

**PERANCANGAN DAN ANALISA *POWER BUDGET* FIBER OPTIK *FIGURE-8*
DI PLTA BALAMBANO – PLTA KAREBBE PT VALE INDONESIA Tbk**

Disusun dan diajukan oleh
Muhammad Waiz Al Karni Jabbar
D411 16 515



**DEPARTEMEN TEKNIK ELEKTRO
FAKULTAS TEKNIK
UNIVERSITAS HASANUDDIN
MAKASSAR
2021**

LEMBAR PENGESAHAN TUGAS AKHIR

**PERANCANGAN DAN ANALISA *POWER BUDGET* FIBER OPTIK *FIGURE-8* DI PLTA
BALAMBANO – PLTA KAREBBE PT VALE INDONESIA Tbk.**

Disusun dan diajukan oleh:

MUHAMMAD WAIZ AL KARNI JABBAR

D411 16 515

Telah dipertahankan di hadapan Panitia Ujian yang dibentuk dalam rangka penyelesaian studi
Program Sarjana Program Studi Teknik Elektro Fakultas Teknik Universitas Hasanuddin


Pada tanggal 17 Maret 2021

dan dinyatakan telah memenuhi syarat kelulusan

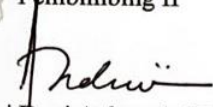
Gowa, 30 April 2021

Menyetujui:

Pembimbing I



Prof. Dr. Ir. H. Andani Achmad, MT
NIP. 1960123 1198703 1 022

Pembimbing II


Andini Dani Achmad, ST, MT
NIP. 19880621 2015504 2 003

Ketua Departemen Teknik Elektro,




Dr. Eng. Ir. Dewiani, MT
NIP. 19691026 199412 2 001

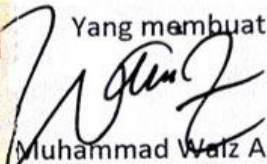
PERNYATAAN KEASLIAN KARYA ILMIAH

Yang bertanda tangan dibawah ini, nama Muhammad Waiz Al Karni Jabbar, dengan ini menyatakan bahwa skripsi yang berjudul “PERANCANGAN DAN ANALISA *POWER BUDGET FIBER OPTIK FIGURE-8* DI PLTA BALAMBANO-PLTA KAREBBE PT VALE INDONESIA Tbk”, adalah karya ilmiah penulis sendiri, dan belum pernah digunakan untuk mendapatkan gelar apapun dan dimanapun. Karya ilmiah ini sepenuhnya milik penulis dan semua informasi yang ditulis dalam skripsi yang berasal dari penulis lain yang telah diberi penghargaan, yakni dengan mengutip sumber dan tahun penerbitannya. Oleh karena itu semua tulisan dalam skripsi ini sepenuhnya menjadi tanggung jawab penulis. Apabila ada pihak manapun yang merasa ada kemaan judul dan atau hasil temuan dalam skripsi ini, maka penulis siap untuk diklarifikasi dan mempertanggung jawabkan segala resiko

Gowa, 2 Juni 2021



Yang membuat pernyataan,


Muhammad Waiz Al Karni Jabbar
NIM : D411 16 515

KATA PENGANTAR

Puji dan syukur penulis panjatkan kepada Allah SWT atas berkat limpahan rahmat dan ilmu-Nya sehingga penulis dapat menyelesaikan skripsi ini yang berjudul “*Perancangan Dan Analisa Power Budget Fiber Optik Figure-8 Di Plta Balambano – Plta Karebbe Pt Vale Indonesia Tbk*”. Tujuan penulisan skripsi ini adalah sebagai salah satu syarat memperoleh gelar Sarjana Teknik (ST) bagi mahasiswa program S-1 di Departemen Teknik Elektro Fakultas Teknik Universitas Hasanuddin. Penulis menyadari bahwa skripsi ini masih jauh dari kesempurnaan, oleh sebab itu penulis mengharapkan kritik serta saran yang bersifat membangun dari semua pihak demi kesempurnaan skripsi ini. terselesaikannya skripsi ini tak lepas dari bantuan banyak pihak, sehingga pada kesempatan ini dengan segala kerendahan hati dan penuh rasa hormat penulis mengucapkan terima kasih yang sebesar-besarnya bagi semua pihak yang telah memberikan bantuan moril maupun materil baik langsung maupun tidak langsung dalam penyusunan skripsi ini hingga selesai, terutama kepada:

1. Orang Tua tercinta, Bapak **Jabbar** dan Ibu **Mina** yang selalu memberikan do’a, semangat, serta kasih sayang yang tiada hentinya agar penulis dapat menyelesaikan studi skripsi ini.
2. Bapak **Prof. Dr. Ir. H. Andani Achmad, MT.** selaku Dosen Pembimbing I dan Ibu **Andini Dani Achmad, ST., MT.** selaku Dosen Pembimbing II penulis yang telah memberikan kritik dan saran bimbingan maupun arahan yang sangat berguna dalam penyusunan skripsi ini.

3. Bapak **Ir. Samuel Pangalo., MT.** selaku Dosen Penguji I dan Bapak **Dr. Eng. Ir. Dewiani, MT.** selaku Dosen Penguji II skripsi penulis yang telah bersedia meluangkan waktunya untuk menguji penulis dan memberikan saran terkait penyusunan skripsi ini.

4. Ibu **Dr. Eng. Ir. Dewiani, MT.** selaku Ketua Departemen Teknik Elektro Fakultas Teknik Universitas Hasanuddin dan Bapak **Prof. Dr. Baharuddin Hamzah, ST., M.Arch., Ph.D.** selaku Wakil Dekan I Bidang Akademik, Riset dan Inovasi Fakultas Teknik Universitas Hasanuddin.

5. Bapak/Ibu Dosen dan seluruh Staff Departemen Teknik Elektro Fakultas Teknik Universitas Hasanuddin yang telah banyak memberikan ilmu dan waktu yang tak terbatas selama kuliah dan membantu untuk kelancaran proses penyusunan skripsi ini.

6. Bapak dan Ibu serta, Julian Tukuran dan Ismail Hasan member Lab. Komputer Dan Jaringan Departemen Teknik Elektro Fakultas Teknik Universitas Hasanuddin, yang telah bersedia membantu penulis dalam penyusunan skripsi ini

7. Bapak Nasruddin, Bapak Rajab, Kak H. Wirawan, Kak Maktum, dan Kak Rudi selaku Karyawan PT. Vale Indonesia Tbk. yang telah meluangkan waktunya untuk memberi informasi terkait penyusunan skripsi ini.

8. Kakak dan keluarga UTILMA UNHAS, Kak Mashur, Kak Azwar, Kak Muhsin, Kak Firdi, Kak Awal, Kak Zek, Fajri, Rahma, Indra, dan Saudara-Saudara lain yang

selalu memberikan dukungan terbaik untuk penulis untuk dapat menyelesaikan skripsi ini.

9. Dhea Mursyid, Nita Amelia L, Firda Zhafira dan Afraz yang selalu menjadi wadah berkeluh kesah terbaik bagi penulis untuk dapat menyelesaikan skripsi ini.

10. Teman-teman Seperjuangan (Cahya, Syafiq, Fauzan, Syarwan, Dwiki, Syahril, Restu, Tegar, dan Ari) yang selalu mendukung penulis dalam menyelesaikan skripsi ini.

11. Siti Aisyah Safani yang selalu memberikan semangat kepada penulis dalam penyusunan skripsi ini.

12. Teman-teman EXCITER16 yang tidak dapat disebutkan satu persatu yang selalu memberikan kebersamaan dan kebahagiaan yang penulis dapatkan selama menjadi bagian dari keluarga ini. Akhir kata penulis mengucapkan banyak terimakasih kepada semua pihak yang telah membantu dan penulis sangat berharap semoga skripsi ini dapat bermanfaat bagi kita semua dan menjadi bahan masukan dalam dunia pendidikan.

Gowa, 15 November 2020

Muhammad Waiz Al Karni Jabbar

DAFTAR ISI

ABSTRAK	xi
KATA PENGANTAR	i
DAFTAR ISI	vi
DAFTAR GAMBAR	viii
DAFTAR TABEL	x
BAB I	1
PENDAHULUAN	1
1.1 Latar Belakang	1
1.2 Rumusan Masalah	2
1.3 Tujuan Penelitian	2
1.4 Manfaat Penelitian	2
1.5 Batasan Masalah	3
1.6 Metode Penelitian	3
1.7 Sistematika Penulisan	4
BAB II	6
TINJUAN PUSTAKA	6
II.1 Serat Optik	6
II.2 Dasar Sistem Komunikasi Optik	8
II.3 Jenis-Jenis Serat Optik	9
II.4 Kelebihan dan Kekurangan Serat Optik	10
II.1 Kelebihan Serat Optik	10
II.2 Kekurangan Serat Optik	12
II.5 Jenis-Jenis Kabel Optik	13
II.5.1 Kabel <i>Duct</i>	13
II.5.2 Kabel <i>Direct Buried</i>	13
II.5.3 Kabel <i>Aerial</i>	14
II.5.4 Kabel <i>Submarine</i>	15
II.5.5 Kabel <i>Indoor</i>	15
II.6 Kabel Fiber Optik <i>Figure 8</i>	16

II.7	Metode <i>Link Power Budget</i>	18
II.8	<i>Bit Error Rate (BER)</i>	20
BAB III	.....	25
METODE PENELITIAN	.....	25
III.1	Jenis Penelitian	25
III.2	Waktu Penelitian	25
III.3	Lokasi Penelitian	25
III.4	Teknik Pengumpulan Data	25
III.5	Teknik Analisis Data	26
III.6	Alur Penelitian	27
III.7	Arsitektur	28
BAB IV	.....	31
HASIL DAN PEMBAHASAN	.....	31
IV.1	Perancangan pada <i>Optisystem</i>	31
IV.2	Hasil Simulasi <i>Optisystem</i>	32
IV.2.1.	Daya Terima	33
IV.2.2	<i>Bit Error Rate</i>	34
IV.3	Hasil Perhitungan Secara Teori	37
IV.3.1.	<i>Power Link Budget</i>	37
IV.3.2.	<i>Bit Error Rate</i>	39
IV.4	Analisis Hasil Perencanaan	47
IV.4.1.	Analisis <i>Link Power Budget</i>	48
IV.4.2.	Analisis <i>Bit Error Rate</i>	50
BAB V	.....	52
PENUTUP	.....	52
V.1.	Kesimpulan	52
V.2.	Saran	53
DAFTAR PUSTAKA	.....	54
LAMPIRAN	.....	56

DAFTAR GAMBAR

Gambar II. 1 Struktur Fiber Optic.....	7
Gambar II. 2 Diagram blok sistem komunikasi serat optik [6]	8
Gambar II. 3 Multimode Graded-Index [4]	10
Gambar II. 4 Multimode Step-Index [4]	10
Gambar II. 5 Single-mode [4].....	10
Gambar II. 6 Kabel Duct.....	13
Gambar II. 7 Kabel Direct Buried	14
Gambar II. 8 Kabel Aerial	14
Gambar II. 9 Kabel Submarine	15
Gambar II. 10 Kabel Indoor	15
Gambar II. 11 Bentuk Kabel Figure 8[7]	16
Gambar II. 12 Kabel Figure 8.....	17
Gambar II. 13 Tampilan Awal Optisystem	24
Gambar IV. 1 Simulai Perancangan Pada <i>Optisystem</i> Dengan Konektor 1 dB.....	31
Gambar IV. 2 Simulasi Perancangan Pada <i>Optisystem</i> Dengan Konektor 0,5 dB	31
Gambar IV. 3 Simulai Perancangan Pada <i>Optisystem</i> Dengan Konektor 0,75 dB.....	31
Gambar IV. 4 Tampilan <i>OPM</i> Konektor 0,5 dB.....	33
Gambar IV. 5 Tampilan <i>OPM</i> Konektor 0,75 dB	33
Gambar IV. 6 Tampilan <i>OPM</i> Konektor 1 dB.....	33
Gambar IV. 8 Tampilan <i>BER Analyzer</i> Konektor 0,75 dB	35

Gambar IV. 7 Tampilan *BER Analyzer* Konektor 0,5 dB35

Gambar IV. 9 Tampilan *BER Analyzer* Konektor 1 dB36

DAFTAR TABEL

Tabel II. 1 Parameter Nilai Standar Daya Terima	20
Tabel III. 1 Perangkat dan Speksifikasi	29
Tabel IV. 1 Hasil Link Power Budget.....	49
Tabel IV. 2 Hasil Bit Error Rate (BER)	51

ABSTRAK

Muhammad Waiz Al Karni Jabbar, Perancangan dan Analisa *POWER BUDGET* Fiber Optik *Figure-8* di PLTA Balambano-PLTA Karebbe PT. Vale Indonesia Tbk. (dibimbing oleh Prof. Dr. Ir. H. Andani Achmad, MT dan Andini Dani Achmad. ST. MT).

Pada penelitian ini telah dilakukan analisis *Power Link Budget* dan *Bit Error Rate* terhadap perancangan jaringan serat optik di PT. Vale Indonesia. PT. Vale Indonesia bermaksud mengimplementasikan jaringan fiber optik antar PLTA Balambano sampai PLTA Karebbe untuk memonitoring alat-alat yang berkerja pada PLTA, sehingga penelitian ini bertujuan untuk mendapatkan perancangan jaringan fiber optik terbaik berdasarkan hasil daya terima (*power budget*) dan *bit error rate*. Pada penelitian ini dirancang jaringan fiber optik yang menghubungkan PLTA Balambano dan PLTA Karebbe dengan jarak 8,004 km. Perancangan jaringan ini menggunakan 3 redaman konektor yang berbeda dengan masing-masing redaman yaitu 0,5 dB, 0,75 dB, dan 1 dB, kabel fiber optik *Figure-8*, transmitter dan receiver switch cisco C3750-12S, optical receiver cisco 1000 BASE-LX/LH, Patch core ST to LC (2m), dan optical termination box panduit 6 core ST CCH. Perancangan dilakukan pada software *Optisystem* dan disimulasikan untuk mendapatkan nilai *link power budget* yang dilihat di *optical power meter* dan *bit error rate* yang dilihat di *Bit Error Rate Analyzer* serta dihitung secara teori, nilai yang diperoleh selanjutnya dianalisis mengacu pada standar yang ditetapkan. Pada hasil secara simulasi diperoleh nilai *link power budget* sebesar -17,256 dBm, -18,256 dBm, dan -19,256 dBm, dan *bit error rate* sebesar $6,519 \times 10^{-39}$, $4,296 \times 10^{-30}$, dan $7,277 \times 10^{-20}$ secara berturut-turut untuk konektor dengan redaman 0,5 dB, 0,75 dB, dan 1 dB. Sedangkan secara perhitungan teori didapatkan nilai *link power budget* sebesar -14,604 dBm, -15,604 dBm, dan -16,604 dBm, *bit error rate* masing-masing sebesar 0 bit, secara berturut-turut untuk konektor dengan redaman 0,5 dB, 0,75 dB, dan 1 dB.

Kata kunci: *Optisystem, Link Power Budget, Bit Error Rate*

ABSTRACT

Muhammad Waiz Al Karni Jabbar, Design and Analysis of Figure-8 Fiber Optic POWER BUDGET at PLTA Balambano-PLTA Karebbe PT. Vale Indonesia Tbk. (Supervised by Prof. Dr. Ir. H. Andani Achmad, MT and Andini Dani Achmad. ST. MT).

In this research, analysis of Power Link Budget and Bit Error Rate has been carried out on optical fiber network design at PT. Vale Indonesia. PT. Vale Indonesia intends to implement a fiber optic network between PLTA Balambano to PLTA Karebbe to monitor the equipment that works on the PLTA, so this research aims to get the best fiber optic network design based on the power budget and bit error rate. In this study, a fiber optic network that connects PLTA Balambano and PLTA Karebbe is designed with a distance of 8.004 km. This network design uses 3 different connector attenuation with each attenuation, namely 0.5 dB, 0.75 dB, and 1 dB, Figure-8 fiber optic cable, Cisco C3750-12S transmitter and receiver switch, Cisco 1000 BASE optical receiver. -LX / LH, Patch core ST to LC (2m), and optical termination box panduit 6 core ST CCH. The design is carried out in Optisystem software and simulated to obtain the link power budget value seen in the optical power meter and the bit error rate seen in the Bit Error Rate Analyzer and calculated theoretically, the value obtained is then analyzed according to the set standard. In the simulation results, the link power budget value is -17,256 dBm, -18,256 dBm, and -19,256 dBm, and the bit error rate is $6,519 \times 10^{-39}$, $4,296 \times 10^{-30}$, and $7,277 \times 10^{-20}$ respectively for connectors with attenuation of 0.5 dB, 0.75 dB, and 1 dB. Whereas in theory calculation, the link power budget value is -14,604 dBm, -15,604 dBm, and -16,604 dBm, each bit error rate is 0 bits, respectively for connectors with attenuation 0.5 dB, 0.75 dB, and 1 dB.

Keywords: Optisystem, Link Power Budget, Bit Error Rate

BAB I

PENDAHULUAN

1.1 Latar Belakang

Kebutuhan komunikasi kecepatan tinggi dan berkapasitas besar dalam bidang telekomunikasi saat ini sangat besar untuk mendukung perkembangan teknologi informasi yang semakin berkembang di era masyarakat modern. Kemajuan perekonomian serta berkembangnya teknologi telekomunikasi merupakan titik tolak dan potensi besar untuk dapat meningkatkan dan mewujudkan berbagai jenis pelayanan komunikasi yang lebih canggih dengan akses yang cepat dan murah. [1]

PT Vale Indonesia Tbk memiliki beberapa pembangkit listrik yang berlokasi di tempat yang berbeda. Pembangkit listrik tenaga air yaitu Larona, Balambano dan Karebbe *Hydro Plant*, beberapa unit Pembangkit Listrik Diesel dan satu unit Pembangkit Listrik Turbin Uap. Komunikasi di antara mereka diintegrasikan melalui kabel serat optik bawah tanah. Dari Balambano *Switch yard* ke Karebbe ruang kontrol menggunakan kabel fiber optik jenis *figure-8* yang sementara dalam proyek pemasangan. Fiber optik akan digunakan sebagai komunikasi data untuk mengontrol dan memantau semua parameter peralatan di situs Karebbe seperti turbin air, generator, tingkat bendungan, dll. Dalam suatu sistem komunikasi serat optik, kita tidak akan lepas dari perhatian anggaran daya (*power budget*). Sistem komunikasi optik berjalan baik dan lancar apabila tidak kekurangan anggaran daya. Pada skripsi ini akan membahas tentang perhitungan

dan analisis *power budget* dan *bit error rate*. Analisis *power budget* ini sangat penting dilakukan secara berkala untuk menilai dan mengevaluasi kelayakan suatu jaringan komunikasi optik. Analisis *bit error rate* mengetahui terjadinya *error* tiap jumlah bit data terkirim pada suatu sistem digital.

1.2 Rumusan Masalah

Berdasarkan latar belakang di atas, maka dapat dirumuskan masalah sebagai berikut:

1. Bagaimana perencanaan jaringan kabel fiber optik *figure-8* di PT. Vale?
2. Berapa *link power budget* PLTA balambano-karebbe PT. Vale?
3. Berapa besar *bit error rate (BER)* pada jaringan PLTA balambano-karebbe PT. Vale?

1.3 Tujuan Penelitian

Tujuan dari penelitian ini adalah sebagai berikut:

1. Mengetahui perancangan jaringan kebel fiber optik *figure-8* di PT. Vale.
2. Menghitung *link power budget* PLTA balambano-karebbe PT. Vale.
3. Mengetahui *bit error rate (BER)* pada jaringan PLTA balambano-karebbe PT. Vale.

1.4 Manfaat Penelitian

Manfaat yang dapat diperoleh dari penelitian ini adalah:

1. Bagi penulis, penelitian ini berguna menambah wawasan dan kemampuan untuk menganalisa hal yang mempengaruhi kualitas fiber optik
2. Bagi perusahaan PT. Vale Indonesia Tbk, penelitian ini berguna untuk mengetahui kualitas jaringan.
3. Bagi Institusi Pendidikan Departemen Teknik Elektro & pada bidang Teknologi Telekomunikasi dan Informasi, penelitian ini dapat digunakan sebagai referensi ilmiah untuk mengembangkan penelitian yang berhubungan dengan topik fiber optik.

1.5 Batasan Masalah

Penelitian ini membatasi masalah penulis sebagai mengoptimalkan hasil penelitian. Adapun batasan masalah dalam penelitian ini ialah hanya membahas menganalisis *power budget* dan *bit error rate (BER)* PLTA balambano– karebbe.

1.6 Metode Penelitian

Metode penelitian yang dilakukan pada penelitian ini adalah sebagai berikut:

1. Studi literatur

Studi literatur yang dilakukan oleh penulis yaitu dengan melakukan pencarian terhadap berbagai sumber tertulis, baik berupa buku-buku, arsip, majalah, artikel, dan jurnal, atau dokumen-dokumen yang relevan dengan permasalahan yang dikaji. Sehingga informasi yang didapat dari studi

literatur ini dijadikan rujukan untuk memperkuat argumentasi- argumentasi yang ada.

2. Wawancara

Wawancara yang dilakukan meliputi konsultasi ke pihak PT. Vale Indonesia untuk menanyakan perancangan jaringan yang diinginkan, dan meminta parameter-parameter yang telah menjadi standar oleh pihak tersebut.

1.7 Sistematika Penulisan

Sistematika penulisan skripsi sebagai berikut:

BAB I PENDAHULUAN

Bab ini berisi tentang penguraian secara singkat latar belakang, rumusan masalah, tujuan penelitian, manfaat penelitian, batasan masalah, metode penelitian, dan sistematika penulisan.

BAB II TINJAUAN PUSTAKA

Pada bab ini akan dijelaskan tentang teori penunjang yang digunakan dalam pembuatan tugas akhir ini.

BAB III METODOLOGI PENELITIAN

Pada bab ini membahas tentang jenis penelitian, waktu penelitian, lokasi penelitian, teknik pengambilan data, teknik analisis data, alur penelitian, dan arsitektur.

BAB IV HASIL DAN ANALISIS

Pada bab ini berisi hasil dan analisis simulasi pada software dan perhitungan secara teori.

BAB V PENUTUP

Pada bab ini berisi kesimpulan dan saran dari penulis yang perlu ditingkatkan untuk penelitian selanjutnya.

BAB II

TINJUAN PUSTAKA

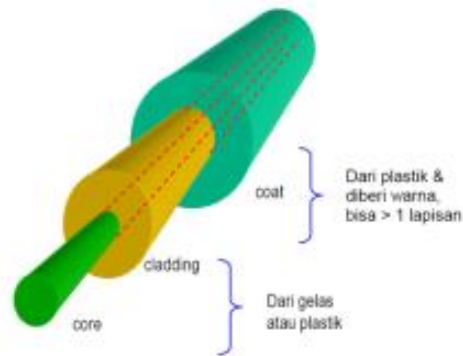
II.1 Serat Optik

Serat optik merupakan sebuah media transmisi telekomunikasi berkecepatan tinggi. Pada dasarnya serat optik terbuat dari bahan serat kaca yang sangat halus, serat optik mampu mentransmisikan gelombang cahaya dengan metode pemantulan cahaya pada dinding dari inti serat optik [2]. Sumber cahaya yang digunakan adalah laser karena laser mempunyai sifat pola penyebaran kecil, kecerahan dan koherensi tinggi [3]. Teknologi ini melakukan perubahan sinyal listrik kedalam sinyal cahaya yang kemudian disalurkan melalui serat optik dan selanjutnya di konversi kembali menjadi sinyal listrik pada bagian penerima [1].

Sulit untuk mengatakan kapan tepatnya kabel fiber optik modern pertama ada dan siapa penemu fiber optik. Apa yang diketahui, pasti, adalah bahwa demonstrasi pertama dari pembiasan cahaya dipandu dilakukan oleh Jacques Babinet dan Daniel Colladon pada 1840. Demonstrasi ini memberikan dasar yang semua prinsip kemudian fiber optik akan dibangun [4].

Fungsi fiber optik dimaksudkan untuk mengarahkan gelombang cahaya dalam satu arah melalui proses pembiasan cahaya. Pada dasarnya, kabel fiber optik mengirimkan gelombang cahaya dari satu titik fisik yang lain dengan

menangkap cahaya dalam kabel dan memantulkannya kembali ke dalam setiap kali cahaya tersebut mencoba untuk melarikan diri. Hal ini membuat fiber optik kabel semacam seperti sebuah prisma dari mana gelombang cahaya tidak dapat melarikan diri. Satu-satunya tempat untuk gelombang cahaya untuk pergi, maka adalah ujung dari kabel fiber optik [4].



Gambar II. 1 Struktur *Fiber Optic*
(PT. Telekomunikasi Indonesia, 2004:15)

Secara umum struktur serat optik terdiri dari 3 bagian, yaitu:

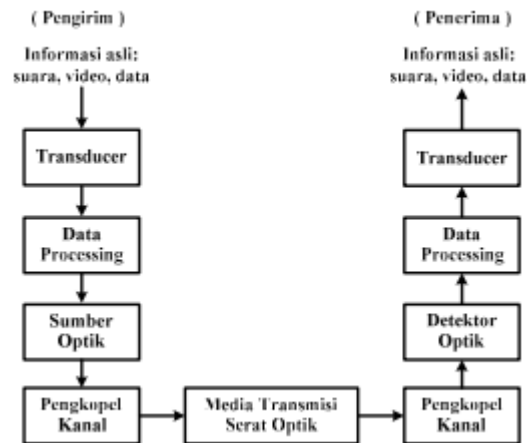
1. Inti (*Core*) *Core* atau inti serat, merupakan bagian paling utama dari serat optik, karena pada bagian ini informasi yang berupa pulsa cahaya ditransmisikan.

2. Bungkus (*Cladding*) *Cladding* merupakan pelapis core, dan mempunyai bahan dasar yang sama dengan core tetapi mempunyai indeks bias yang lebih kecil daripada core.

3. Jaket (*Coating*) *Coating* berfungsi sebagai pelindung core dan cladding dari tekanan fisik [5].

II.2 Dasar Sistem Komunikasi Optik

Sistem komunikasi serat optik secara umum dapat digambarkan dalam diagram blok seperti diperlihatkan pada Gambar 2.2.



Gambar II. 2 Diagram blok sistem komunikasi serat optik [6]

Transducer mengubah informasi asli yang berupa suara, video dan data menjadi sinyal informasi elektrik. Pada *data processing*, sinyal disesuaikan agar dapat dimodulasikan pada sumber optik. Sumber optik mengubah sinyal informasi elektrik menjadi sinyal informasi optik. Sejumlah daya diberikan oleh pengkopel kanal (masukan) ke media transmisi serat optik agar sinyal informasi optik dapat diterima pada sisi penerima setelah melalui saluran serat optik. Sinyal informasi optik diubah kembali menjadi sinyal informasi elektrik. Dan

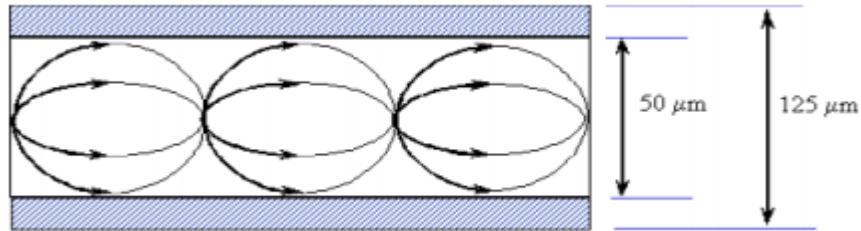
setelah disesuaikan, sinyal informasi elektrik diubah menjadi informasi aslinya oleh suatu *transducer* [6].

II.3 Jenis-Jenis Serat Optik

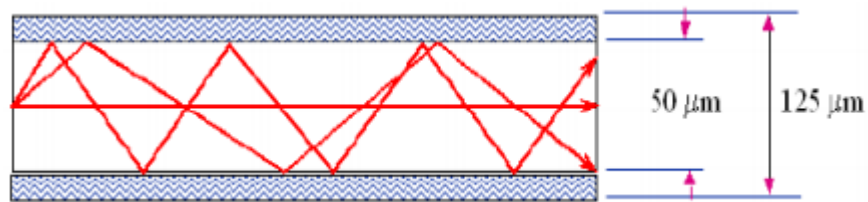
Berdasarkan jumlah *mode* yang dapat dilewatkan, serat optik dibagi menjadi 2 jenis secara umum yaitu serat optik jenis tunggal (*Single-mode*) dan serat optik jenis ganda (*Multi-mode*). Serat optik jenis tunggal berarti hanya mampu melewatkan satu mode saja. Hal ini disebabkan oleh ukuran intinya yang relative kecil serta kecilnya nilai beda indeks (Δ) antara inti dan *cladding*. Ukuran diameter inti serat optik jenis tunggal berkisar antara 8-10 μm . Dengan hanya melewatkan satu *mode* saja berarti pada serat optik jenis tunggal ini tidak ditemukan dispersi modal seperti pada serat optik ganda. Hal ini berdampak positif terhadap penggunaan serat optik jenis tunggal karena juga berarti peningkatan *bandwidth*. Selain itu, baik dari segi *bandwidth* maupun jarak transmisi, serat optik jenis tunggal lebih unggul dibandingkan dengan serat optik jenis ganda, karena jarak transmisinya sangat jauh dan *bandwidth* nya juga besar [1].

Serat optik jenis ganda tidak memiliki keunggulan di segi *bandwidth* karena ada banyak *mode* yang dilewatkan oleh suatu serat optik sehingga kemungkinan untuk terjadi dispersi juga semakin besar yang mengakibatkan

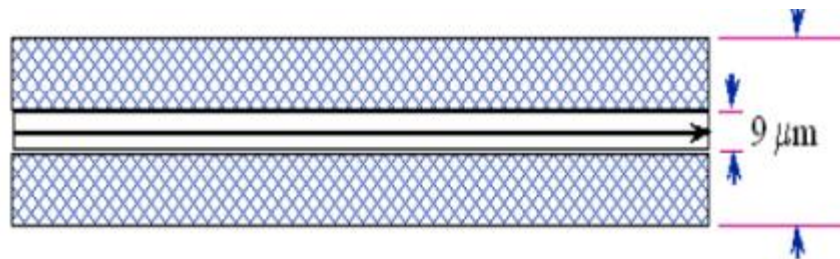
terjadi pelebaran pulsa. Serat optik jenis ganda memiliki dua jenis yaitu *multimode step - index* dan *multimode graded - index*. Perbedaan keduanya terletak pada keseragaman indeks bias [1].



Gambar II. 4 *Multimode Graded-Index* [4]



Gambar II. 5 *Multimode Step-Index* [4]



Gambar II. 3 *Single-mode* [4]

II.4 Kelebihan dan Kekurangan Serat Optik

II.1 Kelebihan Serat Optik

- 1) *Bandwidth* – Sistem komunikasi serat optik dapat digunakan untuk mengirimkan lebih banyak informasi daripada kabel tembaga dan

sangat cocok untuk digunakan dengan komunikasi digital. Serat dapat membawa data dalam jumlah besar karena kapasitas *bandwidth* yang lebih besar. Data dapat ditransmisikan dengan kecepatan sangat tinggi biasanya 1,6 TB/detik di lapangan. Karena kenyataan ini, internet generasi berikutnya akan didasarkan pada cahaya atau dikenal sebagai *LiFi (Light Fidelity)*.

- 2) Kehilangan Daya yang Sangat Rendah – Serat optik menawarkan kehilangan daya yang sangat rendah. Sinyal dapat ditransmisikan ke jarak yang lebih jauh. Kabel serat optik ini hanya kehilangan sinyal yang rendah sekitar 0,3dB/Km. Oleh karena itu pengulang optik atau *Repeater* tidak diperlukan untuk jarak yang relatif jauh. Apabila dibandingkan dengan kabel tembaga, kabel serat optik kebal terhadap interferensi elektromagnetik dan tidak menghasilkan interferensi saat beroperasi.
- 3) Keamanan – Fiber optik memiliki kualitas tinggi dalam kinerja kerahasiaan dan komunikasi. fiber optik sulit untuk disadap. Hal ini dikarenakan serat optik atau *Optical Fiber* ini tidak memancarkan energi elektromagnetik. Serat pada dasarnya adalah media paling aman yang tersedia untuk membawa data sensitive.
- 4) Fleksibilitas – Karena kabel serat optik jauh lebih ringan dan diameternya lebih kecil dari kabel tembaga, mereka juga menempati

ruang lebih sedikit dengan kabel dengan kapasitas informasi yang sama dan dapat lebih mudah diproduksi dan dipasang.

- 5) Biaya Bahan – Kabel serat optik lebih murah daripada kabel tembaga, yang secara drastis dapat mengurangi biaya pemasangan kabel baru atau pada saat merawat kabel lama.

II.2 Kekurangan Serat Optik

- 1) Tidak bisa dilipat dalam radius kecil – Fiber optik dapat dengan mudah dipatahkan atau kehilangan transmisi apabila dililitkan dalam radius kecil (beberapa sentimeter). Namun hal ini biasanya diatasi dengan membungkus serat optik dalam sarung atau *jacket plastic* sehingga mempersulit penekukan kabel serat ini ke dalam radius kecil.
- 2) Sangat Rentan terhadap Kerusakan – Fiber atau serat optik membutuhkan perlindungan lebih banyak di sekitar kabel dibandingkan dengan tembaga. Ukuran kabel serat optik sangat kecil dan padat sehingga sangat rentan terpotong atau rusak selama instalasi atau kegiatan konstruksi. Jadi, apabila memilih kabel serat optik sebagai media transmisi, maka diperlukan kegiatan khusus untuk mengatasi pemulihan dan pencadangannya.
- 3) Biaya Instalasi yang Tinggi – Fiber atau Serat optik lebih mahal untuk dipasang dan harus dipasang oleh spesialis yang telah dilatih dengan terampil. fiber optik pada dasarnya tidak sekuat kabel tembaga

sehingga pemasangannya harus sangat hati-hati dan teliti. Di samping itu, diperlukan alat uji khusus untuk instalasi serat optik.

II.5 Jenis-Jenis Kabel Optik

II.5.1 Kabel *Duct*

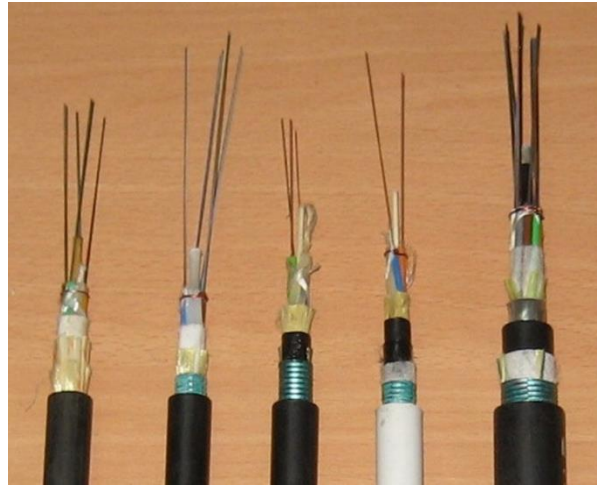
Kabel *duct* adalah kabel fiber optik yang instalasinya menggunakan pelindung pipa duct/subduct. Kabel ini dipendam dalam tanah (*underground*). Metode pemasangannya dengan cara galian terbuka (*open trench*) ataupun boring rojok (*manual boring*).



Gambar II. 6 Kabel *Duct*

II.5.2 Kabel *Direct Buried*

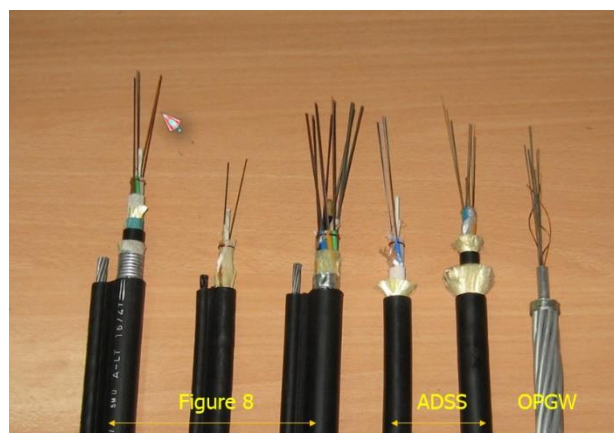
Kabel *direct buried* (kabel tanam langsung) merupakan kabel fiber optik yang instalasinya dipendam dalam tanah (*underground*) dengan metode galian terbuka (*open trench*) kabel digelar langsung tanpa menggunakan *duct/subduct*. *Jacketing* kabel ini didesain lebih tebal daripada kabel *duct*.



Gambar II. 7 Kabel *Direct Buried*

II.5.3 Kabel *Aerial*

Kabel *aerial* atau kabel udara merupakan kabel fiber optik yang instalasinya menggantung diudara (*aerial*). Metode pemasangannya kabel digantung diantara tiang-tiang penyangga. Terdapat 3 jenis kabel Udara yaitu Figure 8, ADSS dan OPGW.



Gambar II. 8 Kabel *Aerial*

II.5.4 Kabel *Submarine*

Kabel *submarine* adalah kabel fiber optik yang instalasinya ditanam di dasar laut. Tipe kabel submarine dibedakan atas lapisan pelindung (*steel wire*) yang digunakan yaitu *Light Weight Cable*, *Single Armoured Cable*, *Double Armoured Cable*.



Gambar II. 9 Kabel *Submarine*

II.5.5 Kabel *Indoor*

Kabel *indoor* adalah Kabel fiber optik yang diimplementasikan didalam bangunan / gedung.



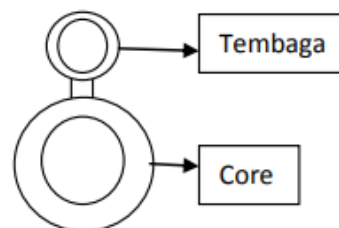
Gambar II. 10 Kabel *Indoor*

II.6 Kabel Fiber Optik *Figure 8*

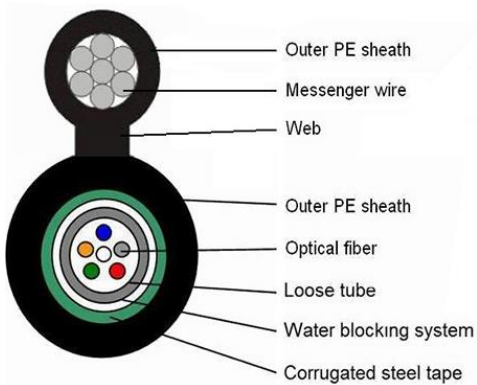
Figure-8 adalah kabel serat optik yang penempatannya di tempatkan di udara. Kabel ini menggabungkan baja dan inti dari kabel serat optik standar ke dalam satu jaket penampang yaitu “*Figure-8*”. Kombinasi kawat dan serat optik menjadi satu kabel yang sangat memungkinkan pemasangannya lebih cepat dan menghasilkan instalasi di udara yang lebih tahan lama.

Kabel udara (*aerial plant*) dipasang antara tiang dengan cara diikat ke tali kawat dengan kawat kecil. Kawat dikencangkan untuk menahan berat kabel sesuai dengan panjang kabel yang dibentangkan kemudian ditambahkan pelindung dari berbagai iklim seperti salju, hujan, dan angin. Tujuannya adalah untuk menjaga agar kabel tetap dalam keadaan tegangan dan regangan yang stabil, sambil mempertahankan batasan elastisitas pada kabel udara (*aerial plant*) yang aman.

Kabel F-8 (*figure-8*) ini kabel yang memiliki bagian tembaga untuk mengalirkan listrik. Jadi, kabel lini memiliki rentan terhadap induksi dan pemuaiian. Kabel ini disebut *Figure 8* karena bentuknya menyerupai angka 8. Penggunaannya pada Jarak antar kota dan dalam kota [7].



Gambar II. 11 Bentuk Kabel *Figure 8*[7]



Gambar II. 12 Kabel *Figure 8*

Loose tube, berbentuk tabung longgar yang terbuat dari bahan *PBTP* (*Polybuty leneterephthalete*) yang berisi *thixotropic gel* dan serat optik ditempatkan didalamnya. Konstruksi *loose tube* yang berbentuk longgar tersebut mempunyai tujuan agar serat optik dapat bebas bergerak, tidak langsung mengalami tekanan atau gesekan yang dapat merusak serat pada saat instalasi kabel optik. *Thixotropic gel* adalah bahan semacam *jelly* yang berfungsi melindungi serat dari pengaruh mekanis dan juga untuk menahan air. Sebuah *loose tube* dapat bersisi 2 sampai dengan 12 serat optik. Sebuah kabel optik dapat bersisi 6 sampai dengan 8 *loose tube*.

Water blocking berfungsi sebagai konduktivitas listrik dan melindungi kabel dari pengaruh mekanis. *PE Sheath* adalah bahan *polyethylene* yang menutupi bagian *central strength member*. Dan *Corrugated steel tape* atau kabel berlapisan baja yang digunakan untuk melindungi dari binatang seperti rayap dll.

II.7 Metode *Link Power Budget*

Dalam suatu sistem komunikasi serat optik, kita tidak akan lepas dari perhatian anggaran daya (*power budget*) sistem komunikasi berjalan dengan baik dan lancar apabila tidak kekurangan anggaran daya (*power budget*) [8].

Power budget merupakan suatu hal yang sangat menentukan apakah suatu sistem komunikasi optik dapat berjalan dengan baik atau tidak. Karena *power budget* menjamin agar penerima dapat menerima daya optik sinyal yang diperlukan untuk mendapatkan *bit error rate (BER)* yang diinginkan. Perhitungan dan analisis *power budget* merupakan salah satu metode untuk mengetahui performansi suatu jaringan. Hal ini dikarenakan metode ini dapat digunakan untuk melihat kelayakan suatu jaringan untuk mengirimkan sinyal dari pengirim sampai ke penerima atau dari *central office terminal (COT)* sampai ke *remote terminal (RT)*. Tujuan dilakukannya perhitungan *power budget* adalah untuk menentukan apakah komponen dan parameter desain yang dipilih dapat menghasilkan daya sinyal di penerima sesuai dengan tuntutan persyaratan performansi yang diinginkan. Desain suatu sistem dapat memenuhi persyaratan apabila *System Gain (Gs)* lebih besar atau sama dengan total rugi-rugi. Daya yang diterima lebih kecil dari daya saturasi yang dapat mengakibatkan distorsi di penerima. Desain *link* transmisi optik ditentukan oleh *bit rate* informasi yang ditransmisikan, panjang *link* total dan *bit error rate*

(BER) yang diinginkan. *Bit rate* dan panjang *link* total menentukan karakteristik serat optik, tipe sumber optik (pengirim) dan tipe *detector* optik (penerima) yang digunakan. Dengan mengetahui ketiga komponen tersebut, *power budget* dapat dihitung sehingga dapat diperoleh jarak transmisi maksimum antara pengirim dan penerima. *Link Power Budget* dihitung sebagai syarat agar *link* yang kita rancang dayanya melebihi batas ambang dari daya yang dibutuhkan. Untuk menghitung *Link Power Budget* dapat dihitung dengan rumus:

$$\alpha_{tot} = (L * \alpha_{serat} + S_p) + N_c * \alpha_c + N_s * \alpha_s \dots\dots\dots(\text{II.1})$$

$$P = P_{tx} - P_{rx} \dots\dots\dots (\text{II.2})$$

Keterangan:

- α_{tot} : Redaman Total (dB)
- L : Panjang Kabel (Km)
- α_{serat} : Redaman serat optik (dB/Km)
- S_p : Redaman Splitter (dB)
- N_c : Jumlah konektor
- α_c : Redaman Konektor (dB/buah)
- N_s : Jumlah Sambungan
- α_s : Redaman Sambungan (dB/sambungan)
- P : Daya (dBm)
- P_{tx} : Daya keluaran sumber optik (dBm)
- P_{rx} : Daya Terima *receiver* (dBm)

Dalam melakukan perhitungan *Link power budget* PT. Vale memiliki standar untuk membatasi *loss* yang boleh ada pada suatu *link* transmisi. Standar tersebut merupakan acuan yang dipergunakan oleh PT. Vale pada saat awal perencanaan dan pembangunan jaringan. Standar ini menentukan batas maksimum untuk *fiber loss*, *splice loss* dan *connector loss*. Batas maksimum inilah yang dipakai oleh PT. Vale pada saat melakukan perencanaan suatu jaringan. Oleh karena itu, *loss* dari hasil pengukuran harus memiliki nilai di bawah batas maksimum tersebut untuk mendapatkan unjuk kerja yang baik.

Tabel II. 1 Parameter Nilai Standar Daya Terima

Level Daya Terima (dBm)		Keterangan
II.8	<i>B</i> ≤ -11	Kurang Baik
	<i>i</i> -11 sampai -15	Baik
	<i>t</i> ≥ -15	Sangat Baik

Error Rate (BER)

Bit error rate merupakan banyaknya kesalahan bit yang terjadi pada saat mentransmisikan sinyal digital. Untuk menghitung *bit error rate*, harus diketahui nilai *signal to noise ratio* (SNR) terlebih dulu. *Signal to Noise Ratio* (SNR) merupakan perbandingan daya sinyal terhadap daya *noise* pada satu

titik yang sama [9]. *Signal to noise ratio* (SNR) sangat bergantung pada hasil perhitungan *power link budget* sebelumnya.

$$\left(\frac{S}{N}\right) = \frac{\text{Signal Power}}{\text{Shot Noise Power}} \dots\dots\dots (II.3)$$

Untuk mengetahui nilai *Signal to Noise Ratio* (SNR) maka terlebih dahulu menghitung, *Signal power* dan daya derau (*Noise Power*)

1. *Signal Power* merupakan kuat daya pada sinyal yang diterima oleh *receiver* [9].

$$\text{signal power} = 2 \left(P_{opt} \frac{ng}{hv} \right)^2 \dots\dots\dots (II.4)$$

2. *Noise Power* (Daya derau) terdiri dari *dark current*, *shot noise current*, dan derau termal dapat menggunakan persamaan dibawah ini,

a. *Dark Current*

Arus gelap ialah arus gelap kecil yang mengalir akibat adanya *reverse bias* dioda. Arus gelap ini terjadi pada setiap diode yang memiliki arus bocor balik [9].

$$I^2_{ND}(\text{Noise dark current}) = 2q i_D B \dots\dots\dots (II.5)$$

b. *Shot Noise Current*

Shot noise current adalah noise yang terjadi akibat adanya ketidaklinearan pada sistem [9]. Berikut persamaannya,

$$\text{Shot noise curren} = 2q \left(2P_{opt} \frac{ng}{hv} \right) B \dots\dots\dots (II.6)$$

c. Derau Termal

Derau termal ialah arus yang dihasilkan akibat adanya gerak acak elektron bebas dalam sebuah komponen elektronik [9].

$$Thermal\ Noise = 4kT_{eff}B/Req \dots\dots\dots (II.7)$$

Keterangan:

P_{opt} = Daya sinyal yang diterima (Watt)

$\eta q/h\nu = R$ = Responsivitas (0.85 A/W)

q = Muatan elektron ($1,6 \times 10^{-19}$ C)

iD = Arus gelap (0,85 A)

B = *Bandwidth* detektor cahaya (1550 nm = $0,5 \times 10^9$ Hz)

k = Konstanta Boltzman ($1,38 \times 10^{-23}$ joule/K)

T_{eff} = Temperatur *noise* efektif (300 K)

Req = Resistensi ekivalen (50 Ω)

P_{opt} = Daya sinyal yang diterima detektor (Watt)

Persamaan selanjutnya ialah menghitung jumlah kesalahan bit saat proses pentransmisian, perhitungan BER dapat dilakukan dengan menentukan nilai Q (*quantum noise*) yang terdapat pada persamaan II.11 berikut [9],

$$\frac{\left(\frac{S}{N}\right)_{pk}}{rms} = 20 \log 2Q \dots\dots\dots (II.8)$$

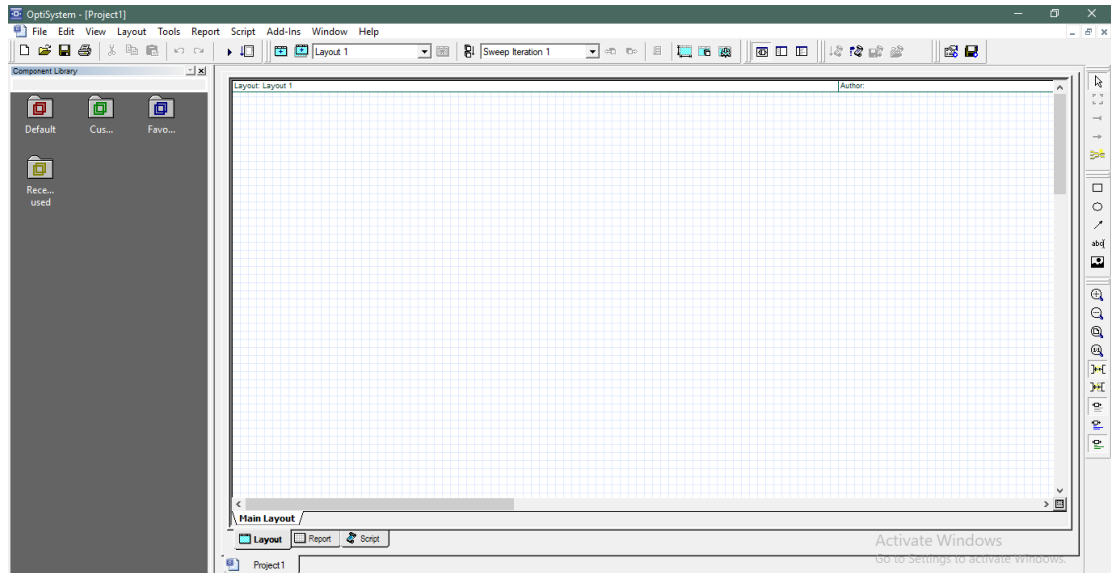
Dari persamaan *Quantum Noise* didapatkan persamaan pendekatan *bit error rate* pada persamaan II.12 berikut [9],

$$BER = Pe(Q) = \frac{1}{\sqrt{2\pi}} \cdot \frac{e^{-\frac{Q^2}{2}}}{Q} \dots\dots\dots (II.9)$$

Menurut standar ITU-T G.984.2 *BER* maksimum dalam suatu sistem komunikasi optik sebesar 10^{-9} . Artinya, terdapat kemungkinan 1 bit yang *error* dari 10^9 data yang dikirimkan dalam 1 kali proses transmisi. Semakin kecil nilai *bit error rate* maka semakin baik kondisi suatu jaringan telekomunikasi.

II.9 *Optisystem*

Optisystem adalah software simulator untuk melakukan simulasi pada suatu jaringan serat optik dari pusat penyedia (provider) ke pelanggan, software ini bisa digunakan untuk mengukur *power link budget* dan *bit error rate* (BER) dan lain sebagainya. *Optisystem* memungkinkan pengguna untuk merencanakan, menguji, dan mensimulasikan jaringan optik. Berikut Gambar II.6. akan menunjukkan tampilan awal dari layout software *Optisystem*.



Gambar II. 13 Tampilan Awal *Optisystem*

Pada *software* ini terdapat sebuah *library* yang didalamnya terdapat banyak jenis perangkat yang bisa digunakan seperti *optical power meter* (OPM) untuk melihat redaman di setiap titik dan *BER Analyzer* untuk mengukur banyaknya bit yang *error*.