

Perancangan Sistem Pengukuran Redaman Transmisi pada Kabel Optik Single Mode dan Multi Mode Akibat Tekukan dengan Faktor Jari-Jari Menggunakan Alat Ukur OPM dan OTDR

Design Of A Transmission Mution Measurement System In Single Mode Cable Index And Multi Step Index Step Optical Models Due To Bending Data Factors With Fingers Using OPM And OTDR Measurement Equipment

Hadria Octavia, Vera Veronica, Aprinal Adila Asril & Shara Khairunnisa

Jurusan Teknik Elektro Politeknik Negeri Padang Kampus Limau Manis Padang
Telp. 0751-72590 Fax. 0751-72576 Email: hadriaoctavia5@gmail.com, aprinal69@gmail.com

ABSTRACT

Warping that occurs in fiber optic cables has the potential to cause serious power losses and further leads to optikal fiber rupture. Therefore, it is necessary to measure the effect of the optikal fiber curvature on the power loss generated when the optikal fiber is curved. This study aims to determine changes in the intensity of light output through plastic optikal fibers. this research distinguish the type of single mode cable and multi mode with varying radius. This paper only discusses the calculation of light output that has been affected by the curve of the optikal fiber. from the analysis conducted with a fiber optik cable length of 100 m, attenuation of 0.001 db / km and a bending radius that varies with a bend radius of 8 cm, 2x4 cm and 4 cm. different optikal fiber warping losses are obtained. that single mode cable is better than multimode cable.

Keywords : Serat Optik, bending, Redaman, Jari-Jari, Singel mode, Multi mode

PENDAHULUAN

Perkembangan teknologi telekomunikasi adalah perubahan jaringan analog menjadi jaringan digital baik dalam sistem switching maupun dalam sistem transmisi. Hal ini akan meningkatkan kualitas dan kuantitas informasi yang dikirim, serta biaya operasi dan pemeliharaan lebih ekonomis. Sebagai sarana transmisi dalam jaringan digital, serat optik berperan sebagai pemandu gelombang cahaya.

Dalam sistem komunikasi serat optik, banyak sekali terdapat faktor-faktor yang mempengaruhi tingkat efisiensi atau kualitas unjuk kerja dari suatu sistem serat optik, seperti adanya rugi-rugi, dispersi, power loss, dan lain sebagainya. Faktor-faktor tersebut umumnya faktor-faktor yang merugikan pada sistem serat optik, jika besarnya melampaui batas minimum yang telah ditentukan oleh pabrikan.

Kerugian-kerugian yang dapat ditimbulkan dari adanya faktor-faktor negatif tadi senantiasa mengganggu jalannya

pengiriman data, merusak struktur pengiriman dan bahkan bisa merusak struktur dari kabel optik optik yang ada, sehingga mengakibatkan hilangnya informasi yang cukup besar pada saat performansi jaringan turun dibawah standar. [1]

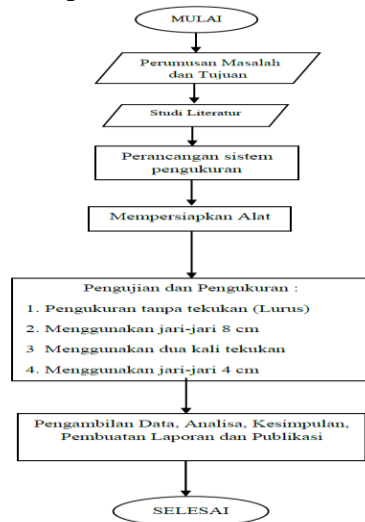
Untuk itu jaringan transmisi ini harus memiliki kehandalan dan performansi yang baik dengan menerapkan standar performansi dan proteksi yang sesuai. Dua diantara faktor yang menyebabkan menurunkan kualitas kerja serat optik adalah rugi-rugi dan bending. Oleh karena itu diperlukan suatu langkah untuk mengetahui jika terjadi masalah pada serat optik yang dipakai, sehingga usaha perbaikan seperti penyambungan atau penggantian serat optik dapat segera dilakukan. Salah satu usaha untuk mengetahui ada tidaknya faktor-faktor tersebut adalah optik yang ada, sehingga mengakibatkan hilangnya informasi yang cukup besar pada saat performansi jaringan turun dibawah standar.

Untuk itu jaringan transmisi ini harus memiliki kehandalan dan performansi yang baik dengan menerapkan standar performansi dan proteksi yang sesuai. Dua diantara faktor yang menyebabkan menurunkan kualitas kerja serat optik adalah rugi-rugi dan bending. Oleh karena itu diperlukan suatu langkah untuk mengetahui jika terjadi masalah pada serat optik yang dipakai, sehingga usaha perbaikan seperti penyambungan atau penggantian serat optik dapat segera dilakukan. Salah satu usaha untuk mengetahui ada tidaknya faktor-faktor.

METODOLOGI

Alur Penelitian

Pada proses perancangan penelitian ini menggunakan metode eksperimen yang terdiri dari diagram alur penelitian yang dapat ditunjukkan pada Gambar.5 sehingga terbentuklah sebuah sistem yang menjadi sebuah tujuan, kemudian data hasil kerja yang didapatkan di analisa sehingga bisa ditarik sebuah kesimpulan



Gambar 1. Alur Penelitian

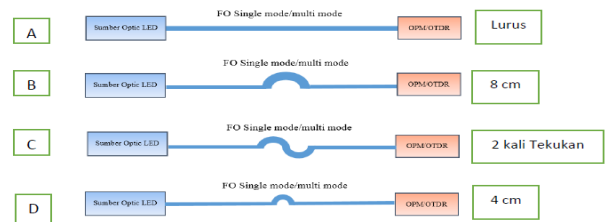
Studi Literatur

Dalam tahap ini dilakukan kegiatan pembahasan literatur dari suatu penelitian yaitu merancang Sistem Pengukuran Redaman Transmisi Kabel Optik *Single Mode* Jenis *Pigtail*, , dimana penulis mengumpulkan data-data serta mempelajari teori dasar yang

relevan dari berbagai sumber seperti buku, internet , narasumber dan penelitian yang telah dilakukan yang berkaitan dengan penelitian yang akan dilakukan penulis.

Desain Rancangan

Dalam tahap ini kegiatan yang dilakukan penulis adalah membuat sebuah desain rancangan dalam untuk pengukuran redaman transmisi kabel optik seperti gambar 2 .



Gambar 2. Rancangan pengukuran redaman transmisi kabel optik

Pengujian dan Pengukuran

Pada tahap ini penulis melakukan tahap pengujian dan pengukuran redaman setiap kabel hasil sambungan yang dilakukan sesuai dengan rancangan.

Analisa, Penarikan Kesimpulan, dan Pembuatan Laporan

Merupakan tahap akhir dalam proses pembuatan penelitian yaitu setelah semua data pengujian terkumpul kemudian penulis akan melakukan analisa data tersebut, selanjutnya menarik kesimpulan sebagai bahan penyusun laporan.

Bahan Penelitian

Pada penelitian penelitian ini dibutuhkan beberapa komponen-komponen untuk dapat menunjang sitem kerja alat yaitu Kabel optik *Single Mode* jenis pigtail 10 meter, , Alkohol 95%, Kain Majun, *Protection Sleeve*, Tissues , adapter dan OTB

Alat-Alat Penelitian

Fusion splicer, OPM, OTDR, Obeng, Tang potong, tube cutter

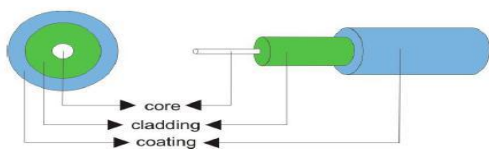
Struktur Dasar Serat Optik

Serat optik terbuat dari bahan dielektrik yang terdiri dari bahan inti yaitu kaca (*glass*) dan lapisan pelindung yaitu plastik. Di dalam serat inilah energi cahaya yang dibangkitkan oleh sumber cahaya, disalurkan (ditransmisikan) sehingga dapat diterima diujung unit penerima (*receiver*), seperti pada Gambar 1.[3]



Gambar 3. Kabel Serat Optik

Fiber optik pada umumnya memiliki struktur dasar yang terdiri dari inti serat (*core*), pelapis erat (*cladding*), dan lapisan pelindung (*coating*) yang terdiri atas inner jacket. Core terbuat dari bahan kuarsa dengan kualitas yang sangat tinggi berdiameter sebesar 9,3 μm dengan indeks bias = 1,48, core berfungsi untuk menentukan cahaya merambat dari satu ujung ke ujung lainnya. Kabel fiber optik memiliki urutan warna *core cable* yang harus diperhatikan agar tidak terjadi kesalahan saat pemasangan. Urutan warna *core* kabelnya adalah biru, orange, hijau, coklat, abu-abu, putih, merah, hitam, kuning, ungu, pink, tosca (mirip biru muda). *Cladding* terbuat dari bahan *glass* (kaca/silika) berdiameter sebesar 125 μm dengan 24 indeks bias $n = 1,46$ *cladding* berfungsi sebagai cermin, yakni memantulkan cahaya agar dapat merambat ke ujung lainnya. *Coating* terbuat dari bahan plastik yang berfungsi sebagai pelindung mekanis sebagai pengkodean warna. Hubungan indeks bias antara *core* dan *cladding* akan mempengaruhi perambatan cahaya pada *core* (mempengaruhi besarnya sudut kritis) sehingga indeks bias (n) *core* harus selalu lebih besar dari pada indeks bias *cladding* ($N_c > N_d$). Bentuk struktur dasar fiber optik dapat dilihat pada Gambar 4.[3]



Gambar 4. Struktur Fiber Optik

Fungsi masing-masing Struktur Serat optik :

1. *Core* (inti) berfungsi untuk menentukan cahaya merambat dari satu ujung ke ujung lainnya.
 - a. Terbuat dari bahan kuarsa dengan kualitas sangat tinggi.
 - b. Merupakan bagian utama dari serat optik karena perambatan cahaya sebenarnya terjadi pada bagian ini.
 - c. Memiliki diameter antara 8 μm ~ 50 μm . Ukuran *core* sangat mempengaruhi karakteristik serat optik.
2. *Cladding* (lapisan) berfungsi sebagai cermin, yakni memantulkan cahaya agar dapat merambat ke ujung lainnya.
 - a. Terbuat dari bahan gelas dengan indeks bias lebih kecil dari *core*.
 - b. Merupakan selubung (pelapis) *core*.
 - c. Hubungan indeks bias antara *core* dan *cladding* akan mempengaruhi perambatan cahaya pada *core* (mempengaruhi besarnya sudut kritis)
3. *Coating* (jaket) berfungsi sebagai pelindung mekanis, dan sebagai pengkodean warna.
 - a. Terbuat dari bahan plastik.
 - b. Berfungsi untuk melindungi serat optik dari kerusakan.
 - c. Sebagai pengkodean warna serat.

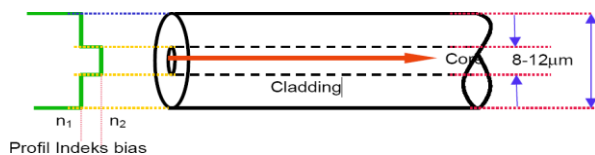
Jenis Serat Optik

Jaringan fiber optik terdiri dari beberapa jenis serat, yang biasanya dapat dengan mudah diketahui dengan melihat *transmitter* (media transmisi data) yang digunakannya. Berikut ini jenis-jenis serat optik :[2]

Single Mode(SM)

Single-mode adalah sebuah sistem transmisi data berwujud cahaya yang didalamnya hanya terdapat satu buah indeks sinar tanpa terpantul yang merambat sepanjang media tersebut dibentang sehingga hanya mengalami sedikit gangguan. *Single-mode* dilihat dari segi strukturalnya merupakan teknologi fiber optik yang bekerja menggunakan inti (*core*) fiber yang berukuran sangat kecil yang diameternya berkisar 8 sampai 10 μm . Dengan ukuran *core* fiber yang sangat kecil, sinar yang mampu dilewatkan hanya satu mode sinar dengan panjang gelombang 1310 nm atau 1550 nm. *Single-*

mode dapat membawa data dengan bandwidth yang lebih besar dibandingkan dengan *multi-mode* fiber optik, tetapi teknologi ini membutuhkan sumber cahaya dengan lebar spektral yang sangat kecil dan ini berarti sebuah sistem yang mahal. *Single-mode* dapat membawa data lebih cepat dan 50 kali lebih jauh dibandingkan dengan *multi-mode*. Core yang digunakan *single-mode* lebih kecil dari *multi-mode*, dengan demikian gangguan-gangguan di dalamnya akibat *distorsi dan overlapping* pulsa sinar menjadi berkurang, sehingga *single-mode* fiber optik menjadi lebih reliabel, stabil, cepat, dan jauh jangkauannya. Untuk model pembiasan *single-mode* dapat dilihat pada Gambar 5.[2]



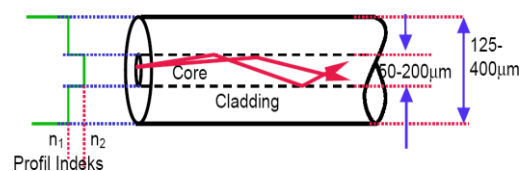
Gambar 5. Model Pembiasan *Single-mode*

Multi Mode (MM)

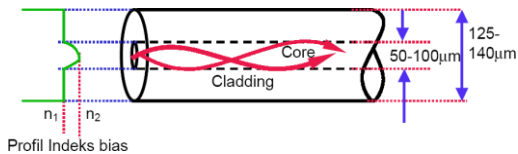
Multi-mode fiber optik merupakan teknologi transmisi data melalui media fiber optik dengan menggunakan beberapa buah indeks cahaya di dalamnya. Cahaya yang dibawa akan mengalami pemantulan berkali-kali hingga sampai di tujuan. Sinyal cahaya dalam teknologi *multi-mode* fiber optik dapat dihasilkan hingga 100 mode cahaya. Banyaknya mode yang dapat dihasilkan oleh teknologi ini bergantung dari besar kecilnya ukuran *core* fiber dan sebuah parameter yang diberi nama Numerical Aperture (NA). Dengan semakin besarnya ukuran *core* dan membesarnya NA, maka jumlah mode di dalam komunikasi ini juga bertambah. Dilihat dari faktor strukturalnya, teknologi *multi-mode* merupakan teknologi fiber optik yang menggunakan ukuran *core* yang cukup besar dibandingkan dengan *single-mode*. Ukuran *core* kabel *multi-mode* secara umum adalah berkisar antara 50 μm sampai dengan 200 μm . Biasanya ukuran NA yang terdapat di dalam kabel *multi-mode* pada umumnya adalah berkisar antara 0,20 hingga 0,29. Ukuran *core* yang besar dan NA yang tinggi membawa

beberapa keuntungan, yaitu sinar informasi akan bergerak dengan lebih bebas di dalam kabel fiber optik tersebut. Ukuran besar dan NA tinggi juga mempermudah dalam melakukan penyambungan core tersebut jika perlu disambung.

Di dalam penyambungan atau yang lebih dikenal dengan istilah *splicing*, keakuratan dan ketepatan posisi antara kedua *core* yang ingin disambung menjadi hal yang tidak begitu kritis terhadap lajunya cahaya data. Keuntungan lainnya, teknologi ini memungkinkan penggunaan LED sebagai sumber cahayanya, sedangkan *single-mode* harus menggunakan laser sebagai sumber cahayanya. Namun, teknologi ini juga memiliki kekurangan yaitu ketika jumlah dari *mode* tersebut bertambah, pengaruh dari efek modal *dispersion* juga meningkat. Modal dispersion adalah sebuah efek yang disebabkan karena mode-mode cahaya yang berjumlah banyak tersebut tiba di ujung penerimanya dengan waktu yang tidak sinkron satu dengan yang lainnya. Perbedaan waktu ini akan menyebabkan pulsa-pulsa cahaya menjadi tersebar penerimaannya. Pengaruh yang ditimbulkan dari efek ini adalah bandwidth yang dicapai tidak dapat meningkat, sehingga komunikasi tersebut menjadi terbatas *bandwidth*-nya. Maka dari itu perlu adanya modifikasi sedemikian rupa terhadap kabel yang dibuatnya sehingga *bandwidth* yang dihasilkan oleh *multi-mode* fiber optik ini menjadi maksimal, dimana *multi-mode* fiber optik dibagi atas 2 yaitu *multi-mode* fiber optik *step-index* dan *multi-mode* fiber optik *graded-index*. Model pembiasan *multi-mode step-index* dan *multi-mode graded-index* seperti pada Gambar 6 dan 7.[2]



Gambar 6. Model Pembiasan Multi-mode *step-index*



Gambar 7. Model Pembiasan Multi-mode graded-index

Kabel Patch Cord

Patch cord adalah kabel fiber optik dengan panjang tertentu yang sudah terpasang konektor di ujungnya. digunakan untuk menghubungkan antar perangkat atau ke koneksi telekomunikasi. *Patch cord* adalah kabel fiber indoor yang dipakai hanya untuk di dalam ruangan saja. Ada yang simplex (1 core) dan ada pula yang duplex (2 core), *Single mode* dan *Multimode*. *Patch cord* mempunyai banyak sekali jenis konektor, karena masing-masing perangkat / alat yang digunakan mempunyai tipe yang berbeda pula disesuaikan dengan kebutuhan. [4]



Gambar 8. Kabel Patch cord

Karakteristik Transmisi Fiber Optik Redaman karena Faktor Intrinsik

Dalam desain sistem komunikasi serat optik, redaman mempunyai peranan yang sangat penting. Redaman menentukan jarak transmisi maksimum antara *transmitter* dan *receiver*, juga akan menentukan banyaknya *repeater* dan margin daya yang dibutuhkan dalam sebuah *link*.

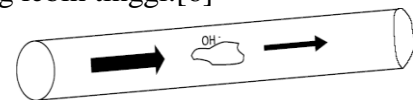
Redaman (α) sinyal atau rugi-rugi serat didefinisikan sebagai perbandingan antara daya output optik (P_{out}) terhadap daya input optik (P_{in}) sepanjang serat L . Redaman dalam serat optik untuk berbagai panjang gelombang tidak selalu sama karena redaman ini merupakan fungsi panjang gelombang($\alpha(\lambda)$) [6]

$$\alpha = \frac{10}{L} \log\left(\frac{P_{in}}{P_{out}}\right) \text{dB/m} \quad (1)$$

- Dimana : α = Redaman
 L = Panjang serat optik (km)
 P_{in} = Daya input optik
 P_{out} = Daya output optik
 dB/km = Redaman perkilometer

Mekanisme redaman dalam serat optik ada tiga, yaitu :

- a. *Absorpsi*/penyerapan
 Redaman ini disebabkan oleh 3 mekanisme:
 1. Absorpsi oleh kerusakan atomik dalam komposisi gelas. Kerusakan ini merupakan ketidaksempurnaan struktur atomik bahan serat, misalnya molekul yang hilang, kerusakan oksigen dalam struktur gelas. Biasanya redaman absorpsi jenis ini cukup kecil bila dibandingkan dengan jenis lain tetapi akan sangat berarti apabila tercemari oleh adanya ledakan nuklir. Absorpsi oleh kerusakan atomik dalam komposisi gelas. Kerusakan ini merupakan ketidaksempurnaan struktur atomik bahan serat, misalnya molekul yang hilang, kerusakan oksigen dalam struktur gelas.
 2. *Extrinsic absorption* oleh atom pengotoran dalam bahan gelas. Hal ini disebabkan oleh adanya pencampuran silika dengan bahan doping dan uap oksihidrogen selama pembuatan serat. Berikut kurva redaman terhadap panjang gelombang serat silika diproses UBAD dengan OH yang sangat rendah.
 3. *Intrinsic absorption* oleh atom unsur pokok bahan serat. Hal ini berhubungan dengan bahan serat (misalnya SiO₂ murni) dan faktor-faktor prinsip yang menentukan *transparency window* bahan pada daerah spektrum tertentu. Absorpsi terjadi pada saat *foton* berinteraksi dengan elektron di pita valensi dan mendorong ke level energi yang lebih tinggi.[6]

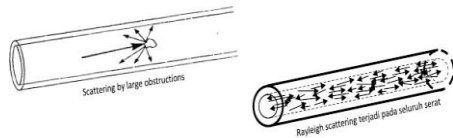


Gambar 9. Ilustrasi Penyerapan (Absorption) dalam Serat optik

- b. *Scattering*/hamburan
 Redaman ini timbul dari variasi mikroskopik dalam densitas bahan, dari

fluktuasi komposisional dan dari ketidakhomogenan struktur dari kerusakan yang terjadi selama manufaktur, dengan rumus dibawah ini :

$$\alpha_{scat} = \frac{8\pi^3}{3\lambda^4} (n^2 - 1)^2 k_B T_f \beta_T N_p \quad (2)$$



Gambar 10. Ilustrasi Penghamburan (Scattering) pada Serat Optik

c. *Bending*/pembengkokan

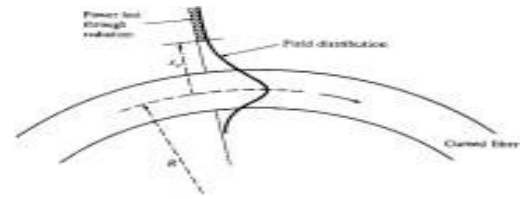
Redaman akibat pembengkokan ada dua jenis, yaitu : *macro*bending dan *micro*bending. *Macro*bending adalah pembengkokan serat optik dengan radius yang panjang bila dibandingkan dengan radius serat optik. Redaman ini dapat diketahui dengan menganalisis distribusi modal pada serat optik. Pada saat serat optik melengkung, medan pada sisi yang jauh harus bergerak lebih cepat untuk mengimbangi kecepatan medan di inti. Pada saat kritis dengan jarak x_c dari pusat serat, medan harus bergerak lebih cepat. Karena tidak bisa, maka energi teradiasi. Banyaknya modal efektif yang masih dapat terbimbing adalah M_{eff} sbb :

$$M_{eff} = M_{\infty} \left\{ 1 - \frac{\alpha + 2}{2\alpha\Delta} \left[\frac{2a}{R} + \left(\frac{3}{2n_2 k R} \right)^{2/3} \right] \right\}$$

$$M_{\infty} = \frac{\alpha}{\alpha + 2} (n_1 k a)^2 \Delta \quad (3)$$

Di mana M_{∞} adalah jumlah total mode yang ada pada serat optik yang tidak melengkung. $k = 2\pi/\lambda$, R adalah radius pembengkokan, α adalah profil graded index, Δ adalah perbedaan indeks bias inti-selubung, dan a adalah radius serat optik.

*Micro*bending adalah pembengkokan-pembengkokan kecil pada serat optik akibat ketidakteraturan dalam pembentukan serat atau akibat adanya tekanan yang tidak seragam pada saat pengkabelan. Salah satu cara untuk menguranginya adalah dengan menggunakan *jacket* yang tahan terhadap tekanan.[6]



Gambar 11. Proses Hilangnya Sebagai Daya Cahaya Akibat Bengkokan

Redaman karena Faktor Ekstrinsik

- Fresnel Reflection*, terjadi karena ada celah udara sehingga cahaya harus melewati dua interface yang memantulkan sebagian karena perubahan index bias dari inti ke udara dan inti lagi.
- Mode Coupling*, terjadi karena adanya sambungan antara sumber detektor optik dengan serat optik.
- Makro bending*, (pembengkokan pada saat instalasi) terjadi akibat terjadinya pembengkokan pada saat Instalasi berlangsung.[6]

Dispersi

Ada tiga macam dispersi pada serat, yang disebabkan oleh tiga mekanisme yang berbeda, yaitu :

- Dispersi Antar Mode (*intermodal dispersion*) Cahaya dari sumber masuk ke dalam serat optik multimode dirambatkan dalam beberapa mode. Setiap mode menempuh alur yang berbeda-beda, ada yang merambat sejajar sumbu inti dan ada pula yang merambat *zigzag*. Dengan demikian Jarak yang ditempuh oleh tiap mode akan berbeda-beda. Jarak terpendek adalah yang sejajar dengan sumbu inti. Karena kecepatan tiap mode sama, maka tiap mode akan mempunyai waktu tempuh yang berbeda.
- Dispersi bahan/kromatis (*material/chromatic dispersion*) Dispersi material terjadi karena indeks bias bervariasi sebagai fungsi panjang gelombang optik.
- Dispersi bumbung gelombang (*waveguide dispersion*) Dispersi ini terjadi akibat dari karakteristik perambatan mode sebagai fungsi

perbandingan antara jari-jari inti serat dan panjang gelombang.

d. *Dispersi mode polarisasi*

Penyebab utamanya adalah ketidaksimetrisan bentuk serat optik akibat adanya tekanan saat pengkabelan, ataupun saat instalasi. Dispersi ini pun akan meningkat dengan bertambahnya usia kabel optik.[6]

HASIL



Gambar 12. Hasil dari perancangan sistem pengukuran redaman

Hasil Pengukuran Daya Dengan OPM dan OTDR
Pengukuran Daya Dengan OPM

1. Fiber Optic Pigtail single mode Tanpa tekukan (*banding*)
 Diketahui dengan panjang pigtail 10 meter juga dengan Pin 1mW

Tabel 1. Hasil Pengukuran kabel SM dan MM Tanpa Tekukan (*banding*) menggunakan OPM

λ (nm)	Pin (watt)	Pout kabel SM		Pout kabel MM		Redaman / L(dB) SM	Redaman / L(dB) MM
		dBm	mw	dBm	mw		
850	0,001	-6,3	234,7	-7,3	185,3	0,6294869104	0,7321245807
1300	0,001	-11,93	63,05	-12,97	50,25	1,193,480,866	1,298,863,934
1310	0,001	-12,33	59,04	-13,34	45,27	1,228,853,651	1,344,189,506
1490	0,001	-12,54	56,11	-13,85	44,73	1,250,959,731	1,360,193,789
1550	0,001	-12,79	54,52	-14,69	40,64	1,263,444,153	1,391,046,301
1625	0,001	-13,10	49,87	-14,97	38,24	1,302,160,632	14,174,821,166

2. Fiber Optic Pigtail multi mode Tanpa tekukan (*banding*)
 Diketahui dengan panjang pigtail 10 meter juga dengan Pin 1mW.

Tabel 2. Hasil Pengukuran kabel SM dan MM dengan tekukan (*banding*) jari-jari 8 cm menggunakan OPM.

λ (nm)	Pin (watt)	Pout kabel SM		Pout kabel MM		Redaman / L(dB) SM	Redaman / L(dB) MM
		dBm	mw	dBm	mw		
850	0,001	-7,69	196,6	-9,87	103,5	0,7064164865	0,9850596502
1300	0,001	-14,32	37,21	-15,49	28,44	142,934,033	1,546,070,408

1310	0,001	-14,34	37,35	-15,50	28,50	1,427,709,394	1,549,827,842
1490	0,001	-14,75	33,72	-15,93	25,61	1,472,112,434	1,591,590,422
1550	0,001	-14,77	33,41	-15,87	26,76	1,476,123,524	1,572,513,891
1625	0,001	-14,95	32,07	-15,90	25,75	149,390,104	1,589,222,767

3. *Fiber Optic Pigtail single mode* dengan tekukan (*banding*) jari- jari 2x4 cm
 Diketahui dengan panjang pigtail 10 meter juga dengan Pin 1mW.

Tabel 3. Hasil Pengukuran kabel SM dan MM dengan tekukan (*banding*) 2x4 cm menggunakan OPM.

λ (nm)	Pin (watt)	Pout kabel SM		Pout kabel MM		Redaman / L(dB) SM	Redaman / L(dB) MM
		dBm	mw	dBm	mw		
850	0,001	-8,73	134,5	-10,05	98,75	0,8712777157	1,005,462,896
1300	0,001	-14,56	35,31	-15,71	26,65	1,452,102,282	1,574,302,787
1310	0,001	-14,57	35,15	-15,76	26,92	1,454,074,671	1,569,924,944
1490	0,001	-14,99	31,69	-16,19	25,04	1,490,037,761	1,601,365,675
1550	0,001	-14,93	32,11	-16,21	25,47	1,493,359,694	1,593,971,055
1625	0,001	-15,12	30,87	-16,25	25,06	1,510,463,371	1,601,018,933

4. *Fiber Optic Pigtail single mode* dengan tekukan (*banding*) jari-jari 4cm
 Diketahui dengan panjang pigtail 10 meter juga dengan Pin 1mW.

Tabel 4. Hasil Pengukuran kabel SM dan MM dengan tekukan (*banding*) jari-jari 4 cm menggunakan OPM.

λ (nm)	Pin (watt)	Pout kabel SM		Pout kabel MM		Redaman / L(dB) SM	Redaman / L(dB) MM
		dBm	mw	dBm	mw		
850	0,001	-9,36	120,3	-10,14	85,5	0,9197343727	1,068,033,885
1300	0,001	-14,58	34,91	-15,57	27,92	1,457,050,151	1,579,714,115
1310	0,001	-14,57	32,04	-15,51	26,41	1,494,307,493	1,578,231,599
1490	0,001	-15,01	31,33	-15,88	26,47	1,504,039,605	1,597,394,758
1550	0,001	-15,37	29,06	-15,65	27,16	1,536,704,390	1,599,289,363
1625	0,001	-15,73	27,01	-15,73	27,01	1,568,475,416	1,618,884,919

Pengukuran Daya Dengan OTDR

1. *Fiber Optic Pigtail single mode* Tanpa tekukan (*banding*)
 Diketahui dengan panjang pigtail 10 meter juga dengan Pin 1mW

Tabel 5. Hasil Pengukuran kabel SM dan MM Tanpa Tekukan (*banding*) menggunakan OTDR

λ (nm)	Pin (watt)	Pout kabel SM		Pout kabel MM		Redaman / L(dB) SM	Redaman / L(dB) MM
		dBm	mw	dBm	mw		
850	0,001	-6,491	0,22	-6,088	0,19	0,657,577	0,7212464
1300	0,001	-13,127	0,059	-14,032	0,036	1,229,148	1,443,697
1310	0,001	-13,468	0,056	-15,109	0,035	1,251,812	1,455,931
1490	0,001	-14,378	0,053	-15,292	0,035	1,275,724	1,455,931
1550	0,001	-14,381	0,045	-15,691	0,033	1,346,787	1,481,486
1625	0,001	-14,445	0,038	-16,987	0,032	1,420,216	1,494,850

2. *Fiber Optic Pigtail multi mode* Tanpa tekukan (*banding*)
 Diketahui dengan panjang pigtail 10 meter juga dengan Pin 1mW

Tabel 6. Hasil Pengukuran kabel SM dan MM dengan tekukan (banding) jari-jari 8 cm menggunakan OTDR

λ (nm)	Pin (watt)	Pout kabel SM		Pout kabel MM		Redaman / L(dB) SM	Redaman / L(dB) MM
		dBm	mw	dBm	mw		
850	0,001	-6,647	0,21	-7,433	0,14	0,6777807	0,853872
1300	0,001	-13,096	0,049	-14,937	0,033	1,309,804	1,481,486
1310	0,001	-13,433	0,045	-15,289	0,032	1,346,787	1,494,855
1490	0,001	-13,801	0,044	-15,707	0,027	1,356,547	1,568,636
1550	0,001	-13,816	0,044	-15,676	0,027	1,356,547	1,568,636
1625	0,001	-13,776	0,043	-15,667	0,027	1,366,532	1,568 636

3. *Fiber Optic Pigtail single mode* dengan tekukan (banding) jari- jari 2x4 cm
Diketahui dengan panjang pigtail 10 meter juga dengan Pin 1mW

Tabel 7. Hasil Pengukuran kabel SM dan MM dengan tekukan (banding) 2x4 cm menggunakan OTDR

λ (nm)	Pin (watt)	Pout kabel SM		Pout kabel MM		Redaman / L(dB) SM	Redaman / L(dB) MM
		dBm	mw	dBm	mw		
850	0,001	-6,761	0,22	-8,572	0,15	0,6575773	0,8239087
1300	0,001	-13,292	0,047	-14,809	0,033	1,327,902	1,481,486
1310	0,001	-13,589	0,044	-15,088	0,031	1,356,547	1,508,638
1490	0,001	-13,925	0,041	-15,402	0,029	1,387,216	1,537,602
1550	0,001	-13,891	0,041	-15,368	0,029	1,387,216	1,537,602
1625	0,001	-13,786	0,042	-15,294	0,03	1,376,751	1,522,879

4. *Fiber Optic Pigtail single mode* dengan tekukan (banding) jari-jari 4cm
Diketahui dengan panjang pigtail 10 meter juga dengan Pin 1mW.

Tabel 8. Hasil Pengukuran kabel SM dan MM dengan tekukan (banding) jari-jari 4 cm menggunakan OTDR

λ (nm)	Pin (watt)	Pout kabel SM		Pout kabel MM		Redaman / L(dB) SM	Redaman / L(dB) MM
		dBm	mw	dBm	mw		
850	0,001	-6,892	0,2	-8,933	0,11	0,69897	0,9586073
1300	0,001	-13,413	0,046	-14,514	0,035	1,337,242	1,455,932
1310	0,001	-13,745	0,042	-14,832	0,029	1,376,751	1,537,602
1490	0,001	-14,143	0,039	-15,188	0,030	1,408,935	1,522,879
1550	0,001	-14,111	0,039	-15,193	0,030	1,408,935	1,522,879
1625	0,001	-14,052	0,039	-15,128	0,031	1,408,935	1,508,638

Setelah dilakukannya pengukuran daya, langkah selanjutnya melakukan perhitungan untuk nilai redaman. Jenis kabel pigtail ini memiliki panjang gelombang 1310nm, oleh karena itu perhitungan redaman ini pada panjang gelombang 1310nm. Nilai redaman berikut ini telah terdapat pada tabel, berikut untuk rumus perhitungan redaman:

$$L = \frac{10}{10} \log\left(\frac{P_{in}}{P_{out}}\right)$$

Menggunakan OPM

Berikut perhitungan redaman yang didapatkan :

1. Redaman Fiber Optic Pigtail single mode tanpa tekukan (banding).

$$L = 10/10 \log_{10}(P_{in}/P_{out})$$

$$L = 10/10 \log_{10}(1mW/(59,04\mu W))$$

$$L = 10/10 \log_{10}([1 \times 10]^{-3}) / ([59,04 \times 10]^{-6})$$

$$L = 1,228853651 \text{ dB}$$

2. Redaman Fiber Optic Pigtail multi mode tanpa tekukan (banding).

$$L=10/10 \log_{10}(\text{Pin}/\text{Pout})$$

$$L=10/10 \log_{10}(1\text{mW}/(45,27 \mu\text{W}))$$

$$L=10/10 \log_{10}(\frac{[1 \times 10]^{-3}}{[45,27 \times 10]^{-6}})$$

$$L= 1,344189506 \text{ dB}$$

3. Redaman Fiber Optic Pigtail single mode dengan tekukan (banding)

Jari-jari 8 cm.

$$L=10/10 \log_{10}(\text{Pin}/\text{Pout})$$

$$L=10/10 \log_{10}(1\text{mW}/(196,6 \mu\text{W}))$$

$$L=10/10 \log_{10}(\frac{[1 \times 10]^{-3}}{[196,6 \times 10]^{-6}})$$

$$L=1,427709394 \text{ dB}$$

4. Redaman Fiber Optic Pigtail multi mode dengan tekukan (banding)

Jari-jari 8 cm.

$$L=10/10 \log_{10}(\text{Pin}/\text{Pout})$$

$$L=10/10 \log_{10}(1\text{mW}/(28,50 \mu\text{W}))$$

$$L=10/10 \log_{10}(\frac{[1 \times 10]^{-3}}{(28,50 [\times 10]^{-6})})$$

$$L= 1,549827842 \text{ dB}$$

5. Redaman Fiber Optic Pigtail single mode dengan tekukan (banding) Jari-jari 2x4 cm.

$$L=10/10 \log_{10}(\text{Pin}/\text{Pout})$$

$$L=10/10 \log_{10}(1\text{mW}/35,15 \mu\text{W})$$

$$L=10/10 \log_{10}(\frac{[1 \times 10]^{-3}}{[35,15 \times 10]^{-6}})$$

$$L=1,454074671 \text{ dB}$$

6. Redaman Fiber Optic Pigtail multi mode dengan tekukan (banding) jari-jari 2x4 cm.

$$L=10/10 \log_{10}(\text{Pin}/\text{Pout})$$

$$L=10/10 \log_{10}(1\text{mW}/(26,92 \mu\text{W}))$$

$$L=10/10 \log_{10}(\frac{[1 \times 10]^{-3}}{[26,92 \times 10]^{-6}})$$

$$L=1,569924944 \text{ dB}$$

7. Redaman Fiber Optic Pigtail single mode dengan tekukan (banding) jari-jari 4 cm.

$$L=10/10 \log_{10}(\text{Pin}/\text{Pout})$$

$$L=10/10 \log_{10}(1\text{mW}/(32,04 \mu\text{W}))$$

$$L=10/10 \log_{10}(\frac{[1 \times 10]^{-3}}{(32,04 [\times 10]^{-6})})$$

$$L= 1,494307493 \text{ dB}$$

8. Redaman Fiber Optic Pigtail multi mode dengan tekukan (banding) jari-jari 4 cm.

$$L=10/10 \log_{10}(\text{Pin}/\text{Pout})$$

$$L=10/10 \log_{10}(1\text{mW}/(26,41 \mu\text{W}))$$

$$L=10/10 \log_{10}(\frac{[1 \times 10]^{-3}}{[26,41 \times 10]^{-6}})$$

$$L=1,578231599 \text{ dB}$$

Menggunakan OTDR

Berikut perhitungan yang didapatkan :

1. Redaman Fiber Optic Pigtail single mode tanpa tekukan (banding).

$$L=10/10 \log_{10}(\text{Pin}/\text{Pout})$$

$$L=10 \frac{[10 \log_{10}(1\text{mW}/(0,056 \text{ mW}))]}{[10 \log_{10}(\frac{[1 \times 10]^{-3}}{[0,056 \times 10]^{-3}})]}$$

$$L= 1,251812 \text{ dB}$$

1. Redaman Fiber Optic Pigtail multi mode tanpa tekukan (banding).

$$L=10/10 \log_{10}(\text{Pin}/\text{Pout})$$

$$L=10/10 \log_{10}(1\text{mW}/(0,035 \text{ mW}))$$

$$L=10/10 \log_{10}(\frac{[1 \times 10]^{-3}}{[0,035 \times 10]^{-3}})$$

$$L= 1,455931 \text{ dB}$$

2. Redaman Fiber Optic Pigtail single mode dengan tekukan (banding)

Jari-jari 8 cm.

$$L=10/10 \log_{10}(\text{Pin}/\text{Pout})$$

$$L=10/10 \log_{10}(1\text{mW}/(0,045 \text{ mW}))$$

$$L=10/10 \log_{10}(\frac{[1 \times 10]^{-3}}{[0,045 \times 10]^{-3}})$$

$$L=1,346787 \text{ dB}$$

3. Redaman Fiber Optic Pigtail multi mode dengan tekukan (banding) jari-jari 8 cm.

$$L=10/10 \log_{10}(\text{Pin}/\text{Pout})$$

$$L=10/10 \log_{10}(1\text{mW}/(0,030 \text{ mW}))$$

$$L=10/10 \log_{10}(\frac{[1 \times 10]^{-3}}{[0,032 \times 10]^{-3}})$$

$$L= 1,494855 \text{ dB}$$

4. Redaman Fiber Optic Pigtail single mode dengan tekukan (banding) jari-jari 2x4 cm.

$$L=10/10 \log_{10}(\text{Pin/Pout})$$

$$L=10/10 \log_{10}(1\text{mW}/(0,044 \text{ mW}))$$

$$L=10/10 \log_{10}(\frac{[1 \times 10]^{-3}}{[0,044 \times 10]^{-3}})$$

$$L=1,356547\text{dB}$$

5. Redaman Fiber Optic Pigtail multi mode dengan tekukan (banding) jari-jari 2x4 cm.

$$L=10/10 \log_{10}(\text{Pin/Pout})$$

$$L=10/10 \log_{10}(1\text{mW}/(0,031 \text{ mW}))$$

$$L=10/10 \log_{10}(\frac{[1 \times 10]^{-3}}{[0,031 \times 10]^{-3}})$$

$$L=1,508638 \text{ dB}$$

6. Redaman Fiber Optic Pigtail single mode dengan tekukan (banding) jari-jari 4 cm.

$$L=10/10 \log_{10}(\text{Pin/Pout})$$

$$L=10/10 \log_{10}(1\text{mW}/(0,042 \mu\text{W}))$$

$$L=10/10 \log_{10}(\frac{[1 \times 10]^{-3}}{[0,042 \times 10]^{-6}})$$

$$L=1,376751 \text{ dB}$$

7. Redaman Fiber Optic Pigtail multi mode dengan tekukan (banding) jari-jari 4 cm.

$$L=10/10 \log_{10}(\text{Pin/Pout})$$

$$L=10/10 \log_{10}(1\text{mW}/(0,029 \mu\text{W}))$$

$$L=10/10 \log_{10}(\frac{[1 \times 10]^{-3}}{(0,029 [x10]^{-6})})$$

$$L=1,537602 \text{ dB}$$

PEMBAHASAN

Pada penelitian ini telah dilakukan sebuah perancangan sistem yang berjudul “Perancangan Sistem Pengukuran Redaman Transmisi Pada Kabel Optik Single Mode Dan Multi Mode Akibat Tekukan Dengan Faktor Jari-Jari Menggunakan Alat Ukur OPM dan OTDR “. Pada penelitian ini kabel fiber optik yang digunakan adalah jenis pigtail dengan tipe kabel singlemode. Kabel fiber optik jenis pigtail ini memiliki panjang gelombang 1310 nm kemudian juga mengetahui panjang

gelombang untuk suatu kabel itu dengan mengetahui panjang kabel, jika kabel kurang dari 10 km maka panjang gelombangnya 1310 nm.

Tabel 1 sampai 8 dan perhitungan redaman 1 sampai 8 merupakan data hasil penelitian yang peneliti rancang pengaruh *bending* dengan faktor jari-jari terhadap redaman transmisi kabel optik jenis pigtail *single mode(SM)* dan *multi mode(MM)* menggunakan alat ukur OPM dan OTDR, dimana hasil perhitungan redaman dapat di lihat perbandingan antara kabel SM dan MM tidak terlalu jauh berbeda. Percobaan pertama yaitu dilakukannya pengukuran redaman menggunakan OPM tanpa tekukan (banding) jenis kabel SM pada panjang gelombang 1310 nm didapatkan hasil yaitu 1,22 dB. Pengukuran redaman pada kabel MM tanpa tekukan (banding) pada panjang gelombang 1310 nm di dapatkan hasil 1,34 dB. Selanjutnya pengukuran redaman pada kabel SM dengan jari- jari 8 cm didapatkan hasilnya yaitu 1,42 dB. Pengukuran redaman pada kabel MM dengan jari-jari 8 cm didapatkan hasilnya yaitu 1,54 dB. Pengukuran redaman kabel SM dengan jari-jari 2x4 cm didapatkan hasilnya yaitu 1,45 dB. Pengukuran kabel MM dengan jari-jari 2x4 cm didapatkan hasilnya yaitu 1,56 dB. Pengukuran kabel SM dengan jari-jari 4 cm didapatkan hasilnya yaitu 1,49 dB. Dan pengukuran kabel MM dengan jari-jari 2x4 cm didapatkan hasilnya yaitu 1,57 dB.

Percobaan kedua yaitu dilakukannya pengukuran redaman menggunakan OTDR tanpa tekukan (banding) jenis kabel SM pada panjang gelombang 1310 nm didapatkan hasil yaitu 1,25 dB. Pengukuran redaman pada kabel MM tanpa tekukan (banding) pada panjang gelombang 1310 nm di dapatkan hasil 1,46 dB. Selanjutnya pengukuran redaman pada kabel SM dengan jari- jari 8 cm didapatkan hasilnya yaitu 1,35 dB. Pengukuran redaman pada kabel MM dengan jari-jari 8 cm didapatkan hasilnya yaitu 1,49 dB. Pengukuran redaman kabel SM dengan jari-jari 2x4 cm didapatkan hasilnya yaitu 1,36 dB. Pengukuran kabel MM dengan jari-jari 2x4 cm didapatkan hasilnya yaitu 1,50 dB. Pengukuran kabel SM dengan jari-jari 4 cm

didapatkan hasilnya yaitu 1,38 dB. Dan pengukuran kabel MM dengan jari-jari 2x4 cm didapatkan hasilnya yaitu 1,54dB, dan juga dapat dilihat bahwa jari-jari *bending* yang besar akan menghasilkan redaman transmisi jauh lebih kecil dibandingkan dengan jari-jari *bending* yang kecil.

Jadi dalam hal ini kabel optik *singlemode* (SM) jauh lebih baik untuk mentransmisikan data karena redamannya transmisi jauh lebih kecil dari kabel *multi mode* (MM) akibat adanya *bending* kabel

SIMPULAN

Setelah dilakukannya pengukuran dan perhitungan data redaman dapat diambil kesimpulan sebagai berikut :

1. Jari-jari *bending* serat optik sangat berpengaruh terhadap rugi-rugi yang terjadi pada transmisi serat optik. Semakin besar jari-jari *bending* pada serat optik maka akan semakin kecil rugi-rugi tekukan yang terjadi.
2. Perbedaan jenis kabel serat optik sangat berpengaruh terhadap redaman transmisi serat optik, Bahwa kabel *single mode* lebih bagus dari pada kabel *multi mode*.

UCAPAN TERIMA KASIH

Penulis mengucapkan terima kasih kepala laboratorium Telekomunikasi yang telah mengizinkan untuk menggunakan beberapa alat uji dan kepada Politenik Negeri Padang yang telah membiayai penelitian ini melalui dana DIPA tahun 2019 dengan No kontrak Nomor : 213/PL9.1.4/PT.01.02 /2019, Tanggal 30 Agustus 2019

DAFTAR PUSTAKA

- [1] E. K. Wadhana, I. H. Setijono, and M. Sc, "KOMUNIKASI SERAT OPTIC MENGGUNAKAN METODE OPTICAL LINK," pp. 1–11.
- [2] R. E. N. P. Iswan Umaternate¹, M. Zen Saifuddin², Hidayat Saman³, "Sistem Penyambungan dan Pengukuran Kabel Fiber Optic Menggunakan Optical Time

Domain Reflectometer (OTDR) pada," vol. 0, no. 1, pp. 26–34, 2016.

- [3] D. Sistem and K. Serat, Buku Ajar SKSO D4. 1880.
- [4] F. Hilman, "Perancangan dan Implementasi Fiber Optic di Lab.Komunikasi Bergerak Gedung Elektronika Politeknik Negeri Balikpapan," 2018.
- [5] D. I. Pt, T. Indonesia, T. Area, N. Solo, T. Elektro, U. Diponegoro, J. P. H. Soedarto, S. Kode, and P. Telp, "TEKNIK TEKUKAN (BANDING)" no. 195906191985111000, pp. 1–8.
- [6] M. M. A. Lf, S. T. Mt, T. Elektro, U. Diponegoro, J. P. H. Soedarto, S. Kode, and P. Telp, "RUGI-RUGI DAYA SERAT OPTIK)," pp. 1–9.
- [7] I. Umaternate and Z. Mabud, "Sistem Komunikasi Serat Optic dengan Metode Power Link Budget pada Link Sofifi-Jailolo di PT . Telkom Sofifi," vol. 4, no. 1, pp. 20–29, 2017.