaruh dispersi pada saluran transmisi. Tujuannya adalah untuk menganalisis apakah unjuk kerja sistem secara keseluruhan telah tercapai dan mampu memenuhi *bit rate* transmisi yang diinginkan.

Tabel 0.5 Karakteristik Rise Time Budget

No	Karakteristik	Deskripsi
1	Serat Optik	Single mode (1310 nm)
2	Rise Time pemancar optik (T_{tx})	0,6 ns
3	Rise Time penerima optik (T_{rx})	0,5 ns
4	Lebar Spektrum ($\Delta(\delta)$)	1 nm
5	Dispersi Kromatis ($M(\delta)$)	18 ps/nm km

Berikut ini perhitungan *rise time budget* untuk setiap jalur transmisi:

- a. Kabupaten Bangkalan – Kabupaten Sampang

Langkah 1: Menghitung waktu naik serat optik

$$t_s = M \times \sigma_\lambda \times L$$

$$t_s = \left\{ 18 \frac{ps}{nm.km} \right\} \times 1nm \times 65,4 km$$

$$t_s = 1,1772 ns$$

Langkah 2: Menghitung waktu naik sistem komunikasi serat optik

$$t_{sis} = \sqrt{t_{tx}^2 + t_s^2 + t_{rx}^2}$$

$$t_{sis} = \sqrt{(0,6 \times 10^{-9})^2 + (1,1772 \times 10^{-9})^2 + (0,5 \times 10^{-9})^2}$$

$$t_{sis} = 14,12727801 \times 10^{-10}$$

$$t_{sis} = 1,41272780 ns$$

Langkah 3: Menghitung *bandwidth* sistem yang dapat dicapai

$$B = \frac{0,35}{t_{sis}}$$

$$B = \frac{0,35}{1,41272780 \times 10^{-9}}$$

$$B = 247,748 \text{ MHz}$$

Langkah 4: Menghitung data kecepatan maksimum

$$B_T = 2 \times B$$

$$B_T = 2 \times 247,748 \times 10^6$$

$$B_T = 495,496 \text{ Mbps}$$

b. Kabupaten Sampang – Kabupaten Pamekasan

Langkah 1: Menghitung waktu naik serat optik

$$t_s = M \times \sigma \lambda \times L$$

$$t_s = \left\{ 18 \frac{ps}{nm.km} \right\} \times 1nm \times 34,8 km$$

$$t_s = 0,6264 \text{ ns}$$

Langkah 2: Menghitung waktu naik sistem komunikasi serat optik

$$t_{sis} = \sqrt{t_{tx}^2 + t_s^2 + t_{rx}^2}$$

$$t_{sis} = \sqrt{(0,6 \times 10^{-9})^2 + (0,6264 \times 10^{-9})^2 + (0,5 \times 10^{-9})^2}$$

$$t_{sis} = 10,01187775 \times 10^{-10}$$

$$t_{sis} = 1,00118777 \text{ ns}$$

Langkah 3: Menghitung *bandwidth* sistem yang dapat dicapai

$$B = \frac{0,35}{t_{sis}}$$

$$B = \frac{0,35}{1,00118777 \times 10^{-9}}$$

$$B = 349,585 \text{ MHz}$$

Langkah 4: Menghitung data kecepatan maksimum

$$B_T = 2 \times B$$

$$B_T = 2 \times 349,585 \times 10^6$$

$$B_T = 699,170 \text{ Mbps}$$

c. Kabupaten Pamekasan – Kabupaten Sumenep

Langkah 1: Menghitung waktu naik serat optik

$$t_s = M \times \sigma \lambda \times L$$

$$t_s = \left\{ 18 \frac{ps}{nm.km} \right\} \times 1nm \times 54,3 km$$

$$t_s = 0.9774 ns$$

Langkah 2: Menghitung waktu naik sistem komunikasi serat optik

$$t_{sis} = \sqrt{t_{tx}^2 + t_s^2 + t_{rx}^2}$$

$$t_{sis} = \sqrt{(0,6 \times 10^{-9})^2 + (0,9774 \times 10^{-9})^2 + (0,5 \times 10^{-9})^2}$$

$$t_{sis} = 12,51123799 \times 10^{-10}$$

$$t_{sis} = 1,25112379 ns$$

Langkah 3: Menghitung *bandwidth* sistem yang dapat dicapai

$$B = \frac{0,35}{t_{sis}}$$

$$B = \frac{0,35}{1,25112379 \times 10^{-9}}$$

$$B = 279,748 MHz$$

Langkah 4: Menghitung data kecepatan maksimum

$$B_T = 2 \times B$$

$$B_T = 2 \times 279,748 \times 10^6$$

$$B_T = 559,496 Mbps$$

d. Kabupaten Sumenep – Kecamatan Ketapang (Jalur Utara)

Langkah 1: Menghitung waktu naik serat optik

$$t_s = M \times \sigma \lambda \times L$$

$$t_s = \left\{ 18 \frac{ps}{nm.km} \right\} \times 1nm \times 74,2 km$$

$$t_s = 1,3356 ns$$

Langkah 2: Menghitung waktu naik sistem komunikasi serat optik

$$t_{\text{sis}} = \sqrt{t_{\text{tx}}^2 + t_s^2 + t_{\text{rx}}^2}$$

$$t_{\text{sis}} = \sqrt{(0,6 \times 10^{-9})^2 + (1,3356 \times 10^{-9})^2 + (0,5 \times 10^{-9})^2}$$

$$t_{\text{sis}} = 15,47199845 \times 10^{-10}$$

$$t_{\text{sis}} = 1.547199845 \text{ ns}$$

Langkah 3: Menghitung *bandwidth* sistem yang dapat dicapai

$$B = \frac{0,35}{t_{\text{sis}}}$$

$$B = \frac{0,35}{1.547199845 \times 10^{-9}}$$

$$B = 226,215 \text{ MHz}$$

Langkah 4: Menghitung data kecepatan maksimum

$$B_T = 2 \times B$$

$$B_T = 2 \times 226,215 \times 10^6$$

$$B_T = 452,430 \text{ Mbps}$$

e. Kecamatan Ketapang – Kabupaten Bangkalan (Jalur Utara)

Langkah 1: Menghitung waktu naik serat optik

$$t_s = M \times \sigma \times \lambda \times L$$

$$t_s = \left\{ 18 \frac{\text{ps}}{\text{nm.km}} \right\} \times 1 \text{ nm} \times 69,8 \text{ km}$$

$$t_s = 1,2564 \text{ ns}$$

Langkah 2: Menghitung waktu naik sistem komunikasi serat optik

$$t_{\text{sis}} = \sqrt{t_{\text{tx}}^2 + t_s^2 + t_{\text{rx}}^2}$$

$$t_{\text{sis}} = \sqrt{(0,6 \times 10^{-9})^2 + (1,2564 \times 10^{-9})^2 + (0,5 \times 10^{-9})^2}$$

$$t_{\text{sis}} = 14,79371813 \times 10^{-10}$$

$$t_{\text{sis}} = 1.479371813 \text{ ns}$$

Langkah 3: Menghitung *bandwidth* sistem yang dapat dicapai

$$B = \frac{0,35}{t_{sis}}$$

$$B = \frac{0,35}{1.479371813^{-9}}$$

$$B = 236,587 \text{ MHz}$$

Langkah 4: Menghitung data kecepatan maksimum

$$B_T = 2 \times B$$

$$B_T = 2 \times 236,587 \times 10^6$$

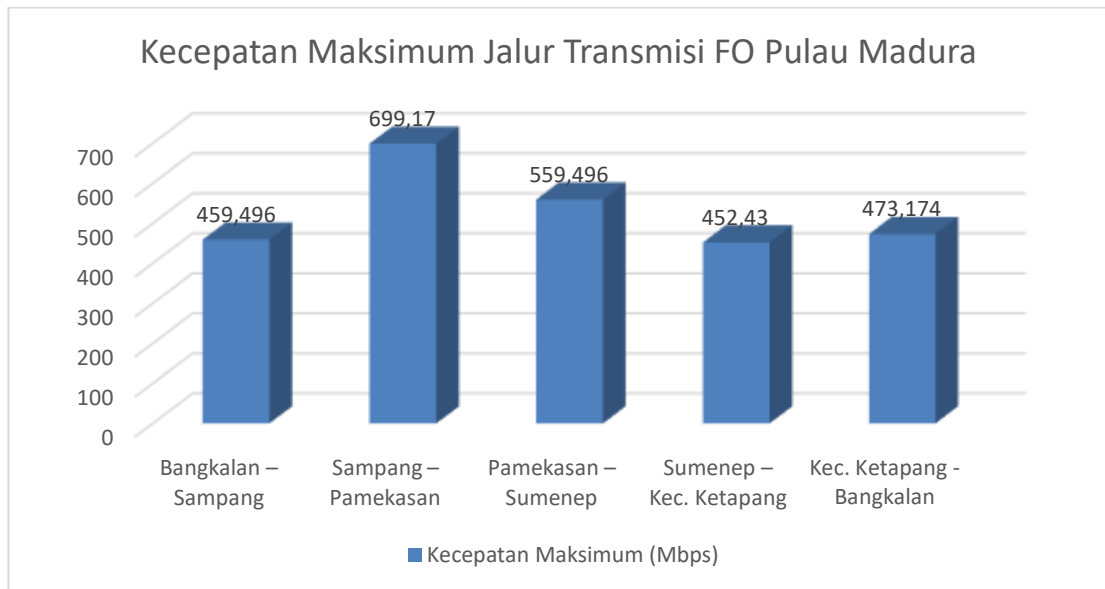
$$B_T = 473,174 \text{ Mbps}$$

Dari hasil perhitungan *rise time budget* didapat kecepatan data maksimum setiap jalur transmisi serat optik yaitu:

Tabel 0.6 Kecepatan Data Maksimum Jalur Transmisi FO Pulau Madura

No	Jalur Transmisi Antar Kabupaten	Jarak Transmisi (Km)	Kecepatan Data Maksimum (Mbps)
1	Bangkalan – Sampang	65,4	459,496
2	Sampang – Pamekasan	34,8	699,17
3	Pamekasan – Sumenep	54,3	559,496
4	Sumenep – Kec. Ketapang	74,2	452,43
5	Kec. Ketapang - Bangkalan	69,8	473,174
Rata-rata Jarak dan Kecepatan Data		59,7	528,7532

Kecepatan pada tabel diatas lebih besar dari kecepatan data yang diisyaratkan sesuai spesifikasi kebutuhan jaringan komunikasi yaitu 100 Mbps, sehingga sistem perancangan ini dapat diaplikasikan pada jaringan komunikasi antar Kabupaten di Pulau Madura. Selain itu diharapkan juga, jika pada waktu yang akan datang di Pulau Madura hendak meningkatkan kecepatan pada jaringan komunikasi ini, maka sistem komunikasi serat optik ini masih dapat digunakan.



Gambar 0.4 Grafik Kecepatan Maksimum Jalur Transmisi FO Pulau Madura

Gambar 4.4 menunjukkan kecepatan maksimum masing-masing jalur transmisi serat optik antar Kabupaten di Pulau Madura. Dari grafik dapat diketahui kecepatan data terendah adalah kecepatan data jalur transmisi Sumenep ke Kecamatan Ketapang yaitu 452,43 Mbps dan yang tertinggi adalah kecepatan data jalur transmisi Sampang ke Pamekasan yaitu 699,17 Mbps. Hal ini dikarenakan kecepatan data dipengaruhi oleh jarak transmisi. Semakin jauh jarak transmisi maka kecepatan data akan semakin kecil. Demikian juga sebaliknya, semakin kecil jarak transmisi maka kecepatan data akan semakin besar.

IV.4 Simulasi pada *Software OptiSystem*

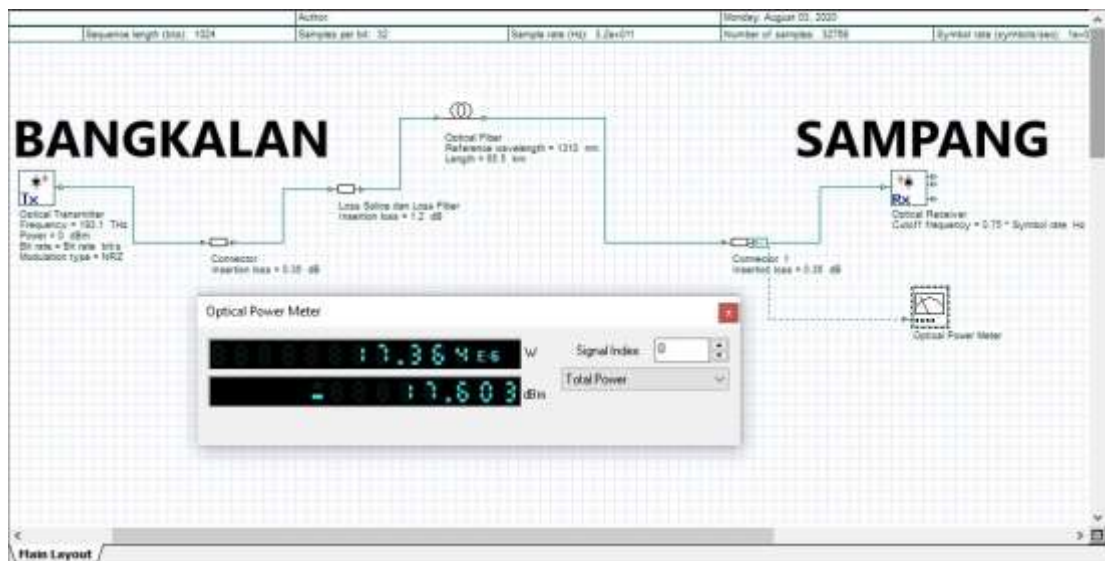
OptiSystem merupakan sebuah *software* simulator yang digunakan untuk mendesain jaringan serat optik yang belum diimplementasikan secara *real*. Penggunaan *software* simulator *Optisystem* ini bertujuan untuk memudahkan perhitungan *loss* atau redaman tanpa menggunakan alat OTDR (*Optical Time Domain Reflectometer*) maupun OPM (*Optical Power Meter*). *Software OptiSystem* ini lebih mudah diperoleh sehingga semua orang dapat mensimulasikan dan menghitung *loss* pada perangkat optik tanpa perlu mengeluarkan biaya yang tinggi serta tetap memiliki tingkat perhitungan yang akurat. Simulasi dilakukan pada 5

jalur transmisi antar Kabupaten di Pulau Madura yang sebelumnya sudah dilakukan perancangan, pengujian dan analisis.

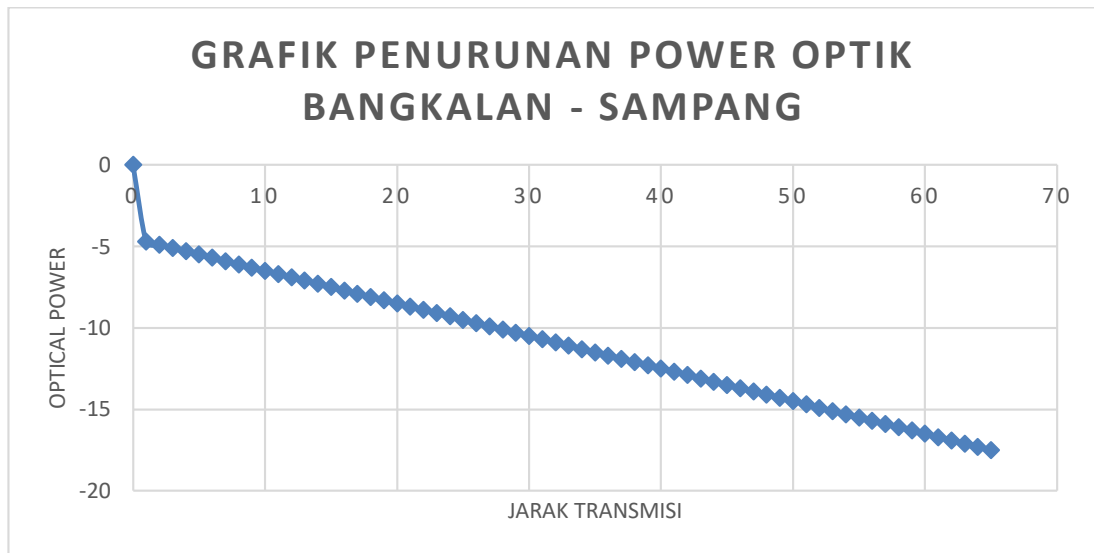
IV.4.1 Jalur Transmisi Kabupaten Bangkalan - Kabupaten Sampang

Tabel 0.7 Spesifikasi Jalur Transmisi Bangkalan - Sampang

Nama Jalur Transmisi	Kabupaten Bangkalan – Kabupaten Sampang
Jarak Transmisi	65,4 Km
Jumlah Titik <i>Splicing</i>	17 Titik
Total Redaman	1,9 dB
Kecepatan Data Maksimum	459,496 Mbps
Hasil <i>Optical Power Meter</i>	-17,603 dBm



Gambar 0.5 Hasil Simulasi Jalur Bangkalan - Sampang pada *Software OptiSystem*

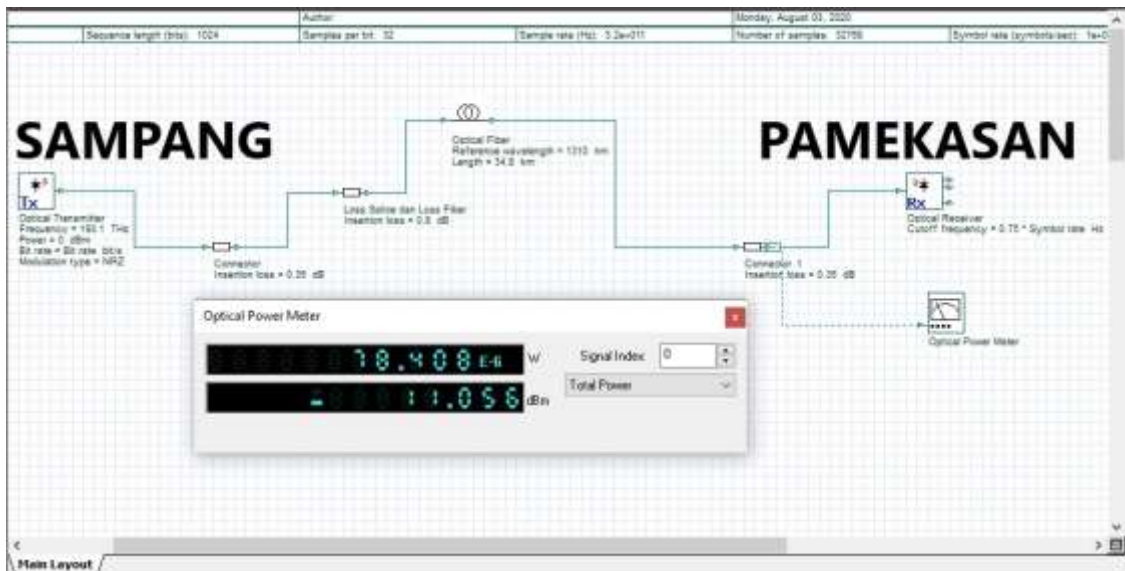


Gambar 0.6 Grafik Penurunan Power Optik Jalur Bangkalan-Sampang

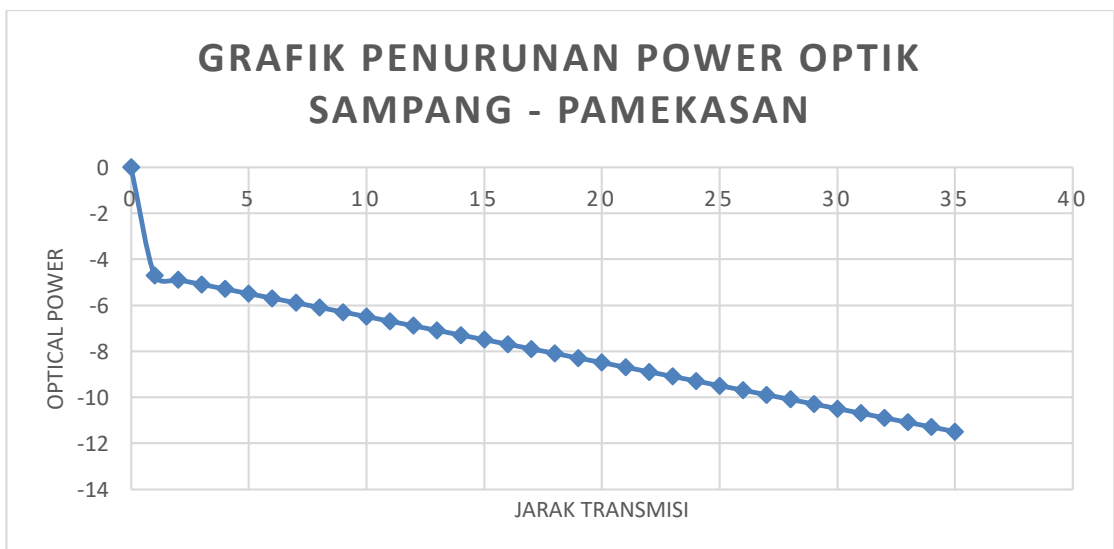
IV.4.2 Jalur Transmisi Kabupaten Sampang – Kabupaten Pamekasan

Tabel 0.8 Spesifikasi Jalur Transmisi Sampang – Pamekasan

Nama Jalur Transmisi	Kabupaten Sampang – Kabupaten Pamekasan
Jarak Transmisi	34,8
Jumlah Titik <i>Splicing</i>	9 Titik
Total Redaman	1,5 dB
Kecepatan Data Maksimum	699,17 Mbps
Hasil <i>Optical Power Meter</i>	-11,056 dBm



Gambar 0.7 Hasil Simulasi Jalur Sampang - Pamekasan pada Software OptiSystem

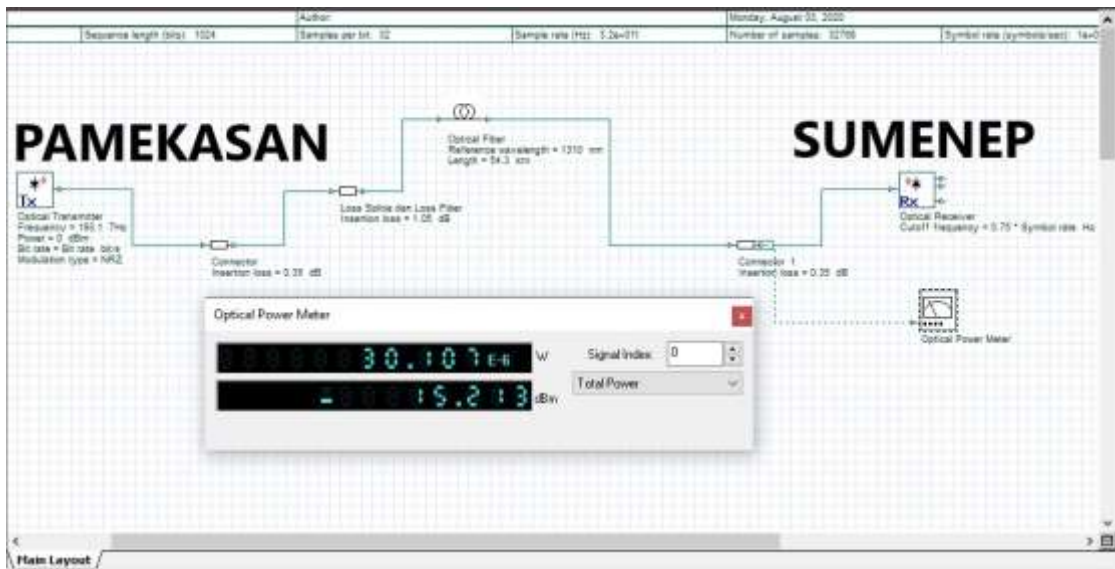


Gambar 0.8 Grafik Penurunan Power Optik Jalur Sampang - Pamekasan

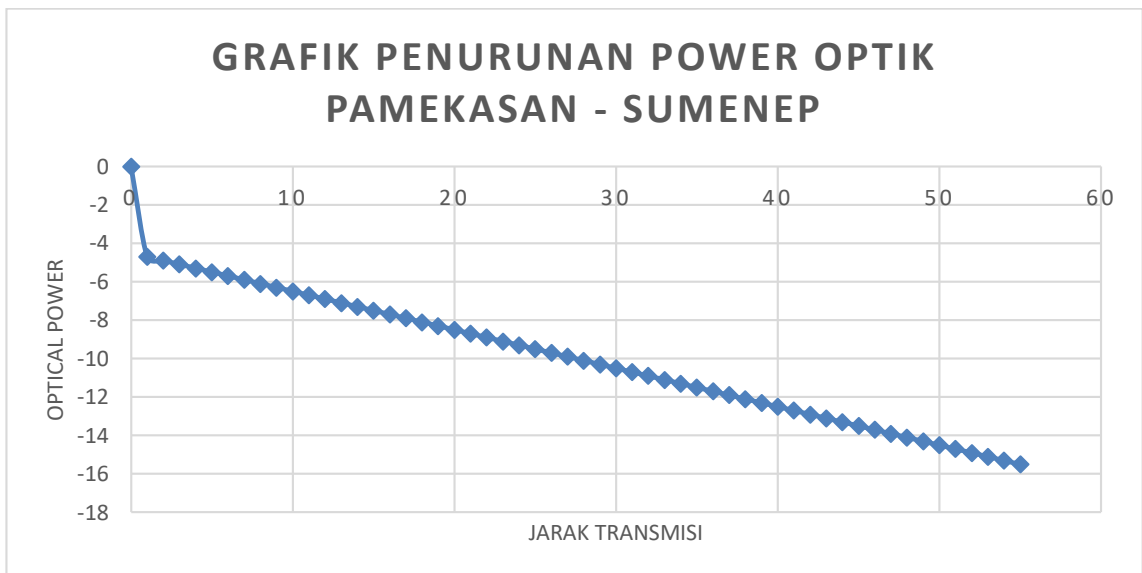
IV.4.3 Jalur Transmisi Kabupaten Pamekasan – Kabupaten Sumenep

Tabel 0.9 Spesifikasi Jalur Transmisi Pamekasan - Sumenep

Nama Jalur Transmisi	Kabupaten Pamekasan – Kabupaten Sumenep
Jarak Transmisi	54,3 Km
Jumlah Titik Splicing	14 Titik
Total Redaman	1,75 dB
Kecepatan Data Maksimum	559,496 Mbps
Hasil Optical Power Meter	-15,213 dBm



Gambar 0.9 Hasil Simulasi Jalur Pamekasan - Sumenep pada Software OptiSystem

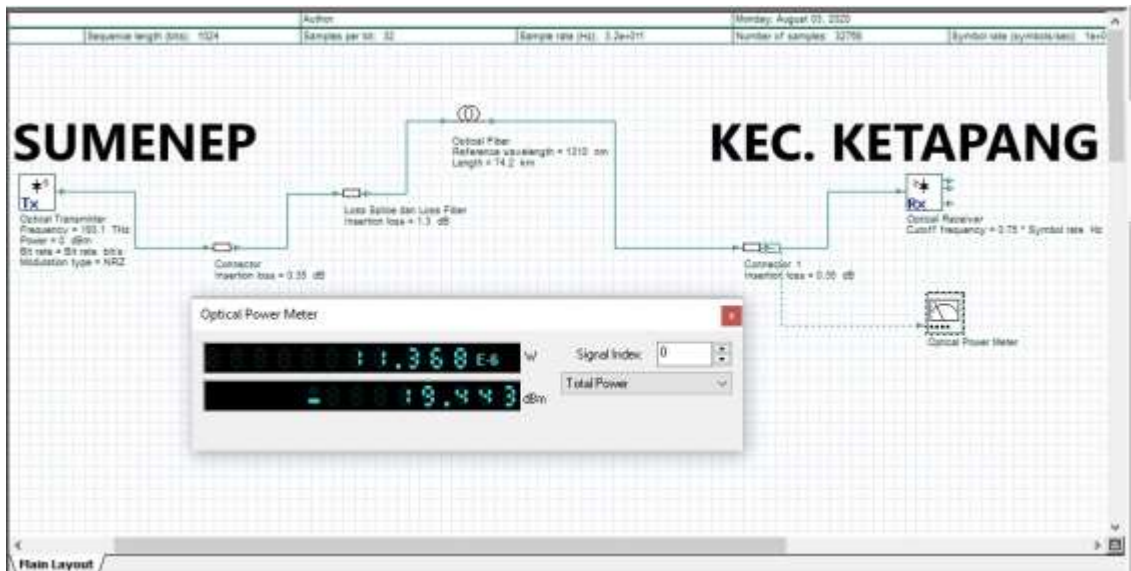


Gambar 0.10 Grafik Penurunan Power Optik Jalur Pamekasan - Sumenep

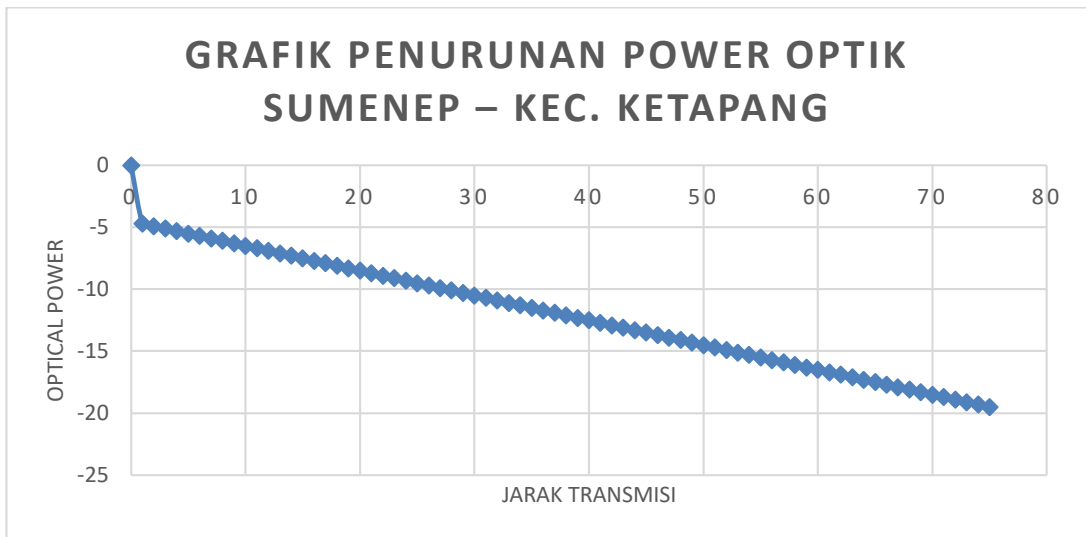
IV.4.4 Jalur Transmisi Kabupaten Sumenep – Kecamatan Ketapang

Tabel 0.10 Spesifikasi Jalur Transmisi Sumenep – Kec. Ketapang

Nama Jalur Transmisi	Kabupaten Sumenep – Kabupaten Kec. Ketapang
Jarak Transmisi	74,2 Km
Jumlah Titik <i>Splicing</i>	19 Titik
Total Redaman	2 dB
Kecepatan Data Maksimum	452,43 Mbps
Hasil <i>Optical Power Meter</i>	-19,443 dBm



Gambar 0.11 Hasil Simulasi Jalur Sumenep – Kec. Ketapang pada Software OptiSystem

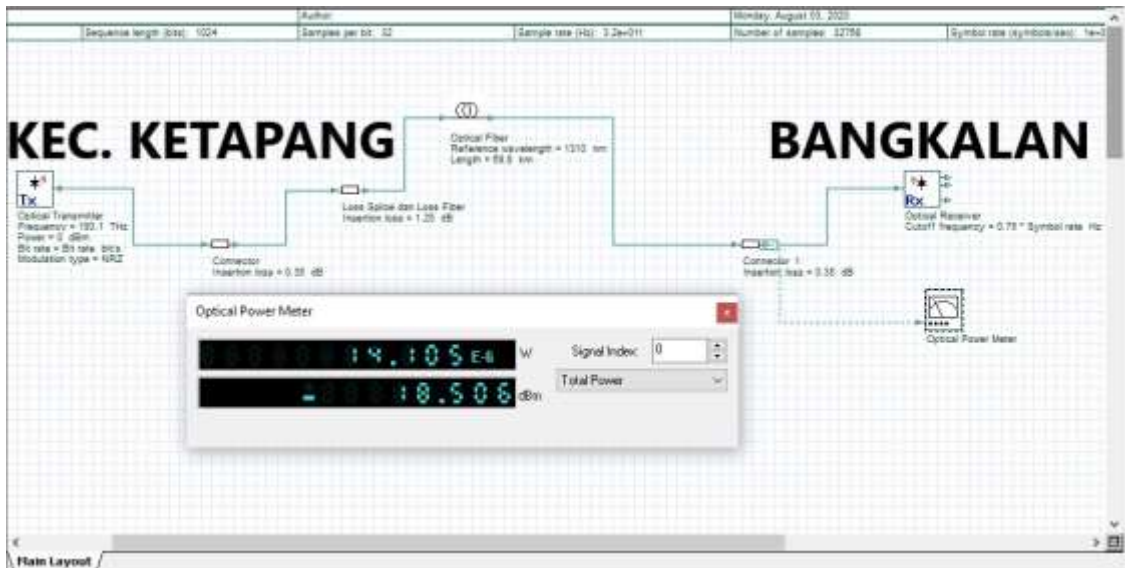


Gambar 0.12 Grafik Penurunan Power Optik Jalur Sumenep – Kec. Ketapang

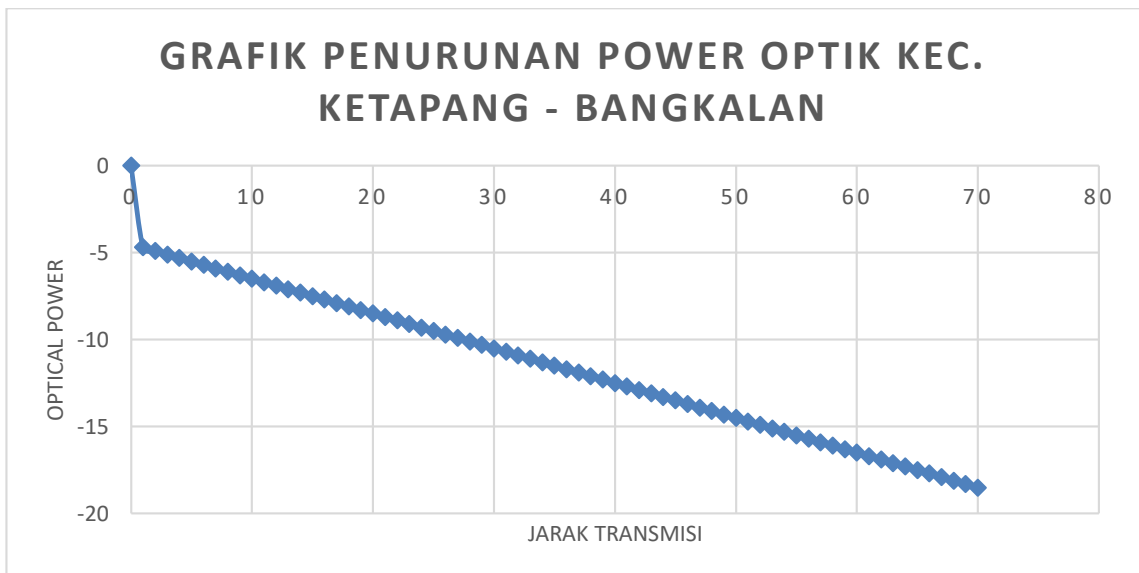
IV.4.5 Jalur Transmisi Kecamatan Ketapang – Kabupaten Bangkalan

Tabel 0.11 Spesifikasi Jalur Kec. Ketapang - Bangkalan

Nama Jalur Transmisi	Kec. Ketapang – Kabupaten Bangkalan
Jarak Transmisi	69,8 Km
Jumlah Titik <i>Splicing</i>	18 Titik
Total Redaman	1,95 dB
Kecepatan Data Maksimum	473,174 Mbps
Hasil <i>Optical Power Meter</i>	-18,506 dBm



Gambar 0.13 Hasil Simulasi Jalur Kec. Ketapang - Bangkalan pada Software OptiSystem



Gambar 0.14 Grafik Penurunan Power Optik Jalur Kec. Ketapang - Bangkalan

BAB V

KESIMPULAN

Berdasarkan hasil penelitian, maka dapat disimpulkan sebagai berikut:

1. Proses perancangan jaringan komunikasi ini melalui tahapan-tahapan yaitu diantaranya perencanaan rute jalur kabel, mengidentifikasi area lokasi, pemilihan komponen serat optik, instalasi dan terminasi, serta analisa perhitungan link budget.
2. Komponen serat optik yang digunakan yaitu kabel serat optik *single mode*, lalu *optical tranceiver* SFP+ yang terdiri dari komponen sumber, laser dan perima optik, kemudian konektor dan *patch cord*.
3. Hasil analisis redaman setiap jalur transmisi serat optik redaman tertinggi terdapat pada jalur transmisi Sumenep – Kecamatan Ketapang yaitu 2 dB dan terendah pada jalur transmisi Sampang – Pamekasan yaitu 1,5 dB. Semakin besar jarak transmisi maka akan semakin besar redaman transmisi, begitupun sebaliknya.
4. Hasil analisis perhitungan *power link budget* dan *rise time budget* yaitu Jarak maksimum dan kecepatan data tertinggi adalah jalur transmisi Sampang – Pamekasan yaitu 306,77 km dan 699,17 Mbps, terendah adalah jalur transmisi Sumenep – Kecamatan Ketapang yaitu 305,34 km dan 452,43 Mbps. Dengan menggunakan perangkat optik yang sama, didapat bahwa semakin kecil jarak transmisi serat optik maka jarak maksimum tanpa penguat akan semakin jauh, begitupun sebaliknya.

DAFTAR PUSTAKA

- Bates, a W. T. (2005). *Distance Education Second edition*.
- Bass, Michael and Stryland, Eric W Van. 2002. *Fiber Optics Handbook: Fiber, Devices, and Systems for Optical Communications*. New York: Mc Graw-Hill Companies Inc.
- Belawati, T. (2019). *Pembelajaran Online* (Issue December 2019).
- CV. Jaya Multi Mandiri. 2015. Pemahaman Pengukuran Redaman (Rugi-rugi) Serat Optik. Digital Meter Indonesia. [Online] 2015. [Dikutip: 4 Juli 2020] <https://indo-digital.com/pemahaman-pengukuran-redaman-rugi-rugi-serat-optik.html>.
- Firman, & Rahayu, S. (2020). Pembelajaran Online di Tengah Pandemi Covid-19. *Indonesian Journal of Educational Science (IJES)*, 2(2), 81–89. <https://doi.org/10.31605/ijes.v2i2.659>
- Hantoro, Gunadi Dwi. 2015. *FIBER OPTIC: Teknologi Material, Instalasi Dan Implementasi Fiber Untuk Berbagai Kebutuhan*. Bandung: Informatika.
- Kaminow, Ivan P., Li, Tingye dan Willner, Alan E. 2008. *Optical Fiber Telecommunications: Components and Subsystems*. Massachusetts: Academic Press
- Kementerian pendidikan. (2003). *Undang-Undang Sistem Pendidikan Nasional* (Issue 1). <https://doi.org/10.16309/j.cnki.issn.1007-1776.2003.03.004>
- Killen, Harold B. 1991. *Fiber Optic Communication*. New Jersey: Prentice Hall International Editions.
- Mendikbud RI. (2020). *Surat Edaran Nomor 4 Tahun 2020 Tentang Pelaksanaan Kebijakan Pendidikan Dalam Masa Darurat Penyebaran Coronavirus Disease (COVID-19)*. 1–3.
- Ramaswami, Rajiv dan Sivarajan, Kumar N. 1998. *Optical Networks: A Practical Perspective*. San Francisco: Morgan Kaufmann Publishers.
- Suparman, M. A. (2014). *Desain Istruksional Modern* (N. I. Sallama (ed.); 4th ed.). Erlangga.

- Tim Elektro HME-ITB. 2000. Sistem Komunikasi Serat Optik. www.elektroindonesia.com. [Online] elektron@hme.ee.itb.ac.id, 1 April 2000. [Dikutip: 11 Juli 2020] <https://www.elektroindonesia.com/elektro/el0400b.html>.
- TJia, M.O. dan Siregar, R.E. 2016. Pengantar Sistem Komunikasi Serat Optik. Bandung: Penerbit ITB.