

Analisis Perubahan Suhu terhadap Panjang Gelombang pada Media Fiber Optik Berstruktur Singlemode-Multimode

Muhammad Adi Riswanto¹, Mochammad Junus S.T, M.T.², Drs. Yoyok Heru PI, M.T.³

^{1,2,3} Program Studi Jaringan Telekomunikasi Digital,
Jurusan Teknik Elektro, Politeknik Negeri Malang, Indonesia

¹muhammad.adiris@gmail.com, ²mochammad.junus@polinema.ac.id, ³yoyok.heru@polinema.ac.id

Abstract— The increase in temperature on optical fiber results in an increase in the refractive index and Numerical Aperture, resulting in spread and absorption losses in the optical fiber. So it is considered necessary to discuss the effect of temperature changes on wave length in axially connected Singlemode-Multimode fiber optic media. Optical fiber connected to OSA is heated using a heater to show the wavelength value, before converted into color. Then convert it into CCT so as to produce a temperature value in kelvins. In this study, singlemode, multimode, singlemode-multimode fiber are used. The connection to each optical fiber and light source uses a Fusion Splicer and Visual Fault Locator with a wavelength of 660 nm and 680 nm, respectively. Results show that the higher the temperature, the farther the wavelength shift. The singlemode-multimode cable has the farthest shift value of 8.44 nm at 660 nm and 9.3 nm at 680 nm. Singlemode-multimode cable has the best measurement accuracy value. Because at a wavelength of 660 nm, the difference between the temperature values measured on the thermocouple and those calculated on the matlab has an average percentage of 0.54%. Meanwhile, at a wavelength of 680 nm it is 0.63%.

Keywords— Temperature, Wavelength, Optical Fiber, Singlemode, Multimode, Singlemode-Multimode.

Abstrak— Kenaikan suhu pada fiber optik mengakibatkan kenaikan indeks bias dan Numerical Aperture, sehingga terjadinya rugi penyebaran dan penyerapan pada fiber optik. Maka dianggap perlu dilakukan penelitian yang membahas tentang pengaruh perubahan suhu terhadap panjang gelombang pada media fiber optik berstruktur Singlemode-Multimode yang dihubungkan secara aksial. Fiber optik yang terhubung pada OSA dipanaskan menggunakan pemanas akan menunjukkan nilai panjang gelombang, nilai tersebut dikonversikan ke dalam warna. Kemudian mengkonversi ke dalam CCT sehingga menghasilkan nilai suhu dalam satuan kelvin. Pada penelitian ini menggunakan media fiber optik dengan struktur yang berbeda-beda yaitu singlemode, multimode, singlemode-multimode. Penyambungan pada tiap-tiap fiber optik menggunakan Fusion Splicer. Untuk sumber cahaya menggunakan Visual Fault Locator dengan panjang gelombang 660 nm dan 680 nm. Berdasarkan hasil pengujian dapat disimpulkan bahwa semakin tinggi suhu yang diberikan, maka semakin jauh pergeseran panjang gelombang. Kabel singlemode-multimode memiliki nilai pergeseran paling jauh yaitu sebesar 8,44 nm pada panjang gelombang 660 nm, serta sebesar 9,3 nm pada panjang gelombang 680 nm. Kabel singlemode-multimode memiliki nilai akurasi pengukuran paling baik. Karena pada panjang gelombang 660 nm, selisih antara nilai suhu yang terukur pada thermocouple dan yang terhitung pada matlab memiliki persentase rata-rata sebesar 0,54%. Sementara pada panjang gelombang 680 nm sebesar 0,63%.

Kata kunci— Suhu, Panjang Gelombang, Fiber Optik, Singlemode, Multimode, Singlemode-Multimode

I. PENDAHULUAN

Teknologi fiber optik sangat berkembang penggunaannya di Indonesia baik di bidang telekomunikasi, komputer, industri, peralatan kedokteran, maupun di bidang aplikasi militer dan masyarakat umum. Teknologi ini merupakan sistem jaringan komunikasi yang dalam pengiriman dan penerimaan sinyal informasinya yang berupa berkas cahaya, menggunakan sumber optik dan detektor optik, dengan fiber optik sebagai media transmisinya [1].

Salah satu permasalahan yang tidak dapat dihindari oleh fiber optik adalah karena letak geografis Indonesia yang berada di garis khatulistiwa mengakibatkan tingginya suhu rata rata tahunan[2]. Kenaikan suhu mengakibatkan kenaikan indeks bias dan Numerical Aperture, sehingga terjadinya rugi penyebaran dan penyerapan pada fiber optik[3].

Dengan adanya hal itu maka dianggap perlu dilakukan penelitian yang membahas tentang pengaruh perubahan suhu terhadap panjang gelombang pada media fiber optik berstruktur *Singlemode-Multimode* yang dihubungkan secara aksial. Dipilihnya fiber optik berstruktur *Singlemode-Multimode* dikarenakan sensitif terhadap temperatur dan regangan, memiliki sensitivitas yang tinggi, tidak membutuhkan waktu yang lama saat proses fabrikasi dan biaya yang relatif murah[4].

Pada penelitian sebelumnya telah dilakukan pengukuran suhu menggunakan media fiber optik berdasarkan nilai panjang gelombang[2]. Berdasarkan penelitian diatas maka pada penelitian ini akan dilakukan analisis perubahan suhu terhadap nilai panjang gelombang pada media fiber optik berstruktur *singlemode-multimode* yang bertujuan untuk mengetahui pengaruh perubahan suhu menggunakan OSA dan

pemanas berdasarkan pendekatan matematis suhu dan panjang gelombang pada fiber optik.

Fiber optik merupakan sebuah bahan transparan yang sangat jernih atau kabel yang terbuat dari bahan semacam ini, yang dapat digunakan untuk mentransmisikan gelombang cahaya. Sistem fiber optik adalah sistem komunikasi data dan suara, atau cabang ilmu yang berurusan dengan sistem komunikasi, yang memanfaatkan fiber optik sebagai medium transmisinya. Fiber atau serat adalah sebutan singkat yang sering digunakan untuk kedua hal di atas di dalam berbagai situasi praktis. Maka, boleh juga dikatakan bahwa fiber digunakan pada sebuah sistem fiber[5]. Dua jenis fiber optik meliputi:

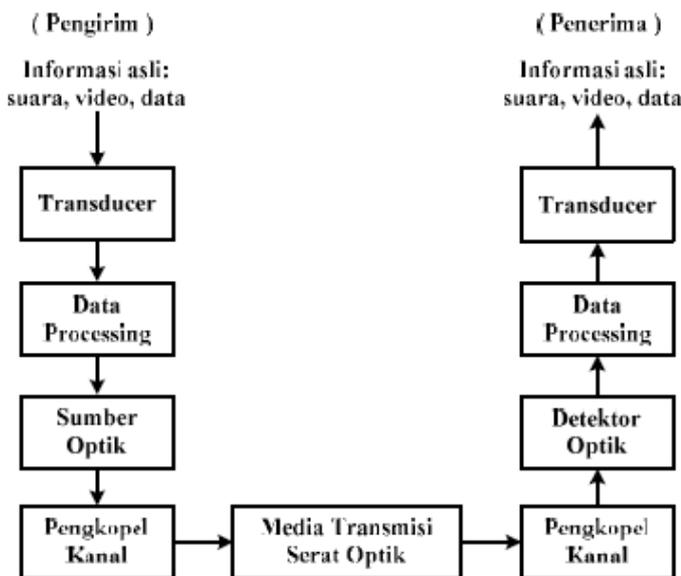
a. *Singlemode*

Fiber optik *singlemode* adalah sebuah sistem transmisi data berwujud cahaya yang didalamnya terdapat satu buah cahaya yang merambat di sepanjang fiber optik tanpa adanya pemantulan[4].

b. *Multimode*

Fiber optik *multimode* merupakan teknologi transmisi data dengan memanfaatkan beberapa indeks cahaya yang terdapat di dalamnya. Fiber optik *multimode* dapat mentransmisikan cahaya dengan cara melakukan pemantulan berulang-ulang melalui permukaan cladding hingga sampai ke arah panduan[4].

Gambar 1 menunjukkan diagram transmisi fiber optik. Informasi yang berupa suara, video dan data akan diubah oleh transducer menjadi sinyal informasi elektrik. Sinyal kan disesuaikan agar dapat dimodulasikan pada sumber optik pada saat data processing. Sumber optik mengubah sinyal elektrik menjadi sinyal informasi optik. Sejumlah daya diberikan oleh pengkoppel kanal (masukan) ke media transmisi fiber optik agar sinyal informasi optik dapat diterima pada sisi penerima setelah melalui saluran fiber optik. Lalu sinyal informasi optik diubah kembali menjadi sinyal informasi elektrik. Dan setelah disesuaikan, sinyal informasi elektrik diubah menjadi informasi aslinya oleh suatu transducer[1].

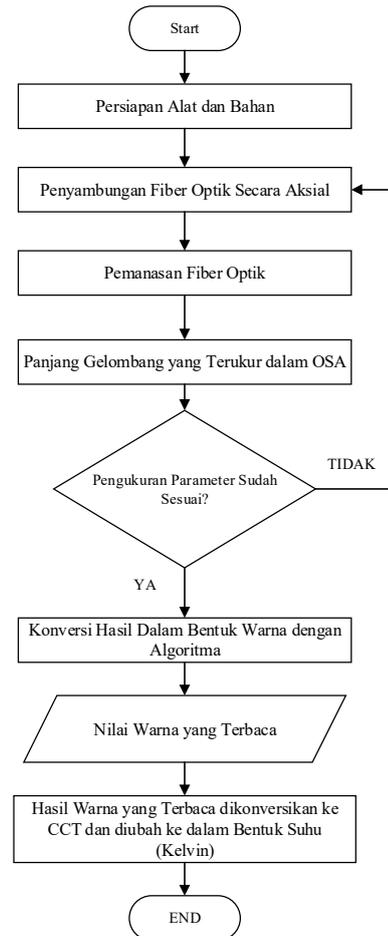


Gambar 1 Komunikasi Fiber Optik[1]

II. METODE

A. *Penentuan Prosedur dan Parameter*

Perancangan proses yang dikerjakan akan dijelaskan pada gambar 2



Gambar 2 Flowchart Sistem Pengukuran Suhu dan panjang gelombang

Pada diagram alir sistem penelitian diatas langkah pertama yang dilakukan adalah menyiapkan alat dan bahan yang akan digunakan. Langkah selanjutnya adalah melakukan pemanasan pada media fiber optik menggunakan pemanas. Fiber optik yang terhubung pada OSA akan menunjukkan nilai panjang gelombang dari fiber optik dan nilai panjang gelombang tersebut dapat dikonversikan ke dalam warna dengan menggunakan algoritma. Kemudian mengkonversi hasil perhitungan melalui algoritma ke dalam CCT sehingga menghasilkan nilai suhu dalam satuan kelvin. Pada penelitian ini menggunakan media fiber optik dengan struktur yang berbeda-beda yaitu *singlemode*, *multimode*, *singlemode-multimode*. Penyambungan pada tiap-tiap fiber optik dilakukan secara aksil dengan menggunakan Fusion Splicer. Untuk sumber cahaya yang ditransmisikan melalui fiber optik menggunakan Visual Fault Locator dengan panjang gelombang 660 nm dan 680 nm.

Beberapa peralatan dan istilah yang digunakan meliputi:

1) *Optical Spectrum Analyzer* :

Sistem kerja dari Optical Spectrum Analyzer sendiri adalah ketika cahaya yang masuk melewati sebuah wavelength-

tunable filter optik (monokromator atau interferometer). Photodetector kemudian mengkonversi sinyal optik menjadi arus listrik yang sebanding dengan daya optik. Arus dari photodetector diubah menjadi tegangan oleh penguat transimpedansi dan kemudian di digitalkan. Sinyal yang tersisa dari pengolahan, seperti menerapkan faktor pengoreksi, dilakukan secara digital. Sinyal kemudian diterapkan kedalam tampilan vertikal, atau amplitudo, data. Ramp generator menentukan lokasi horizontal dari trace saat sweep dari kiri ke kanan. Ramp juga menyetel filter optik sehingga panjang gelombang resonan proposional dengan posisi horizontal.

2) *Hotplate Magnetic Stirrer*

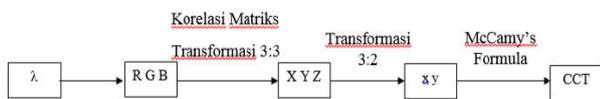
Prinsip kerja hotplate didasarkan pada proses perubahan energi listrik menjadi energi panas yang terjadi pada alas hotplate yang merupakan sebuah konduktor. Jadi, energi listrik yang berasal dari listrik yang mengalir ke hotplate, diubah menjadi energi panas pada alas/lempeng hotplate. Ini yang menyebabkan hotplate menjadi panas. Kemudian sebagian besar hotplate dilengkapi dengan magnetic stirrer. Fungsinya adalah untuk melakukan pengadukan dengan menggunakan stirrer magnet yang dicelup pada sampel.

3) *Thermocouple*

Prinsip kerja Termokopel cukup mudah dan sederhana. Pada dasarnya Termokopel hanya terdiri dari dua kawat logam konduktor yang berbeda jenis dan digabungkan ujungnya. Satu jenis logam konduktor yang terdapat pada Termokopel akan berfungsi sebagai referensi dengan suhu konstan (tetap) sedangkan yang satunya lagi sebagai logam konduktor yang mendeteksi suhu panas.

4) *Correlated Colour Temperature*

Nilai CCT dapat diperoleh dengan cara mencari nilai panjang gelombang melalui pengukuran, lalu nilai panjang gelombang tersebut diubah menjadi nilai RGB. Selanjutnya, merubah nilai RGB tersebut ke dalam nilai XYZ dengan menggunakan persamaan korelasi matriks transformasi 3 dimensi. Nilai XYZ tadi diubah dalam bentuk XY atau diproses menjadi transformasi 2 dimensi sesuai dengan persamaan yang ada. Setelah nilai XY didapatkan dengan menggunakan formula McCamy's maka akan didapatkan nilai CCT. Untuk mencari nilai CCT dapat ditemukan dengan menggunakan persamaan berikut[6]:



Gambar 3 diagram blok konversi panjang gelombang ke CCT

a. *Konversi Panjang Gelombang ke RGB*

Nilai panjang gelombang dapat di konversikan ke nilai RGB sebagai berikut :

$$R = 256e - \left(\frac{\lambda - \frac{b+a}{2}}{\frac{b-a}{2}} \right)^2 \dots\dots\dots(1)$$

$$G = 256e - \left(\frac{\lambda - \frac{b+a}{2}}{\frac{b-a}{2}} \right)^2 \dots\dots\dots(2)$$

$$B = 256e - \left(\frac{\lambda - \frac{b+a}{2}}{\frac{b-a}{2}} \right)^2 \dots\dots\dots(3)$$

b. *Konversi RGB ke XYZ*

$$X = (-0.14282)(R)+(1.54924)(G)+(-0.95641)(B)\dots\dots\dots(4)$$

$$Y = (-0.32466)(R)+(1.57837)(G)+(-0.73191)(B)\dots\dots\dots(5)$$

$$Z = (-0.68202)(R)+(0.77073)(G)+(0.56332)(B)\dots\dots\dots(6)$$

c. *Konversi XYZ ke xy*

Setelah mendapatkan nilai XYZ yang merupakan bentuk 3 dimensi, kemudian di transformasi menjadi 2 dimensi dengan persamaan [7] berikut:

$$x = \frac{X}{X+Y+Z} \dots\dots\dots(7)$$

$$y = \frac{Y}{X+Y+Z} \dots\dots\dots(8)$$

d. *Konversi xy ke CCT*

Sebelum masuk pada perhitungan CCT dicari terlebih dahulu nilai n dengan persamaan [7] berikut :

$$n = \frac{x-0,3320}{0,1858-y} \dots\dots\dots(9)$$

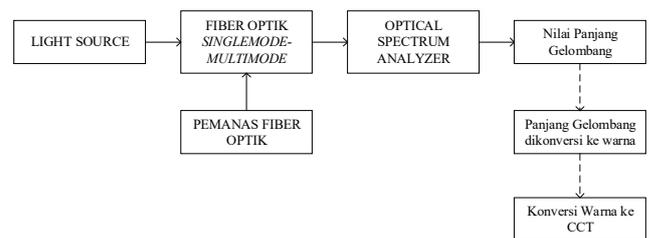
Setelah mendapatkan nilai xy kemudian dilakukan perhitungan ke CCT dengan persamaan[8] :

$$CCT = 449n^3 + 3525n^2 + 6823,3n + 624,13 \dots\dots\dots(10)$$

5) *Laser Optik*

Fiber Visual Fault Locator (VFL) adalah alat penting untuk setiap fiber tool kit Optik. Alat ini memungkinkan untuk dengan cepat mengidentifikasi kerusakan atau makro dalam serat optik, dan mengidentifikasi sambungan fusi yang buruk dalam multimode atau serat optik mode tunggal. VFL biasanya menggunakan sumber cahaya laser merah (635-690nm). Daya keluaran optik laser biasanya 1 mW atau kurang. Karena daya output optik yang tinggi, Anda tidak boleh melihat output VFL secara langsung. Visual Fault Locator tersedia dalam berbagai bentuk dan ukuran. Beberapa mungkin terlihat seperti pena, yang lain mungkin dibangun ke dalam optometer waktu domain optik (OTDR).

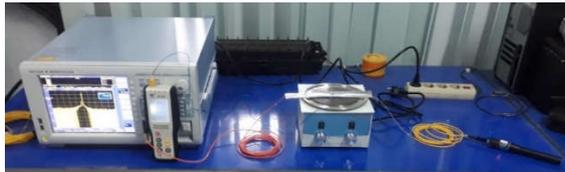
B. *Diagram Blok Pengukuran dan Perhitungan Pada Media Fiber Optik*



Gambar 4 Diagram Pengamatan Panjang Gelombang

Pada perencanaan alat uji pengukuran ini terdapat visual fault locator dengan panjang gelombang 660 nm dan 680 nm yang akan digunakan sebagai sumber cahaya. Dimana cahaya yang dihasilkan oleh laser akan ditransmisikan melalui serat optik berstruktur singlemode, multimode, serta singlemode dan multimode yang disambungkan (singlemode-multimode)

dengan menggunakan fusion splicer. Cahaya yang berada dalam fiber optik akan sulit keluar karena indeks bias dari kaca pada bahan fiber optic lebih besar dibandingkan indeks bias dari udara. Pada bagian tengah fiber optik dilakukan pengelupasan hingga menyisakan cladding, lalu dilakukan pemanasan menggunakan hotplate magnetic stirrer(pemanas) dengan bantuan plat aluminium yang di clamp pada bagian cladding. Lalu panas yang dihasilkan oleh pemanas akan mempengaruhi cahaya yang ditransmisikan. Kemudian akan dilakukan pengukuran dimana pemanasan dimulai dari suhu ruang 30 derajat celcius hingga 400 derajat celcius dengan interval 15 derajat celcius, dengan bantuan alat ukur berupa Optical Spectrum Analyzer yang akan mengukur nilai panjang gelombang. Nilai panjang gelombang akan dikonversi ke dalam nilai CCT.



Gambar 5 Proses pengukuran pada singlemode-multimode

Pengambilan data menggunakan beberapa perangkat antara lain adalah Yokogawa AQ6370D Series Optical Spectrum Analyzer, Pemanas hotplate magnetic stirrer, Thermocouple Digital. Dan perangkat tambahan lainnya berupa kabel *Singlemode*, kabel *multimode*, Visual Fault Locator, Fiber Cleaver, Stripper, Fusion Splicer, konektor FC.

III. HASIL DAN PEMBAHASAN

A. Hasil pengukuran panjang gelombang pada kabel singlemode-multimode dengan sumber panjang gelombang 660 nm

TABEL I
PENGUKURAN PANJANG GELOMBANG SINGLEMODE-MULTIMODE 660 NM

No.	Suhu (C)	λ (nm)	Δ λ (nm)
1	30	660,2	0
2	45	660,51	0,31
3	60	660,89	0,38
4	75	661,21	0,32
5	90	661,51	0,3
6	105	661,93	0,42
7	120	662,26	0,33
8	135	662,58	0,32
9	150	662,84	0,26
10	165	663,21	0,37
11	180	663,54	0,33
12	195	663,87	0,33
13	210	664,27	0,4
14	225	664,55	0,28
15	240	664,95	0,4
16	255	665,27	0,32
17	270	665,57	0,3
18	285	665,96	0,39
19	300	666,25	0,29

No.	Suhu (C)	λ (nm)	Δ λ (nm)
20	315	666,59	0,34
21	330	666,92	0,33
22	345	667,27	0,35
23	360	667,64	0,37
24	375	667,98	0,34
25	390	668,39	0,41
26	400	668,62	0,23

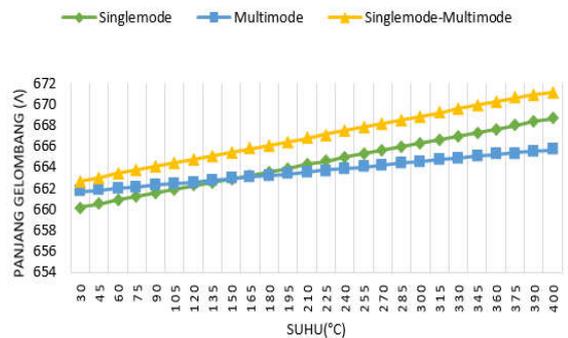
Δ λ Rata-rata 0,32

Pada tabel 1 nilai panjang gelombang awal sebelum kabel fiber optik dipanaskan sebesar 662,7 nm. Pada saat suhu dinaikkan sebesar 15°C menjadi 45°C nilai panjang gelombang menjadi 663,03 nm atau bergeser 0,33 nm. Nilai panjang gelombang menjadi 663,4 nm atau bergeser 0,37 nm ketika suhu kembali dinaikkan sebesar 15°C menjadi 60°C. Dengan suhu yang terus dinaikkan dengan interval 15°C, pada suhu 400°C nilai panjang gelombang sebesar 671,14 nm. Nilai total pergeseran panjang gelombang pada kabel singlemode-multimode sebesar 8,44 nm. sementara untuk nilai rata-rata pergeseran panjang gelombang ketika suhu dinaikkan tiap 15°C sebesar 0,32 nm, yang dapat dihitung dengan persamaan[9] :

$$\Delta \lambda \text{ Rata - rata} = \frac{\Sigma \text{Pergeseran } \lambda}{\text{banyak data}}$$

$$= \frac{8,44}{26}$$

$$= 0,32 \text{ nm}$$



Gambar 6 Grafik Perbandingan Panjang Gelombang 3 kabel dengan sumber cahaya 660 nm

B. Hasil pengukuran panjang gelombang pada kabel singlemode-multimode dengan sumber panjang gelombang 680 nm

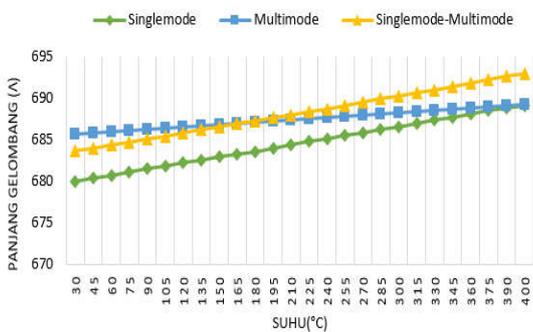
TABEL II PENGUKURAN PANJANG GELOMBANG SINGLEMODE-MULTIMODE 660 NM

No.	Suhu (C)	λ (nm)	Δ λ (nm)
1	30	662,7	0
2	45	663,03	0,33
3	60	663,4	0,37
4	75	663,75	0,35
5	90	664,1	0,35
6	105	664,38	0,28
7	120	664,76	0,38

No.	Suhu (C)	λ (nm)	Δ λ (nm)
8	135	665,04	0,28
9	150	665,41	0,37
10	165	665,78	0,37
11	180	666,07	0,29
12	195	666,42	0,35
13	210	666,76	0,34
14	225	667,11	0,35
15	240	667,45	0,34
16	255	667,83	0,38
17	270	668,17	0,34
18	285	668,49	0,32
19	300	668,82	0,33
20	315	669,19	0,37
21	330	669,56	0,37
22	345	669,9	0,34
23	360	670,25	0,35
24	375	670,62	0,37
25	390	670,95	0,33
26	400	671,14	0,19
Δ λ Rata-rata			0,32

Pada tabel 2 nilai panjang gelombang awal sebelum kabel fiber optik dipanaskan sebesar 683,6 nm. Pada saat suhu dinaikkan sebesar 15°C menjadi 45°C nilai panjang gelombang menjadi 683,95 nm atau bergeser 0,35 nm. Nilai panjang gelombang menjadi 684,34 nm atau bergeser 0,39 nm ketika suhu kembali dinaikkan sebesar 15°C menjadi 60°C. Dengan suhu yang terus dinaikkan dengan interval 15°C, pada suhu 400°C nilai panjang gelombang sebesar 692,9 nm. Nilai total pergeseran panjang gelombang pada kabel singlemode-multimode sebesar 9,3 nm. Sementara untuk nilai rata-rata pergeseran panjang gelombang ketika suhu dinaikkan tiap 15°C sebesar 0,36 nm, yang dapat dihitung dengan menggunakan persamaan berikut[9] :

$$\begin{aligned} \Delta \lambda \text{ Rata - rata} &= \frac{\Sigma \text{Pergeseran } \lambda}{\text{banyak data}} \\ &= \frac{9,3}{26} \\ &= 0,36 \text{ nm} \end{aligned}$$



Gambar 7 Grafik Perbandingan Panjang Gelombang 3 kabel dengan sumber cahaya 680 nm

C. Konversi ke CCT kabel Singlemode-Multimode 660 nm

TABEL III
KONVERSI KE CCT SINGLEMODE-MULTIMODE 660 NM

No.	Suhu Terukur (C)	CCT Terhitung (C)	%Error
1	30	30,023	0,08
2	45	44,574	0,95
3	60	60,903	1,51
4	75	76,361	1,81
5	90	91,826	2,03
6	105	104,2	0,76
7	120	120,99	0,82
8	135	133,36	1,21
9	150	149,7	0,2
10	165	166,03	0,62
11	180	178,81	0,66
12	195	194,22	0,4
13	210	209,17	0,4
14	225	224,52	0,21
15	240	239,39	0,25
16	255	255,98	0,38
17	270	269,89	0,04
18	285	284,63	0,13
19	300	298,88	0,37
20	315	314,79	0,07
21	330	330,61	0,18
22	345	345,07	0,02
23	360	359,86	0,04
24	375	375,4	0,11
25	390	389,15	0,22
26	400	397,02	0,75
% Rata - Rata			0,54

Pada kabel *singlemode-multimode* 660 nm dipanaskan dengan suhu 60°C didapatkan nilai panjang gelombang 663,4 nm. Nilai panjang gelombang yang terukur dapat dikonversikan menggunakan CCT untuk mendapatkan nilai suhu yang terhitung, perhitungan CCT dapat menggunakan persamaan berikut :

1) Konversi Panjang Gelombang ke RGB

$$1. R = 256e^{-\left(\frac{663.4 - \frac{850+650}{2}}{850-650}\right)^2} = 244,278$$

$$2. G = 256e^{-\left(\frac{663.4 - \frac{790+630}{2}}{790-630}\right)^2} = 250,628$$

$$B = 256e^{-\left(\frac{663.4 - \frac{620+500}{2}}{620-500}\right)^2} = 212,631$$

2) Konversi RGB ke XYZ

$$X = (-0.14282)(244,278) + (1.54924)(250,628) + (-0.95641)(212,631) = 150,033$$

$$Y = (-0.32466)(244,278) + (1.57837)(250,628) + (-0.73191)(212,631) = 160,65$$

$$Z = (-0.84379)(244,278) + (0.75797)(250,628) + (4.99472)(212,631) = 1045,88$$

3) Konversi xy ke CCT

$$x = \frac{150,33}{(150,33 + 160,65 + 1045,88)} = 0,1106$$

$$y = \frac{160,65}{(150,33 + 160,65 + 1045,88)} = 0,1184$$

4) Konversi xy ke CCT

$$n = \frac{(0,1106 - 0,3320)}{(0,1858 - 0,1184)} = -3,286$$

$$CCT = 449(-3,286)^3 + 3525(-3,286)^2 + 6823,3(-3,286) + 624,13 = 333,903^{\circ}K$$

$$celcius = 333,903 - 273$$

$$CCT = 60,903^{\circ}C$$

5) Nilai Error antara pengukuran dan perhitungan

Untuk mengetahui nilai error antara nilai pengukuran dengan nilai perhitungan menggunakan matlab, maka nilai error dapat dicari dengan cara [10] :

$$\%Error = \frac{|60 - 60,903|}{60} \times 100 = 1,51\%$$

D. Konversi ke CCT kabel Singlemode-Multimode 680 nm

TABEL IV
KONVERSI KE CCT SINGLEMODE-MULTIMODE 680 NM

No.	Suhu Terukur (C)	CCT Terhitung (C)	%Error
1	30	30,462	1,54
2	45	44,647	0,78
3	60	60,465	0,78
4	75	72,637	3,15
5	90	89,278	0,8
6	105	104,7	0,29
7	120	122,15	1,79
8	135	135,94	0,7
9	150	151,75	1,17
10	165	163,9	0,67
11	180	178,46	0,86
12	195	195,02	0,01
13	210	208,32	0,8
14	225	224,81	0,08
15	240	238,45	0,65
16	255	255,25	0,1
17	270	269,6	0,15
18	285	284,7	0,11
19	300	299,73	0,09
20	315	314,29	0,23
21	330	328,79	0,37
22	345	343,2	0,52
23	360	359,46	0,15
24	375	375,21	0,06
25	390	391,22	0,31
26	400	401,05	0,26
% Rata - Rata			0,63

Pada kabel *singlemode-multimode* 680 nm dipanaskan dengan suhu 60°C didapatkan nilai panjang gelombang 684,34 nm. Nilai panjang gelombang yang terukur dapat dikonversikan

menggunakan CCT untuk mendapatkan nilai suhu yang terhitung, perhitungan CCT dapat menggunakan persamaan berikut :

1) Konversi Panjang Gelombang ke RGB

$$3. R = 256e^{-\left(\frac{684,34 - \frac{850+650}{2}}{850-650}\right)^2} = 249,19$$

$$4. G = 256e^{-\left(\frac{684,34 - \frac{790+630}{2}}{790-630}\right)^2} = 254,36$$

$$B = 256e^{-\left(\frac{684,34 - \frac{620+500}{2}}{620-500}\right)^2} = 195,736$$

2) Konversi RGB ke XYZ

$$X = (-0,14282)(249,19) + (1,54924)(254,36) + (-0,95641)(195,736) = 171,27$$

$$Y = (-0,32466)(249,19) + (1,57837)(254,36) + (-0,73191)(195,736) = 177,31$$

$$Z = (-0,84379)(249,19) + (1,41915)(254,36) + (4,99472)(195,736) = 1128,35$$

3) Konversi XYZ ke xy

$$x = \frac{171,27}{(171,27 + 177,31 + 1128,35)} = 0,11596$$

$$y = \frac{177,31}{(171,27 + 177,31 + 1128,35)} = 0,12005$$

4) Konversi xy ke CCT

$$n = \frac{(0,11596 - 0,3320)}{(0,1858 - 0,12005)} = -3,286$$

$$CCT = 449(-3,286)^3 + 3525(-3,286)^2 + 6823,3(-3,286) + 624,13 = 333,465^{\circ}K$$

$$celcius = 333,465 - 273$$

$$= 60,465^{\circ}C$$

5) Konversi xy ke CCT

Untuk mengetahui nilai error antara nilai pengukuran dengan nilai perhitungan menggunakan matlab, maka nilai error dapat dicari dengan cara [10] :

$$\%Error = \frac{|60 - 60,465|}{60} \times 100 = 0,78\%$$

IV. KESIMPULAN

Variasi suhu yang diberikan menghasilkan kesimpulan bahwa semakin tinggi suhu yang diberikan, maka semakin jauh pergeseran panjang gelombang. Kabel *singlemode-multimode* memiliki nilai pergeseran paling jauh di antara 3 jenis struktur kabel lain. Pada sumber panjang gelombang 660 nm, nilai pergeseran panjang gelombang sebesar 8,44 nm dengan nilai pergeseran rata-rata tiap 15°C sebesar 0,32 nm. Pada sumber panjang gelombang 680 nm, nilai pergeseran panjang gelombang sebesar 9,3 nm dengan nilai pergeseran rata-rata tiap 15°C sebesar 0,36 nm.

Kabel *singlemode-multimode* memiliki nilai akurasi pengukuran paling baik. Karena pada panjang gelombang 660

nm, selisih antara nilai suhu yang terukur pada thermocouple dan yang terhitung pada matlab memiliki persentase rata-rata sebesar 0,54%. Sementara pada panjang gelombang 680 nm sebesar 0,63%.

REFERENSI

- [1] A. Hanafiah R, "Teknologi Serat Optik," J. Sist. Tek. Ind., vol. 7, no. 1, pp. 87–91, 2006.
- [2] A. G. Gumilang, Y. H. P. Isnomo, and Waluyo, "pengukuran suhu menggunakan media fiber optik berdasarkan nilai panjang gelombang," pp. 1–10, 2019.
- [3] N. H. Kunlavia, S. H. Pramono, and S. N. Sari, "Pengaruh temperatur terhadap kinerja plastic optical fiber (pof) jenis step index multimode pada sistem komunikasi serat optik," 2005.
- [4] A. Rino, "Kajian Eksperimental Sensor Pergeseran Rentang Panjang Menggunakan Serat Optik Berstruktur Singlemode Singlemode (SMS)," 2014.
- [5] H. P. Utoyo, "Uji Sensitivitas Sensor Suhu Berbasis Fiber Optik Polymer (Pof) Yang Berbentuk Spiral Dan Berjaket Gel," 2017.
- [6] Y. H. P. Isnomo, M. N. Zakaria, M. Junus, M. A. Anshori, and A. Aisah, "Optical fiber temperature sensor design," IOP Conf. Ser. Mater. Sci. Eng., vol. 732, no. 1, 2020.
- [7] Joe Smith, Calculating Color Temperature and Illuminance using the TAO TCS3414CS Digital Color Sensor, vol. 43, no. figure 1. 2009.
- [8] C. Tatu, "Correlated color temperature determination for led modules using a digital color sensor," UPB Sci. Bull. Ser. A Appl. Math. Phys., vol. 75, no. 1, pp. 225–232, 2013.
- [9] Sugiyono, "Statistik Untuk Penelitian.pdf." pp. 1–370, 2007.
- [10] Harinaldi, Prinsip-prinsip Statistik untuk Teknik dan Sains. Erlangga, 2005.