

U-bend Optical Fiber to Determine Characteristics of pH Sensor

Muhammad Yunus

Jurusan Fisika, FMIPA, Universitas Negeri Gorontalo, Gorontalo-Indonesia, 96554

Email : muhammad.yunus@ung.ac.id

Diterima (28 Mei 2022), Direvisi (17 Oktober 2022)

Abstract. Determination of the characteristics of the pH sensor using U-shaped optical fiber was carried out with various varieties, namely length without a coat, indentation diameter, and the number of imperfections. Optical fiber as a light transmission medium is used as a sensor to detect the pH level of the solution. The sensor output is read on the OPM in the form of output power. The best characteristic of the pH sensor was obtained in the number of imperfections, namely number of imperfections 3 with a value range of 32.0 μ W, a sensitivity of 3.2 μ W/pH, and a resolution of 0.3×10^{-3} pH. The greater the power losses in the optical fiber sensor, the better the sensor characteristics. Determination of the characteristics of the pH sensor is very suitable to be carried out using U-shaped optical fiber in simple measurements and easy fabrication.

Keywords: optical fiber, pH, sensor, U-bend.

Abstrak. Penentuan karakteristik sensor pH menggunakan serat optik bentuk U dilakukan dengan berbagai variasi, yaitu panjang kupasan jaket, diameter lekukan, dan jumlah pencacatan. Serat optik sebagai media transmisi cahaya digunakan sebagai sensor untuk mendeteksi kadar larutan pH. Hasil keluaran sensor terbaca pada OPM berupa daya keluaran sensor. Karakteristik sensor pH terbaik diperoleh pada variasi jumlah pencacatan yaitu pencacatan 3 dengan nilai range 32.0 μ W, sensitivitas 3.2 μ W/pH, dan resolusi 0.3×10^{-3} pH. Semakin besar rugi-rugi daya yang terjadi pada sensor serat optik, menghasilkan karakteristik sensor semakin baik. Penentuan karakteristik sensor pH sangat cocok dilakukan menggunakan serat optik bentuk-U pada pengukuran sederhana dan fabrikasi yang mudah.

Kata kunci: serat optik, pH, sensor, lekukan-U.

PENDAHULUAN

Perkembangan teknologi saat ini memberikan berbagai macam inovasi untuk sistem pengukuran dan pemantauan. Semakin berkembangnya teknologi, memungkinkan suatu objek dapat dikendalikan melalui komunikasi jarak jauh seperti teknologi informasi. Teknologi informasi memberikan dampak yang baik bagi perkembangan teknologi yang semakin canggih. Salah satu contohnya adalah system komunikasi serat optik [1]–[3]. Serat optik adalah saluran transmisi cahaya yang terdiri dari jenis serat optik plastik dan kaca.

Serat optik plastik lebih elastis dan kuat dibandingkan serat optik kaca [4][5].

Saat ini, serat optik menjadi salah satu *trend* dalam penelitian berbasis sistem sensor. Kemajuan sistem sensor serat optik semakin berkembang karena memiliki sensitivitas tinggi dan struktur yang sederhana. Serat optik memiliki berbagai macam sifat yang unik seperti murah, ringan, kuat, ukuran kecil, tahan lama, *flexible*, tahan korosi, kebal terhadap interferensi elektromagnetik [6]. Penelitian berbasis sensor serat optik semakin banyak diminati peneliti karena memiliki kemampuan untuk memantau berbagai

variable lingkungan seperti kelembaban, kekeruhan, tekanan, suhu, pH, dan lain-lain. Variable-variabel tersebut sangat erat kaitannya dengan sifat dari air [7]–[14].

Air adalah sumber kebutuhan utama manusia untuk kelangsungan hidup. Peran penting dari air adalah untuk meningkatkan kesehatan lingkungan dan kualitas hidup. Air dapat dimanfaatkan pada berbagai bidang seperti perikanan, perkebunan, peternakan, industri, dan lain-lain. Air bersih sangat dibutuhkan untuk kelayakan konsumsi dan digunakan sehari-hari. Selain air bersih, air yang tercemar dapat menimbulkan bahaya apabila masuk ke dalam tubuh. Air yang tercemar mengandung bakteri sehingga dapat menimbulkan penyakit. Salah satu penyakit yang ditimbulkan jika mengkonsumsi air tercemar adalah diare [15][16].

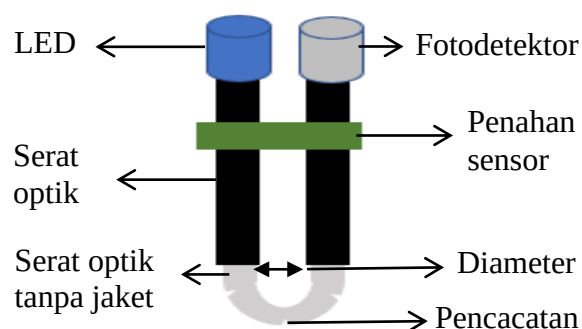
Air bersih memiliki standar pH yaitu 7–8, sedangkan air yang layak diminum memiliki standar pH yaitu 6,5–8,5 [15][17]. Skala pH terdiri dari 0 sampai 14, dengan pH normal adalah 7. pH adalah tingkat keasaman atau basa suatu larutan. Nilai pH kurang dari 7 adalah larutan asam dan nilai pH lebih dari 7 adalah larutan basa [18].

Terdapat beberapa penelitian tentang pH air, diantaranya Akbar, dkk telah membuat prototype untuk memantau kualitas pH air asam berbasis *Internet of Things* (IoT). Pemantauan ini menggunakan sensor pH meter yang dihubungkan pada mikrokontroler Arduino [17]. Sensor yang dihubungkan pada mikrokontroler untuk mengukur kualitas pH air juga telah dilakukan oleh Reski, dkk [19]. Adapun pengujian keasaman air menggunakan alat sensor pH, galvanic pH sensor, dan pengujian sensor pH berbasis serat optik plastic menggunakan *UV-cured-sensitive hydrogel*. Beberapa pengujian tersebut dilakukan tanpa menentukan karakterisasi sensor seperti nilai sensitivitas [20]–[22]. Pengembangan lainnya yaitu pengujian sensor pH menggunakan serat optik yang

dilekukkan membentuk konfigurasi loop menggunakan mikrokontroler memiliki kelemahan fabrikasi yang rumit [18][23]. Sehingga, inovasi dari penelitian ini akan dilakukan pengujian sensor pH berbasis serat optik. Serat optik dilekukkan membentuk lekukan-U untuk menentukan karakteristik sensor pH pada pengukuran sederhana dan fabrikasi yang mudah.

METODOLOGI PENELITIAN

Penelitian ini menggunakan serat optik plastik jenis *polymethyl methacrylate* (PMMA). Jenis serat optik ini terdiri dari 3 struktur yaitu jaket, selubung, dan inti. Ukuran jaket 2.2 mm, selubung 1 mm, dan inti 0.98. Serat optik yang dipasang pada sebuah sumber cahaya LED inframerah tipe IF-E91A. Cahaya LED yang diaktifkan oleh catu daya akan ditransmisikan ke dalam serat optik akan diterima oleh fotodetektor tipe S120 C. Fotodetektor dihubungkan ke *Optical Power Meter* (OPM) tipe Thorlabs PM100D. Nilai daya keluaran sensor akan tampil pada OPM. Larutan pH yang digunakan adalah larutan buffers dengan tingkat pH dari 1–10. Perancangan sensor pH serat optik bentuk-U ditampilkan pada Gambar 1, dan skema sederhana sensor pH ditampilkan pada Gambar 2.

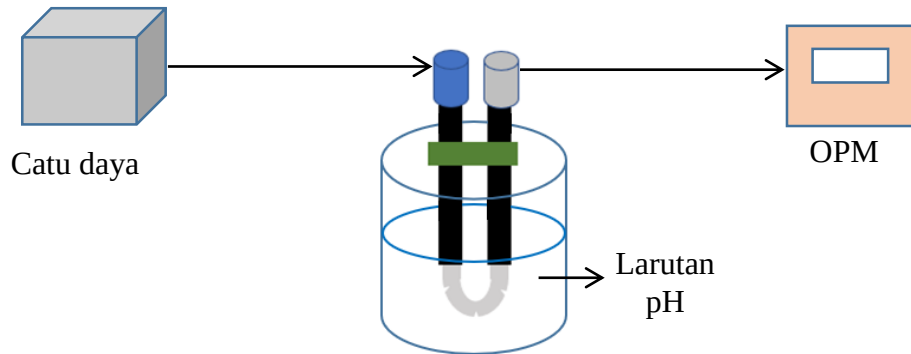


Gambar 1. Perancangan sensor pH serat optik bentuk-U

Skema perancangan serat optik bentuk-U untuk menentukan karakteristik sensor pH dapat dilihat pada Gambar 2. Serat optik

sebagai media transmisi cahaya digunakan sebagai sensor. Pengujian sensor dicelupkan ke dalam larutan pH untuk mendeteksi kadar larutan pH. Cahaya LED yang ditransmisikan ke dalam serat optik akan

diterima oleh fotodetektor. Cahaya yang diterima oleh fotodetektor dalam bentuk rugi-rugi daya yang akan terbaca pada OPM. Hasil keluaran sensor yang terbaca pada OPM dalam bentuk daya keluaran sensor.



Gambar 2. Skema perancangan sensor pH serat optik bentuk-U.

Daya keluaran sensor kemudian dianalisis untuk menentukan karakteristik sensor menggunakan persamaan yaitu range (1), sensitivitas (2), dan resolusi (3) [2][4].

$$\Delta P = P_{max} - P_{min} \quad (1)$$

$$S = \frac{P_{max} - P_{min}}{K_{max} - K_{min}} \quad (2)$$

$$R = \frac{N}{S} \quad (3)$$

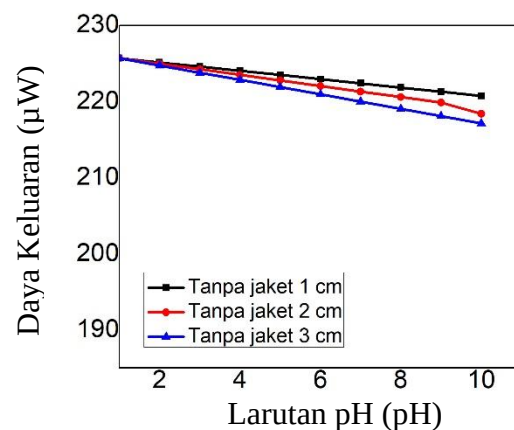
ΔP adalah range (μW), P_{max} adalah daya keluaran maximum (μW), P_{min} adalah daya keluaran minimum (μW). S adalah sensitivitas ($\mu W/pH$), K_{max} adalah kadar larutan pH maximum (pH), K_{min} adalah kadar larutan pH minimum (pH). Sedangkan R adalah resolusi (pH), dan N adalah nilai skala terkecil OPM 0.001 μW .

HASIL DAN PEMBAHASAN

Penentuan karakteristik sensor pH berbasis serat optik plastic bentuk lekukan U dilakukan dengan cara tanpa jaket pada serat optik. Pengujian sensor pH dilakukan dengan berbagai variasi yaitu panjang tanpa jaket, diameter, dan pencacatan. Metode ini

dilakukan untuk menentukan karakteristik sensor pH yang terbaik.

Serat optik dikupas pada bagian jaket dengan variasi 1 cm, 2 cm, dan 3 cm pada diameter tetap 3 cm. Hasil pengujian sensor variasi panjang tanpa jaket dapat dilihat pada Gambar 3.

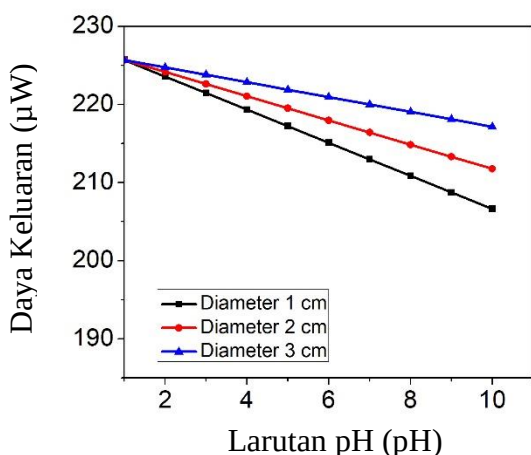


Gambar 3. Grafik daya keluaran sensor pada variasi panjang tanpa jaket.

Berdasarkan Gambar 3 menunjukkan grafik hasil keluaran daya sensor pH pada variasi panjang tanpa jaket. Semakin besar nilai larutan pH yang diberikan, maka nilai daya keluaran sensor semakin kecil. Nilai pH larutan yang semakin meningkat

menyebabkan indeks bias larutan pH semakin meningkat. Indeks bias larutan yang meningkat mengakibatkan rugi-rugi daya pada sensor semakin meningkat, sehingga nilai daya keluaran sensor yang terbaca pada OPM semakin menurun [4]. Gambar 3 menunjukkan sensor variasi panjang tanpa jaket 3 cm memiliki rugi-rugi daya yang paling besar. Semakin panjang tanpa jaket sensor, maka semakin besar rugi-rugi daya yang terjadi [3].

Selanjutnya, dilakukan pengujian sensor pH bentuk lekukan-U dengan variasi diameter lekukan pada panjang tanpa jaket tetap 3 cm. variasi diameter lekukan yang akan diberikan adalah 1 cm, 2 cm, dan 3 cm. Hasil pengujian sensor pH variasi diameter lekukan dapat dilihat pada Gambar 4.

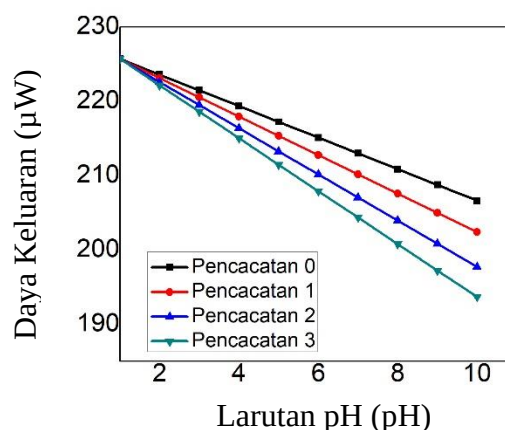


Gambar 4. Grafik daya keluaran sensor pada variasi diameter lekukan.

Berdasarkan Gambar 4 menampilkan hasil daya keluaran sensor variasi diameter lekukan untuk mengukur larutan pH. Nilai larutan pH yang semakin meningkat mengakibatkan nilai daya keluaran sensor semakin menurun. Nilai larutan pH meningkat, maka indeks bias larutan pH semakin meningkat juga [18]. Indeks bias yang semakin meningkat menyebabkan rugi-rugi daya pada sensor semakin meningkat, sehingga daya keluaran sensor semakin menurun [12]. Berdasarkan

Gambar 4 menunjukkan sensor variasi diameter lekukan 1 cm memiliki rugi-rugi daya yang paling besar. Semakin kecil diameter lekukan sensor menyebabkan rugi-rugi daya semakin meningkat, sehingga daya keluaran semakin menurun [3].

Pengujian sensor pH berbasis serat optik menggunakan metode bentuk lekukan-U dilanjutkan dengan variasi jumlah pencacatan serat optik. Variasi jumlah pencacatan yang diberikan yaitu pencacatan 0, pencacatan 1, pencacatan 2, dan pencacatan 3. Metode ini dilakukan pada panjang kupasan jaket tetap 3 cm dan diameter lekukan tetap 1 cm. Hasil pengujian sensor variasi jumlah pencacatan dapat dilihat pada Gambar 5.



Gambar 5. Grafik daya keluaran sensor pada variasi jumlah pencacatan.

Grafik daya keluaran sensor pada variasi jumlah pencacatan ditampilkan pada Gambar 5. Pengujian sensor pada nilai pH yang semakin meningkat mengakibatkan daya keluaran sensor yang semakin menurun. Semakin besar jumlah pencacatan yang digunakan dalam pengujian sensor pH, maka nilai daya keluaran sensor semakin menurun. Kejadian ini disebabkan karena cahaya yang ditransmisikan kedalam serat optik banyak yang lepas dari serat optik yang cacat, sehingga rugi-rugi daya yang terjadi semakin meningkat [5]. Gambar 5

menunjukkan pencacatan 3 memiliki rugi-rugi daya yang paling besar.

Selanjutnya, penentuan karakteristik sensor pH berbasis serat optik menggunakan bentuk lekukan U variasi panjang kupasan

jaket, diameter lekukan, dan jumlah pencacatan. Karakteristik sensor ditentukan menggunakan persamaan (1), (2), dan (3) ditampilkan pada Tabel 1.

Tabel 1. Karakteristik sensor pH berbasis serat optik menggunakan bentuk lekukan U.

Karakteristik sensor	Variasi panjang tanpa jaket			Variasi diameter lekukan			Variasi jumlah pencacatan			
	1	2	3	1	2	3	0	1	2	3
ΔP (μW)	4.9	7.3	8.5	19.1	13.9	8.5	19.1	23.3	27.9	32.0
S ($\mu W/pH$)	0.5	0.7	0.8	1.9	1.4	0.9	1.9	2.3	2.8	3.2
$R \times 10^{-3}$ (pH)	2.0	1.3	1.1	0.5	0.7	1.1	0.5	0.4	0.3	0.3

Tabel 1 menampilkan karakteristik sensor pH pada variasi panjang tanpa jaket, diameter lekukan, dan jumlah pencacatan. Karakteristik sensor terbaik ditentukan dari nilai range dan sensitivitas yang tinggi, serta resolusi yang rendah. Karakteristik sensor terbaik pada variasi panjang tanpa jaket yaitu 3 cm dengan nilai range 8.5 μW , sensitivitas 0.8 $\mu W/pH$, dan resolusi 1.1 $\times 10^{-3}$ pH. Panjang tanpa jaket serat optik yang semakin meningkat menghasilkan karakteristik sensor yang semakin baik. Karakteristik sensor terbaik pada variasi diameter lekukan yaitu 1 cm dengan nilai range 19.1 μW , sensitivitas 1.9 $\mu W/pH$, dan resolusi 0.5 $\times 10^{-3}$ pH. Sedangkan, karakteristik sensor terbaik pada variasi jumlah pencacatan yaitu pencacatan 3 dengan nilai range 32.0 μW , sensitivitas 3.2 $\mu W/pH$, dan resolusi 0.3 $\times 10^{-3}$ pH. Semakin besar rugi-rugi daya yang terjadi pada sensor serat optik, menghasilkan karakteristik sensor semakin baik [5][18]. Karakteristik sensor pH terbaik pada berbagai variasi diperoleh variasi jumlah pencacatan yaitu pencacatan 3. Serat optik bentuk U sangat cocok digunakan untuk menentukan karakteristik sensor pH dengan keunggulan pada proses pengukuran yang sederhana dan fabrikasi yang mudah.

KESIMPULAN

Penentuan karakteristik sensor pH terbaik diperoleh pada variasi jumlah pencacatan 3 dengan nilai range 32.0 μW , sensitivitas 3.2 $\mu W/pH$, dan resolusi 0.3 $\times 10^{-3}$ pH. Semakin besar rugi-rugi daya yang terjadi pada sensor serat optik, menghasilkan karakteristik sensor semakin baik. Sensor pH berbasis serat optik bentuk-U cocok digunakan karena memiliki keunggulan seperti proses pengukuran yang sederhana dan fabrikasi yang mudah.

DAFTAR PUSTAKA

- [1] Junaidi *et al.*, "Measurement of Physical Parameters of Water Quality in Real-Time Based on Arduino," *J. Phys. Conf. Ser.*, vol. 1751, no. 1, 2021.
- [2] M. Yunus, A. Arifin, N. Fuadi, and A. M. Syafar, "Sensitivity Enhancing of Oil Viscosity Sensor Based on Optical Fiber by Using Bending Angle Method," *INTEK J. Penelit.*, vol. 8, no. 1, p. 43, 2021.
- [3] M. Yunus and A. Arifin, "Design of Oil Viscosity Sensor Based on Plastic Optical Fiber," *J. Phys. Conf. Ser.*, vol. 979, no. 1, 2018.

- [4] M. Yunus and A. Arifin, "Karakterisasi Sensor Kekentalan Oli Berbasis Serat Optik Plastik Menggunakan Metode Back Scattering," *Positron*, vol. 8, 2018.
- [5] A. Arifin *et al.*, "Bent of Plastic Optical Fiber with Structural Imperfections for Displacement Sensor," *Indian J. Pure Appl. Phys.*, vol. 52, no. 8, pp. 520–524, 2014.
- [6] Z. Gong *et al.*, "A Taper-in-Taper Structured Interferometric Optical Fiber Sensor for Cu^{2+} ion Detection," 2022.
- [7] P. Vitor, *et al.*, "Performance Analysis of Humidity Tapered Optical Fiber Sensor," 2022.
- [8] Z. Wang *et al.*, "Fiber Core-Offset Humidity Sensor Based on Graphene Oxide Characteristics," *IEEE Photonics J.*, vol. 13, no. 3, 2021.
- [9] D. P. Duarte, *et al.*, "Turbidity and RI Dependency of A Polymer Optical Fiber-based Chromatic Sensor," *Sensors (Switzerland)*, vol. 20, 2020.
- [10] É. Pinet, "Pressure Measurement with Fiber-optic Sensors: Commercial Technologies and Applications," *21st Int. Conf. Sensors*, vol. 7753, 2011.
- [11] N. Zhao *et al.*, "Research on The High Temperature and High Pressure Gold-Plated Fiber Grating Dual-Parameter Sensing Measurement System," *Micromachines*, vol. 13, no. 2, 2022.
- [12] A. Arifin, *et al.*, "Design of Sensor Water Turbidity Based on Polymer Optical Fiber," *ISSIMM 2017*, vol. 2017-Janua, pp. 146–149, 2017.
- [13] D. Razo-Medina *et al.*, "Plastic Optical Fiber with Sol-gel Film for pH Detection," *Procedia Technol.*, vol. 27, pp. 271–273, 2017.
- [14] Y. Ran *et al.*, "A Miniature pH Probe Using Functional Microfiber Bragg Grating," *Optics*, vol. 1, no. 2, 2020.
- [15] Y. Adityas *et al.*, "Water Quality Monitoring System with Parameter of pH, Temperature, Turbidity, and Salinity Based on Internet of Things," *JISA*, vol. 4, no. 2, pp. 138–143, 2021.
- [16] Y. Irawan *et al.*, "Water Quality Measurement and Filtering Tools Using Arduino Uno, pH Sensor and TDS Meter Sensor," *J. Robot. Control*, vol. 2, no. 5, pp. 357–362, 2021.
- [17] R. S. Akbar *et al.*, "Monitoring Kualitas pH Air Asam Pada Aliran Air PDAM Menggunakan pH Meter Sensor Berbasis Internet Of Things," vol. II, pp. 102–107, 2021.
- [18] A. Arifin, Hardianti, M. Yunus, and S. Dewang, "Application of plastic optical fiber material as pH measurement sensor using loop configuration," *J. Phys. Conf. Ser.*, vol. 1317, no. 1, 2019.
- [19] Rezki *et al.*, "Rancang Bangun Alat Ukur Kualitas Air Berdasarkan pH Air dan Kekeruhan," vol. 9, no. 3, pp. 297–303, 2021.
- [20] J. Karangan *et al.*, "Uji Keasaman Air Dengan Alat Sensor pH Di STT Migas Balikpapan," *J. Kacapuri J. Keilmuan Tek. Sipil*, vol. 2, no. 1, p. 65, 2019.
- [21] M. S. Yuzhakov *et al.*, "Galvanic pH Sensor for Continuous Monitoring of Soil Parameters in Agriculture," *J. Phys. Conf. Ser.*, vol. 2140, no. 1, 2021.
- [22] X. C. Heng *et al.*, "All-polymer Fiber-optic pH Sensor," vol. 26, no. 11, pp. 14610–14616, 2018.
- [23] Z. Tang *et al.*, "A U-Shape Fibre-Optic pH Sensor Based on Hydrogen Bonding of Ethyl Cellulose with a Sol-Gel Matrix," *J. Light. Technol.*, vol. 39, no. 5, pp. 1557–1564, 2021.