



PENENTUAN DIAMETER RAMBUT MENGGUNAKAN LASER SEBAGAI FENOMENA DIFRAKSI PADA BIOMATERIAL

**Ayuni Nuraeni¹, Nisa Nisriana Nurfa¹, Purnama Ainun Nisa¹,
Ulfa Hanifa Azzahra¹, Eko Sujarwanto^{1*}**

¹Program Studi Pendidikan Fisika, Universitas Siliwangi, Tasikmalaya, Indonesia
*e-mail korespondensi: eko.sujarwanto@unsil.ac.id
(masuk: 18-12-2019; revisi: 23-12-2019; diterima: 31-12-2019)

Abstrak: Fenomena difraksi dapat terjadi pada biomaterial misalnya terjadi pada pewarnaan bagian tubuh hewan tertentu (*natural coloration*). Penelitian ini bertujuan untuk menunjukkan fenomena difraksi yang melibatkan rambut sebagai biomaterial dan menentukan diameter rambut menggunakan konsep difraksi. Penelitian ini menggunakan rambut sebagai penghalang (*obstacle*) dan LASER merah. Hasil penelitian menunjukkan bahwa fenomena difraksi dapat dihasilkan dengan menggunakan LASER dan rambut. Sementara itu, hasil pengukuran diameter terhadap sampel rambut yaitu berkisar pada 6×10^{-5} m sampai 18×10^{-5} m. Penelitian ini menunjukkan bahwa pola difraksi dapat dibentuk dengan peralatan sederhana dan konsep difraksi dapat dimanfaatkan untuk melakukan pengukuran tak langsung.

Kata kunci: difraksi, diameter rambut, LASER

Pendahuluan

Peristiwa optis adalah fenomena umum yang banyak ditemukan di lingkungan, baik komponen abiotik atau biotik. Beberapa hewan, setelah diteliti, menunjukkan bahwa warna yang ditimbulkan tidak berasal dari pigmen warna, tapi berasal dari fenomena optis karena struktur bulu, sisik, dan sayap dari hewan tersebut (Crne dkk 2011; Vigneron dkk, 2012, Sun dkk., 2013; Giraldo dkk, 2016). Struktur-struktur bulu, sisik, dan sayap yang dimiliki hewan tersebut berlaku seperti lapisan tipis, celah sempit, atau kisi. Dengan struktur seperti itu, hewan tertentu dapat menimbulkan fenomena difraksi, interferensi, atau keduanya.

Peristiwa optis terkait dengan cahaya. Cahaya merupakan gelombang transversal dan gelombang elektromagnet. Berawal dari hasil kerja Planck, Einstein, dan de Broglie, diketahui cahaya adalah entitas yang unik karena bisa berlaku sebagai partikel dan berlaku sebagai

gelombang (Greiner, 2001). Cahaya akan menunjukkan fenomena fisika yang berbeda sesuai dengan masing-masing karakter dualisme sifat cahaya.

Penerapan sifat-sifat cahaya dalam teknologi sangat bermanfaat bagi kehidupan manusia dan salah satunya ialah LASER. LASER akronim dari *Light Amplification by Stimulated Emission of Radiation*. Pancaran LASER biasanya cahaya monokromatis dan koheren sebagai hasil dari emisi cahaya dari banyak atom (Young & Freedman, 2012). LASER menstimulasi molekul untuk menguatkan cahaya dan memancarkan cahaya pada panjang gelombang tertentu sehingga menghasilkan sinar radiasi yang sempit (Hecht, 2019). Sinar LASER merupakan gelombang elektromagnetik yang dapat mengalami pemantulan, pembiasan, interferensi, deviasi, dispersi, difraksi dan polarisasi (Kholifudin, 2017). LASER dengan intensitas rendah dapat ditemukan dengan mudah di pasaran. LASER dapat

dimanfaatkan sebagai sarana untuk menunjukkan fenomena difraksi.

Difraksi merupakan fenomena yang hanya dapat dijelaskan dengan model cahaya sebagai gelombang (Young & Freedman, 2012). Cahaya yang melewati celah sempit akan membentuk pola difraksi berupa pita-pita terang dan gelap pada layar. Jarak antar pita terang dipengaruhi oleh panjang gelombang cahaya (λ), lebar celah (d), dan jarak celah dengan layar (L). Hubungan tersebut ditunjukkan oleh Persamaan 1.

$$d \sin \theta = n \lambda \quad (1)$$

dengan n adalah pola gelap ke- n . Jarak L jauh lebih besar daripada lebar celah d ($L \gg d$), sehingga dapat menggunakan pendekatan sudut kecil, $\sin \theta \approx \tan \theta \approx y/L$ (perhatikan Gambar 1). Dengan demikian,

$$d (y/L) = n \lambda \quad (2)$$

Fenomena difraksi dapat ditunjukkan dengan menggunakan LASER dan rambut manusia. Rambut adalah biomaterial berserat yang tumbuh dari folikel dan di temukan dalam dermis serta tersusun atas keratin (Krause & Foitzik, 2006). Salah satu hal yang mempengaruhi terhadap sifat mekanik rambut adalah diameter serat rambut tersebut. Manusia memiliki diameter rambut yang bervariasi dan biasa diklasifikasi berdasarkan ukuran yang tipis, sedang dan tebal. Ukuran tipis, sedang, dan tebal rambut didapatkan dari asumsi yang dilihat secara langsung dengan mata dan menggunakan pengukuran secara pasti.

Penelitian ini bertujuan untuk menunjukkan fenomena difraksi dengan menggunakan biomaterial, yaitu rambut. Penelitian ini juga bertujuan mengukur diameter rambut dengan menggunakan prinsip difraksi. Penelitian ini dilakukan dengan harapan bahwa fenomena difraksi dapat ditunjukkan secara sederhana, tidak perlu dilakukan di laboratorium, serta menunjukkan pemanfaatan konsep difraksi.

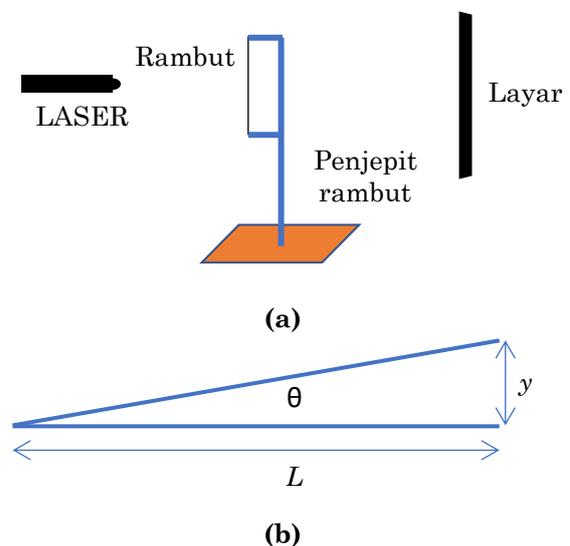
Metode Penelitian

Penelitian ini menggunakan metode eksperimen. Alat dan bahan yang digunakan yaitu LASER merah 650 nm, Kertas HVS A4, Penggaris, Penjepit rambut, rambut, dan Penyangga LASER. LASER yang digunakan adalah LASER monokromatis berwarna merah dengan panjang gelombang (λ) $6,5 \times 10^{-7}$ m. Set up alat ditunjukkan pada Gambar 1.

Prosedur percobaan diawali dengan menempelkan kertas HVS A4 pada dinding sebagai layar. Selanjutnya memasang rambut pada penjepit serta memasang LASER pada penyangga. Setelah itu, LASER, rambut, dan layar diatur secara horizontal pada jarak tertentu sedemikian sehingga sinar LASER bisa mengenai rambut. Pola difraksi pada layar kertas akan terbentuk saat LASER mengenai rambut. Langkah selanjutnya adalah menandai terang pusat, tepi pola terang 1, dan tepi pola terang 2 di kedua sisi kanan dan kiri pada layar kertas.

Data berupa hasil pengukuran jarak antara pola terang pusat ke tepi pola terang 1 dan jarak antara pola terang pusat ke tepi pola terang 2 yang dibentuk karena fenomena difraksi. Diameter rambut ditentukan dengan menggunakan Persamaan 3.

$$d = \frac{n\lambda L}{y} \quad (3)$$



Gambar 1. (a) Set up Alat Eksperimen; (b) Diagram hubungan jarak layar L dan jarak pita ke- n dengan terang pusat y .

Hasil dan Pembahasan

Penelitian ini mencoba menunjukkan fenomena difraksi secara sederhana dengan bantuan biomaterial berupa rambut dan LASER. Proses pengambilan data dilakukan di ruang minim cahaya dengan tujuan untuk mempermudah pengamatan pola difraksi yang terbentuk. Proses pengambilan data ditunjukkan oleh Gambar 2.

Pola difraksi yang terbentuk ditunjukkan oleh Gambar 3. Rambut berperilaku sebagai penghalang. Rambut dipilih karena diameter rambut se-orde dengan panjang gelombang cahaya LASER. Pola difraksi dapat terjadi jika penghalang atau celah se-orde dengan panjang gelombang cahaya (Serway & Jewett, 2006; Young & Freedman, 2012). Berdasarkan Prinsip Huygens (dalam Young & Freedman, (2012), difraksi menunjukkan bahwa cahaya yang telah melewati celah sempit atau mengenai ujung tajam (berukuran kecil) akan membentuk gelombang baru dan menyebar di luar celah sempit yang ditentukan oleh celah ke daerah-daerah cahaya.



Gambar 2. Posisi LASER, rambut dan layar

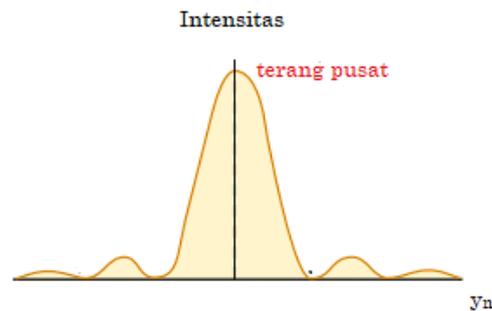


Gambar 3. Pola gelap terang dari rambut

Berdasarkan Gambar 3, terdapat daerah yang memiliki intensitas cahaya tinggi dan semakin ke samping kiri dan kanan intensitas cahaya semakin berkurang. Intensitas cahaya paling tinggi

adalah terang pusat. Intensitas cahaya yang semakin berkurang di samping kanan dan kiri diselingi dengan daerah yang memiliki daerah dengan intensitas cahaya nol atau pita gelap. Gambar 4 menunjukkan grafik intensitas cahaya pola difraksi. Jika dibandingkan antara Gambar 3 dan Gambar 4 maka penelitian yang dilakukan telah sesuai dengan teori.

Pengukuran diameter rambut dapat dilakukan dengan menerapkan prinsip difraksi. Percobaan dilakukan sebanyak tiga bagian. Peneliti menggunakan sampel 6 helai rambut dari 6 orang yang berbeda pada percobaan 1 dan 2. Jarak antara objek penjepit rambut dengan layar yaitu percobaan 1 pada 1 m dan percobaan 2 pada 1.5 m. Hasil perhitungan ditunjukkan pada Tabel 1. Terdapat selisih tebal rambut dari uji ke-1 dan uji ke-2 yang bisa terjadi karena kurang akurat dalam menandai pola difraksi pada layar.



Gambar 4. Grafik Intensitas Pola Difraksi (Sumber: Serway, 2006)

Tabel 1. Hasil Perhitungan Diameter Rambut uji-1 ($L_A = 100$ cm) dan uji ke-2 ($L_B = 150$ cm)

Rambut ke-	L_A (100 cm)		L_B (150 cm)		Δd (m) $\times 10^{-4}$
	y_A (cm)	d_A (m) $\times 10^{-4}$	y_B (cm)	d_B (m) $\times 10^{-4}$	
1	0.5	1.30	1.1	0.89	0,41
2	0.6	1.08	0.9	1.08	0
3	0.6	1.18	0.8	1.20	0,02
4	0.5	1.30	0.8	1.20	0,1
5	0.5	1.40	0.9	1.15	0,25
6	0.5	1.30	0.9	1.08	0,22

Pada percobaan 3, peneliti menggunakan 1 helai rambut dari sampel satu orang. Pengukuran dilakukan sebanyak 15 kali untuk menentukan diameter rambut. Hasil percobaan 3 ditunjukkan Tabel 2.

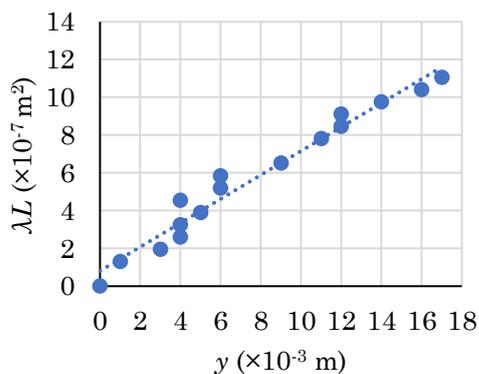
Tabel 2. Hasil Percobaan 3 untuk pengukuran diameter rambut pada sampel orang yang sama ($\lambda = 6,5 \times 10^{-7}$)

No.	L (m)	λL (m ²)	Δy (m)
1	0.2	1.30×10^{-7}	1×10^{-3}
2	0.3	1.95×10^{-7}	3×10^{-3}
3	0.4	2.60×10^{-7}	4×10^{-3}
4	0.5	3.25×10^{-7}	4×10^{-3}
5	0.6	3.90×10^{-7}	5×10^{-3}
6	0.7	4.55×10^{-7}	4×10^{-3}
7	0.8	5.20×10^{-7}	6×10^{-3}
8	0.9	5.85×10^{-7}	6×10^{-3}
9	1	6.50×10^{-7}	9×10^{-3}
10	1.1	7.80×10^{-7}	11×10^{-3}
11	1.2	8.45×10^{-7}	12×10^{-3}
12	1.3	9.10×10^{-7}	12×10^{-3}
13	1.4	9.75×10^{-7}	14×10^{-3}
14	1.5	10.4×10^{-7}	16×10^{-3}
15	1.6	11.05×10^{-7}	17×10^{-3}

Diameter rambut diperoleh dengan cara menganalisis menggunakan metode garis lurus terbaik dengan bantuan *Microsoft Excel 365*. Metode garis lurus terbaik dilakukan dengan menganalogikan rumus difraksi dengan persamaan garis lurus, $y = mx$. Pemodelan dengan persamaan garis lurus ditunjukkan persamaan 2,

$$n\lambda L = d\Delta y \quad (2)$$

Dengan $n = 1$, d adalah diameter rambut yang analog dengan m , λL adalah hasil kali panjang gelombang sinar LASER dan jarak layar ke rambut yang analog dengan y , serta Δy analog dengan x . Hasil plot data percobaan 3 ditunjukkan pada Gambar 4.



Gambar 4. Plot Data Percobaan 3

Persamaan *trendline* Percobaan 3 adalah $y = 6,035 \times 10^{-5}x + 8 \times 10^{-8}$. Dengan

demikian, diameter rambut yang dijadikan sampel memiliki ukuran $6,035 \times 10^{-5}$ m dengan standar deviasi $1,87 \times 10^{-5}$ m. Berdasarkan Elert (1999), diameter rambut manusia berkisar antara $1,7 \times 10^{-5}$ m sampai $18,1 \times 10^{-5}$ m. Hasil pengukuran menggunakan SEM yang dilakukan oleh Keçeli dkk. (2011) menunjukkan diameter rambut berkisar antara 6×10^{-5} m sampai 8×10^{-5} m. Sementara itu, Messser (2018) yang juga menggunakan metode difraksi, memperoleh diameter rambut berada pada orde 7×10^{-5} m. Variasi diameter rambut tergantung pada jenis rambut (Elert, 1999).

Penutup

Penelitian ini menunjukkan bahwa pola difraksi dapat dibentuk dengan alat dan bahan sederhana. Penelitian ini telah menunjukkan rambut sebagai biomaterial yang bisa digunakan sebagai bahan untuk menunjukkan fenomena difraksi. Rambut dapat dianggap sebagai penghalang yang dapat menghasilkan pola difraksi. Rambut dapat membentuk pola difraksi ketika disinari LASER karena rambut memiliki diameter yang se-orde dengan panjang gelombang LASER sesuai dengan Prinsip Huygens.

Konsep difraksi dapat digunakan untuk mengukur diameter rambut melalui pengukuran tak langsung. Penelitian ini memperoleh hasil diameter rambut berkisar pada 6×10^{-5} m sampai 18×10^{-5} m. Hasil ini masih dalam rentang ukuran diameter rambut manusia. Pengukuran diameter rambut secara lebih akurat dapat menggunakan SEM (*Scanning Electron Microscope*).

Referensi

- Crne, M., Sharma, V., Blair, J., Park, O. K., Summers C.J. & Srinivasarao, M. (2011). Biomimicry of optical microstructure of *Papilio palinurus*. *EPL*, 93 (1). 1-4.
- Giraldo, M.A., Yoshioka, S., Liu, C., & Stavenga, D.G. (2016). Coloration Mechanisms and Phylogeny of *Morpho* Butterflies. *Journal of Experiment Biology*, 219, 3936-3944.

- Elert, Glenn (editor). *The Physics Factbook*. <https://hypertextbook.com/facts/1999/BrianLey.shtml>. (diakses 10 Desember 2019).
- Hecht, J. (2019). *LASER*. <https://www.britannica.com>. (diakses 10 Desember 2019).
- Kholifudin, M Y. (2017). *Sinar Laser Mainan Sebagai Alternatif Sumber Cahaya Monokromatik Praktikum Kisi Difraksi Cahaya*. *Jurnal Penelitian Pembelajaran Fisika*. 8 (2). 129-134.
- Keçeli, M., Wen J., Saad. S., & Elert, Glenn. (2011). *SEM Image of the Week: Only their Hairdresser Knows for Sure*. <http://midwoodscience.org/?p=1136>. (diakses 11 Desember 2019).
- Krause, K. & Foitzik, K. (2006). *Biology of the Hair Follicle: The Basics*. Makalaha disajikan di Seminars in Cutaneous Medicine and Surgery. 25 (1). 2-10.
- Messer, R. (2018). Single Slit Interference Made Easy with a Strand of Hair and a LASER. *The Physics Teacher*. 56. 58-59.
- Serway, R.A. & Jewett, J.W. 2004. *Physics for Scientist and Engineers (6st ed.)*. Pacific Grove: Thomson Brooks/Cole.
- Sun, J., Bhushan, B., & Tong, J. (2013). Structural Coloration in Nature. *RSC Advances*. 3. 14862–14889.
- Vigneron, J.P. & Simonis, P. (2012). Natural Photonic Crystal. *Physica B: Condensed Matter*, 407(20), 4032-4036.
- Greiner, W. (2001). *Quantum Mechanics: An Introduction*. Springer.
- Young, H.D. & Freedman, R.A. (2012). *Sears and Zemansky's University Physics – with Modern Physics (13th ed.)*. San Francisco: Pearson education.