

SKRIPSI
APLIKASI KABEL SERAT OPTIK PADA JARINGAN
LOKALAKSESDENGAN SISTEM FASTLINK JARINGAN
PRIMER



OLEH :

ARGA WIRATNO
10582101812

HARISMAN
10582108512

PROGRAM STUDI TEKNIK ELEKTRO
FAKULTAS TEKNIK
UNIVERSITAS MUHAMMADIYAH MAKASSAR
2019



UNIVERSITAS MUHAMMADIYAH MAKASSAR
FAKULTAS TEKNIK

GEDUNG MENARA IQRA LT. 3

Jl. Sultan Alauddin No. 259 Telp. (0411) 866 972 Fax (0411) 865 588 Makassar 90221

Website: www.unismuh.ac.id, e-mail: unismuh@gmail.com

Website: <http://teknik.unismuh.makassar.ac.id>

بِسْمِ اللَّهِ الرَّحْمَنِ الرَّحِيمِ

HALAMAN PENGESAHAN

Tugas Akhir ini diajukan untuk memenuhi syarat ujian guna memperoleh gelar Sarjana Teknik (ST) Program Studi Teknik Elektro Jurusan Teknik Elektro Fakultas Teknik Universitas Muhammadiyah Makassar.

Judul Skripsi : **APLIKASI KABEL SERAT OPTIK PADA JARINGAN LOKAL AKSES DENGAN SISTEM FASTLINK JARINGAN PRIMER**

Nama : 1. Arga Wiratno
2. Harisman

Stambuk : 1. 10582 1018 12
2. 10582 1085 12

Makassar, 02 Juli 2019

Telah Diperiksa dan Disetujui
Oleh Dosen Pembimbing

Pembimbing I

Pembimbing II


Dr. Ir. Hj. Hafsah Nirwana, M.T.


Rizal Ahdiyati Duyo, S.T., M.T.

Mengetahui,
Ketua Jurusan Elektro



Adriani, S.T., M.T.
NBM : 1044 202



UNIVERSITAS MUHAMMADIYAH MAKASSAR

FAKULTAS TEKNIK

GEDUNG MENARA IQRA LT. 3

Jl. Sultan Alauddin No. 259 Telp. (0411) 866 972 Fax (0411) 865 588 Makassar 90221

Website: www.unismuh.ac.id, e_mail: unismuh@gmail.com

Website: <http://teknik.unismuh.makassar.ac.id>

بِسْمِ اللَّهِ الرَّحْمَنِ الرَّحِيمِ

PENGESAHAN

Skripsi atas nama **Arga Wiratno** dengan nomor induk Mahasiswa 10582 1018 12 dan **Harisman** dengan nomor induk Mahasiswa 10582 1085 12 dinyatakan diterima dan disahkan oleh Panitia Ujian Tugas Akhir/Skripsi sesuai dengan Surat Keputusan Dekan Fakultas Teknik Universitas Muhammadiyah Makassar Nomor : 0004/SK-Y/20201/091004/2019, sebagai salah satu syarat guna memperoleh gelar Sarjana Teknik pada Program Studi Teknik Elektro Jurusan Teknik Elektro Fakultas Teknik Universitas Muhammadiyah Makassar pada hari Selasa tanggal 25 Juni 2019.

Makassar, 28 Syawal 1440 H
02 Juli 2019 M

Panitia Ujian :

1. Pengawas Umum

a. Rektor Universitas Muhammadiyah Makassar

Prof. Dr. H. Abdul Rahman Rahim, SE., MM.

b. Dekan Fakultas Teknik Universitas Hasanuddin

Dr. Ir. H. Muh. Arsyad Thaha, M.T

2. Penguji

a. Ketua : Dr. Eng. Ir. H. Zulfajri Basri Hasanuddin, M.Eng

b. Sekretaris : Adriani, S.T.,M.T

3. Anggota : 1. Dr. Umar Katu, S.T.,M.T

2. Anugrah, S.T.,M.M

3. Dr. Ir. Zahir Zainuddin, M.Sc

Mengetahui :

Pembimbing I

Dr. Ir. Hj. Hafsah Nirwana, M.T

Pembimbing II

Rizal Ahdiyati Duyo, S.T.,M.T

Dekan



Ir. Hamzah Al Imran, S.T., M.T.,IPM

NBM : 855 500

ABSTRAK

Sistem transmisi jaringan lokal dengan akses fiber optik (jarlokaf) direkomendasikan untuk batas redaman sebesar 30 dB tanpa menggunakan pengulang. Pada STO MI Panakkukang jarak untuk setiap masing-masing Optical Line Termination ke Optical Network Unit yaitu 2530 m hingga yang terjauh 6.414 m dengan redaman berkisar antara 14,612 dB - 16,848 dB hingga belum memungkinkan penggunaan pengulang. Sistem transmisi Jarlokaf (Fastlink) mode operasinya Halfduplex (komunikasi dua arah secara bergantian), dengan teknik multiplex Wave length Dew's/on Multiplexing yaitu multiplex panjang gelombang. Sisi downstream (dari Optical Line Termination ke Optical Network Unit) menggunakan panjang gelombang 1550 nm dan sisi Upstream (dari Optical Network Unit ke Optical Line Termination) menggunakan panjang gelombang 1310 nm.

ABSTRACT

Local network transmission system with fiber optic access (jarlokaf) is recommended for attenuation limits of 30 dB without using repeaters. At STO MI Panakkukang the distance for each Optical Line Termination to the Optical Network Unit is 2530 m to the furthest 6,414 m with attenuation ranging from 14,612 dB - 16,848 dB until it is not possible to use repeaters. The Jarlokaf (Fastlink) transmission mode is Halfduplex (alternating two-way communication), with a multiplex Wave length Dew's / on Multiplexing technique that is wavelength multiplex. The downstream side (from Optical Line Termination to Optical Network Unit) uses a wavelength of 1550 nm and the Upstream side (from Optical Network Unit to Optical Line Termination) using a wavelength of 1310 nm.

KATA PENGANTAR

Syukur Alhamdulillah penulis panjatkan ke hadirat Allah SWT, karena Rahmat dan HidayahNya sehingga penulis dapat menyusun skripsi ini, dan dapat kami selesaikan dengan baik.

Tugas akhir ini disusun sebagai salah persyaratan akademik yang harus ditempuh dalam rangka penyelesaian program studi pada Jurusan Elektro Fakultas Teknik Universitas Muhammadiyah Makassar. Adapun judul tugas akhir adalah :
“Aplikasi Kabel Serat Optik Pada Jaringan Lokal Akses Dengan Sistem Fastlink Jaringan Primer”

Penulis menyadari sepenuhnya bahwa dalam penulisan skripsi ini masih terdapat kekurangan-kekurangan, hal ini disebabkan penulis sebagai manusia biasa tidak lepas dari kesalahan dan kekurangan baik itu ditinjau dari segi teknis penulis maupun dari perhitungan-perhitungan. Oleh karena itu penulis menerima dengan ikhlas dan senang hati segala koreksi serta perbaikan guna penyempurnaan tulisan ini agar kelak dapat bermanfaat.

Skripsi ini dapat terwujud berkat adanya bantuan, arahan, dan bimbingan dari berbagai pihak. Oleh karena itu dengan segalan ketulusan dan kerendahan hati, kami mengucapkan terima kasih dan penghargaan yang setinggi-tingginya kepada :

1. Bapak Hamzah Al Imran, ST, MT. sebagai Dekan Fakultas Teknik Universitas Muhammadiyah Makassar.

2. IbuAdriani, ST, MT., sebagai Ketua Jurusan Teknik Elektro Fakultas Teknik Universitas Muhammadiyah Makassar.
3. Bapak. DR. Ir Zahir Zainuddin, M.S, Selaku Pembimbing I dan Bapak Rizal A Duyo, S.T,. M.T, selaku Pembimbing II, yang telah banyak meluangkan waktunya dalam membimbing kami.
4. Bapak dan ibu dosen serta staf pegawai pada fakultas teknik atas segala waktunya telah mendidik dan melayani penulis selama mengikuti proses belajar mengajar di Universitas Muhammadiyah Makassar.
5. Ayahanda dan Ibunda yang tercinta, penulis mengucapkan terima kasih yang sebesar-besarnya atas segala limpahan kasih sayang, doa dan pengorbanan terutam dalam bentuk materi dalam menyelesaikan kuliah.
6. Saudara-saudaraku serta rekan-rekan mahasiswa fakultas teknik terkhusus angkatan 2012 yang dengan keakraban dan persaudaraan banyak membantu dalam menyelesaikan tugas akhir ini.

Semoga semua pihak tersebut di atas mendapat pahala yang berlipat ganda di sisi Allah SWT dan skripsi yang sederhana ini dapat bernabfaat bagi penulis, rekan-rekan, masyarakat serta bangsa dan negara. Amin.

Makassar, Juni 2019

Penulis

DAFTAR ISI

HALAMAN JUDUL	
LEMBAR PENGESAHAN	
ABSTRAK	
KATA PENGANTAR	
DAFTAR ISI	
DAFTAR GAMBAR	
DAFTAR TABEL	
DAFTAR ISTILAH	
BAB I PENDAHULUAN	
A. Latar Belakang Masalah	1
B. Tujuan dan Maksud Penulisan	2
C. Batasan Masalah	3
D. Sistematika Penulisan	3
BAB II TINJAUAN PUSTAKA	
A. Jaringan Lokal Akses Fiber Optik	5
B. Pemantulan dan pembiasaan	6
1. Pemantulan Sempurna	7
2. Numeric Aperture	9
C. Profil Serat Optik	11
D. Jenis-jenis Serat Optik	12
1. Serat Step Indeks	13

2. Serat Graded Indeks	13
3. Serat Single Mode Step Indeks.....	15
4. Serat Multi Mode Step Indeks	16
E. Dasar Sistem Komunikasi Serat Optik	18
F. Fungsi Komponen Dasar Transmisi SKSO	18
1. Interface TX	19
2. Transmitted (Pengirim)	19
3. Receiver (Penerima)	19
4. Interface RX.....	20
G. Komponen Dasar Sistem Komunikasi Serat Optik	20
1. Sumber Optik.....	20
2. Detektor Optik.....	23
H. Persyaratan Transmisi Jaringan Lokal Akses Fiber Optik (Jarlokaf)	23
1. Panjang Gelombang	23
2. Redaman (Attenuation)	24
3. Power Budget link	24
I. Wavelength Division Multiplexing (WDM).....	25
J. PCM	27
K. Digital Multiplexing	30
L. Kode Sinyal Yang Digunakan Oleh PT. Telkom	31
M. Penyambungan Dayadan Penyambungan Fiber Optik	31
N. Pengertian Keandalan.....	32

O. MetodePerhitunganKeandalan	33
BAB III. METODOLOGI PENELITIAN	
A. WaktudanTempat	
a. Waktu	
b. TempatPenelitian.....	
B. MetodePenelitian	
C. Langkah-langkahPenelitian	
BAB IV HASIL PENELITIAN DAN PEMBAHASAN	
A. Data hasilpenelitian	34
B. AnalisaJarak OLT dan ONU	37
1. JarakMaksimum Fiber OptikDenganSambungan.....	38
BABVPENUTUP	
A. Kesimpulan	43
B. Saran-saran	43
DAFTAR PUSTAKA	
LAMPIRAN	

DAFTAR GAMBAR

	Halaman
Gambar 2.1 Struktur Serat Optik.....	5
Gambar 2.2 Pembiasan Cahaya.....	7
Gambar 2.3 Pemantulan Cahaya.....	8
Gambar 2.4 Pemantulan Sempurna.....	8
Gambar 2.5 Numeric Aperture.....	10
Gambar 2.6 Uraian Penjalaran Cahaya.....	10
Gambar 2.7 Struktur dan Perambatan Cahaya Pada Serat Graded Indeks Multi Mode.....	14
Gambar 2.8 Perlambatan cahaya dengan struktur serat single mode step indeks.....	16
Gambar 2.9 Serat Multi Mode Step Indeks.....	17
Gambar 3.1 Komponen Dasar Transmisi SKSO.....	18
Gambar 3.2 Blok Diagram Sistem Transmisi.....	19
Gambar 3.3 Unit Directional WDM.....	26
Gambar 3.4 Bidirectional WDM.....	27
Gambar 3.5 Struktur Frame PCM-30.....	30
Gambar 3.6 Skema Jaringan Fiber Optik.....	35
Gambar 4.1 Jarak Maksimum Fiber Optik Dengan Sambungan.....	38

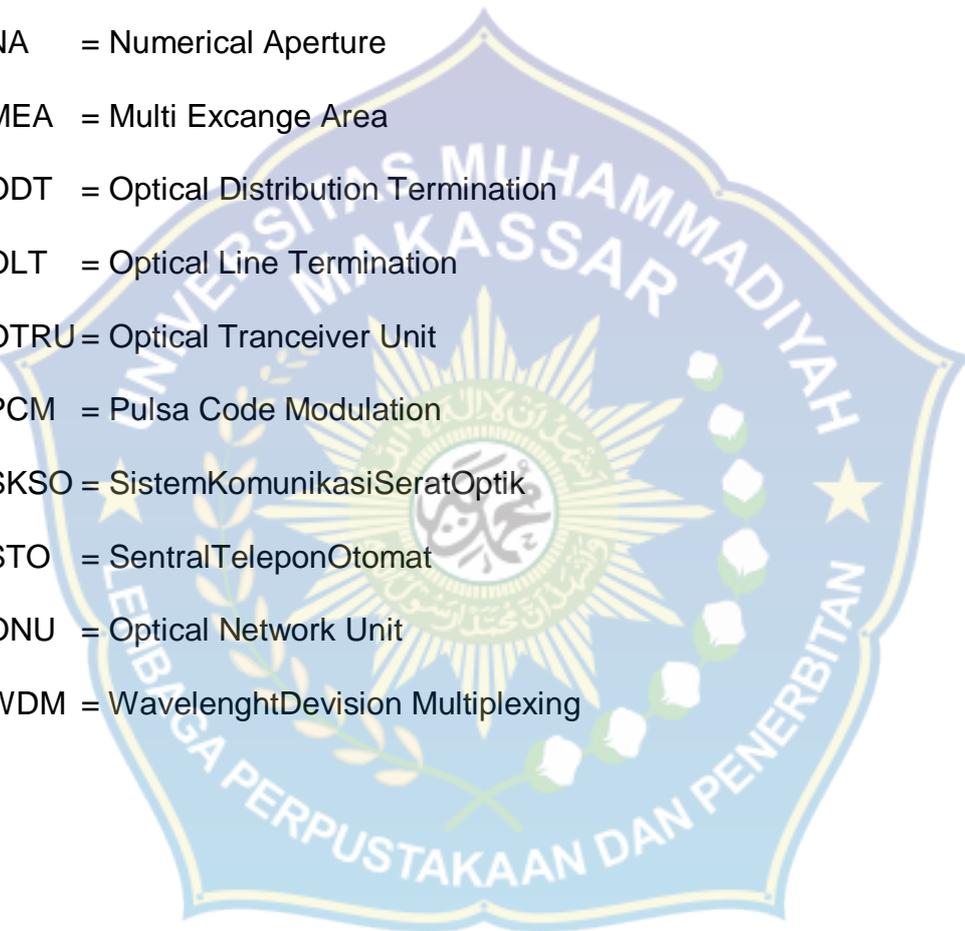
DAFTAR TABEL

Tabel 3.1	LokasidanJarak ONU	36
Tabel4.1	SpesifikasiTeknis.....	37
Tabel4.2	HasilPerhitungandenganSambungan.....	41



DAFTAR ISTILAH

- DDF = Digital Distribution Frame
- ISDN = integrated Service Digital Network
- LD = Laser Diode
- LED = Light Emiting Diode
- NA = Numerical Aperture
- MEA = Multi Exchange Area
- ODT = Optical Distribution Termination
- OLT = Optical Line Termination
- OTRU = Optical Tranceiver Unit
- PCM = Pulsa Code Modulation
- SKSO = Sistem Komunikasi Serat Optik
- STO = Sentral Telepon Otomat
- ONU = Optical Network Unit
- WDM = Wavelength Division Multiplexing



BAB1

PENDAHULUAN

A. Latar Belakang

Dengan berkembangnya teknologi yang semakin pesat di bidang telekomunikasi maka dibutuhkan jaringan sistem komunikasi yang handal dimana penggunaan sarana telekomunikasi yang telah dilaksanakan PT. TELKOM telah tersebar diseluruh pelosok tanah air. Mengingat kebutuhan jasa telekomunikasi yang semakin meningkat dari tahun ketahun pembangunan sarana telekomunikasi terus diadakan , dengan mengikuti kemajuan teknologi komunikasi yang berkembang pada akhir- akhir ini.

Dalam era perkembangan !SDN(Integrated Service Digital Network) mendatang, maka nilai informasi demikian penting sehingga pelayanan telekomunikasi tidak berupa suara (telepon) tetapi telah dibutuhkan pelayanan dalam bentuk komunikasi data, gambar diam dan gerak. Informasi tersebut dapat dikirim sekaligus melalui jaringan telekomunikasi yang ada dari satu tempat ke tempat lain di dunia, guna mengatasi kebutuhan pelayanan jasa telekomunikasi masa depan tersebut, diperlukan jasa transmisi yang dapat menyalurkan informasi dengan kecepatan tinggi, aman dan mempunyai kapasitas penyaluran terbesar, serta keadaan yang jauh lebih baik, dibandingkan dengan sarana transmisi konvensional.

Perkembangan sarana transmisi ternyata harus diikuti dengan peningkatan kemampuan sumber daya manusia dalam melakukan pengoperasian dan pemeliharaan perangkat transmisi tersebut. Teknologi serat optik dengan

menggunakan teknologi gelas silika sebagai pemandu cahaya merupakan salah satu perkembangan teknologi media transmisi yang terbaik.

Melihat keunggulan serat optik sebagai sarana transmisi dalam mengantisipasi kebutuhan era ISDN dimasa mendatang, memungkinkan penyediaan sarana telekomunikasi dengan mutu pelayanan yang tinggi, cepat, aman dan mempunyai kapasitas yang lebih besar dalam penyaluran informasi.

Seiring dengan perkembangan teknologi jaringan akses pelanggan (Access Network) dalam sistem telekomunikasi modern sangat pesat dari jaringan akses tembaga, jaringan akses radio hingga jaringan lokal akses fiber optik yang menggunakan sistem dimana kemampuan sistem transmisi fiber optik (fastlink), dimana kemampuan sistem transmisi serat optik secara optimal dapat digunakan.

Dalam sistem serat optik, informasi diubah menjadi sinyal optik (cahaya) dengan menggunakan sumber cahaya light emitting diode (LED) atau laser diode (LD). Kemudian dengan dasar hukum pemantulan sempurna, signal optik yang berisi informasi ditransmisikan sepanjang seratsampai pada penerima, selanjutnya detektor optik akan mengubah sinyal optik menjadi sinyal listrik kembali.

B. Rumusan masalah

Tujuan penelitian tugas akhir ini adalah sebagai berikut:

1. Untuk mengetahui suatu sistem penggunaan serat optik sebagai saluran primer pada jaringan lokal akses Fiber Optik yang menggunakan fastlink yang telah dioperasikan di STO III Panakkukang Kandatel Makassar.
2. Untuk mengetahui berapa besar redaman untuk sistem fastlink berdasarkan jarak pada setiap Optical Network Unit (UNO) di STO III Panakkukang

Kandatel Makassar.

C. Tujuan Penulisan

Tujuan penelitian tugas akhir ini adalah sebagai berikut:

1. Untuk mengetahui suatu sistem penggunaan serat optik sebagai saluran primer pada jaringan lokal akses Fiber Optik yang menggunakan fastlink yang telah dioperasikan di STO III Panakkukang Kandatel Makassar.
2. Untuk mengetahui berapa besar redaman untuk sistem fastlink berdasarkan jarak pada setiap Optical Network Unit (ONU) di STO III Panakkukang Kandatel Makassar.

D. Batasan Masalah

Pada penulisan Tugas Akhir ini, dibahas tentang redaman fastlink yang menggunakan serat optik sebagai media transmisi pada Kandatel Makassar mulai dari Optical Line Termination (OLT) sampai ke ONU.

E. Manfaat penelitian ini

Adapun manfaat penulisan tugas akhir ini adalah :

Agar kegunaan dari Jarlokaf untuk mengakses pelanggan dapat dimanfaatkan secara optimal dan ekonomis, baik untuk operasional saat ini dan juga untuk pengembangan selanjutnya.

F. Sistematika Penulisan

Sistematika penulis dimaksudkan untuk memberikan gambaran secara garis besar terhadap masalah akan diuraikan dalam Tugas Akhir ini. Pembahasan terdiri atas lima bab yang berisi ringkasan penjelasan sebagai berikut:

BAB I PENDAHULUAN

Secara ringkas menguraikan latar belakang, maksud dan tujuan, batasan masalah dan Sistematika penulisan.

BAB II TINJAUAN PUSTAKA

Berisi tentang serat optik sebagai media transmisi, karakteristik secara optik, jenis-jenis serat optik. membahas mengenai spesifikasi teknis dari sistem fastLink, dasar-dasar sistem komunikasi serat optik. dan persyaratan transmisi metode yang dilakukan untuk menghitung keandalan sistem fastlink

Bab III Metodologi Penelitian

Dalam metodologi Penelitian ini, membahas tentang jadwal penelitian, tempat dan metode yang dilakukan dalam penelitian ini.

BAB IV HASIL PENELITIAN DAN PEMBAHASAN

Membahas tentang hasil penelitian, perhitungan spesifikasi teknis dari sistem fastLink, membahas mengenai berapa besar redaman yang terdapat di setiap ONU.

BAB V PENUTUP

Berisiberbagaikesimpulandarikeseluruhanbab yang telah diuraikan dan saran, kemudian diakhiri dengan lampiran



BAB II

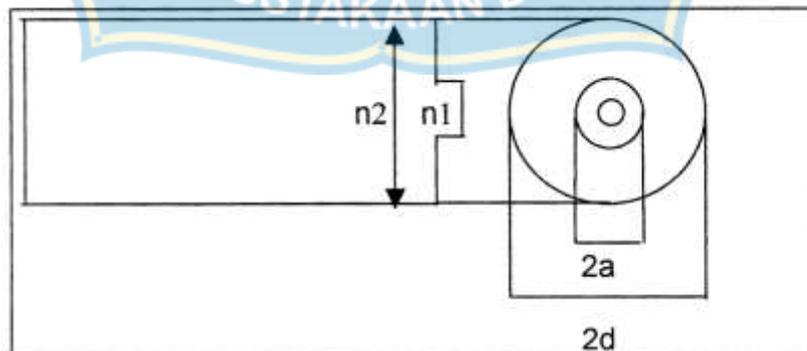
TINJAUAN PUSTAKA

A. Jaringan Local Akses Fiber Optik

Sebagai media komunikasi antara pengirim dan penerima sinyal informasi, serat optik sangat berbeda dengan media kabel konvensional. Perbedaan konsep dasar ini sangat penting dimana pada serat optik yang menjadi fokus adalah cahaya, karena cahaya adalah yang akan ditransmisikan sebagai pembawa informasi.

Serat optik merupakan media transmisi gelombang cahaya. Struktur serat optik terdiri atas lapisan inti (tempat perambatan gelombang) dengan diameter inti antara 2-50 μm dan lapisan selubung dengan diameter 50-125 μm . Inti dan selubung merupakan dielektrik dimana indeks bias inti (n_1) sedikit lebih besar dari indeks bias selubung (n_2). Inti umum terbuat dari kaca atau bahan plastik, agar tidak mengalami korosi.

Struktur serat optik diperlihatkan pada gambar 2-1, dimana 2a dan 2d masing-masing menyatakan diameter inti dan selubung. 2a dan 2d



Gambar 2-1 Struktur serat optic

Selubung : (ndeks bias n_2)

Inti : Indeks bias n_1

Suatu besaran yang penting adalah perbedaan indeks bias relatif bahan intidan selubung, yaitu dinyatakan dengan :

Oleh karena hasilnya biasanya jauh lebih kecil dari 1, maka persamaan diatas dapat dinyatakan dengan :

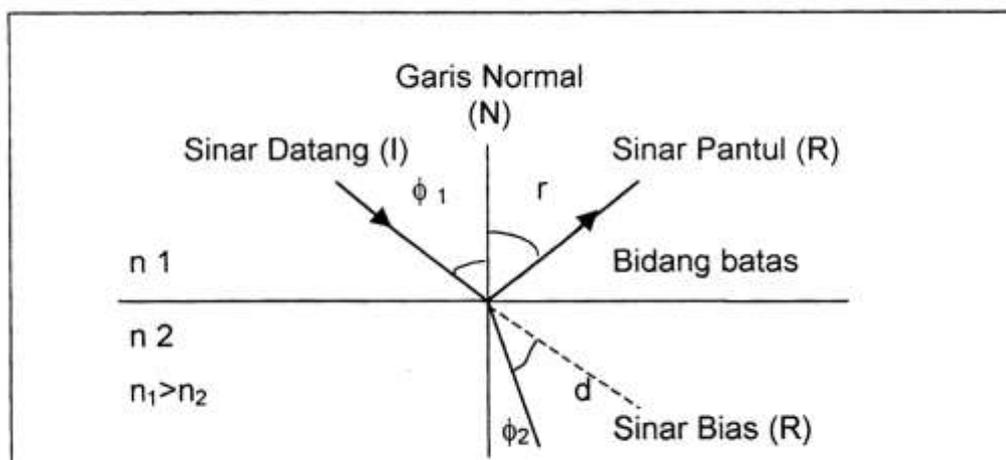
$$A = \frac{n_1^2 - n_2^2}{2n_1^2} \dots \dots \dots (2.2)$$

Besaran ini berfungsi dalam menentukan kopling cahaya ke serat dari variasi lintasan cahaya di serat.

Disebabkan batasan-batasan sifat transmisi serat optik, transmisi biasa dilakukan pada daerah panjang gelombang 800-1600 μm . Panjang gelombang ini terletak diluar daerah cahaya tampak dan dalam daerah infra merah.

B. Pemantulan dan pembiasaan

Konsep pemantulan dan pembiasaan cahaya sangat dipengaruhi oleh indeks bias, hal ini dapat dijelaskan seperti pada gambar 2-2. jika suatu cahaya bergerak menuju perbatasan (lapisan) yang memisahkan dua bahan optik yang berbeda sebagian dari cahaya akan dipantulkan kembali ke bahanOptik yang pertama dan sisanya dibiaskan memasuki bahan yang kedua. Pembiasan cahaya terjadi akibat perbedaan kecepatan cahaya didalam kedua bahan (perbedaan indeks bias).



Gambar 2-2. Pembiasan cahaya

Hubungan antara sinar datang dan sinar bias dikenal sebagai hukum Snellius dinyatakan seperti pada persamaan (2,3).

$$n_1 \sin \phi_1 = n_2 \sin \phi_2 \dots\dots\dots (2.3)$$

Dimana:

n_1 = indeks bias bahan 1

r = sudut pantul

n_2 = indeks bias bahan 2

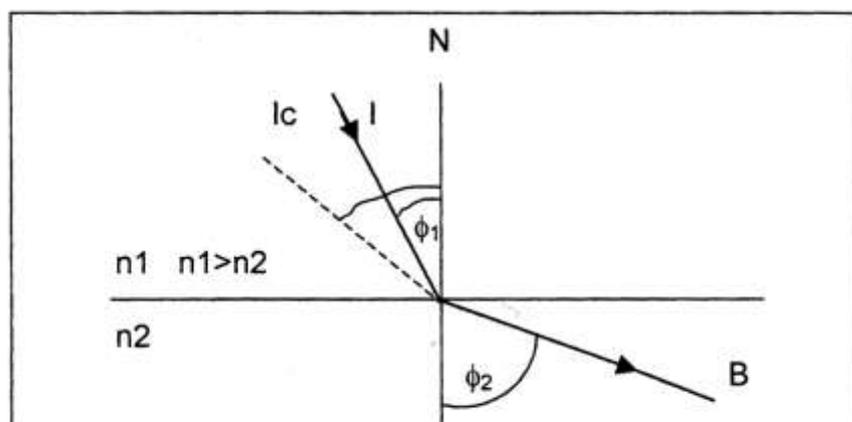
d = sudut deviasi

ϕ_1 = sudut sinar datang

ϕ_2 = sudut sinar bias

1. Pemantulan sempurna

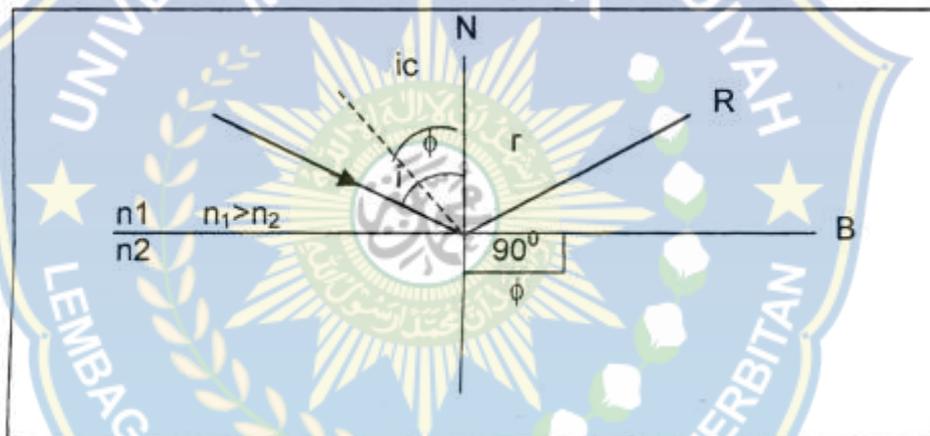
Pemantulan sempurna dalam serat optik terjadi bila sinar yang merambat ditengah (pembiasan antara bahan) dengan perbedaan dengan indeks bias bahan n_1 lebih besar n_2 atau ($n_1 > n_2$), dimana sudut sinar datang lebih kecil sudut kritis (i_c) maka terjadi sinar pembelokan sebesar sudut pembiasan (B) seperti terlihat pada gambar 2-3.



Gambar 2-3. Pemantulan cahaya

Bila sudut datang diperbesar mendekati sudut kritis (i_c), maka sudut pembiasan (r) akan sama atau lebih besar 90° .

Bila sudut datang diperbesar di atas sudut kritis, maka akan menghasilkan pemantulan sempurna, seperti terlihat pada gambar 2.4



Gambar 2-4. Pemantulan Sempurna

Definisi sudut kritis yaitu sudut minimum dari sinar datang yang menembus diantara dua media menghasilkan sudut pembelokan 90° terhadap sumbu normal. Definisi ini hanya berlaku untuk penjaran sinar dari indeks bias besar ke indeks kecil. pada sudut (i) $>$ (i_c) maka semua sinar datang akan dipantulkan secara sempurna.

Fenomena fisis, ini merupakan dasar perambatan cahaya pada sistem komunikasi serat optik perubahan perambatan cahaya yang mengalami pemantulan

sempurna akan mengalami pergeseran fasa tergantung sudut datang cahaya terhadap lapisan bahan.

2. Numerical Aperture

Sinar yang menembus permukaan inti dengan sudut lebih kecil dari θ_{max} akan dibiaskan ke luar inti, sehingga sinar yang masuk kedalam serat haruslah mempunyai sudut masuk θ yang maximum (θ_{max}). Pemantulan sempurna titik P terjadi jika $\theta < \theta_{max}$, θ_{max} diperoleh dari persamaan berikut ini:

$$\theta_{max} = \sin^{-1} \sqrt{\frac{n_1^2 - n_2^2}{n_1^2}} \dots (2.4)$$

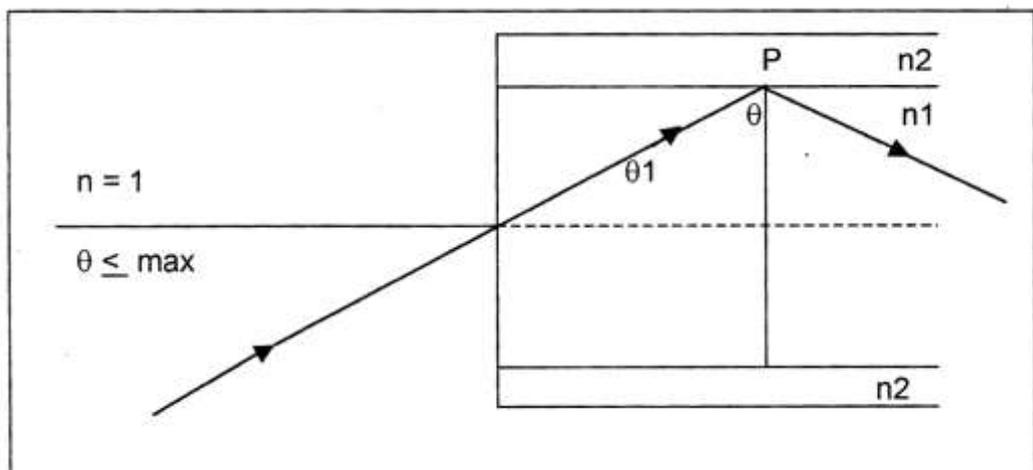
Keterangan

θ_{max} = Sudut masuk

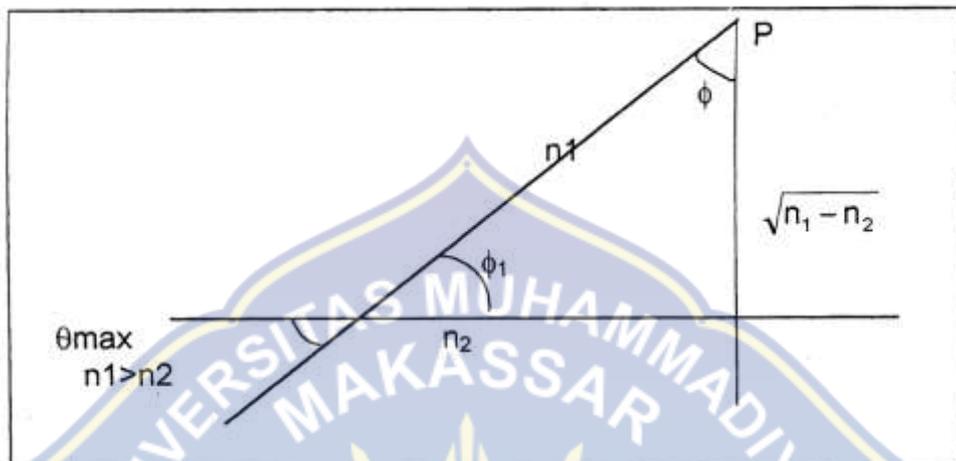
n_1 = Indeks bias inti

n_2 = Indeks bias cladding

Terlihat pada gambar 2.5.



Gambar 2-5 Numerical Aperture



Gambar2.6. Uraian Penjalaran Cahaya

$$n_1 \sin \phi = n_2 \sin 90^\circ$$

$$\sin \phi = \frac{n_2}{n_1}$$

Dengan menggunakan Hukum Snellius, maka pada titik Q

$$\sin \phi_{\max} = n_1 \sin \phi_1 \dots \dots \dots (2.5)$$

Dimana:

$$\sin \phi = \cos \theta_1 \text{ dan } \sin \theta = \sqrt{1 - \cos^2 \theta}$$

Maka

$$NA = n_1 \sin \theta_1 = n_1 \sqrt{1 - \cos^2 \theta_1} \dots \dots \dots (2.6a)$$

$$NA = \sqrt{n_1^2 - n_2^2} \dots \dots \dots (2.6b)$$

Dimana :

NA = Numerical Aperture

n1 = Indeks Bias Inti

n_2 = Indeks Bias Selubung

besarnya sudut maksimum agar cahaya masih dapat dirambatkan dalam serat disebut sudut penerimaan.

Sinus sudut penerimaan ini disebut Numerical Aperture (NA). Nilai NA dari fiber untuk keperluan komunikasi umumnya lebih kecil dari 0,5. Kecilnya nilai NA ditentukan oleh perbedaan indeks bias antara inti dan cladding. Sebagai contoh biasanya harga n untuk inti dan selubung dari serat optik setiap indeks berturut-turut 1,48 dan 1,46 dengan menggunakan persamaan (2.6a) dan (2.6b) maka didapatkan harga $NA = 0,243$ dan sudut 14° .

C. Profil Serat Optik

Profil indeks bias adalah indeks bias n dari serat optik yang merupakan fungsi dari jari-jari r . Profil ini menunjukkan perubahan indeks bias dari sumbu inti serat ke arah selubung.

Perambatan mode-mode dalam serat optik dipengaruhi oleh profil indeks bias relatif didefinisikan sebagai:

$$A = \frac{n_1^2 - n_2^2}{2n_1^2} \dots \dots \dots (2.7)$$

Dimana:

N_1 = indeks bias pada sumbu inti serat

A = Perbedaan indeks bias relatif

n_2 = indeks bias selubung

Indeks bias inti konstan pada profil step, pada profil yang lain indeks bias semakin mengecil dari sumbu ini n_1 sampai selubung n_2 . Profil graded indeks

merupakan nama yang diberikan. Untuk serat dengan profil parabolik karena mempunyai kualitas yang sangat baik dalam merambatkan cahaya serat optik.

Banyaknya mode yang merambat dalam serat optik dihubungkan dengan frekuensi normalisasi V , parameter ini tidak mempunyai dimensi dan defenisikan sebagai:

$$V = \frac{2\pi a}{\lambda_0} \times \text{NA} \dots \dots \dots (2.8)$$

Keterangan:

V = Frekuensi normalisasi

NA = Aperture Numeric

λ_0 = Panjang gelombang

D. Jenis-jenis Serat Optik

Dalam usaha pengembangan Teknik Telekomunikasi yang semakin maju, maka sistem komunikasi serat optik sangat dibutuhkan kehadirannya. Berdasarkan distribusi indeks bias inti maka terdapat dua jenis serat optik yaitu :

1. Serat Step Indeks, yang mempunyai indeks bias dengan distribusi yang konstan pada intinya tetapi menurun dengan mendadak pada selubungnya.
2. Serat Graded Indeks, indeks bias yang lebih besar terdapat pada sumbunya kemudian mengecil kearah yang radial hingga harganya mendekati harga indeks bias selubung.

Kedua jenis serat ini memberikan karakteristik yang berbeda. Jika ditinjau dari segi perambatan cahaya dalam serat optik, maka dibedakan :

- a. Serat Single Mode (Mono Mode),

b. Serat Multi Mode.

1. Serat Step Indeks

Serat step indeks konstanta indeks bias inti n_1 mempunyai harga relatif lebih besar terhadap indeks bias selubung n_2 . Indeks bias inti mempunyai harga yang sama pada seluruh penampangnya dan pada interface inti sampai selubung indeks bias berubah secara step sehinggadisebut memiliki profil step, dengan diameter inti 50 - 200 jam, dan redaman sekitar 5-30 dB/ Km.

2. Serat Graded Indeks

Serat multimode step indeks mode-mode merambat dengan menempuh jarak yang berbeda sehingga akan sampai pada waktu yang tidak sama dan menimbulkan dispersi. Pelebaran pulsa yang tidak diharapkan ini dapat dikurangi dengan menggunakan serat yang memiliki profil parabolik indeks bias maksimum n_1 pada sumbu inti berkurang secara parabolik sampai pada interface inti selubung.

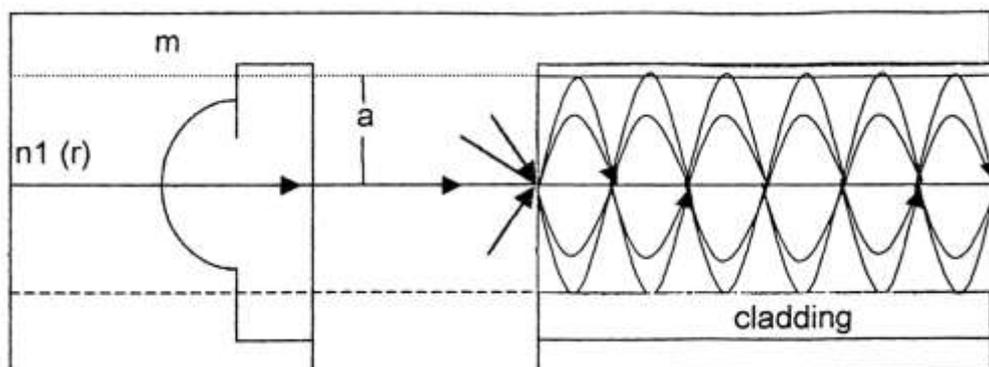
Type dimensi serat graded indeks:

Diameter inti $2a$ = 50, um

Diameter cladding = 125, um

Indeks bias inti = 1,46

Perbedaan indeks bias = 0,01



Gambar 2-7. Struktur dan Perambatan Cahaya pada serat Graded Indeks Multi Mode

Serat graded indeks dapat didesain untuk dapat melewati single mode meskipun tidak memberikan keuntungan berarti dan jarang diterapkan dalam aplikasinya.

Cahaya merambat melalui sumbu mempunyai jarak temu yang lebih jauh dibandingkan dengan cahaya yang merambat pada sumbu serat, cahaya merambat menjauhi sumbu akan sampai pada waktu yang sama sehingga waktu delay dapat diminimalkan. Karakteristik dari serat graded indeks yang mengurangi dispersi intermode memberikan bandwidth yang lebih besar dari pada serat multi pada step Indeks.

Walaupun bandwidth yang dipakai masih lebih kecil dari pada serat single mode, serat graded indeks memberikan keuntungan dengan diameter inti yang besar (umumnya 50 μm) sehingga memudahkan penyambungan dengan sumber cahaya, Dalam aplikasi serat graded indeks banyak digunakan karena memberikan keuntungan bandwidth yang lebar (kurang lebih 3 GHz).

3. Serat Single Mode Step Indeks

Serat single mode hanya melewatkan mode dasar. Frekuensi *cutoff* untuk redaman gerbang (L_p) 0,1 terjadi pada $V_c = 2,405$ sehingga untuk menghasilkan single mode frekuensi normalisasi berharga antara $0 < V < 2,405$.

Untuk menyesuaikan kondisi ini besarnya diameter inti dibuat menjadi sangat kecil. secara teoritis diameter inti dibuat besar dengan cara memperkecil perbedaan indeks bias inti selubung, tetapi hal ini akan menyulitkan kopling daya ke serat.

Type dimensi serat single mode step indeks:

Diameter inti (core)	: 2-10
Diameter cladding	: 50-25
Indeks bias inti n_1	: 1,46
Lebar pita frekuensi	: > 500 MHz
Perbedaan indeks bias	: 0,08 = 8%
Numerical Aperture (NA)	: 0,08-015 (standar 0,1)



Gambar 2.8. Perambatan Cahaya dengan Struktur serat Single mode Step Indeks

Serat single mode step indeks memiliki dispersi intermode (pelebaran pulsa cahaya) yang kecil. Dispersi ini terjadi pada serat multimedia disebabkan adanya perbedaan waktu delay antara mode dalam perambatan sepanjang serat. Hal ini akan membatasi bandwidth maksimum yang dapat dicapai oleh serat *multimode* step indeks.

Penggunaan serat single mode untuk aplikasi komunikasi jarak jauh amat cocok dan memberikan bandwidth yang sangat lebar (lebih besar dari 3 GHz).

4. Serat *Multi Mode Step Indeks*

Serat ini merambatkan banyak mode sepanjang salurannya. Jumlah mode tergantung pada parameter indeks bias, jari-jari inti dan panjang gelombang kerja.

Type dimensi serat *Multi mode Step Indeks*.

Diameter inti $2a = 100 \mu\text{m}$

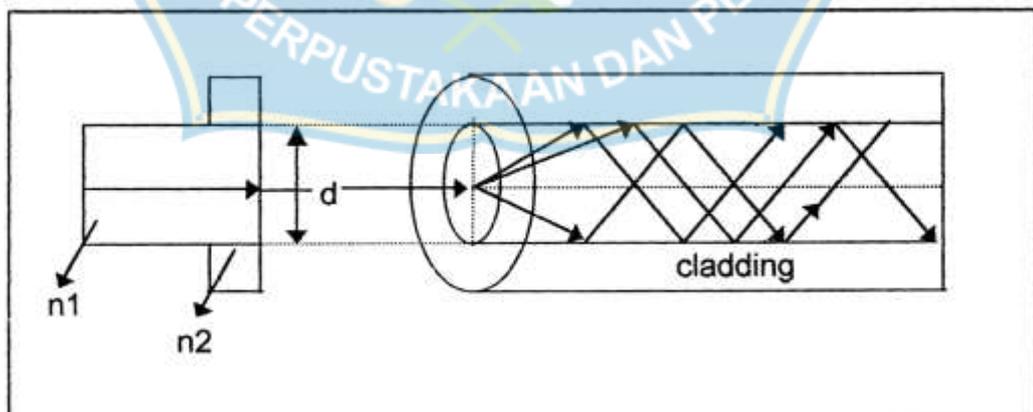
Diameter selubung $= 140 \mu\text{m}$

Indeks bias inti (n_1) $= 1,48$

Indeks bias selubung (n_2) $= 1,46$

Numerical Aperture $= 0,242$

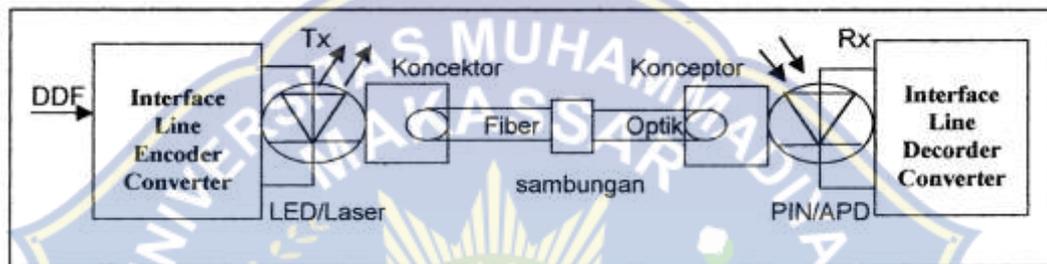
Karena mempunyai diameter inti dan NA yang besar, maka memudahkan penyambungan cahaya serat dan penggunaan sumber cahaya ini tidak koheren seperti LED menjadi efisien dibanding bila menggunakan serat single mode.



E. Dasar Sistem Komunikasi serat Optik

Dasar sistem komunikasi serat optik, seperti terlihat pada Gambar 3.1 terdiri dari beberapa fungsi yaitu :

- Interface listrik/kode interface, line
- Converter dari listrik ke optik (source/sumber): LED/laser
- Fiber optik : step index multimedia, (single mode)
- Converter dari optik menjadi listrik (dekodef): PIN diode/APD diode.
- Line decoder dan encoder interface



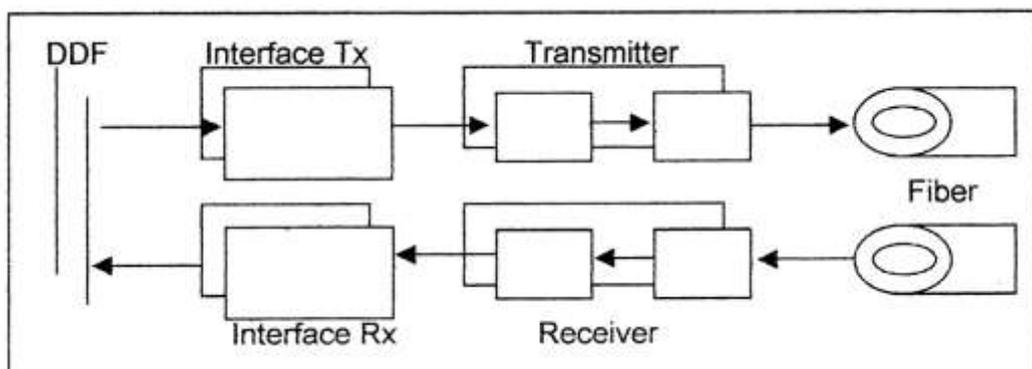
Gambar 2-10 Komponen Dasar Transmisi SKSO

F. Fungsi Komponen Dasar Transmisi SKSO

Fungsi komponen dasar transmisi SKSO pada umumnya dapat dibagi menjadi 4 (empat) bagian yaitu :

- *Interface Tx* (pengirim)
- *Transmitter* (pengirim)
- *Receiver* (penerima)
- *Interface Rx* (penerima)

Blok diagram sistem transmisi optik diperlihatkan pada gambar 3.2



Gambar 2-11 Blok Diagram Sistem Transmisi

1. Interface Tx

Interface Tx merupakan interface diantara Digital Distribution Frame (DDF) dengan satuan optik. Fungsi bagian ini secara normal adalah menguatkan signal listrik yang masuk untuk mengimbangi redaman kabel.

Setelah mengalami penguatan, signal tersebut diregenerasi dan diteruskan dalam bentuk kode biner atau line code kebagian pengirim (Transmitter).

2. Transmitter(Pengirim)

Pengirim terdiri dari modulator, yang memodulasikan informasi pada sumber cahaya, sumber cahaya dapat berupa LED atau LD secara khusus. Pancaran cahaya dapat ditransmisikan didalam kabel fiber optik melalui konektor khusus.

3. Receiver(penerima)

Pada sisi penerima, detektor menerima pulsa-pulsa cahaya. Detektor (photo diode) ini mengubah pulsa-pulsa cahaya menjadi signal listrik dengan bentuk yang sama. Signal listrik dikuatkan lalu didemodulasikan oleh demodulator, Sesuai dengan signal yang datang dikodekan kembali dalam bentuk biner.

4. Interface Rx

Interface Rx merupakan interface antara sistem saluran fiber optik dengan Digital Distribution frame (DDF). Tergantung pada sisi salurannya, card interface akan mengkodekan signal data dari bagian terima menjadi kode saluran listrik. Informasi analog dan digital dapat ditransportasikan melalui sistem transmisi optik.

G. Komponen Dasar Sistem Komunikasi Serat Optik

Komponen dasar sistem komunikasi serat optik, seperti sumber serat optik (source), detektor optik, media serat optik beserta konektor dan pengkopelannya, merupakan komponen dasar yang sangat berperan ,maka perlu untuk mengetahui dan mengerti dengan baik keterbatasan operasinya dan pemanfaatan semaksimal mungkin kelebihan yang dimilikinya.Sumber optik dan detektor optik merupakan dua komponen yang memberikan pengaruh utama bahkan sangat menentukan kualitas suatu Sistem Komunikasi Serat Optik (SKSO).

1. Sumber optic

Sumber optik disebut sebagai komponen aktif dalam sistem komunikasi serat optik, berfungsi mengubah arus listrik menjadi energi cahaya, sehingga dapat dikoplingkan ke serat optik , selanjutnya sinyaloptik dihasilkan source ini akan membawa informasi sampai ke receiver. Sumber optik yang digunakan dalam SKSO, pada hakekatnya merupakan suatu pembangkit gelombang 800 - 1650 nm. Jenis sumber optik yang digunakan adalah dari bahan semikonduktor, selain mempunyai bentuk yang kecil dan kompak juga dapat beroperasi pada suhu ruang . LD dan LED dipilih sebagai sumber optik karena keunggulan-keunggulan yang

dimilikinya, Persyaratan harus dipenuhi oleh suatu sumber cahaya untuk dapat digunakan sebagai pembawa sinyal informasi, adalah mempunyai karakteristik tertentu, dimana keunggulan sistem dapat terwujud.

a. Karakteristik utama:

Pada dasarnya ada beberapa karakteristik utama yang harus dimiliki oleh suatu sumber optik yaitu efisiensi daya, panjang gelombang operasi dan rise time (waktu bangkit).

b. Karakteristik tambahan

Karakteristik tambahan merupakan parameter pendukung yang berperan menentukan keandalan operasi sistem seperti: lebar spektrum, modulasi, bentuk fisik, dan temperatur operasi.

• **Light Emitting Diode (LED)**

Pada umumnya sumber optik LED banyak digunakan untuk komunikasi jarak sedang dan pendek dengan lingkungan temperatur yang tepat. Keuntungan dari LED ini adalah ekonomis dan mempunyai umur kerjanya yang lama yaitu mencapai sekitar 104 - 105 jam. Menghasilkan emisi cahaya yang tidak koheren dengan lebar spektrum yang relatif lebar. Hal ini merupakan kelemahan utama dari sumber optik jenis ini. Di dalam pemakaian, terdapat faktor-faktor yang membatasi penggunaan sumber optik LED yaitu:

- a. Efisiensi konversi, yaitu perbandingan daya keluaran optik dengan daya masukan sinyal listrik harganya kecil.
- b. Bandwidth modulasi terbatas. Spektrum LED melebar sesuai dengan naiknya panjang gelombang yang dikeluarkan.

- **Laser Diode (LD)**

Sumber optik jenis ini pada dasarnya sama dengan sumber optik LED. Sumber optik ini merupakan semikonduktor jenis emisi stimulasi. Dibandingkan dengan sumber optik LED, maka sumber optik LD mempunyai banyak keunggulan, sehingga sumber optik jenis ini lebih banyak digunakan pada jaringan serat optik. Hal-hal yang menguntungkan dari LD adalah:

- a. Bisa bekerja pada dua daerah panjang gelombang optik, yaitu 850 nm dan 1300nm.
- b. Merupakan sumber cahaya yang koheren dengan lebar spektrum yang sempit.
- c. Menghasilkan daya optik keluaran yang besar dengan arus modulasi yang kecil.
- d. Mampu beroperasi pada kecepatan transmisi yang tinggi.

Adapun kekurangan dari LD adalah sensitivitas terhadap temperatur sehingga dalam pemakaian operasi memerlukan rangkaian kontrol. Umur kerja dari komponen ini adalah; 10^5 - 10^6 .

2. Detektor Optik

Detektor optik ini ditempatkan dibagian penerima pada perangkat terminal komunikasi serat optik. Detektor optik yang digunakan oleh PT. TELKOM adalah photodiode PINFET.

Pada sistem komunikasi serat optik, proses deteksi dan penguatan sinyal terjadi dalam bentuk sinyal listrik. Dengan demikian di repeater dan di penerima sinyal optik akan diubah dahulu menjadi sinyal listrik oleh detektor optik tersebut.

Jadi secara umum detektor optik berfungsi untuk membangkitkan sinyal listrik dari sinyal input berupa sinyal optik yang berasal dari serat optik untuk

kemudian menyalurkannya serta ada kemungkinan memperkuat sinyal listrik hasil deteksi tersebut.

H. Persyaratan Transmisi Jaringan Lokal Akses Fiber Optik (Jarlokaf).

Persyaratan transmisi Jarlokaf adalah untuk menentukan jangkauannya jangkauan area pelayanan dalam merancang sistem Jarlokaf.

1. Panjang Gelombang

Panjang gelombang sangat menentukan redaman atau kerugian yang berpengaruh terhadap jangkauan. Panjang gelombang yang digunakan untuk telepon dan jasa pita sempit yang lain adalah 1310 nm redaman 0,35 dB/km, panjang gelombang untuk 1550 nm redaman 0,20 dB/km digunakan untuk jasa pita lebar.

2. Redaman (Attenuation)

Redaman merupakan parameter sistem Jarlokaf yang memberikan pengaruh sangat besar terhadap kualitas transmisi optik secara keseluruhan. Komponen-komponen yang menghasilkan redaman tersebut meliputi : fiber optik, konektor dan sambungan,

Adapun persyaratan redaman komponen-komponen tersebut pada kondisi paling jelek yaitu : fiber optik 0,4 dB/km, splice 0,2 dB/buah, konektor 0.3 dB/buah.

3. Power Budget Link

Power budget link untuk memastikan mempunyai daya yang cukup mengendalikan penerima pada level yang diinginkan Konfigurasi rancangan Jarlokaf dapat bermacam-macam sepanjang masih memenuhi power budget link jaringan optik yang ditentukan yaitu 30 dB.

Link adalah suatu sistem serat optik yang menghubungkan pengirim dan penerima bisa antar terminal dengan repeater atau terminal dengan terminal tanpa repeater.

Formulasi yang dipakai:

$$\text{Budget (dB)} = \text{Output (dBm)} - \text{Thershold (dBm)}$$

$$= P_t - P_r = 0 - (-30 \text{ dBm})$$

$$= 30 \text{ dB}$$

30 dB dihitung berdasarkan :

- Redaman fiber optik (L_f)
- Redaman konektor (L_c)
- Redaman sambungan (L_s)
- Redaman kopel pada gerbang Tx dan Rx (L_{pt} dan L_{pr})
- Margin (M)

I. Wavelength Division multiplexing(WDM)

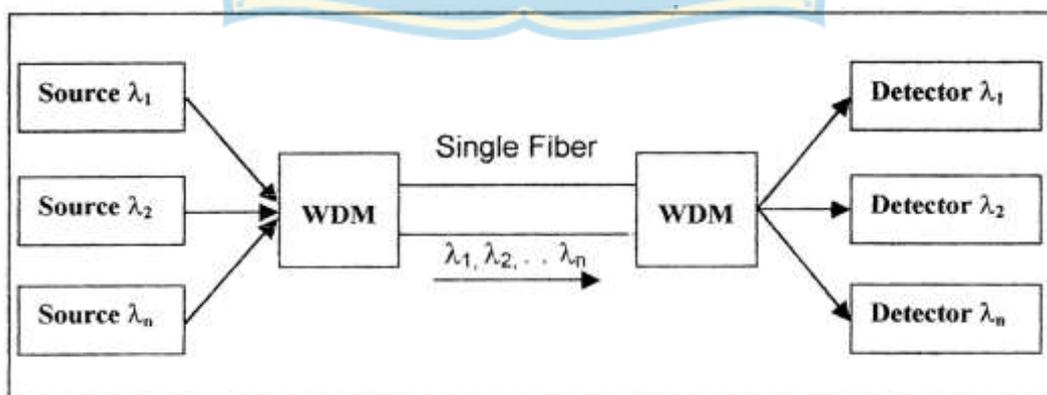
Wavelength devision multipexing atau multipick panjang gelombang adalah penggabungan beberapa masukan panjang gelombang yang berbeda menjadi satu saluran. Menggunakan pembawa (Carrier) dengan panjang gelombang yang berbeda-beda, beberapa informasi dapat ditransmisikan secara simultan melalui serattunggal

WDM menggabungkan cahaya-cahaya dari sumber-sumber dengan panjang gelombang yang berbeda, ke dalam serat optik untuk ditransmisikan, pada penerima *demultiplekser* pembawa-pembawa yang berbeda panjang gelombangnya sebelum pendeteksian cahaya dari masing-masing signal informasi. Umumnya *multiplekser* dan *demultiplekser* mempunyai serat-serat optik pada terminal masukan dan terminal keluarannya.

Multiplekser WDM mempunyai beberapa karakteristik penting yang membedakannya dari metode-metode *multiplekser* lainnya. karakteristik tersebut antara lain :

- WDM merupakan piranti pasif secara keseluruhan sehingga tidak memerlukan catuan daya listrik.
- Piranti WDM dapat berlaku sebagai *multiplekser* atau *demultiplekser*.
- Kanal-kanal WDM bebas satu dengan yang lainnya.
- WDM sesuai untuk format data.

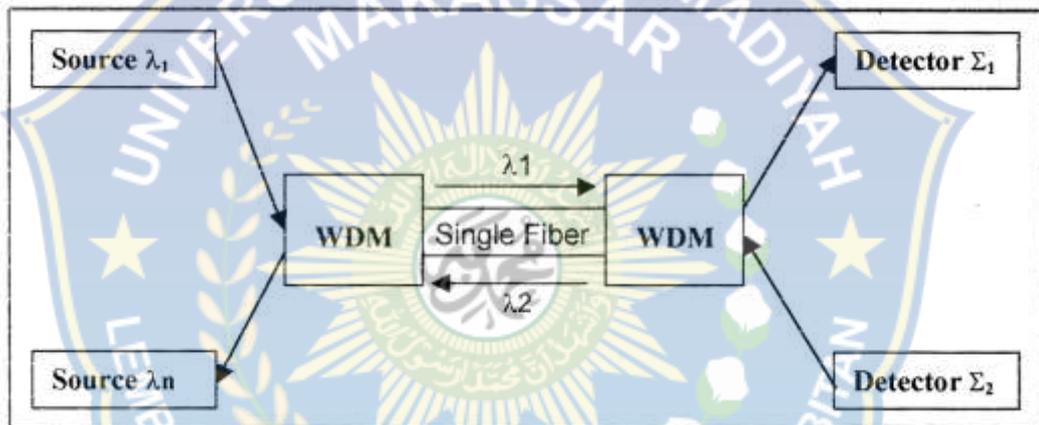
Berdasarkan mode operasinya, WDM memiliki dua macam mode operasi yaitu : transmisi satu arah dan transmisi dengan dua arah. Gambar 3.12 dan 2.13 memperlihatkan kedua perangkat WDM.



Gambar 2-12 Unit Directional WDM

Pada gambar di atas perangkat WDM digunakan untuk menggabungkan signal pembawa panjang gelombang yang berbeda-beda melalui sebuah fiber optik pada satu arah (Uni Directional).

Gambar 2-13 merupakan skema WDM dua arah (Bidirectional), dimana memperlihatkan pengiriman informasi atau data, satu arah menggunakan panjang gelombang λ_1 dan secara bersama-sama (simultan) dapat juga dikirimkan informasi pada arah yang berlawanan, dengan panjang gelombang λ_2 .



Gambar 2-13 Bidirectional WDM

Kecepatan propagasi pada serat optik dapat dirumuskan :

$$V = C/n \dots\dots\dots(2-9)$$

Dimana:

V= Kecepatan perambatan gelombang melalui materi

C= Kecepatan cahaya pada ruang hampa 3×10^8 m/det.

n= Indeks bias materi yang dilalui cahaya

J. PCWI (Pulsa Code Modulation)

PCM merupakan penggabungan sistem output multiplexing dari beberapa sinyal input analog.

Pada PCM, proses penggabungan dalam interval waktu untuk sejumlah sinyal telepon, yang telah dirubah menjadi susunan kode delapan bit melalui proses coding dan kemudian dikirimkan secara terus menerus akan berurutan dalam proses yang berulang.

Agar hasil pengiriman tersebut dipahami oleh penerima, diperlukan kode-kode khusus yang dapat menentukan dengan pasti pulsa nama dari deretan pulsa yang dihasilkan itu merupakan pulsa awal atau pulsa akhir. Tanda khusus yang diberikan itu tersebut framing.

Framing ini diperlukan oleh penerima guna memisahkan atau mengenali sinyal-sinyal kana! yang tepat. Interval waktu yang dikirimkan sebuah PCM word (susunan kode 8 bit) disebut time slot. Untuk sederetan time slot atau siklus sampling disebut frame.

Dalam hubungan telepon besar frekuensi sampling ditetapkan oleh CCITT sebesar 8000 Hz, jadi lamanya waktu proses sampling adalah sebesar 125 μ s. Kemudian jumlah pulsa (bit) dalam 125 μ s dibentuk dalam satu frame, dimana tiap frame terdiri dari 32 time slot masing-masing time slot terdiri dari 8 bit kode biner, sehingga dalam satu frame terdapat 32 x 8 bit = 256 bit.

Untuk perhitungan kecepatan bit pada PCM-30 adalah sebagai berikut;

1. Frame = 256 bit, dikirimkan dalam 125 μ s, maka banyaknya bit yang terkirim dalam 1 detik adalah :

$$\text{Kecepatan Bit} = \frac{256}{125} \text{ bit}/\mu\text{s}$$

$$=2,048 \times 10^6 \text{ bit/sec}$$

$$=2048 \text{ Kbit/sec}$$

$$=2,048 \text{ Mbit/sec}$$

$$\text{kecepatan bit tiap satu time slot} = \frac{2048}{32} \text{ KB/sec}$$

$$= 64 \text{ Kbit/sec}$$

Lamanya waktu yang dibutuhkan untuk satu time slot adalah $125 \mu\text{s}/32 = 3,9 \mu\text{s}$. Time slot yang dipakai untuk kanal telepon, lainnya digunakan untuk kanal sinkronisasi serat ke kanal signaling. Adapun bagiannya sebagai berikut :

TS-0 : digunakan untuk informasi sinkronisasi

TS-1 s/d TS-15 : digunakan untuk informasi Pembicara

TS-16 : digunakan untuk signaling

TS-17 s/d TS-31 : digunakan untuk informasi pembicaraan

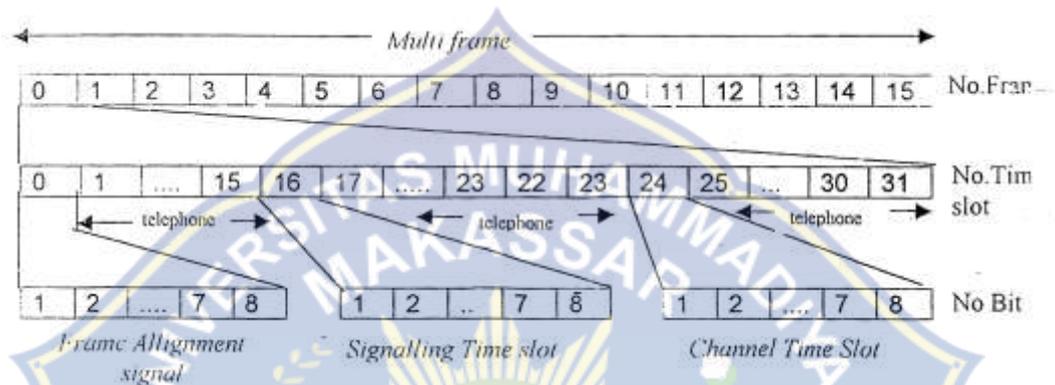
Setiap 16 frame PCM-30 membentuk satu frame dengan ketentuan sebagai berikut:

- Time slot ke 0 pada nomor frame yang genap (frame 0, 2, 4 dan seterusnya) berisi sinkronisasi frame (augment Word)
- Time slot ke 0 pada nomor frame ganjil (1, 3, 5 dan seterusnya) berisi sinyal pesan pelayanan/sinyal alarm.
- Time slot ke 16 pada nomor frame ke 0 berisi multi frame augment word (sinyal sinkronisasi multi frame).

Time slot ke 16 pada frame ke 1 sampai dengan 15 digunakan untuk signaling dimana masing-masing kanal menempati 4 bit signaling, dengan aturan sebagai berikut:

- Untuk TS-16 pada frame ke 1 berisi signaling CH-1 dan CH-16.
- Untuk TS-16 pada frame ke 2 berisi signaling CH-2 dan CH-17.
- Untuk TS-16 pada frame ke 3 berisi signaling CH-3 dan CH-18 dan seterusnya sehingga frame ke 15 berisi signaling CH-30.

Adapun struktur frame PCM - 30. dapat dilihat pada gambar 2-14



Gambar 2-14 Struktur Frame PCM-30

K. Digital Multiplexing

Digital multiplexing merupakan penggabungan beberapa sinyal yang mempunyai kecepatan bit tertentu, sehingga diperoleh sinyal multiplexing dengan kecepatan bit yang lebih tinggi.

Dengan demikian timbul hirarki multiplexing yang didasarkan pada penggabungan 30 kanal dengan kecepatan transmisi 2,1346 Mbit/sec identik dengan 2 Mbit/sec atau disebut sebagai hirarki orde pertama dan telah direkomendasikan oleh CCITT.

Dengan menggabungkan sinyal-sinyal multiplexing dengan bit-bit sinkronisasi dalam grup yang terdiri dari 4 gabungan berdasarkan hirarki orde kedua dengan kecepatan 8,448 Mbit/sec. Yang masing-masing mulai dari orde pertama hingga orde terakhir identik dengan 30,120, 480 dan 1920 kanal telepon.

L. Kode sinyal yang digunakan oleh PT. TELKOM

Kode sinyal yang digunakan oleh PT. TELKOM adalah kode CMI (Coded Mark Inversion) sesuai dengan kecepatan transmisi yang digunakan sebesar 140 Mbps karena penggunaan kode sinyal ditentukan oleh kecepatan transmisi.

Kode CMI ini mempunyai ketentuan sebagai berikut:

1. Terdiri dari dua keadaan level yaitu highlevel atau low level
2. Untuk digit 1 dinyatakan dengan highlevel atau low level secara bergantian
3. Untuk digit 0 setengah periode dinyatakan dengan low dan setengah periode lainnya dinyatakan dengan high level

M. Penyaluran Daya dan Penyambungan Fiber Optik

Penyaluran daya optik dapat terjadi dalam penyambungan antara sumber optik dengan serat, serat yang satu dengan serat yang lain atau serat dengan detektor optik. Faktor yang penting dalam penyaluran daya optik ini, adalah mempunyai kerugian redaman yang serendah mungkin pada penyambungan. Dari ketiga rugi-rugi sambungan masalah yang perlu diperhatikan adalah sambungan serat optik ke serat optik

Pemilihan proses penyambungan ini, tergantung pada keperluannya dimana ada dua kemungkinan yang dapat dilakukan, yaitu : ikatan permanen dan ikatan tidak permanen.

Ikatan permanen merupakan suatu hubungan akibat pengelasan (Splicing) antara dua serat, sumber/detektor optik dengan suatu epoksi, sedangkan ikatan tidak permanen merupakan hubungan dengan menggunakan suatu konektor yang

dapat dipasang-bukakan dengan mudah. Kerugian daya optik dalam penyambungan, tergantung pada parameter-parameter seperti:

- Distribusi daya input ke sambungan
- Karakteristik geometris serat yang dipersambungkan
- Berbagai jenis ketidaksejajaran (misalignment)
- Kualitas permukaan serat yang dipersambungkan

Pengelasan dapat dibuat dengan pelumeran ujung-ujung serat memakai busur nyala api (electric flame Area). Umumnya pengelasan mempunyai kerugian redaman yang sangat kecil, yaitu sekitar 0,01-0,3 dB. Tetapi proses pengelasan memerlukan investasi peralatan las yang tinggi dan teknis-teknis terampil untuk menanganinya dilapangan. Konektor-konektor digunakan terutama karena kemudahan dalam penyambungan, dimana dapat dipasang dan dibuka antara dua serat atau serat dengan detektor/sumber.

N. Pengertian Keandalan

Keandalan adalah kemungkinan (Probability) dari suatu komponen atau suatu sistem untuk bekerja sesuai dengan fungsinya dalam waktu jangka tertentu. Berdasarkan pengertian diatas, keandalan tersebut lebih lanjut dapat diuraikan dalam beberapa aspek:

1. Teori Kemungkinan

Analisa kemungkinan berdasarkan prinsip-prinsip teori kemungkinan

2. Bekerja sesuai fungsinya atau daya guna

Yang dimaksud sesuai dengan daya fungsinya adalah segala hal yang berhubungan dengan pandangan teknis yang membutuhkan penyelidikan khusus bagi sistem itu sendiri sekiranya terjadi kegagalan

3. Kondisi operasi

Menyatakan lingkungan kerja dari komponen yang ditempatkan pada suatu sistem

O. Metode perhitungan

Pada saat penggandengan (coupling) antara serat dengan LASER, dapat terjadi apa yang dinamakan redaman gerbang. Redaman gerbang (L_p) ini terjadi karena cara penggandengan ujung dioda LASER kegerbang optik yang tidak akurat, sehingga hanya sebagian dari cahaya yang benar-benar masuk kedalam serat. Besaran pada sambungan serat dengan konektor juga akan menimbulkan redaman yang dinamakan redaman konektor (L_c). Cahaya yang melewati serat akan mengalami redaman sebesar (L_f) tiap kilometernya, sehingga redaman sepanjang saluran adalah ($L_f \cdot d$) dimana d adalah panjang serat optik yang memenuhi syarat redaman. Cahaya ini juga melewati sejumlah sambungan (N_s) yang masing-masing memberi redaman sebesar L_s , jadi redaman sambungan adalah $L_s \cdot N_s$.

Penjumlahan redaman ini dapat dituliskan secara matematis sebagai berikut:

$$P_t - P_r = M + L_{pt} + L_{pr} + N_c \cdot L_c + N_s \cdot L_s + d \cdot L_f \dots\dots\dots (2.10)$$

Dimana :

M = Margin (dB).

- Pt = Daya pancar (dB)
- Pr = Daya terima (dB)
- Lpt, Lpr = Rugi-rugi pada gerbang Tx dan Rx (dB)
- Nc, Lc = Jumlah konektor, rugi-rugi konektor (dB)
- Ns, Lc = Jumlah sambungan, rugi-rugi sambungan

BAB III

METODOLOGI PENELITIAN

A. Waktu dan Tempat

a. Waktu

Tugas akhir ini dilaksanakan selama 6 bulan, mulai dari bulan April 2019 sampai dengan Agustus 2019 sesuai dengan perencanaan waktu yang terdapat pada jadwal penelitian.

b. Tempat

Penelitian ini dilakukan di Makassar

B. Metode Penelitian

Gambar Alur Penelitian

MULAI

STUDI LITERATUR

PENGUMPULAN
DATA

DISKUSI

PENYUSUNAN
LAPORAN

SEMINAR

STOP

Metode penelitian ini berisikan langkah-langkah yang ditempuh penulis dalam menyusun tugas akhir ini. Metode penelitian ini disusun untuk memberikan arah dan cara yang jelas bagi penulis sehingga penyusunan tugas akhir ini dapat berjalan dengan lancar.

Adapun langkah-langkah yang ditempuh oleh penulis dalam penyusunan tugas akhir ini adalah sebagai berikut:

Metode Pustaka

Yaitu mengambil bahan-bahan penulisan tugas akhir ini dari referensi-referensi serta literatur-literatur yang berhubungan dengan masalah yang dibahas.

Metode Penelitian

Mengadakan penelitian dan pengambilan data pada sentral telepon Otomatis Makassar, Kemudian mengadakan pembahasan/analisa hasil pengamatan dan menyimpulkan hasil analisa tersebut.

Metode Diskusi/Wawancara

Yaitu mengadakan diskusi/wawancara dengan dosen yang lebih mengetahui bahan yang akan kami bahas atau dengan pihak praktisi pada sentral telepon Ootomatis area Makassar

BAB IV

HASIL PENELITIAN DAN PEMBAHASAN

A. Hasil Penelitian

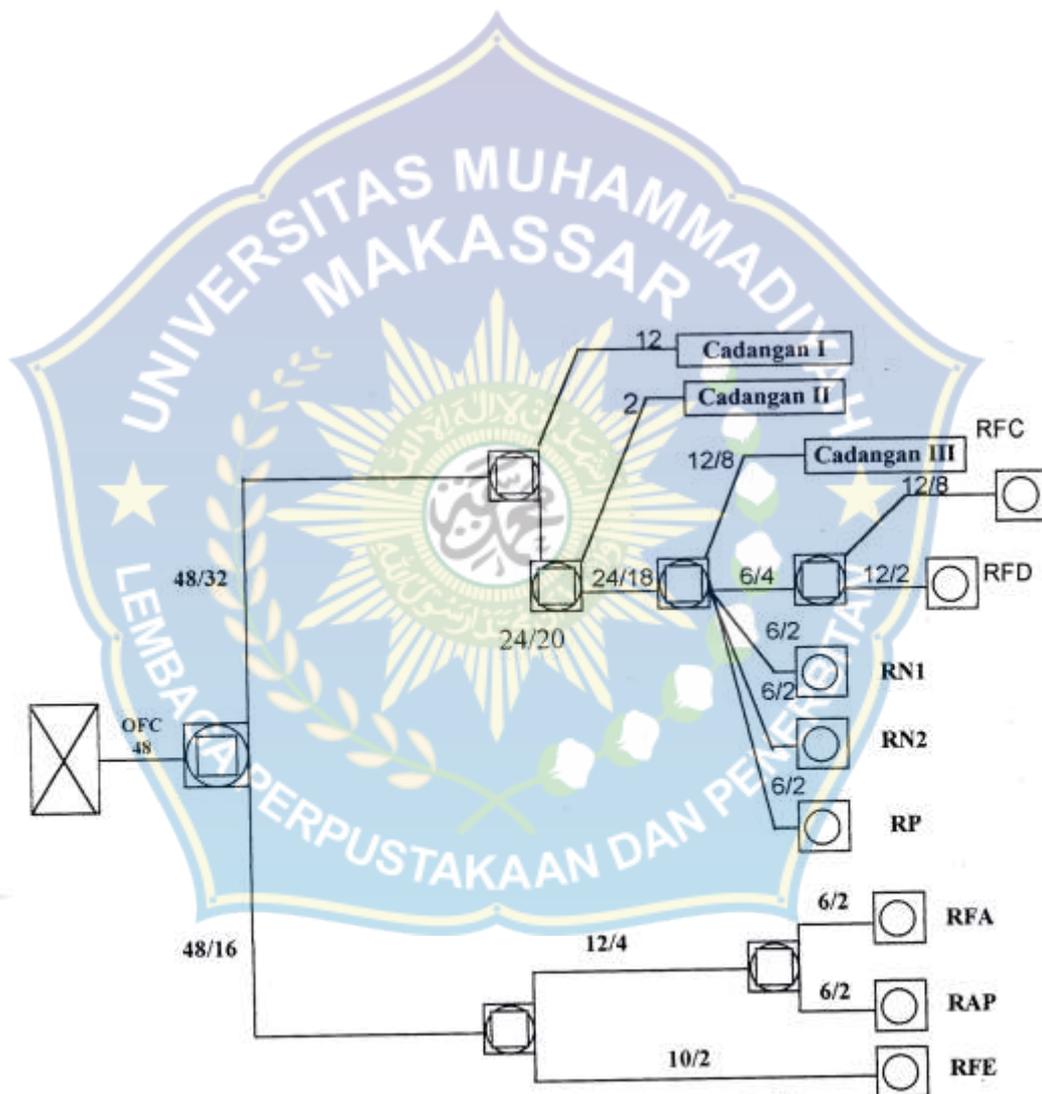
1. Spesifikasi Teknis Fiber Optik yang Digunakan

Fiber Optik yang dipergunakan pada jaringan lokal akses Fiber dari Optical Line Termination (OLT) sampai ke Optical Network Unit (ONU) adalah jenis single mode dengan spesifikasi teknis sebagai berikut:

- Tipe fiber optik : SM E9/125
- Panjang gelombang operasi : 1310 nm dan 1550 nm
- Redaman pada 1310 nm : 0,36dB/Km
- Redaman pada 1550 nm : 0,21 dB/Km
- Dispersi pada 1310 nm : 3,5 ps/(nm x Km)
- Dispersi pada 1550 nm : 18 ps/(nm x Km)
- Temperatur operasi : -60 s/d + 85°C

2. Skema Jaringan Kabel FO Untuk Sistem FastLink pada STO Panakukang.

Jaringan kabel Fiber Optik dari OLT ke masing-masing ONU yang terpasang. Seperti yang diperlihatkan pada gambar 4-1 berikut ini:



berkonfigurasi point to point. Berikut lokasi dan jarak ONU pada STO Panakukang diperlihatkan pada tabel 4.1 berikut ini:

Tabel 4-1 : Lokasi dan Jarak ONU

NAMA ONU	LOKASI	KAPASITAS	JARAK KE OLT (km)	JUMLAH SAMBUNGAN (Buah)
RN1	Jl. Galangan Kapal	240	4.689	4
RN2	Jl. Galangan Kapal	240	4.689	4
RAP	Jl. Dg. Sirua	240	2.530	3
RFE	Puri Tamansari	240	6.414	5
RFA	Jl. Babussalam	240	3.416	3
RFC	Jl. Sabutung	240	6.122	7
RFD	Jl. Barukang	240	5.950	7
RP	Jl. Panampu	240	5.232	4

B. Datadan perhitungan Jarak OLT dan ONU

Analisis jarak antara OLT dan ONU berdasarkan spesifikasi teknis modul Optical Tranceiver Unit (OTRU) yang terdapat pada OLT dan ONU, dimana modul tersebut berfungsi sebagai tranceiver, dengan daya yang dikeluarkan oleh power laser medium sebesar 0 dBm dan sensitivitas detektor -30.dBm sehingga total redaman maksimumnya adalah 30 dB. Dan fiber optik yang dipergunakan jenis single mode dengan spesifikasi teknis terlihat pada tabel 4-1 berikut:

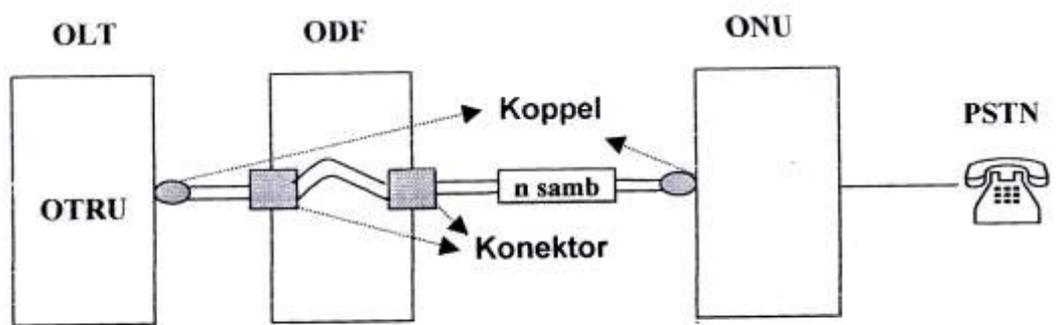
Tabel 4-2. Spesifikasi teknis

No.	URAIAN	KETERANGAN
1.	Keluaran laser (source)(Ft)	0dBm
2.	Sensitivitas detector(Pr)	-30 dBm
3.	Margin (reserve)(M)	6dB
4.	Bit rate(Br)	36 Mbps
5.	Redaman FO pada X 1310 (Lf)	0,36 dB/km max0,4 dB/km
6.	Redaman FO pada X 1550 (Lf)	0,21 dB/km max0,4 dB/km
7.	Dispersi FO pada X 1310(Lf)	3,5 Ps/ (nm-km)
8.	Dispersi FO pada A, 1550(Lf)	18Ps/(nm-km)
9.	Redaman konektor(Lc)	0,5 dB/km
10.	Redaman splice/sambungan(Ls)	0,2 dB/buah
11.	Redaman kapling(Lpt/Lpr)	3dB

Berdasarkan tabel diatas maka dapat dihitung power budget link atau jarak antara OLT dan ONU

1. Jarak Maksimum Fiber Optik Dengan Sambungan

$$P_t - P_r = M + L_{pt} + L_{pr} + N_c L_c + N_s L_s + d L_f$$



Berdasarkan tabel 4,2 dan berdasarkan lampiran maka redaman untuk masing-masing jarak dan OLT ke ONU dapat dianalisis sebagai berikut

- Untuk ONU RN 1 dan RN 2 :

- Jarak ke OLT : 4,689 km
- Jumlah sambungan : 4 buah

Maka :

$$\begin{aligned} \text{Redaman} &= M + L_{pt} + L_{pr} + N_c L_c + N_s L_s + d_{Lf} \\ &= 6 \text{ dB} + 3 \text{ dB} + 3 \text{ dB} + (2 \times 0,5) \text{ dB} + (4 \times 0,2) \text{ dB} + \\ &\quad (4,689 \times 0,4) \text{ dB} \\ &= 12 \text{ dB} + 1 \text{ dB} + 0,8 \text{ dB} + 1,8756 \text{ dB} \\ &= 15,6756 \text{ dB} \end{aligned}$$

- Untuk ONU RAP :
 - JarakkeOLT : 2,530km
 - Jumlah sambungan : 3 buah

Maka

$$\begin{aligned}
 \text{Redaman} &= M + Lpt + Lpr + NcLc + NsLs + dLf \\
 &= 6 \text{ dB} + 3 \text{ dB} + 3 \text{ dB} + (2 \times 0,5) \text{ dB} + (3 \times 0,2) \text{ dB} + (2,530 \times 0,4) \\
 &\quad \text{dB} \\
 &= 12 \text{ dB} + 1 \text{ dB} + 0,6 \text{ dB} + 1,012 \text{ dB} \\
 &= 14,612 \text{ dB}
 \end{aligned}$$

- Untuk ONU RFE:
 - JarakkeOLT : 6,414km
 - Jumlah sambungan : 5 buah

Maka :

$$\begin{aligned}
 \text{Redaman} &= M + Lpt + Lpr + NcLc + NsLs + dLf \\
 &= 6 \text{ dB} + 3 \text{ dB} + 3 \text{ dB} + (2 \times 0,5) \text{ dB} + (5 \times 0,2) \text{ dB} + (6,414 \times 0,4) \\
 &\quad \text{dB} = 12 \text{ dB} + 1 \text{ dB} + 1 \text{ dB} + 2,566 \text{ dB} \\
 &= 16,566 \text{ dB}
 \end{aligned}$$

- Untuk ONU RFA:
 - JarakkeOLT : 3,416km
 - Jumlah sambungan : 3 buah

Maka:

$$\text{Redaman} = M + Lpt + Lpr + NcLc + NsLs + dLf$$

$$\begin{aligned}
&= 6 \text{ dB} + 3 \text{ dB} + 3 \text{ dB} + (2 \times 0,5) \text{ dB} + (3 \times 0,2) \text{ dB} + (3,416 \times 0,4) \\
&\text{dB} = 12\text{dB} + 1 \text{ dB} + 0,6\text{dB} + 1,366\text{dB} \\
&= 14,966 \text{ dB}
\end{aligned}$$

- Untuk ONU RFC:

- Jarak ke OLT : 6,122 km
- Jumlah sambungan : 7 buah

Maka :

$$\begin{aligned}
\text{Redaman} &= M + L_{pt} + L_{pr} + N_c L_c + N_s L_s + d_{Lf} \\
&= 6 \text{ dB} + 3 \text{ dB} + 3 \text{ dB} + (2 \times 0,5) \text{ dB} + (7 \times 0,2) \text{ dB} + \\
&\quad (6,122 \times 0,4) \text{ dB} \\
&= 12 \text{ dB} + 1 \text{ dB} + 0,6 \text{ dB} + 2,449 \text{ dB} \\
&= 16,849 \text{ dB}
\end{aligned}$$

- Untuk ONU RFD :

- Jarak ke OLT : 5,950 km
- Jumlah sambungan : 7 buah

Maka :

$$\begin{aligned}
\text{Redaman} &= M + L_{pt} + L_{pr} + N_c L_c + N_s L_s + d_{Lf} \\
&= 6 \text{ dB} + 3 \text{ dB} + 3 \text{ dB} + (2 \times 0,5) \text{ dB} + (7 \times 0,2) \text{ dB} + (5,950 \times 0,4) \\
&\text{dB} \\
&= 12 \text{ dB} + 1 \text{ dB} + 0,6 \text{ dB} + 2,38 \text{ dB} \\
&= 16,78 \text{ dB}
\end{aligned}$$

- Untuk ONU RP:

- JarakkeOLT : 5,232 km
- Jumlah sambungan : 4 buah

Maka :

$$\begin{aligned}\text{Redaman} &= M + L_{pt} + L_{pr} + N_c L_c + N_s L_s + d_{Lf} \\ &= 6 \text{ dB} + 3 \text{ dB} + 3 \text{ dB} + (2 \times 0,5) \text{ dB} + (4 \times 0,2) \text{ dB} + (5,232 \\ &\quad \times 0,4) \text{ dB} \\ &= 12 \text{ dB} + 1 \text{ dB} + 0,8 \text{ dB} + 2,093 \text{ dB} \\ &= 16,249 \text{ dB}\end{aligned}$$

Tabel 4-2 Hasil Perhitungan Redaman dengan Sambungan

Nama ONU	JarakkeOLT (km)	JumlahSambungan (buah)	Redaman (dB)
RN1	4,689	A	15,676
RN2	4,689	4	15,676
RAP	2,530	3	14,612
RFE	6,414	5	16,5656
RFA	3,416	3	14,9664
RFC	6,122	7	16,8488
RFD	5,950	7	16,78
RP	5,232	4	15,8928

Sistem jaringan lokal Akses Fiber Optik/Jarjokaf (FastLink) direkomendasikan untuk jarak lebih kecil dari 25 km antara OLT dan ONU. Hal ini berarti kualitas transmisi Jarjokaf (FastLink) masih sangat baik karena berdasarkan hasil perhitungan di atas FastLink mampu menjangkau jarak 30 km jika mempunyai 25 sambungan, apabila jumlah sambungan bertambah maka jarak jangkauan antara OLT

dan ONU semakin memendek. Jarak terjauh antara OLT dan ONU yang terpasang di STO Panakukang hanya 6414 meter, sehingga masih jauh dari batas jarak transmisi yang diperbolehkan.



BAB V

PENUTUP

A. Kesimpulan

1. Jaringan Lokal Akses Fiber dengan menggunakan sistem FastLink merupakan suatu perangkat yang berfungsi sebagai pengganti jaringan primer pada kabel tembaga yang mempunyai daerah jangkauan lebih jauh
2. Jaringan Lokal Akses Fiber dengan sistem fastLink sangat hemat dalam penggunaan fiber optik karena untuk hubungan dua arah cukup menggunakan sebuah fiber optik, akan tetapi menggunakan dua panjang gelombang yang berbeda yaitu 1310 dan 1550 nm dengan sistem half duplex dan Wavelength Division Multiplex (WDM).
3. Dari hasil perhitungan redaman untuk setiap jarak antara OLT dan ONU (2.530 m - 6.414 m) dengan redaman yang berkisar antara 14,612 dB - 16,8488 dB, dan masih jauh dari batas redaman yang diperbolehkan yaitu 30 dB. Sehingga belum memungkinkan pemasangan repeater.
4. Besar kecilnya redaman dipengaruhi oleh jumlah sambungan dan jarak dari Optical Line Termination ke Optical Network Unit

B. Saran

1. Karena jarak jangkauan perangkat Jaringan Lokal Akses Fiber lebih jauh dari jaringan lokal kabel tembaga, maka untuk masa depan dapat diterapkan untuk radius ± 30 km hanya terdapat satu sentral telepon dengan kapasitas besar, atau

sentral yang ada ditingkatkan, agar jaringan MEA (Multi Exchange Area) tidak menjadi rumit.

2. Dalam penerapannya teknologi single star hanya mempunyai satu titik star atau pembagi disisi sentral, hal ini memang lebih menghemat biaya akan tetapi mengurangi kemampuan distribusinya dimana kondisi pelanggan diperkotaan cenderung menyebar maka perlu dipikirkan penggunaan ODT (Optical Distribution Termination) dengan memanfaatkan berbagai tipe ONU yang tersedia.



DAFTAR PUSTAKA

- Alien H. Cherin, An Introduction To Optical Fiber, Me. Graw Hill, Tokyo, Japan, 1983.
- CharlesK.Kao.Optical Fiber SystemTeknologi.Designand Aplication.Singapore, 2017.
- Denis Rody, John Cole.Komunikasi Elektronika, Erlangga, Jakarta, 2017.
- DILAT PT. Telekomunikasi Indonesia, Dasar Teknik Jaringan Kabel Tembaga.Bandung, Indonesia, 2017.
- DIVLAT PT. Telekomunikasi Indonesia, Dasar Transmisi Serat Optik. Bandung, Indonesia, 2017.
- DIVLATPT.TelekomunikasiIndonesia,SistemKomunikasi Serat Optik.Bandung, Indonesia, 2017.
- DIVLATPT.TelekomunikasiIndonesia,SeratOptik.Bandung, Indonesia, 2017.
- Djodi Buntoro, Prasetijo Hastomo, Pengantar Trafik jilid 1, Sistem Belajar Jarak Jauh Pusat pendidikan dan Pelatihan, Bandung
- JohnM.Senior,OpticalFiberCommunication,PrenticeHall Internasional, London, Inggris, 1981.
- RobertL. Freeman, Telecommunication Transmisi Handbook, New York, USA, 1991.
- Telkom, Information System FastLinkV2, Munchen, 2017.
- Telkom, Network Design-Design forFastLink, Munchen, 2017.
- Tim Pelatihan PT.Telkom, Pedoman Manajemen Trafik, Bagian Penataran Network Sub Direktorat 2013
- Tim Pelatihan PT. Telkom, Dasar Trafik Buku-L Bandung 2012
- Tim Pelatihan PT. Telkom Subditbinajar, Petunjuk Pelaksanaan Perhitungan dan Analisa/Evaluasi Parameter Network Serta Langkah Tindaknya, ,Bandung.