

PENGARUH TEMPERATUR TERHADAP KINERJA *PLASTIC OPTICAL FIBER (POF)* JENIS *STEP INDEX MULTIMODE* PADA SISTEM KOMUNIKASI SERAT OPTIK

Nilfa Hartati Kunlavia,¹, Dr. Ir. Sholeh Hadi Pramono, MS.², Sapriesty Nainy Sari, S.T, M.T.²

¹Mahasiswa Teknik Elektro Univ. Brawijaya, ²Dosen Teknik Elektro Univ. Brawijaya

Jurusan Teknik Elektro Fakultas Teknik Universitas Brawijaya

Jalan MT. Haryono 167, Malang 65145, Indonesia

E-mail: nilfahk@gmail.com

Abstract—The temperature changes in the Plastic Optical Fiber (POF) will affect fiber optic transmission network performance. Changes in performance is due to the change in refractive index, Numerical Aperture (NA), acceptance angle and refraction angle. This research will analyze the effect of temperature changes on the POF performance. The study began by measuring performance using the optical transmitter is LED SHF 756V with wavelength 660nm, fiber optic is step index POF, and optical receiver is photodiode LED SHF 250V. The temperature changes is observed between 20°C to 65°C. The results showed exponential changes in error bit due to temperature changes. The errors are shown at temperature 30°C to 65°C with BER value are respectively $9,375 \times 10^{-6}$ and $2,5 \times 10^{-5}$. The value of noise constant at 40°C to 65°C with a value SNR about 8.1 dB and noise margin around 68.5%. Timing jitter increase linearly at temperature 20C to 65 respectively by 6,15% and 7.88%. The bit rate showed little change at temperature between 20°C to 65°C that is equal to 31,969 Kbps to 31,776 Kbps.

Index Terms—Noise, POF, Performance, Temperature

Abstrak—Perubahan temperatur terhadap *Plastic Optical Fiber (POF)* akan mempengaruhi kinerja sistem jaringan transmisi serat optik. Perubahan kinerja terjadi karena adanya perubahan indeks bias, *Numerical Aperture (NA)*, sudut datang dan sudut bias. Pada penelitian ini akan dilakukan analisis besarnya pengaruh perubahan temperatur terhadap kinerja POF. Penelitian dimulai dengan melakukan pengukuran kinerja, dengan menggunakan perangkat sumber optik yaitu LED tipe SFH756V dengan panjang gelombang 660 nm, media transmisi POF jenis *step index multimode*, dan detektor optik yaitu *photodiode* tipe SFH 250V. Perubahan temperatur yang dikaji yaitu antara 20°C sampai 65°C. Hasil penelitian menunjukkan bahwa ada perubahan secara eksponensial kesalahan bit data yang dikirim terhadap perubahan temperatur. Kesalahan ini ditunjukkan pada temperatur 30°C hingga 65°C dengan nilai BER secara berturut-turut adalah $9,375 \times 10^{-6}$ dan $2,5 \times 10^{-5}$. Besar *noise* ditunjukkan konstan pada suhu 40°C sampai 65°C dengan nilai SNR sekitar 8,1dB dan *noise margin* sekitar 68,5%. *Timing jitter* naik secara linier pada temperatur 20°C hingga 65°C secara berturut-turut sebesar 6,15% dan 7,88%. *Bit rate* menunjukkan perubahan yang kecil antara temperatur 20°C sampai 65°C yaitu sebesar 31,969Kbps sampai dengan 31,776Kbps.

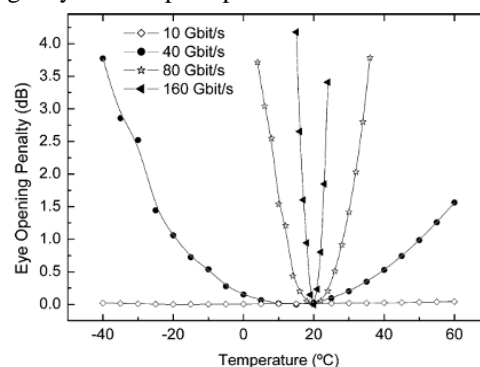
Kata Kunci— Noise, Kinerja, POF, Temperatur

I. PENDAHULUAN

Jenis serat optik saat ini sangat bervariasi, salah satu contoh yaitu serat optik plastik. Beberapa kelebihan dari *plastic optical fiber (POF)* adalah instalasi mudah, bebas dari *Electro Magnetic Interference (EMI)*, dan biaya instalasi lebih murah dibandingkan serat optik bahan silika. Kendala yang dihadapi POF adalah tidak dapat digunakan pada jarak jauh[1]. Hal ini disebabkan oleh besarnya redaman pada POF dibanding serat optik bahan silika.

Aspek lain yang menyebabkan peningkatan redaman pada POF adalah perubahan temperatur yang ada pada lingkungan sekitarnya. Kenaikan temperatur mengakibatkan kenaikan nilai indeks bias dan NA, sehingga terjadinya rugi penyebaran dan penyerapan pada serat.

Penelitian pengaruh temperatur terhadap serat optik kaca sudah dilakukan sebelumnya. Gohen et al [2] meneliti perubahan indeks bias pada serat optik bahan core silika (SiO_2). Hasil penelitian menunjukkan perubahan indeks bias pada silika adalah $1 \times 10^{-5}/^\circ\text{C}$. Selain itu, tidak terjadi perubahan yang signifikan pada rugi-rugi daya dan dispersi pulsa.



Gambar 1. Grafik Hubungan Eye Opening Penalty Terhadap Temperatur Dengan Variasi Bit Rate[3]

Pada tahun 2005, Paul S, Andre meneliti pengaruh temperatur terhadap sistem komunikasi serat optik pada *bitrate* 40Gbps [3]. Hasil penelitian menunjukkan bahwa penurunan *bit rate* disebabkan penurunan daya pada sistem transmisi. Gambar 1 menunjukkan hubungan *eye opening penalty* terhadap temperatur. Pada transmisi data dengan *bit rate* tinggi (≤ 40 Gbps), temperatur sangat mempengaruhi besar *eye penalty*. Sebaliknya,

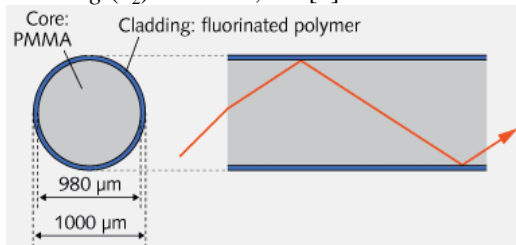
pada transmisi data dengan *bit rate* rendah, temperatur tidak mempengaruhi besar *eye penalty*.

Penelitian-penelitian tersebut menjadi dasar pertimbangan untuk dilakukan penelitian lebih lanjut, yaitu pengaruh temperatur terhadap kinerja *Plastic Optical Fiber* (POF) jenis *step index multimode* pada sistem komunikasi serat optik. Parameter yang akan dikaji dalam penelitian adalah *Bit Error Rate* (BER) dan *eye pattern* untuk mengetahui nilai *noise margin*, SNR, *timing jitter*, dan *bit rate*. Hasil penelitian ini diharapkan menjadi bahan masukan untuk peningkatan kinerja POF.

II. TINJAUAN PUSTAKA

Sistem komunikasi serat optik secara konseptual terdiri dari sumber optik, serat optik, dan detektor optik. Sumber optik berfungsi untuk mengirimkan sinyal informasi berupa pulsa cahaya dan selanjutnya ditransmisikan melalui serat optik, terakhir diterima detektor optik. Sinyal keluaran detektor optik berupa sinyal elektrik dalam bentuk pulsa digital [4].

Sumber optik yang digunakan adalah *Light Emitting Diode* (LED) SHF 756V dengan panjang gelombang 660 nm [5]. POF yang digunakan pada penelitian ini yaitu jenis *step-index multimode* terbuat dari bahan *core poli metil metakrilat* (PMMA) dan bahan *cladding terfluorinasi* PMMA. POF jenis ini sudah menjadi standar pada IEC 60793-2-40 kelas A4a, A4b, dan A4c. Diameter serat sebesar 1 mm yang terdiri dari core 980µm dan cladding 20µm seperti pada Gambar 2, dengan indeks bias *core* (n_1) sebesar 1,492 dan indeks bias *cladding* (n_2) sebesar 1,406 [6].



Gambar 2. *Plastic Optical Fiber*[7]

Detektor optik yang digunakan penelitian ini adalah *photo diode* SFH250V yang memiliki kemampuan menerima cahaya dengan rentang panjang gelombang 440 nm-1100nm [5].

Perilaku serat optik sebagai media transmisi akan berubah ketika serat optik mendapatkan perlakuan dengan temperatur yang bervariasi. Temperatur maksimum pada POF bahan PMMA yaitu 85°C, sehingga mengakibatkan kinerja sistem transmisi akan turun secara signifikan. Perubahan material terjadi pada suhu 115°C, hal ini menunjukkan bahwa POF sudah tidak dapat lagi melakukan transmisi data [6].

Perubahan karakteristik transmisi data pada serat optik dapat dilihat melalui suatu indikator, yaitu melalui pengukuran BER dan *eye pattern*. BER adalah perbandingan banyaknya bit *error* dengan banyaknya bit yang ditransmisikan. BER dalam sistem transmisi serat optik berkisar antara 10^{-9} sampai 10^{-15} [8]. Menurut ketentuan ITU-T G.691, ITU-T G.692 dan ITU-T G.693, nilai BER maksimum adalah 10^{-12} [9]. BER dapat dinyatakan dengan Persamaan (1) [10].

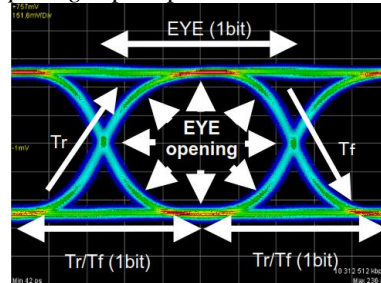
$$BER = \frac{E_b}{T_b} \quad (1)$$

Keterangan:

E_b = Error bit

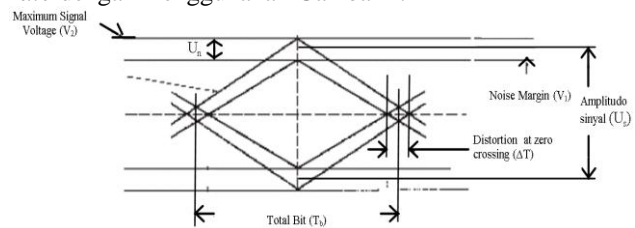
T_b = Transmitted bit

Eye pattern adalah tampilan osiloskop untuk mengetahui karakteristik performansi sinyal digital [6]. Parameter yang dianalisis dari tampilan *eye pattern* adalah *eye opening* seperti pada Gambar 3.



Gambar 3. *Eye Opening*[8]

Eye opening terdiri dari *horizontal eye opening* dan *vertical eye opening*. *Horizontal eye opening* berhubungan dengan ketepatan waktu, sedangkan *vertical eye opening* berhubungan dengan amplitudo sinyal [11]. *Eye Pattern* ideal ketika *eye amplitude* dengan *vertical eye opening* sama besar, dan *total bit* dengan *horizontal eye opening* sama besar. Keadaan tersebut menunjukkan *zero crossing point* yang tipis pada *eye pattern* [6]. Parameter yang dihitung dari *eye pattern* adalah *noise margin*, SNR, *timing jitter*, dan *bit rate* dengan menggunakan Gambar 4.



Gambar 4. Analisis *Eye Pattern*[8]

1) *Noise Margin*

Noise margin merupakan parameter untuk mengukur ketahanan sistem terhadap *noise* [8], yang dinyatakan dalam persamaan (2).

$$Noise\ margin\ (\%) = \frac{V_1}{V_2} \times 100\% \quad (2)$$

dengan :

V_1 = Tegangan maksimum (V)

V_2 = Tegangan maksimum *eye opening* (V)

2) *Timing Jitter*

Timing jitter adalah parameter untuk menghitung keterlambatan sinyal saat diterima[8], yang ditentukan sesuai persamaan (3):

$$Timing\ jitter\ (\%) = \frac{\Delta T}{T_b} \times 100\% \quad (3)$$

dengan:

ΔT = Jumlah distorsi (s)

T_b = Total bit (s)

3) *Bit rate*

Bit rate adalah parameter untuk mengetahui kecepatan transmisi data [9]. Nilai *bit rate* dihitung dengan persamaan (4):

$$\text{Bitrate} = \frac{1}{T_b} \quad (4)$$

dengan:

T_b = Total bit (s)

4) Signal to Noise Ratio (SNR)

SNR merupakan perbandingan daya sinyal transmisi dengan daya noise[6], dapat dihitung menggunakan persamaan (5).

$$\text{SNR(dB)} = 10 \log \frac{U_s}{U_n} \quad (5)$$

Dengan:

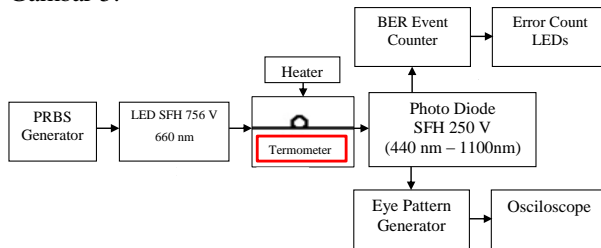
U_s = Amplitudo sinyal (V)

U_n = Noise maksimum (V)

III. METODE PENELITIAN

Tahap kajian dalam penelitian ini meliputi jenis dan cara pengambilan data, variabel dan cara analisis data, serta kerangka solusi masalah dalam bentuk diagram alur.

Jenis data yang digunakan adalah data primer dan data sekunder. Data primer didapat dari hasil pengukuran, sedangkan data sekunder didapatkan melalui studi literatur. Pengukuran dilakukan menggunakan LED SFH 756V, POF jenis *step index multimode, photodiode* SFH 250V, pemanas udara, termometer dan osiloskop. Blok diagram konfigurasi pengukuran ditampilkan pada Gambar 5.



Gambar 5. Konfigurasi Pengukuran

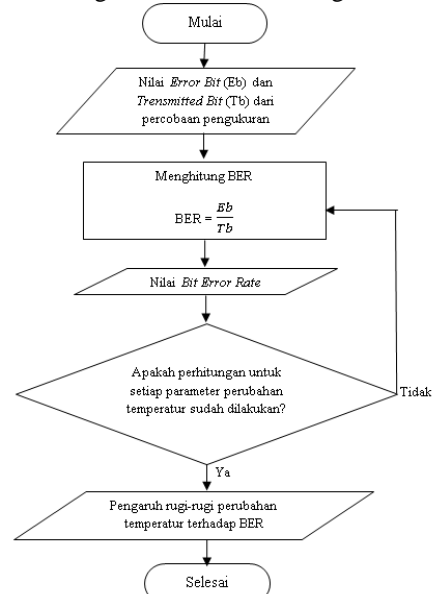
PRBS generator membangkitkan sinyal dalam bentuk listrik, kemudian diterima oleh LED SFH 756 V dan diubah menjadi energi cahaya. POF mentransmisikan sinyal cahaya dengan diberikan pengaruh temperatur oleh pemanas udara yang diatur antara 20°C sampai 65°C. Kemudian sinyal cahaya diterima oleh *photo diode* SFH 250 V dan diubah menjadi energi listrik. BER *event counter* menghitung besar *error* pada proses transmisi dan ditampilkan oleh *error count* LED. *Eye pattern generator* membangkitkan karakteristik sinyal digital dalam bentuk *eye pattern* kemudian ditampilkan oleh osiloskop.

Metode perhitungan dan analisis data yang digunakan dalam pembahasan penelitian ini adalah mengumpulkan beberapa nilai parameter dari data primer. Pendekatan matematis dengan analisis persamaan matematis dilakukan secara *analytical analysis*. Perhitungan dan analisis data yang dilakukan dalam penelitian ini meliputi:

1. BER
2. Noise Margin
3. SNR
4. Timing Jitter
5. Bit rate

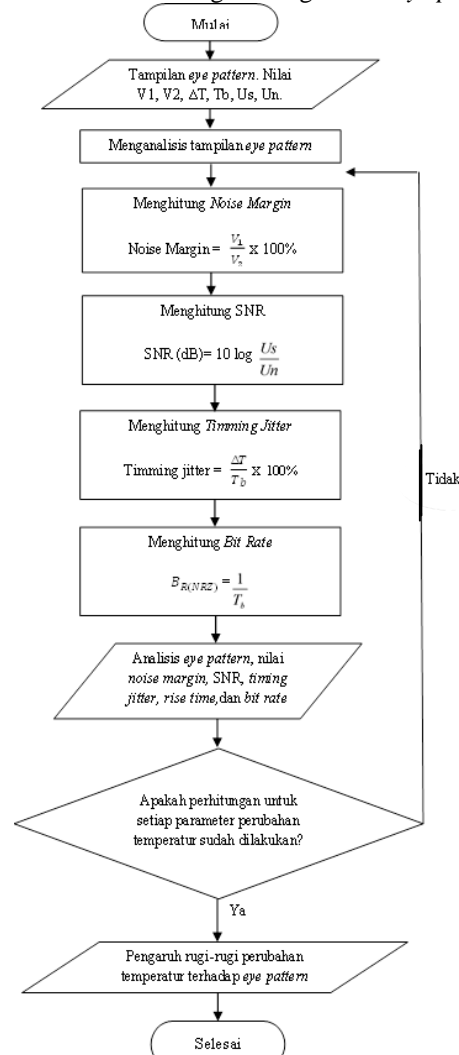
Berikut langkah-langkah perhitungan untuk mendapatkan pengaruh temperatur terhadap kinerja POF:

1. Perhitungan *bit error rate*, dengan cara:



Gambar 6. Diagram Alir Perhitungan BER

2. Perhitungan *noise margin*, SNR, *timing jitter*, dan *bit rate* dengan menganalisis *eye pattern*.



Gambar 7. Diagram Alir Analisis Eye Pattern

dengan:

V_1 = Tegangan maksimum (V)

V_2 = Tegangan maksimum *eye opening* (V)

U_s = Amplitudo sinyal (V)

U_n = Noise maksimum (V)

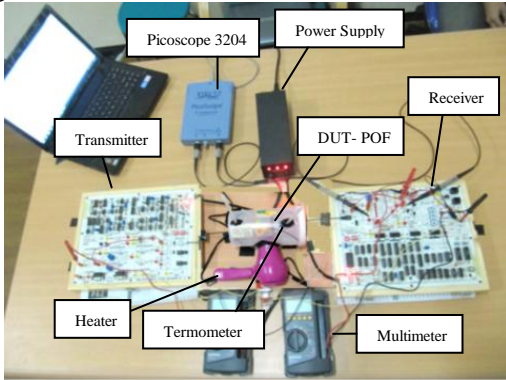
ΔT = Jumlah distorsi (s)

T_b = Total bit (s)

IV. HASIL DAN PEMBAHASAN

A. Hasil Eksperimen

Eksperimen dilakukan untuk mengetahui nilai *error bit* dan *eye pattern* pada setiap perubahan temperatur. Gambar 8 menunjukkan konfigurasi alat pada pengukuran.



Gambar 8. Konfigurasi Pengukuran BER dan *Eye Pattern*

Data *error bit* dan pola *eye pattern* kemudian diolah menjadi nilai BER, *noise margin*, SNR, *timing jitter*, dan *bit rate*. Hasil pengolahan data ditampilkan pada tabel 1.

Tabel 1. Hasil Pengukuran

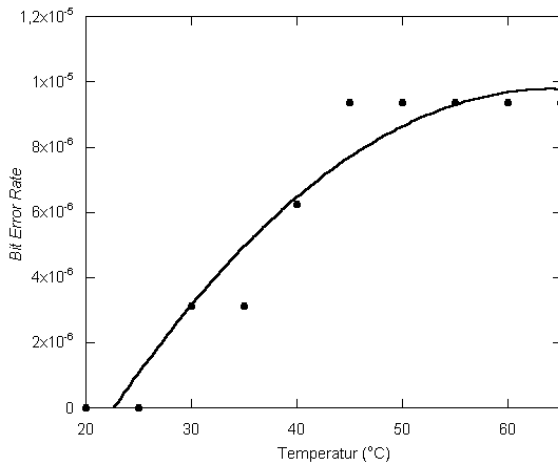
No.	Suhu (°C)	BER	Noise Margin (%)	SNR (dB)	Timing Jitter (%)	Bit Rate (Kbps)
1	20	0	78,31	9,96	6,15	31,9
2	25	0	77,83	9,86	6,55	31,97
3	30	$9,375 \times 10^{-6}$	74,39	9,15	6,77	31,94
4	35	$1,25 \times 10^{-5}$	72,07	8,7	6,88	31,86
5	40	$1,56 \times 10^{-5}$	68,7	8,15	7,03	31,82
6	45	$1,88 \times 10^{-5}$	68,6	8,11	7,45	31,85
7	50	$2,19 \times 10^{-5}$	68,39	8,09	7,54	31,83
8	55	$2,19 \times 10^{-5}$	68,5	8,1	7,6	31,82
9	60	$2,19 \times 10^{-5}$	68,11	8,09	7,89	31,83
10	65	$2,5 \times 10^{-5}$	68,17	8,09	7,88	31,77

B. Pembahasan

1) Analisis Nilai BER Terhadap Perubahan Temperatur

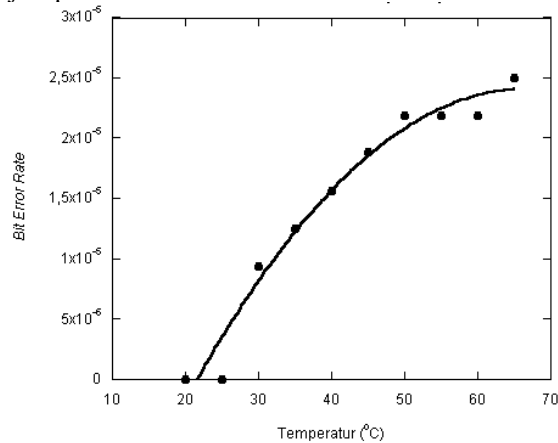
Nilai *error* dapat bervariasi sesuai dengan transmisi sinyal cahaya pada serat optik. Variasi nilai BER terhadap perubahan temperatur ditunjukkan pada Gambar 9 dan Gambar 10 yang berturut-turut menunjukkan nilai BER minimum dan BER maksimum yang terjadi pada proses transmisi data.

Dapat dilihat pada Gambar 9 bahwa nilai BER berubah secara eksponensial. Nilai *error* terbesar yaitu pada suhu 45°C sampai 65°C dengan nilai BER sebesar $9,375 \times 10^{-6}$, artinya setiap 10^9 data yang ditransmisikan terdapat 3125 bit data yang salah.



Gambar 9. Grafik hubungan BER Minimum Terhadap Temperatur

Gambar 10 merupakan hubungan antara nilai BER maksimum yang dihadapi terhadap kenaikan temperatur. Memperhitungkan nilai BER Maksimum diperlukan untuk mengantisipasi nilai *error* terbesar yang dapat terjadi pada transmisi data.



Gambar 10. Grafik hubungan BER Maksimum Terhadap Temperatur

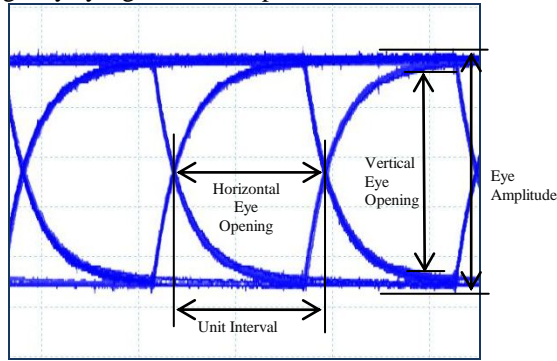
Pada suhu 30°C nilai BER adalah $9,375 \times 10^{-6}$, artinya setiap 10^9 bit data yang ditransmisikan terdapat 9375 bit data yang salah. Nilai *error* terbesar yaitu pada suhu 65°C dengan nilai BER sebesar $2,5 \times 10^{-5}$, artinya setiap 10^6 data yang ditransmisikan terdapat 25 bit data yang salah.

Maka dapat disimpulkan bahwa kinerja POF dengan temperatur diatas 30°C sudah tidak memenuhi standar yang telah ditetapkan ITU- T G.691, ITU- T G.692 dan ITU- T G.693. Temperatur 20°C dan 25°C adalah suhu ideal pada pentransmisi data POF.

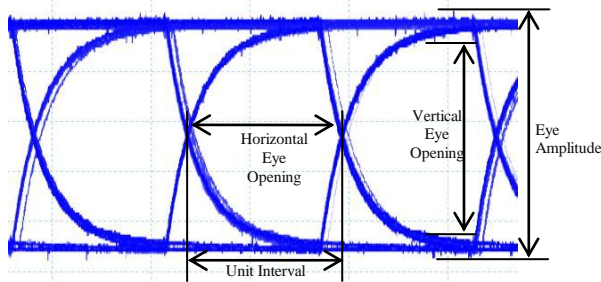
2) Analisis *Eye Pattern* Terhadap Perubahan Temperatur

Pola *eye pattern* pada temperatur 20°C dapat dilihat pada Gambar 11 dan temperatur 65°C dapat dilihat pada Gambar 12. *Eye opening* pada temperatur 20°C lebih besar dari *eye opening* temperatur 65°C. Pada temperatur 65°C perbedaan *eye amplitude* dengan *vertical eye opening* semakin besar, hal ini menunjukkan semakin besar *noise* pada transmisi data. Begitu pula perbedaan *unit interval* dengan *horizontal eye opening* pada temperatur 65°C semakin besar, hal ini

menunjukkan terdapat *jitter*, BER, distorsi pulsa, dan rugi daya yang lebih besar pada transmisi data.



Gambar 11. Eye Pattern Pada Temperatur 20°C

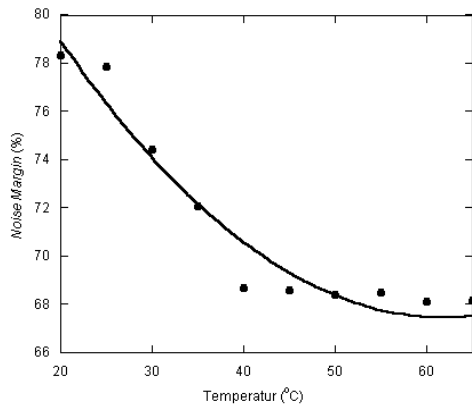


Gambar 12. Eye Pattern Pada Temperatur 65°C

Berikut ini analisis hasil perhitungan kinerja sistem yang didapat dari *eye pattern*:

2.1) Analisis Nilai Noise Margin Terhadap Perubahan Temperatur

Hubungan *noise margin* terhadap perubahan temperatur ditunjukkan pada Gambar 13. Dapat dilihat bahwa nilai *noise margin* menurun secara eksponensial.

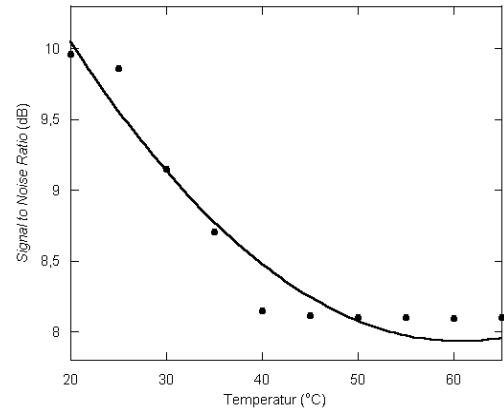


Gambar 13. Grafik Hubungan Noise Margin Terhadap Temperatur

Semakin tinggi temperatur maka semakin kecil *eye opening* sehingga mengindikasikan penurunan *noise margin*. *Noise margin* tertinggi yaitu pada suhu 25°C sebesar 78,31% dan terendah yaitu pada suhu 60°C sebesar 68,11%.

2.2) Analisis Nilai SNR Terhadap Perubahan Temperatur

Hubungan SNR terhadap perubahan temperatur ditunjukkan pada Gambar 14. Dapat dilihat bahwa kenaikan temperatur menyebabkan penurunan SNR secara eksponensial. Karakteristik penurunan SNR memiliki kesamaan dengan *noise margin*, yaitu besar *noise* ditunjukkan konstan pada suhu 40°C sampai 65°C.

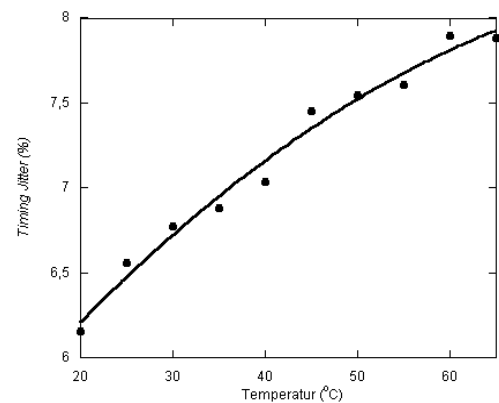


Gambar 14. Grafik Hubungan SNR Terhadap Temperatur

Pada penelitian ini kinerja maksimal POF yaitu pada suhu 20°C dengan noise margin 78,31% dan SNR 9,96dB, sedangkan *noise* teresar yaitu pada suhu 60°C dengan *noise margin* 68,11% dan SNR 8,09 dB.

2.3) Analisis Nilai Timing Jitter Terhadap Perubahan Temperatur

Hubungan *timing jitter* terhadap perubahan temperatur ditunjukkan pada Gambar 15. Nilai *timing jitter* semakin meningkat sesuai dengan kenaikan temperatur, hal ini menunjukkan adanya pengaruh temperatur terhadap distorsi fasa.



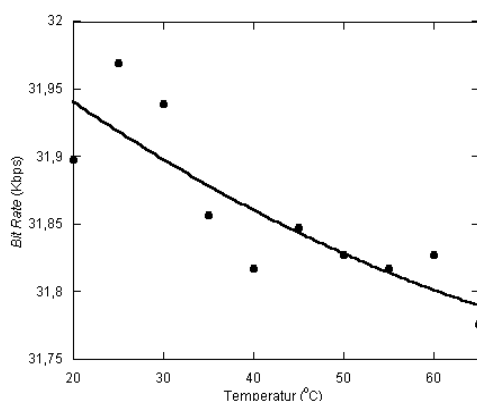
Gambar 15. Grafik Hubungan Timing Jitter Terhadap Temperatur

Timing jitter terendah yaitu pada suhu 20°C sebesar 6,174% dan tertinggi yaitu pada suhu 65°C sebesar 7,868%. Nilai *timing jitter* pada suhu 20°C sampai 65°C masih memenuhi standar yaitu dengan nilai di bawah 30% [12].

2.4) Analisis Nilai Bit Rate Terhadap Perubahan Temperatur

Hubungan *bit rate* terhadap temperatur ditunjukkan pada Gambar 16. Kenaikan temperatur menyebabkan penurunan kecepatan transmisi data. Pada penelitian ini tidak terdapat penurunan secara signifikan. Penurunan *bit rate* terbesar yaitu pada temperatur 65°C sebesar 31,77 Kbps.

Sesuai dengan penelitian yang dilakukan Paulo S. Andre et al [3], Terbukti bahwa temperatur tidak berpengaruh besar pada sistem transmisi data kecepatan rendah.



Gambar 16. Grafik Hubungan *Bit Rate* Terhadap Temperatur

3. PENUTUP

A. Kesimpulan

Berdasarkan hasil pengukuran dan analisis yang telah dilakukan, dapat disimpulkan sebagai berikut:

1. Nilai BER meningkat sesuai dengan peningkatan temperatur. *Bit error rate* tertinggi yaitu pada suhu 65°C sebesar 25×10^6 , artinya terdapat 25 bit data yang salah pada 10^6 bit data yang ditransmisikan.
2. *Noise margin* dan SNR menunjukkan bahwa karakteristik *noise* meningkat pada temperatur 20°C sampai temperatur 40°C, kemudian *noise* relatif konstan pada temperatur 40°C sampai 65°C.
3. Karakteristik *timing jitter* berbanding lurus dengan BER, keterlambatan sinyal merupakan salah satu penyebab kesalahan bit pada penerima optik. *Timing Jitter* tertinggi yaitu pada suhu 65°C sebesar 7,881%.
4. *Bit rate* menunjukkan perubahan yang kecil antara temperatur 20°C sampai 65°C yaitu sebesar 31,969Kbps sampai dengan 31,776Kbps.

B. Saran

Saran yang dapat diberikan adalah:

1. Meneliti performansi POF pada temperatur rendah dengan variasi panjang serat, sehingga dapat diketahui pengaruh temperatur rendah pada POF.
2. Komunikasi serat optik memiliki cakupan yang sangat luas, salah satunya *optical wireless communication system*. Pengaruh lingkungan dan temperatur sangat berpengaruh pada kinerja sistem sehingga diperlukan penelitian untuk menjaga kestabilan sistem.

DAFTAR REFERENSI

- [1] Mollers, Ingo et al. 2009. *Plastic Optical Fiber Technology for Reliable Home Networking: Overview and Result of the EU Project POF-ALL*. IEEE Communication Magazine.
- [2] Gohen, L. G et al. 1978. *Effect of Temperature on Transmission in lightguides*. USA.
- [3] Andre, Paulo S et al. 2005. *Chromatic dispersion fluctuations in optical fiber due to temperature and its effects in high-speed optical communication system*. Portugal: Elsevier.
- [4] Dutton, Harry J. R. 1998. *Understanding optical communications, first edition*. IBM.
- [5] Falcon. 2011. *e-Manual Advance Fiber Optic Communication Lab*. India: Falcon Elektro Tek
- [6] Ziemann, Olaf et al. *POF Handbook*. 2007. Springer.
- [7] Electronicbricks. 2010. *Internetworking using Ethernet over Plastic Optical Fiber (Online)*. <http://electronicbricks.com/2010/03/etsi-ts-105-175-1-plastic-optical-fibre.html>, diakses pada 21 Oktober 2013 13.27.

- [8] Keiser, Gerd E. 2004. *Optical Communication Essentials*. USA: The Mc-Graw Hill Companies.
- [9] ITU-T. 2009. *Handbook of Optical Fibres, Cables, and Systems. International Telecommunication Union Telecommunication Standardization Sector*.
- [10] Nassa, Nick. 2000. *Fundamentals of Photonics*. University of Connecticut.
- [11] Elliott, Barry & Gilmore, Mike. 2002. *Fiber Optic Cabling, second edition*. Newnes.
- [12] Genexis. 2012. *World's First Service Trial of ITU-T G.hn over Plastic Optical Fibre (POF)*. Netherlands.
- [13] Genexis. 2013. *Fiber Based Indoor Networking*. Costarica.