

## MAKALAH SEMINAR TUGAS AKHIR

### Analisis Teknik Penyambungan Secara Fusi Pada Serat Optik Ragam Tunggal

Oleh :

Nama : Agus Setiyawan

Nim : L2F 301 419

Kebutuhan akan serat optik yang tinggi serta kompleksitas peralatan penunjang menuntut adanya integritas serat optik dengan elemen-elemen yang lain seperti serat itu sendiri beserta peralatan-peralatan telekomunikasi. Dalam prakteknya integrasi itu berupa penyambungan serat secara permanen, atau non-permanen.

Teknik penyambungan secara fusi pada serat optik ragam tunggal, merupakan salah satu jenis penyambungan serat optik secara permanen. Penyambungan menggunakan teknik fusi dengan cara memanaskan serat dan menggunakan bagian dari serat itu sendiri sebagai perekatnya. Rugi-rugi daya yang kecil Pada penyambungan ini akan dipengaruhi banyak faktor, arus fusi dan waktu fusi merupakan salah satu faktor tersebut. Penelitian penyambungan dilakukan terhadap serat optik ragam tunggal 1,3  $\mu$  m dan struktur kabelnya indirect burial (kabel bawah tanah tanam di duct), dengan menguji rugi-rugi daya sambungan terhadap perubahan arus dan waktu fusi. Arus fusi yang diberikan berkisar antara 10 mA hingga 16 mA dengan kenaikan 2 mA. Sedangkan interval waktu fusi yang diberikan 0,2 detik untuk waktu fusi 0,2 detik hingga 2 detik, dan interval waktu fusi 1 detik untuk 2 detik hingga 10 detik. Metode rugi-rugi daya sambungan oleh splicer (mesin penyambung) menggunakan metode visual sehingga analisis data sambungan didasarkan pada teori kopleng.

Jenis serat optik ragam tunggal memiliki interval keberhasilan penyambungan yang relatif lebar pada arus 10 mA dan 12 mA dibanding pada arus 14 mA dan 16 mA. Pengaturan arus fusi dan waktu fusi yang seimbang diperlukan untuk mendapatkan rugi-rugi daya sambungan yang kecil.

Kata kunci : arus fusi, waktu fusi, penyambungan fusi, rugi-rugi daya sambungan

#### A. PENDAHULUAN

##### 1. Latar Belakang Masalah

Serat optik sebagai media transmisi untuk sistem telekomunikasi kecepatan tinggi. Dengan *Bit Error Rate* (BER) yang rendah, *Bandwidth* yang lebar, derau pada saluran yang rendah, serta peredaman sinyal yang kecil maka serat optik dikatakan sebagai media transmisi yang baik.

Kebutuhan akan serat optik yang tinggi serta kompleksitas peralatan penunjang menuntut adanya integritas serat optik dengan elemen-elemen yang lain seperti serat itu sendiri beserta peralatan-peralatan telekomunikasi. Dalam prakteknya integrasi itu berupa penyambungan serat secara permanen, atau non-permanen.

Penyambungan secara fusi merupakan penyambungan secara permanen, artinya penyambungan tersebut dilakukan dengan menggabungkan dua serat, inti dengan inti, *cladding* dengan *cladding*. Teknik fusi dilakukan dengan memanaskan ujung-ujung serat yang akan disambung lalu menyatukan kedua serat tersebut, dan diharapkan akan terjadi kontinuitas pada titik sambung. Teknik fusi mampu memberikan rugi-rugi yang rendah, teknik ini juga memiliki perkembangan teknologi selaras dengan penemuan berbagai jenis serat. Keberhasilan suatu sambungan serat optik baik permanen atau non-permanen adalah sambungan yang mempunyai rugi-rugi daya rendah, dan pantulan daya yang rendah, serta daya rentang yang besar.

##### 2. Tujuan Penelitian

Bertolak dari latar belakang masalah diatas, tujuan dalam pembuatan laporan tugas akhir ini adalah, menganalisis teknik penyambungan secara fusi pada serat optik ragam tunggal terhadap perubahan arus fusi dan waktu fusi.

##### 3. Pembatasan Masalah

Pembahasan pada tugas akhir ini akan dibatasi pada teknik penyambungan serat optik ragam tunggal dengan struktur kabel *indirect burial*, secara permanen dan menggunakan teknik penyambungan secara fusi. Teknik penyambungan fusi dengan menggunakan metode pengelasan listrik arus AC dan metode penyejajaran serat aktif secara visual sehingga estimasi rugi-rugi sambungan didasarkan pada pergeseran lateral dan kesalahan penyejajaran sudut. Teknik penyambungan fusi memiliki parameter-parameter penting yang berpengaruh dalam penyambungan.

Parameter-parameter tersebut yang akan dianalisis hasil perubahan arus fusi terhadap waktu fusi.

###### 1. Arus Fusi

Pada percobaan penyambungan fusi ini akan digunakan arus fusi, 10 mA, 12 mA, 14 mA, 16 mA. Dari arus fusi yang digunakan secara beragam akan didapatkan data pengukuran dari berbagai macam kondisi penyambungan tersebut. Dari hasil pengukuran tersebut dapat dianalisis pada level berapa mA arus yang digunakan untuk mengetahui rugi-rugi daya penyambungan terkecil.

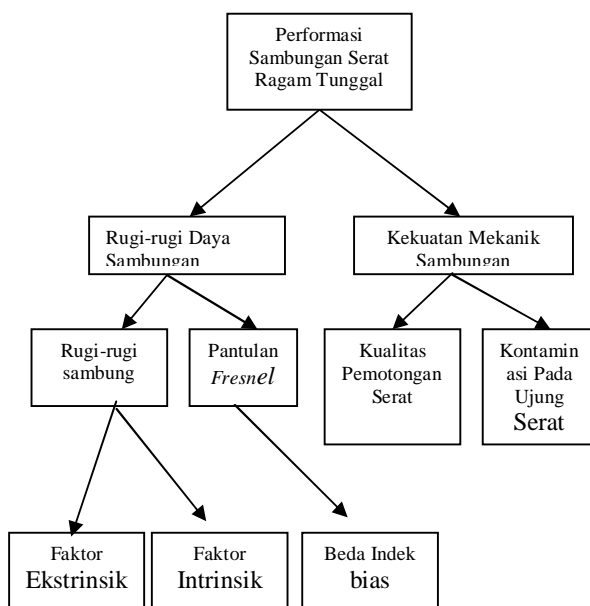
## 2. Waktu Pengelasan

Waktu pengelasan yang digunakan dari 0,2 detik hingga 10 detik. Dengan menggunakan berbagai macam lama waktu pengelasan maka akan dilihat dan dianalisis, berapa lama waktu pengelasan yang mempunyai rugi-rugi daya penyambungan yang paling kecil.

## B. TEORI DASAR

### 1. Penyambungan Serat Optik dan Performasinya

Penyambungan serat optik adalah menggabungkan dua ujung serat yang meliputi penggabungan antara inti dengan inti serat, secara permanen. Sambungan dua serat optik yang ideal adalah bila pada sambungan tersebut terdapat kontinuitas, serat sebagai media pemandu (*guiding medium*)



Gambar 1. Bagan pembagian performasi sambungan serat optik

Performasi sambungan serat optik ragam tunggal dipengaruhi oleh dua hal, rugi-rugi sambungan dan kekuatan mekanik sambungan.

Rugi rugi sambungan ditentukan oleh, rugi-rugi kopling yang disebabkan faktor intrinsik dan faktor ekstrinsik, dan rugi-rugi pantulan yang disebabkan perbedaan indeks bias.

Kekuatan mekanik sambungan serat optik dipengaruhi oleh kualitas pemotongan serat dan kebersihan dari dua ujung serat yang akan disambung.

### 2. Teknik Penyambungan Fusi

Salah satu teknik yang umum dipakai dalam penyambungan serat secara permanen adalah dengan teknik fusi, ada beberapa metode fusi penyambungan serat.

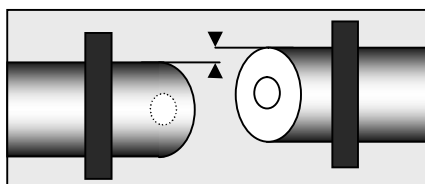
1. Metode prafusi
2. Metode penyejajaran serat
3. Metode rugi-rugi daya sambungan
4. Metode proteksi

### 2.1. Metode Profusi

Ada faktor-faktor lain yang berpengaruh pada rugi-rugi daya sambungan, yaitu gelembung udara pada titik sambung. Gelembung udara (*bubble*) dapat menghasilkan rugi-rugi daya sambungan yang besar hingga beberapa desibel. Metode prafusi digunakan untuk mengatasi masalah tersebut.

### 2.2. Metode Penyejajaran Serat

Metode LPAS merupakan metode visual dengan patokan pada inti serat, metode LPAS mengamati citra serat yang akan disambung, citra kecerahan (*brightness*) menjadi dasar penyejajarannya. Efek lensa pada metode LPAS membuat inti serat terlihat terang,. Dua serat yang akan disambung memiliki citra kecerahan pada *cladding* dan inti.



Gambar 2. Efek lensa pada serat membuat inti tampak lebih terang

Penyejajaran serat dengan metode LPAS, ujung serat satu yang akan disambung dilewati cahaya dari satu arah, cahaya yang dipancarkan tersebut akan ditangkap oleh ujung serat dua sehingga ujung-ujung serat yang akan disambung akan tampak lebih terang, metode ini memanfaatkan kecerahan inti serat sebagai dasar penyejajaran serat.

### 2.3. Metode Estimasi Rugi-Rugi Daya Sambungan

Serat yang telah disambung dapat diestimasi rugi-rugi daya sambungannya. Estimasi rugi-rugi daya sambungan yang dianalisis dengan metode LPAS yaitu:

1. Analisis dari pergeseran lateral karena penyambungan.
2. Analisis dari *tilt angle* atau kesalahan penyudutan yang didapat.
3. Analisis dengan cara membandingkan citra serat setelah penyambungan dengan citra serat yang tersimpan dalam memori.

### 2.4. Metode Proteksi

*Coating* dikupas ketika serat akan dikupas ketika serat akan disambung. Kekuatan serat akan turun hingga menjadi 10% dari kekuatan seratnya bila telah disambung, oleh karena itu harus ada semacam pelindung pada bagian yang disambung, sehingga sambungan serat akan kuat dari regangan.

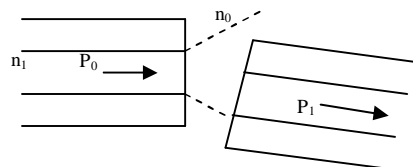
### 3. Teknik Pemotongan Serat

Untuk mencegah cahaya berbelok atau terhambur pada titik sambung, maka permukaan ujung serat harus datar.

Teknik *Fracture-Controlled*, Pada teknik ini serat ditarik untuk memberikan tegangan pada serat. Serat lalu dilengkungkan pada suatu permukaan kurva, ketegangan maksimum terjadi pada titik potongnya.

**4. Teori Penyambungan**

Rugi-rugi penyambungan timbul saat serat optik disambung dengan serat optik yang lain. Rugi-rugi penyambungan ini jika daya yang dipancarkan oleh serat pengirim tidak sama dengan daya serat yang diterima. Gambar 3. Menunjukkan transmisi daya optik yang disambung.



$P_0$  = Daya optik pada serat       $n_0$  = Indeks bias udara  
 $P_1$  = Daya optik pada serat       $n_1$  = Indeks bias inti serat

Gambar 3. Transmisi daya optik pada sambungan

Efisiensi kopling / Efisiensi Transmisi  $\eta$  dapat dirumuskan sebagai berikut :

$$\eta = \frac{P_1}{P_0} \quad (2.1)$$

Fraksi daya  $\Lambda$  yang hilang adalah :

$$\Lambda = \frac{P_0 - P_1}{P_0} \quad (2.2)$$

Sehingga dalam ekspresi desibel dapat dinyatakan bahwa rugi-rugi Penyambungan / rugi-rugi transmisi / rugi-rugi sisipan (*coupling / transmission / insertion loss*)  $L$ , didefinisikan sebagai :

$$L = -10 \log \eta \quad (2.3)$$

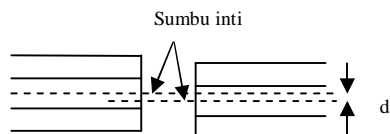
Keterangan :

$L$  = Rugi-rugi Penyambungan (desibel)  
 $\eta$  = Efisiensi Penyambungan (tanpa satuan)

**4.1. Faktor-Faktor Ekstrinsik**

Berikut merupakan faktor-faktor ekstrinsik yang berpengaruh pada efisiensi kopling sambungan serat, faktor ekstrinsik terjadi karena ketidak-sempurnaan posisi serat, kesalahan pemotongan dan karena terjadi benturan.

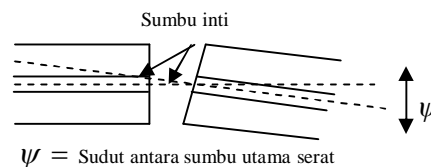
a. Pergeseran lateral (*lateral displacement*)



$d$  = Jarak *offset* antara dua sumbu inti serat

Gambar 4. Terjadinya pergeseran lateral

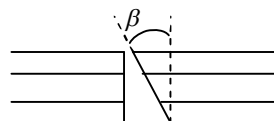
b. Kesalahan penyejajaran sudut (*angular misalignment*)



$\psi$  = Sudut antara sumbu utama serat

Gambar 5. Kesalahan penyejajaran sudut

c. Permukaan serat tidak rata (*Face tilt / tilt angle*)



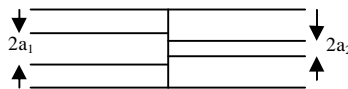
$\beta$  = Sudut yang dibentuk oleh permukaan ujung serat terhadap refrensi ujung serat yang datar.

Gambar 6. Ujung permukaan serat yang tidak datar

**4.2. Faktor-Faktor Intrinsik**

Ada pula beberapa faktor lain yang dapat mempengaruhi rugi-rugi daya sambungan. Faktor-faktor ini merupakan parameter-parameter dalam serat itu sendiri, faktor-faktor ini terbentuk pada saat pembuatan serat tersebut.

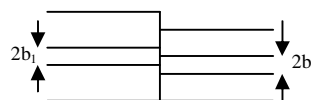
a. Ketidaksesuaian diameter inti



$2a_1$  = Diameter inti serat       $2a_2$  = Diameter inti serat

Gambar 7. Ketidaksesuaian diameter inti

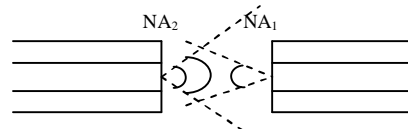
b. Ketidaksesuaian diameter *cladding*



$2b_1$  = Diameter *cladding* serat pengirim       $2b_2$  = Diameter *cladding* serat penerima

Gambar 8. Dua serat optik yang disambung mempunyai beda dimensi pada diameter *cladding*

c. Ketidaksesuaian *Numerical Aperature*



$NA_1$  = *Numerical Aperature* serat pengirim       $NA_2$  = *Numerical Aperature* serat penerima

Gambar 9. Ketidaksesuaian pada *Numerical Aperature*

## 5. Rugi-Rugi Penyambungan pada Serat Ragam Tunggal

Dari faktor ekstrinsik dan intrinsik tersebut, semua keadaan umum artinya berlaku untuk serat ragam tunggal atau serat ragam banyak, sedangkan secara khusus pada serat ragam tunggal berlaku hanya untuk beberapa kasus saja.

Efisiensi Penyambungan pada serat ragam tunggal merupakan kombinasi dari :

1. Celah / *sparation* → pada penyambungan fusi dianggap nol.
2. Pergeseran lateral / *Lateral Displacement*
3. Kesalahan penyejajaran sudut / *Angular Misalignment*
4. Ketidaksesuaian antara MFD ( *mode field diameter* ) serat yang disambung.

1. Pergeseran lateral : jika hanya pergeseran lateral dan dianggap tidak ada ketidak-sesuaian MFD (  $w_1 = w_2 = w$  ).

$$\eta = e^{-U^2} \quad (2.14)$$

$$U = \frac{d}{w}$$

Keterangan :

d = Pergeseran lateral dua serat yang disambung (meter)

w = Jari-jari serat yang disambung (meter)

2. Kesalahan penyejajaran sudut : untuk efek ini saja dan dianggap tidak ada ketidak-sesuaian MFD (  $w_1 = w_2 = w$  ).

$$\eta = e^{-T^2} \quad (2.15)$$

$$T = \frac{n_0 \pi w \sin \psi}{\lambda}$$

Keterangan :

$\psi$  = Kesalahan penyejajaran sudut (derajat)

$n_0$  = Indeks bias celah (tanpa satuan)

w = Jari-jari MFD serat (meter)

$\lambda$  = Panjang gelombang cahaya pada serat (meter)

Sebagai contoh anggaplah asumsinya sama dengan contoh sebelumnya, pergeseran lateral dan celah dianggap = 0. Jika kesalahan penyejajaran sudut  $1^\circ$ , maka rugi-rugi daya kopling menjadi  $L = -10 \log 0,96 = 0,19$  dB.

4. Kombinasi antara pergeseran lateral dan ketidaksesuaian penyudutan, bila kondisi ini terjadi dan dianggap tidak ada ketidak-sesuaian MFD (  $w_1 = w_2 = w$  ).

$$\eta = e^{-(U^2 + T^2)} \quad (2.16)$$

$$U = \frac{d}{w}$$

$$T = \frac{n_0 \pi w \sin \psi}{\lambda}$$

Keterangan :

d = Pergeseran lateral dua serat yang disambung (meter)

w = Jari-jari serat yang disambung (meter)

$\psi$  = Kesalahan penyejajaran sudut (derajat)

$n_0$  = Indeks bias celah (tanpa satuan)

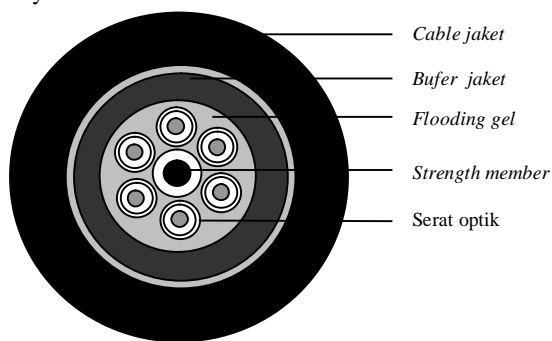
w = Jari-jari MFD serat (meter)

$\lambda$  = Panjang gelombang cahaya pada serat (meter)

## C. PENYAMBUNGAN FUSI

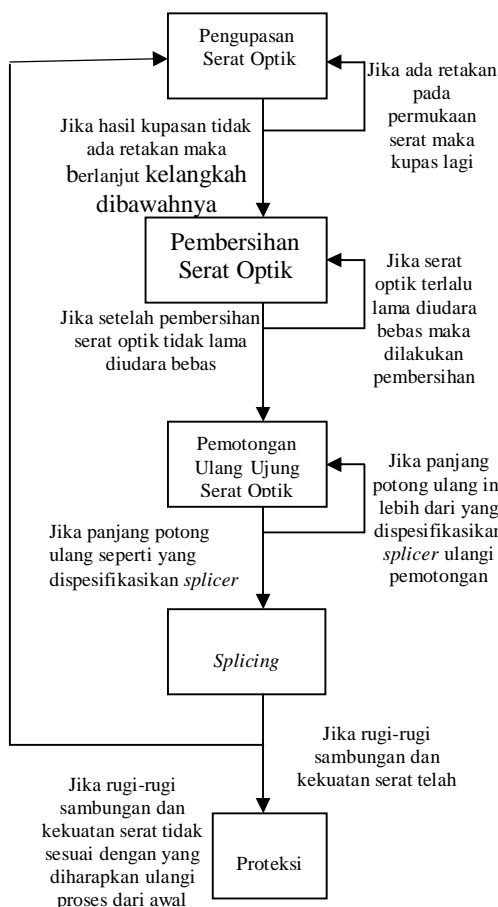
### 1. Penyambungan Fusi pada Serat Optik Ragam Tunggal

Walaupun kabel serat optik memiliki berbagai macam struktur dan ini bergantung pada tiap produsen, pada prinsipnya terbagi empat lapis utama yaitu :



Gambar 10. konstruksi dasar kabel optik *duct*

Gambar 11. menunjukkan cara penyambungan serat optik secara fusi dengan urutan kegiatan penyambungan dalam bagan.



Gambar 11. Urutan langkah-langkah

Urutan kegiatan penyambungan fusi setelah kabel optik terkupas, serat optik terurai dan ambil dua serat yang akan disambung. Mulai proses pengupasan serat optik, pembersihan serat optik, pemotongan ulang ujung serat optik, pengelasan, dan proteksi hasil sambungan.

## 2. Proses Penyambungan pada *Splicer*

Untuk melaksanakan penyambungan dengan *fusion splicer* urutan pekerjaannya ditunjukkan pada Gambar 12.



Gambar 12. Urutan kerja

Proses penyambungan pada *fusion splicer* dimulai dengan menempatkan serat optik pada alur *V-Groove*, tekan tombol *enter* maka *fusion splicer* mulai bekerja dengan penyejajaran serat, arus pembersihan serat, pengelasan serat optik, dan pengujian hasil sambungan. Setelah dilakukan pengukuran redaman dan pengujian hasil sambungan serat optik, langkah selanjutnya serat diproteksi.

*Cleaning curent* adalah arus pembersih untuk menghilangkan debu atau kotoran pada ujung serat yang akan disambung. Arus ini memiliki durasi yang pendek sekitar 0,2 detik. Adapun besar arus ini secara *default* mempunyai harga 14,5 mA.

### 3. Proteksi Hasil Sambungan

Kegiatan selanjutnya adalah pemasangan selongsong serat (*fiber sleeve*) yang maksudnya untuk melindungi hasil sambungan dari pengaruh uap air dan mekanik, karena serat optik telah mengalami degradasi saat penyambungan dan sebagai pengganti lapisan pelindung serat pada bagian yang telah terkupas. Sistem selongsong pelindung karet panas kerut (*heat shrink tube*) paling populer untuk pelaksanaan pemasangan selongsong pelindung serat.

#### D. ANALISIS HASIL PENYAMBUNGAN FUSI

Pada bab ini menjelaskan analisis data pengukuran hasil penyambungan fusi, yang dilakukan penulis pada saat penyambungan fusi serat optik sigle mode 1,3  $\mu$  m. Adapun pengukuran yang penulis lakukan adalah mengukur rugi-rugi daya sambungan pada berbagai macam kondisi penyambungan.

#### 1. Alat-alat dan Bahan Penelitian

Alat-alat yang digunakan:

1. Satu set alat mekanik pemotong dan pengupas kabel serat optik dar Siemens A8.
2. *Fusion Splicer* dari Siemens X60.
3. Serat ALCATEL 6900
4. *Tissue* dan alkohol 90%.
5. Alat-alat keamanan berupa kacamata dan sarung tangan.

Parameter-parameter yang harus diubah adalah:

1. Arus prafusi dan fusi (*prefusin and curent fusion*)
2. Waktu peleburan (*fusion time*)

Kondisi yang harus dijaga pada keadaan konstan adalah:

1. Waktu prafusi pada 0,2 detik
2. *Autofeed* 5  $\mu$  m
3. Jarak antara dua ujung serat 7  $\mu$  m
4. Arus pembersihan (*cleaning curent*) 14,5 mA
5. Penyejajaran serat dan estimasi rugi-rugi sambungan dengan metode LPAS.
6. Pengujian regangan 1,5 Newton

#### 2. Analisis Hasil Penyambungan Fusi

Analisis hasil penyambungan fusi meliputi analisis terhadap perubahan arus fusi dan waktu fusi setiap percobaan.

##### 2.1. Data Percobaan Penyambungan Fusi 1

Pada percobaan penyambungan fusi 1, waktu prafusi : 0,2 detik konstan, dan arus prafusi serta arus fusi : 10 mA konstan. waktu fusi diubah-ubah dari 0,2 – 10 detik untuk 0,2-2 detik, dan 1 detik untuk 2-10 detik.. Data hasil penyambungan fusi 1 ditunjuk Tabel 1.

Tabel 1. Hasil percobaan Penyambungan Fusi 1

No.	Waktu fusi (detik)	Estimasi rugi oleh <i>splicer</i> (dB)	Asumsi pergeseran lateral ( $\mu$ m)	Asumsi <i>tilt angle</i> (derajat)	pengujian
1	0,2	-	-	-	BAD FACE
2	0,4	-	-	-	BAD FACE
3	0,6	0,03	0,3	0,2	OK
4	0,8	0,04	0,3	0,2	OK
5	1	0,03	0,2	0,3	OK
6	1,2	0,04	0,2	0,3	OK
7	1,4	0,02	0,2	0,2	OK
8	1,6	0,01	0,1	0,2	OK
9	1,8	0,01	0,1	0,2	OK
10	2	0,02	0,1	0,2	OK
11	3	0,08	0,1	0,2	OK
12	4	0,16	0,1	0,2	OK
13	5	0,2	0,1	0,2	OK
14	6	0,3	0,1	0,2	OK
15	7	0,4	0,1	0,2	OK
16	8	-	-	-	BAD FACE
17	9	-	-	-	BAD FACE
18	10	-	-	-	BAD FACE

##### 2.2. Analisis Percobaan Penyambungan Fusi 1

1. Pada percobaan nomer 1 dan 2 terjadi gagal sambung karena panas yang dihasilkan oleh bunga api pengelasan tidak cukup untuk melelehkan inti. Ini disebabkan oleh waktu peleburan yang digunakan pendek yaitu 0,2 hingga 0,4 detik. Lelehan terjadi hanya pada *cladding* dan lelehan ini menutupi inti sehingga dua serat yang disambung hanya direkatkan oleh lelehan ini.
2. Pada percobaan nomer 3 dengan waktu peleburan 0,6 detik, terjadi keberhasilan penyambungan. Artinya penyambungan terjadi antara inti dengan inti dan *cladding* dengan *cladding*. Pengelasan dengan waktu 0,6 detik telah mampu melelehkan inti dengan *cladding*-nya. Pada waktu pengelasan 0,6 detik ini, rugi-rugi yang diestimasi oleh *splicer* dengan harga 0,03 dB. Karena estimasi *splicer* dengan metode LPAS, sehingga pergeseran lateral dan tilt angelnya dapat diasumsikan:
  - a. Bila dianggap pergeseran lateral  $d = 0,3 \mu$  m dan  $w = 4,5 \mu$  m maka dengan rumus :  $U = \frac{d}{w}$  serta  $\eta = e^{-U^2}$  dan  $L = -10 \log \eta$ . Maka harga rugi-rugi daya sambungan karena kontribusi pergeseran lateral  $L = 0,019$  dB.
  - b. Bila dianggap *tilt angle* =  $0,2^0$  maka kontribusi rugi-rugi daya sambungan dari *tilt angle*  $L = 0,013$  dB.
  - c. Sehingga total kontribusi rugi-rugi daya sambungan karena pergeseran lateral dan *tilt angle* adalah  $L = 0,032$  dB.
4. Pada percobaan nomer 8 dengan waktu peleburan 1,6 detik didapatkan estimasi rugi-rugi daya sambungan oleh *splicer* 0,01 dB.

Kontribusi rugi-rugi daya sambungan ini karena perhitungan pergeseran lateral dan *tilt angle*-nya. Maka dapat diasumsikan:

- a. Bila dianggap pergeseran lateral  $d = 0,1 \mu\text{m}$  dan  $w = 4,5 \mu\text{m}$  maka dengan rumus  $U = \frac{d}{w}$  serta

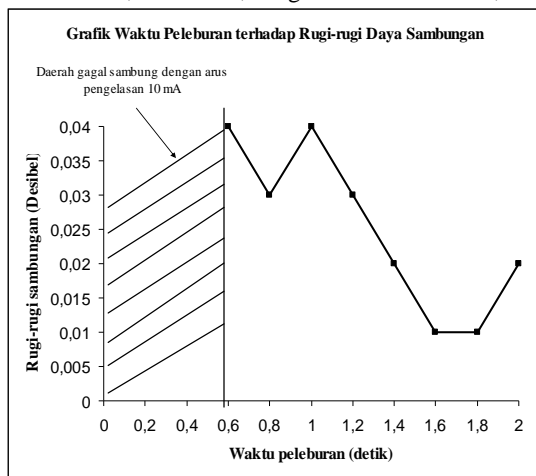
$\eta = e^{-U^2}$  dan  $L = -10\log\eta$ . Maka harga rugi-rugi daya sambungan karena kontribusi pergeseran lateral  $L = 0,002 \text{ dB}$ .

- b. Bila dianggap *tilt angle*  $\psi = 0,2^\circ$ ;  $w = 4,5 \mu\text{m}$ ;  $n_1 = 1,464$ ;  $\lambda = 1,31 \mu\text{m}$  maka dengan menggunakan persamaan  $T = \frac{\sin\psi(n_1\pi w)}{\lambda}$  ;

$\eta = e^{-T^2}$ ;  $L = -10\log\eta$ . maka harga rugi-rugi daya sambungan karena kontribusi dari *tilt angle*  $L = 0,013 \text{ dB}$ .

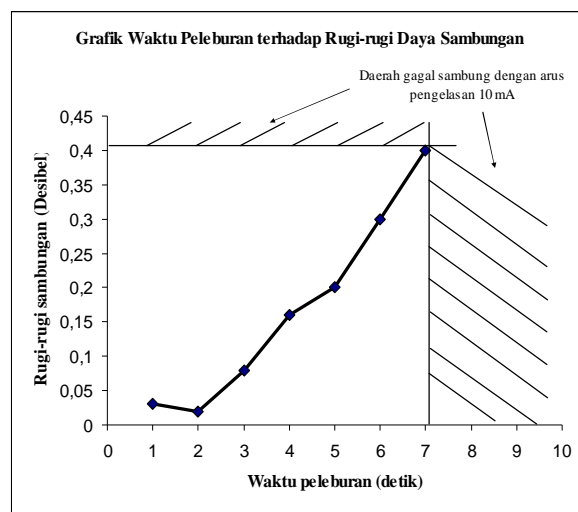
- c. Sehingga total kontribusi rugi-rugi daya sambungan karena pergeseran lateral dan *tilt angle* adalah  $1 = 0,015 \text{ dB}$ .
5. Pada percobaan nomer 16 hingga 18 didapatkan bentuk gagal sambung, ini karena suhu yang terlalu panas dititik sambung sehingga menyebabkan mengecilnya bentuk serat pada titik sambung karena penguapan sehingga mengurangi volume serat.

Hasil percobaan penyambungan fusi 1, dapat dimasukkan data-datanya dalam grafik, seperti ditunjukkan pada Gambar 12. Percobaan penyambungan fusi 1 dengan waktu fusi 0,2 – 2 detik, dengan interval waktu 0,2 detik.



Gambar 12. Grafik waktu peleburan / pengelasan terhadap rugi-rugi daya sambungan dengan arus pengelasan 10 mA dan waktu  $0 < t < 2$  detik

Untuk percobaan penyambungan fusi 1, dengan interval waktu 2 detik dengan perubahan waktu fusi 2 – 10 detik, seperti ditunjukkan pada Gambar 13.



Gambar 13. Grafik waktu peleburan / pengelasan terhadap rugi-rugi daya sambungan dengan arus pengelasan 10 mA dan waktu diatas 1 detik

### 2.3. Analisis Grafik pada Percobaan Penyambungan Fusi 1

1. Pada percobaan yang dilakukan, gagal sambung terjadi pada waktu pengelasan  $< 0,6$  detik, karena waktu pengelasan terlalu pendek sehingga tidak dapat melelehkan inti serat. Pada percobaan 1 ini didapatkan rugi-rugi daya sambungan minimum pada waktu  $1,6 < t < 1,8$ .
2. Gagal sambung terjadi pada waktu pengelasan diatas 7 detik, dan pada saat rugi-rugi daya sambungan diatas 0,4 dB.

### 2.4. Data Percobaan Penyambungan Fusi 2

Pada percobaan penyambungan fusi 2, waktu prafusi : 0,2 detik konstan, dan arus Prafusi serta arus fusi : 12 mA konstan. waktu fusi diubah-ubah dari 0,2 – 10 detik, dengan interval perubahan 0,2 detik untuk 0,2-2 detik, dan 1 detik u2-10 detik. Data hasil penyambungan fusi 2 ditunjukkan pada Tabel 2.

Tabel 2. Hasil percobaan Penyambungan Fusi 2

No.	Waktu fusi (detik)	Estimasi rugi oleh splicer (dB)	Asumsi pergeseran lateral ( $\mu\text{m}$ )	Asumsi <i>tilt angle</i> (derajat)	Pengujian
1	0,2	-	-	-	BAD FACE
2	0,4	0,07	0,5	0,2	OK
3	0,6	0,05	0,4	0,3	OK
4	0,8	0,07	0,3	0,4	OK
5	1	0,06	0,3	0,4	OK
6	1,2	0,04	0,2	0,4	OK
7	1,4	0,03	0,2	0,3	OK
8	1,6	0,01	0,1	0,2	OK
9	1,8	0,01	0,1	0,2	OK
10	2	0,03	0,1	0,2	OK
12	4	0,2	0,1	0,2	OK
13	5	0,3	0,1	0,2	OK
14	6	-	-	-	BAD FACE

## 2.5. Analisis Percobaan Penyambungan Fusi 2

1. Pada percobaan nomer 1 ini terjadi gagal sambung karena panas yang dihasilkan oleh bunga api pengelasan tidak cukup untuk melelehkan inti. Ini disebabkan oleh waktu peleburan yang digunakan pendek yaitu 0,2 detik. Lelehan terjadi hanya pada *cladding* dan lelehan ini menutupi inti.

2. Pada percobaan nomer 2 dengan waktu peleburan 0,4 detik, terjadi keberhasilan penyambungan. Artinya penyambungan terjadi antara inti dengan inti dan *cladding* dengan *cladding*. Pengelasan dengan waktu 0,4 detik telah mampu melelehkan inti dengan *cladding*-nya. Pada waktu pengelasan 0,4 detik ini, rugi-rugi yang diestimasi oleh *splicer* dengan harga 0,07 dB. Karena estimasi *splicer* dengan metode LPAS, sehingga pergeseran lateral dan tilt angel-nya dapat diasumsikan:

a. Bila dianggap pergeseran lateral  $d = 0,5 \mu\text{m}$  dan  $w = 4,5 \mu\text{m}$  maka dengan rumus  $U = \frac{d}{w}$  serta

$$\eta = e^{-U^2} \text{ dan } L = -10 \log \eta . \text{ Maka harga rugi-rugi}$$

daya sambungan karena kontribusi pergeseran lateral  $L = 0,053 \text{ dB}$ .

b. Bila dianggap *tilt angle*  $= 0,2^\circ$  maka kontribusi rugi-rugi daya sambungan dari *tilt angle*  $L = 0,013 \text{ dB}$ .

c. Sehingga total kontribusi rugi-rugi daya sambungan karena pergeseran lateral dan *tilt angle* adalah  $L = 0,065 \text{ dB}$ .

3. Pada percobaan nomer 8 dengan waktu peleburan 1,6 detik didapatkan estimasi rugi-rugi daya sambungan oleh *splicer* 0,01 dB. Kontribusi rugi-rugi daya sambungan ini karena perhitungan pergeseran lateral dan *tilt angle*-nya. Maka dapat diasumsikan:

a. Bila dianggap pergeseran lateral  $d = 0,1 \mu\text{m}$  dan  $w = 4,5 \mu\text{m}$  maka dengan rumus  $U = \frac{d}{w}$  serta

$$\eta = e^{-U^2} \text{ dan } L = -10 \log \eta . \text{ Maka harga rugi-rugi}$$

daya sambungan karena kontribusi pergeseran lateral  $L = 0,002 \text{ dB}$ .

b. Bila dianggap *tilt angle*  $\psi = 0,2^\circ$  ;  $w = 4,5 \mu\text{m}$  ;  $n_1 = 1,464$  ;  $\lambda = 1,31 \mu\text{m}$  maka dengan menggunakan persamaan  $T = \frac{\sin \psi (n_1 \pi w)}{\lambda}$  ;

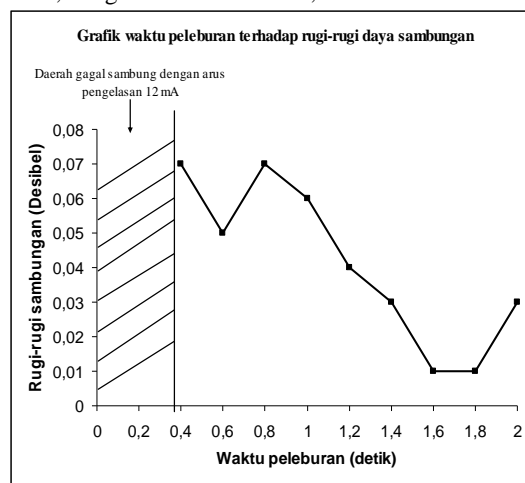
$\eta = e^{-T^2}$  ;  $L = -10 \log \eta$  . maka harga rugi-rugi daya sambungan karena kontribusi dari *tilt angle*  $L = 0,013 \text{ dB}$ .

c. Sehingga total kontribusi rugi-rugi daya sambungan karena pergeseran lateral dan *tilt angle* adalah  $l = 0,015 \text{ dB}$ .

4. Pada percobaan nomer 14 hingga 18 didapatlah bentuk gagal sambung, ini karena suhu yang terlalu panas dititik sambung sehingga menyebabkan mengecilnya bentuk serat pada titik sambung. Mengecilnya titik sambung dikarenakan suhu pengelasan yang sudah melebihi titik leburnya

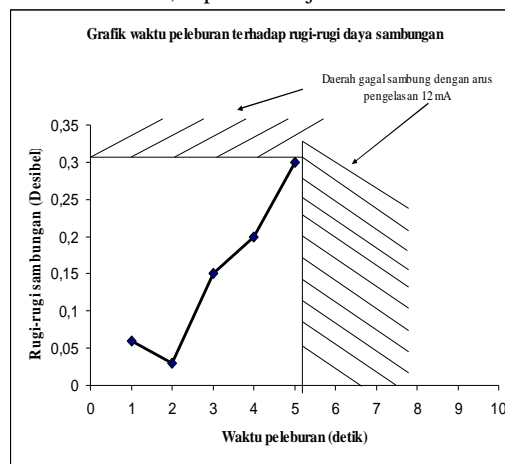
sehinga serat menguap dan terjadi pengurangan volume.

Hasil percobaan penyambungan fusi 2, dapat dimasukkan data-datanya dalam grafik, percobaan penyambungan fusi 2 dengan waktu fusi 0,2 – 2 detik, dengan interval waktu 0,2 detik.



Gambar 14. Grafik waktu peleburan / pengelasan terhadap rugi-rugi daya sambungan dengan arus pengelasan 12 mA dan waktu  $0 < t < 2$  detik

Untuk percobaan penyambungan fusi 2, dengan interval waktu 2 detik dengan perubahan waktu fusi dari 2 – 10 detik, seperti ditunjuk Gambar 15.



Gambar 15. Grafik waktu peleburan / pengelasan terhadap rugi-rugi daya sambungan dengan arus pengelasan 12 mA dan waktu diatas 1 detik

## 2.6. Analisis Grafik pada Percobaan Penyambungan Fusi 2

1. Pada percobaan yang dilakukan, gagal sambung terjadi pada waktu pengelasan  $< 0,4$  detik, karena waktu pengelasan terlalu pendek sehingga tidak dapat melelehkan inti serat, sedangkan yang leleh hanya *cladding* yang justru akan menutupi inti.

2. Pada waktu  $0,4 < t < 1$  detik terjadi riak pada rugi-rugi sambungan. Gerakan motor pada *splicer* pada serat yang akan disambung memiliki efek yang acak sehingga akan menyebabkan pergeseran lateral antara dua



serat. perbedaan pergeseran lateral akan menyebabkan perbedaan rugi-rugi daya sambung. Kemungkinan lain adalah karena *tilt angle* yang berbeda-beda saat melakukan penyambungan, ini bisa disebabkan kesalahan pada saat pemotongan serat.

- Pada percobaan 1 ini didapatkan rugi-rugi daya sambungan minimum pada waktu  $1,6 < t < 1,8$ .
- Gagal sambung terjadi pada waktu pengelasan diatas 5 detik, dan pada rugi daya sambungan diatas 0,3 dB.

### 2.7. Data Percobaan Penyambungan Fusi 3

Pada percobaan penyambungan fusi 3, waktu prafusi : 0,2 detik konstan, dan arus Prafusi serta arus fusi : 14 mA konstan. waktu fusi diubah-ubah dari 0,2 – 2 detik, dengan interval perubahan 0,2 detik. Sedangkan untuk waktu fusi dari 2 – 10 detik interval perubahan waktu fusi 2 detik. Data hasil penyambungan fusi 3 ditunjukkan pada Tabel 3.

Tabel 3. hasil percobaan Penyambungan Fusi 3

No.	Waktu fusi (detik)	Estimasi rugi oleh splicer (dB)	Asumsi pergeseran lateral ( $\mu$ m)	Asumsi <i>tilt angle</i> (derajat)	Pengujian
1	0,2	-	-	-	BAD FACE
2	0,4	0,06	0,4	0,3	OK
3	0,6	0,04	0,3	0,3	OK
4	0,8	0,03	0,2	0,3	OK
5	1	0,01	0,1	0,2	OK
6	1,2	0,01	0,1	0,2	OK
7	1,4	0,02	0,1	0,2	OK
8	1,6	0,06	0,1	0,2	OK
9	1,8	0,08	0,1	0,2	OK
10	2	-	-	-	BAD FACE

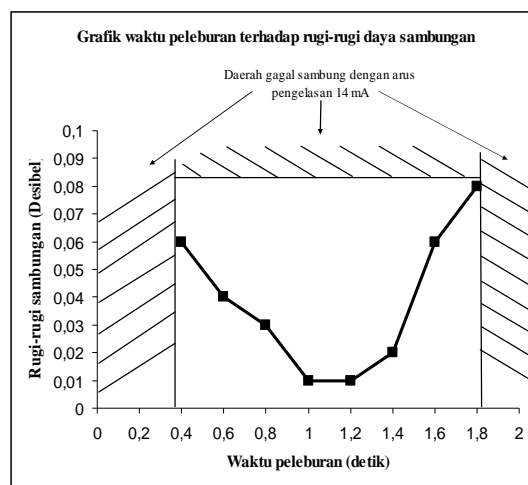
### 2.8. Analisis Percobaan Penyambungan Fusi 3

- Pada percobaan nomer 1 ini terjadi gagal sambung karena panas yang dihasilkan oleh bunga api pengelasan tidak cukup untuk melelehkan inti. Ini disebabkan oleh waktu peleburan yang digunakan pendek yaitu 0,2 detik. Lelehan terjadi hanya pada *cladding* dan lelehan ini menutupi inti. sehingga dua serat yang disambung hanya direkatkan oleh lelehan ini.
- Pada percobaan nomer 2 dengan waktu peleburan 0,4 detik, terjadi keberhasilan penyambungan. Artinya penyambungan terjadi antara inti dengan inti dan *cladding* dengan *cladding*. Pengelasan dengan waktu 0,4 detik telah mampu melelehkan inti dengan *cladding*-nya. Pada waktu pengelasan 0,4 detik ini, rugi-rugi yang diestimasi oleh *splicer* dengan harga 0,06 dB. Karena estimasi *splicer* dengan metode LPAS, sehingga pergeseran lateral dan tilt angel-nya dapat diasumsikan:
  - Bila dianggap pergeseran lateral  $d = 0,4 \mu$  m dan  $w = 4,5 \mu$  m maka dengan rumus :  $U = \frac{d}{w}$  serta  $\eta = e^{-U^2}$  dan  $L = -10 \log \eta$ . Maka harga rugi-

rugi daya sambungan karena kontribusi pergeseran lateral  $L = 0,034$  dB.

- Bila dianggap *tilt angle* =  $0,3^0$  maka kontribusi rugi-rugi daya sambungan dari *tilt angle*  $L = 0,029$  dB.
  - Sehingga total kontribusi rugi-rugi daya sambungan karena pergeseran lateral dan *tilt angle* adalah  $L = 0,063$  dB.
- Pada percobaan nomer 10 hingga 18 didapatlah bentuk gagal sambung, ini karena suhu yang terlalu panas dititik sambung sehingga menyebabkan mengecilnya bentuk serat pada titik sambung. Mengecilnya titik sambung dikarenakan suhu pengelasan yang sudah melebihi titik leburnya sehingga serat menguap dan terjadi pengurangan volume

Hasil percobaan penyambungan fusi 3, dapat dimasukkan data-datanya dalam grafik, seperti ditunjuk Gambar 16. Percobaan penyambungan fusi 3 dengan waktu fusi 0,2 – 2 detik, dengan interval waktu 0,2 detik, untuk waktu fusi diatas 2 detik tidak digambar dalam grafik karena dengan waktu fusi tersebut untuk arus 16 mA terjadi gagal sambung.



Gambar 16. Grafik waktu peleburan / pengelasan terhadap rugi-rugi daya sambungan dengan arus pengelasan 14 mA dan waktu  $0 < t < 2$  detik

### 2.9. Analisis Grafik pada Percobaan Penyambungan Fusi 3

- Pada percobaan yang dilakukan, gagal sambung terjadi pada waktu pengelasan  $< 0,4$  detik, karena waktu pengelasan terlalu pendek sehingga tidak dapat melelehkan inti serat, sedangkan yang leleh hanya *cladding* yang justru akan menutupi inti.
- Gagal sambung terjadi pada waktu pengelasan diatas 1,8 detik, dan pada saat rugi-rugi daya sambungan diatas 0,8 dB.

### 2.10. Data Percobaan Penyambungan Fusi 4

Pada percobaan penyambungan fusi 4, waktu prafusi : 0,2 detik konstan, dan arus Prafusi serta arus fusi : 16 mA konstan. waktu fusi diubah-ubah dari 0,2 – 2 detik, dengan interval perubahan 0,2 detik. Sedangkan untuk waktu fusi dari 2 – 10 detik interval perubahan waktu fusi 2 detik. Data hasil penyambungan fusi 4 ditunjukkan pada Tabel 4.

Tabel 4. Hasil percobaan Penyambungan Fusi 4

No.	Waktu fusi (detik)	Estimasi rugi oleh splicer (dB)	Asumsi pergeseran lateral ( $\mu$ m)	Asumsi tilt angle (derajat)	Pengujian
1	0,2	0,03	0,3	0,2	OK
2	0,4	0,02	0,2	0,2	OK
3	0,6	0,01	0,1	0,2	OK
4	0,8	0,03	0,1	0,2	OK
5	1	0,1	0,1	0,2	OK
6	1,2	-	-	-	BAD FACE
7	1,4	-	-	-	BAD FACE
8	1,6	-	-	-	BAD FACE
9	1,8	-	-	-	BAD FACE
10	2	-	-	-	BAD FACE

### 2.11. Analisis Percobaan Penyambungan Fusi 4

1. Pada percobaan nomer 1 dengan waktu peleburan 0,2 detik, terjadi keberhasilan penyambungan. Artinya penyambungan terjadi antara inti dengan inti dan *cladding* dengan *cladding*. Pengelasan dengan waktu 0,2 detik telah mampu melelehkan inti dengan *cladding*-nya. Pada waktu pengelasan 0,2 detik ini, rugi-rugi yang diestimasi oleh *splicer* dengan harga 0,03 dB. Karena estimasi *splicer* dengan metode LPAS, sehingga pergeseran lateral dan tilt angle-nya dapat diasumsikan:

a. Bila dianggap pergeseran lateral  $d = 0,3 \mu$  m dan  $w = 4,5 \mu$  m maka dengan rumus :  $U = \frac{d}{w}$  serta

$\eta = e^{-U^2}$  dan  $L = -10 \log \eta$ . Maka harga rugi-rugi daya sambungan karena kontribusi pergeseran lateral  $L = 0,019$  dB.

b. Bila dianggap *tilt angle*  $= 0,2^0$  maka kontribusi rugi-rugi daya sambungan dari *tilt angle*  $L = 0,013$  dB.

c. Sehingga total kontribusi rugi-rugi daya sambungan karena pergeseran lateral dan *tilt angle* adalah  $L = 0,032$  dB.

2. Pada percobaan nomer 3 dengan waktu peleburan 0,6 detik didapatkan estimasi rugi-rugi daya sambungan oleh *splicer* 0,01 dB. Kontribusi rugi-rugi daya sambungan ini karena perhitungan pergeseran lateral dan *tilt angle*-nya. Maka dapat diasumsikan:

a. Bila dianggap pergeseran lateral  $d = 0,1 \mu$  m dan  $w = 4,5 \mu$  m maka dengan rumus :  $U = \frac{d}{w}$  serta

$\eta = e^{-U^2}$  dan  $L = -10 \log \eta$ . Maka harga rugi-rugi daya sambungan karena kontribusi pergeseran lateral  $L = 0,002$  dB.

b. Bila dianggap *tilt angle*  $\psi = 0,2^0$  ;  $w = 4,5 \mu$  m ;  $n_1 = 1,464$  ;  $\lambda = 1,31 \mu$  m maka dengan menggunakan persamaan

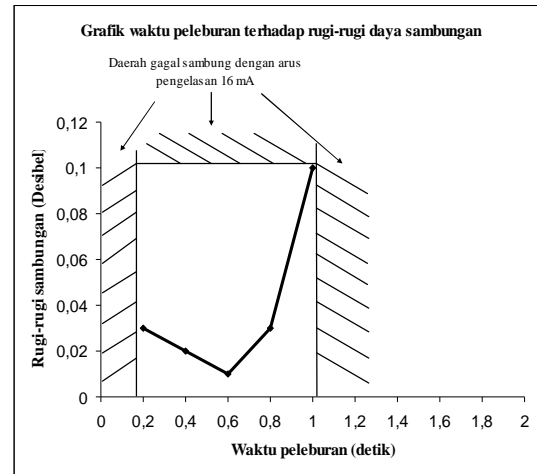
$$T = \frac{\sin \psi (n_1 \pi w)}{\lambda} ; \quad \eta = e^{-T^2} ;$$

$L = -10 \log \eta$ . maka harga rugi-rugi daya sambungan karena kontribusi dari *tilt angle*  $L = 0,013$  dB.

c. Sehingga total kontribusi rugi-rugi daya sambungan karena pergeseran lateral dan *tilt angle* adalah  $L = 0,015$  dB.

3. Pada percobaan nomer 6 hingga 10 didapatkan bentuk gagal sambung, ini karena suhu yang terlalu panas dititik sambung sehingga menyebabkan mengecilnya bentuk serat pada titik sambung. Mengecilnya titik sambung dikarenakan suhu pengelasan yang sudah melebihi titik leburnya sehingga serat menguap dan terjadi pengurangan volume.

Hasil percobaan penyambungan fusi 4, dapat dimasukan data-datanya dalam grafik, seperti ditunjuk Gambar 17. Percobaan penyambungan fusi 4 dengan waktu fusi 0,2 detik – 2 detik, dengan interval waktu 0,2 detik, untuk waktu fusi diatas 2 detik tidak digambar dalam grafik karena dengan waktu fusi tersebut untuk arus 16 mA terjadi gagal sambung.



Gambar 17. Grafik waktu peleburan / pengelasan terhadap rugi-rugi daya sambungan dengan arus pengelasan 16 mA dan waktu  $0 < t < 2$  detik

### 2.12. Analisis Grafik pada Percobaan Penyambungan Fusi 4

1. Pada percobaan yang dilakukan, untuk percobaan ke 4 walupun waktu fusi hanya 0,2 detik telah berhasil melakukan pengelasan, hal ini terjadi dikarenakan arus fusi yang besar yaitu 16 mA..

2. Pada percobaan 4 ini didapatkan rugi-rugi daya sambungan minimum pada waktu 0,6

3. Gagal sambung terjadi pada waktu pengelasan diatas 1 detik, dan rugi-rugi daya sambungan diatas 0,1 dB. Hal ini terjadi disebabkan arus fusi yang terlalu besar, sehingga ideal waktu yang diperlukan relatif pendek.

## E. PENUTUP

Percobaan penyambungan serat optik ragam tunggal secara fusi yang telah dilakukan, pada percobaan penyambungan fusi 1, 2, 3, dan 4 dengan memberikan arus fusi 10 mA, 12 mA, 14 mA, 16 mA secara berturut-turut untuk tiap percobaan dan waktu fusi 0,2 detik – 2 detik dengan interval waktu 0,2 detik, dan 2 detik – 10 detik dengan interval waktu 2 detik untuk tiap percobaan dapat diambil kesimpulan dan saran.

### 1. Kesimpulan

Dari berbagai percobaan penyambungan fusi dan analisis setiap percobaan penyambungan fusi dapat disimpulkan :

1. Serat optik ragam tunggal memiliki interval penyambungan yang relatif lebar untuk harga arus 10 dan 12 mA, dibanding dengan harga arus 14 dan 16 mA.
2. Terjadi riak pada rugi-rugi sambungan sebelum nilai minimumnya ( 0,01 dB) hal ini terjadi karena faktor pergeseran lateral yang acak oleh gerakan motor ataupun karena pemotongan serat yang tidak sempurna, sehingga ujung serat tidaklah datar dan halus.
3. Pada tiap percobaan, untuk mendapatkan harga rugi-rugi daya sambungan 0,01 dB, diperlukan waktu pengelasan yang berbeda, arus 10 dan 12 mA memerlukan waktu yang lebih lama untuk mencapai harga rugi-rugi daya sambungan 0,01 dB, daripada arus 14 dan 16 mA.
4. Rugi-rugi daya pada gagal sambung tidak berbanding lurus terhadap perubahan arus.

### 2. Saran

1. Pengambilan data dalam percobaan penyambungan secara fusi ini sebaiknya dilakukan lebih dari tiga kali, untuk mendapatkan data yang lebih sempurna.
2. Karena keterbatasan peralatan sehingga analisa terhadap rugi-rugi pergeseran lateral dan kesalahan penyejajaran sudut dilakukan berdasarkan asumsi dengan mengacu spesifikasi alat yang digunakan dan pendekatan rumus, hal ini seharusnya dilakukan pengukuran terlebih dahulu secara mendetil.
3. Perlu untuk dilakukan percobaan penyambungan secara fusi, untuk membandingkan serat optik ragam tunggal dengan serat optik ragam banyak atau serat-serat yang lain.

## F. DAFTAR PUSTAKA

1. Allard, Frederick .C., “ *Fiber Optics Handbook For Engineers Andscientists*” McGraw-hill, New York, 1990.
2. Keiser, Gerd., “ *optical fiber communications*” ,McGraw-Hill, New York, 1991.
3. Hoss, Robert J., “ *Fiber Optic Communications Design Handbook*”, Prentice-Hall, London, 1990.
4. Rudy, S. Coolen, “Komunikasi Elektronika “, Erlangga, Bandung, 1984.
5. ...., Manual Book *Fusion Splicer* Siemens X60
6. ...., www. Corningcable system. com
7. ...., Materi Pelatihan Penyambungan Secara Fusi Serat Optik DIKLAT PT. TELKOM, 2004.

	Disusun oleh : Nama :Agus Setiyawan Nim : L2F 301 419 Saat ini sedang menyelesaikan pendidikan stratal di Jurusan Teknik Elektro Fakultas Teknik Universitas Diponegoro Semarang, dengan konsentrasi telekomunikasi.
--	---

Menyetujui :

Pembimbing I

Pembimbing II

Wahyudi, ST. MT.  
NIP. 132 086 662

Sukiswo, ST.  
NIP. 132 162 548