

1829-796X (p-issn)/2541-1713(e-issn)

JURNAL FISIKA FLUX

JURNAL ILMIAH FISIKA FMIPA UNIVERSITAS LAMBUNG MANGKURAT

ppjp.ulm.ac.id/journal/index.php/f

Volume 17 Nomor 2 , Hal. 73 - 145, Agustus Tahun 2020



Jurnal Fisika Flux: Jurnal Ilmiah Fisika FMIPA Universitas Lambung Mangkurat diterbitkan 2 kali dalam setahun. Artikel yang masuk akan *dipeer review* terlebih dahulu dan langsung diterbitkan pada edisi berjalan jika sudah siap terbit. Semua artikel bersifat *open acces*. Setiap orang bisa mengunduh tanpa memerlukan registrasi atau biaya.

Jurnal Fisika Flux adalah jurnal ilmiah bidang fisika dan aplikasinya, yang meliputi: fisika instrumentasi dan komputasi, geofisika, fisika material, fisika teori dan fisika inti.

Ketua Penyunting

Sadang Husain, Department of Physics, Universitas Lambung Mangkurat, Banjarmasin Indonesia

Anggota Penyunting

1. Arfan Eko Fahrudin, Department of Physics, Universitas Lambung Mangkurat, Banjarmasin Indonesia
2. Muhammad Saukani, Department of Mechanical Engineering, Universitas Islam Kalimantan, Banjarmasin Indonesia
3. Ade Agung Harnawan, Department of Physics, Universitas Lambung Mangkurat, Banjarmasin Indonesia
4. Tetti Novalina Manik, Department of Physics, Universitas Lambung Mangkurat, Banjarmasin Indonesia
5. Nurlina, Department of Physics, Universitas Lambung Mangkurat, Banjarmasin Indonesia
6. Ibrahim Sota, Department of Physics, Universitas Lambung Mangkurat, Banjarmasin Indonesia
7. Rahma Hi. Manrulu, Department of Physics, Faculty of Science, Universitas Cokroaminoto Palopo, Indonesia
8. Dr. Abdul Mujahid Hamdan, Environmental Engineering, Faculty of Science and Technology Universitas Islam Negeri Ar Raniry, Banda Aceh Indonesia, Indonesia
9. Dr. Ninis Hadi Haryanti, Department of Physics, Universitas Lambung Mangkurat, Banjarmasin Indonesia
10. Simon Sadok Siregar, Department of Physics, Universitas Lambung Mangkurat, Banjarmasin Indonesia
11. Elfi Yuliza, Department of Physics, Universitas Bengkulu, Bengkulu Indonesia

Mitra Bestari

1. Apriadi Salim Adam, Ph.D. Lembaga Ilmu Pengetahuan Indonesia
2. Dr. Suryajaya, Department of Physics, Universitas Lambung Mangkurat, Banjarmasin Indonesia
3. Iwan Sugriwan, Department of Physics, Universitas Lambung Mangkurat, Banjarmasin, Indonesia
4. Amar Vijai Nasrulloh, Ph.D, Department of Physics, Universitas Lambung Mangkurat, Banjarmasin, Indonesia
5. Andrian Simanjuntak, BMKG, Daerah Istimewa Aceh, Indonesia



6. Hardani Hardani, Politeknik Medica Farma Husada Mataram, Mataram, Indonesia
7. Dr. Ichsan Ridwan, Department of Physics, Universitas Lambung Mangkurat, Banjarmasin Indonesia
8. Dr. Sudarningsih Sudarningsih, Department of Physics, Universitas Lambung Mangkurat, Banjarmasin Indonesia
9. Sri Cahyo Wahyono, Department of Physics, Universitas Lambung Mangkurat, Banjarmasin Indonesia
10. Dr. Valentinus Putra, M.Sc. Textile Engineering Department, Politeknik STTT Bandung, Bandung, Indonesia.

Alamat Penyunting

Program Studi Fisika FMIPA ULM. Jl. A. Yani KM. 36 Banjarbaru, HP/Wa: 081354359978

E-mail: jurnalflux@ulm.ac.id

Penerbit

Lambung Mangkurat University (LMU) Press

Biaya penulis

Proses Submission: 0.00 (IDR)

Artikel Publikasi: 400.000 (IDR)



Jurnal Fisika Flux telah terindeks:



- ❖ ISJD
- ❖ BASE
- ❖ Copernicus
- ❖ Dimensions
- ❖ Road
- ❖ Garuda
- ❖ Sinta (Level Sinta 3)
- ❖ Google Scholar
- ❖ One Search Indonesia



Lebih lengkap silahkan kunjungi laman:

<https://ppjp.ulm.ac.id/journal/index.php/f/index>



KATA PENGANTAR

Jurnal Fisika Flux: Jurnal Ilmiah Fisika FMIPA Universitas Lambung Mangkurat adalah jurnal ilmiah fisika yang dikelola oleh Program Studi Fisika Fakultas Matematika dan Ilmu Pengetahuan Alam Universitas Lambung Mangkurat. Jurnal ini diterbitkan oleh Lambung Mangkurat University (LMU) Press. Jurnal ini mencakup bidang material, instrumentasi fisika, geofisika, fisika teori dan inti, serta bidang pendidikan fisika dan dua memiliki dua edisi tiap tahun yaitu edisi Februari dan Agustus. Artikel yang masuk akan direview oleh reviewer sesuai bidang keilmuan, dan jika tidak ada perbaikan akan dilanjutkan dengan proses pengeditan. Jika artikel sudah siap terbit, maka akan langsung diterbitkan melalui OJS pada nomor berjalan tanpa harus menunggu artikel lain.

Jurnal Fisika Flux telah terbit secara online dengan url <https://ppjp.ulm.ac.id/journal/index.php/f> dan bersifat *open acces*. Pembaca bisa mengunduh artikel yang ada pada jurnal flux tanpa perlu login terlebih dahulu. Namun, artikel yang ada di jurnal fisika flux dilarang keras memperjualbelikan artikel tanpa seizin pengelola jurnal fisika flux.

Kami sangat mengharapkan partisipasi Bapak/Ibu untuk terus menerbitkan artikelnya di Jurnal Fisika Flux. Kritik dan saran sangat diharapkan demi perbaikan dan peningkatan mutu dari jurnal ini. Semoga tulisan yang dimuat bisa bermanfaat bagi pembaca.

Redaksi



DAFTAR ISI

- ❖ Model 3D Sebaran Lindi pada Lapisan Tanah di Area TPA Batulayang Pontianak Kalimantan Barat Berdasarkan Nilai Resistivitas (73-79)
Muhardi, Muliadi, Zulfian
- ❖ Ekstraksi Ciri Citra Ultrasonografi Abdomen Menggunakan Metode Gray Level Co-Occurance Matrix (GLCM) (80-87)
Matius Umbu Laga, Giner Maslebu
- ❖ Identifikasi Diskontinuitas Seismik Mantel di Barat Laut Pulau Sumatera Menggunakan Data Prekursor SS (88-93)
Fahrudin, Apriadi, Ibrahim Sota, Sadang Husain
- ❖ Sintesis Magnesium Ferit Berbasis Pasir Besi Sarmi Menggunakan Metode Kopresipitasi (94-99)
Cahyo Saputra, Heru Cahyoutomo, Jeny Sendong, Octolia Togibasa
- ❖ Implementasi Wavelet Daubechies pada Data Seismik Gunungapi (100-111)
Dairoh dan Dega Surono Wibowo
- ❖ Solusi Persamaan Dirac untuk Fermion dengan Model Potensial Penghalang Medan Elektromagnetik (112-118)
Arista Romadani dan Erika Rani
- ❖ Otomatisasi Eksperimen Interferensi Tiga Celah (119-124)
Albertus Hariwangsa Panuluh, Elisabeth Dian Atmajati, Sri Agustini Sulandari
- ❖ Desain Konseptual Reaktor Cepat Berpendingin Karbondioksida dan Berbahan Bakar Uranium Alam Dengan Daya 2400 MW (125-130)
Enda Susanty, Menik Ariani, Idha Royani, Zaki Su'ud, dan Fiber Monado
- ❖ A Development of Textile Fabric Color Homogeneity Based on Computational Physics (Image Processing) with MATLAB (131-137)
Valentinus Galih Vidia Putra Andrian Wijayono Cahaya Rosyidan dan Juliany Ningsih Mohamad
- ❖ Analisis Perbandingan Kandungan Fe dan Karakteristik Sifat Listrik Pasir Besi Sungai dan Pantai (138-145)
Lalu A. Didik, Husnul Aini, Ahmad Zohdi



Otomatisasi Eksperimen Interferensi Tiga Celah

Albertus Hariwangsa Panuluh^{*)}, Elisabeth Dian Atmajati, Sri Agustini Sulandari

Program Studi Pendidikan Fisika, Fakultas Keguruan dan Ilmu Pendidikan,
Universitas Sanata Dharma, Yogyakarta, Indonesia, 55282

^{*)}Email korespondensi: panuluh@usd.ac.id

DOI: <https://doi.org/10.20527/flux.v17i2.8332>

Submitted: 14 April 2020 Accepted: 08 Juni 2020

ABSTRACT– Automation of three slit interference experiments has been carried out. The light interference is an interesting phenomenon to observe. The observation of the three-slit interference pattern uses a light sensor that is connected to the computer through the interface. Light intensity data will be directly recorded into the computer and displayed in the form of graphs of the light intensity versus time. To measure the pattern of the formed dark light, the light sensor is placed on a linear drive system. This drive system will move the sensor to the left or right to record the intensity of the pattern of dark light. The purposes of this study are: 1) designing an automatic experiment to observe three slit interference patterns and 2) measuring the wavelength of the light source, He-Ne laser, used in the experiment. From the experiment, we find that the wavelength of He-Ne laser is $(216,6 \pm 0,7)$ nm.

KEYWORDS : Automation; Interface; Interference; Three-slit interference

PENDAHULUAN

Ilmu fisika merupakan ilmu dasar dari perkembangan teknologi. Dari era Newton (fisika klasik) hingga sekarang (fisika modern) telah banyak sumbangan ilmu fisika bagi perkembangan teknologi. Apabila suatu bangsa bercita-cita untuk maju teknologinya, maka penguasaan bidang ilmu fundamental seperti fisika hendaklah diperkuat. Guru seharusnya membuat pembelajaran fisika di bangku sekolah lebih menarik. Salah satu materi fisika yang diajarkan pada siswa SMA adalah interferensi celah ganda. Materi ini hendak menjelaskan kepada siswa bahwa cahaya memiliki sifat gelombang.

Interferensi cahaya merupakan satu fenomena yang menarik untuk diamati. Siswa sekolah menengah atau mahasiswa di perguruan tinggi biasanya melakukan eksperimen interferensi cahaya mengenai percobaan Young untuk melihat bahwa cahaya juga memiliki sifat gelombang (Setiawan et al., 2018). Namun sebuah penelitian menunjukkan adanya kesulitan

dari mahasiswa dalam memahami materi interferensi celah ganda sehingga dilakukan tutorial yang disebut Quantum Interactive Learning Tutorial (Sayer et al., 2017). Penelitian lain menghasilkan kesimpulan bahwa siswa akan lebih paham dalam menerapkan konsep interferensi dan difraksi apabila diberi stimulus berupa hasil penelitian (Vokos et al., 2000).

Metode interferensi cahaya ini dapat digunakan untuk mengetahui besaran-besaran lain, misalnya panjang gelombang sumber cahaya. Fritz Zernike teori keheren sumber cahaya dilengkapi dan digunakan sampai sekarang (Mandel & Wolf, 1995). Zernike mempelajari sifat optik dari kisi difraksi menggunakan teleskop sejauh 6 meter dari permukaan kisi. Hasil eksperimennya menunjukkan bahwa adanya beda fase antara cahaya yang muncul akibat interferensi dan cahaya yang langsung dari sumber. Dari hasil eksperimennya tersebut Zernike memperoleh hadiah Nobel tahun 1953 atas penciptaan mikroskop fase kontras.

Jönsson et al. (1974), mengganti sumber cahaya dengan elektron untuk mendesain eksperimen difraksi banyak celah dengan sumber berupa berkas elektron. Dalam melakukan eksperimen, Jönsson et al. menemukan dua hal: (1) berkas elektron harus cepat sehingga dipercepat pada tegangan 50kV dan (2) ukuran dari celah harus sangat kecil dan bebas dari material. Jönsson et al. dalam eksperimennya berhasil mendesain celah dengan panjang $50 \mu\text{m}$, lebar $0,4 \mu\text{m}$ dan jarak antar celah $1 \mu\text{m}$. Pada saat itu jumlah celah yang bisa dipakai untuk menghasilkan pola interferensi adalah dua, tiga, empat, dan lima celah.

Frabboni et al. (2011) melakukan penelitian mengenai interferensi dan difraksi elektron untuk dua dan tiga celah. Eksperimen ini menggunakan sinar ion 30 keV-GA+ dengan bantuan mikroskop elektron dengan resolusi 6 nm dan 2 nm sebagai detektornya. Hasil tangkapan dari mikroskop menunjukkan dengan jelas sifat gelombang dari elektron dilihat dari pola interferensi dan difraksi yang tercipta sesuai dengan teori.

De Raedt et al. (2012) melakukan simulasi mengenai eksperimen tiga celah yang diperoleh secara eksplisit dari solusi Persamaan Maxwell. Penelitian tersebut menepis anggapan dari Sinha et al. (2010) bahwa interferensi kuantum (*quantum interference*) untuk orde lebih dari dua celah menghasilkan nilai nol. Namun, hasil penelitian tersebut tidak salah, melainkan pendekatan yang dilakukan pada zaman Fraunhofer.

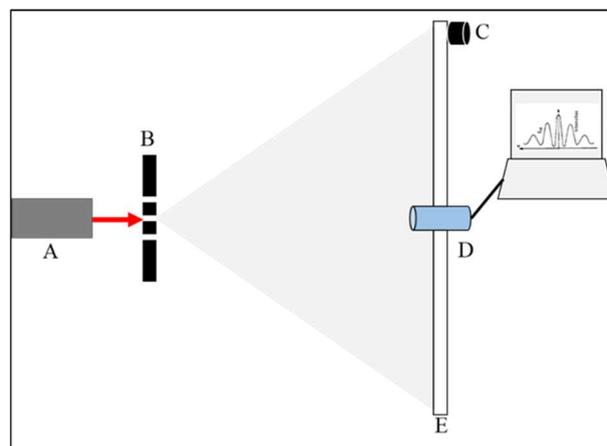
Pada tingkat dasar, interferensi cahaya ini banyak digunakan untuk mengukur panjang gelombang cahaya seperti yang dilakukan oleh Sugito et al. (2005), Handayani (2014), dan Tsalatsin & Masturi (2014). Sugito et al (2005) dan Handayani et al (2014) menggunakan kamera untuk menangkap pola interferensi cahaya yang dihasilkan. Hasil tangkapan kamera hanya dapat digunakan untuk mengukur jarak antar pola namun tidak dapat mengukur intensitas pola interferensi yang dihasilkan. Pengukuran intensitas ini perlu dilakukan salah satunya agar dapat

menunjukkan adanya maksimum sekunder pada celah yang jumlahnya lebih dari dua, sehingga dapat dipelajari lebih lanjut.

Oleh karena itu, pada penelitian ini akan dilakukan pengukuran panjang gelombang cahaya laser HeNe dengan metode interferensi tiga celah. Untuk mengamati hasil interferensi, digunakan sensor cahaya yang dapat mengukur intensitas dan akan digerakkan oleh sistem penggerak otomatis sehingga akan langsung diperoleh grafik intensitas cahaya terhadap posisi.

METODE PENELITIAN

Pengamatan pola interferensi tiga celah ini menggunakan sensor cahaya (LS-BTA, vernier) yang terhubung dengan komputer melalui *interface*. Data intensitas cahaya akan langsung terekam ke dalam komputer dan tampil dalam bentuk grafik hubungan intensitas cahaya terhadap waktu. Untuk dapat mengukur pola gelap terang yang terbentuk maka sensor cahaya ini diletakkan pada sistem penggerak linear. Sistem penggerak ini akan menggerakkan sensor ke arah kiri atau kanan untuk mencatat intensitas pola gelap terang yang terbentuk.



Gambar 1 Diagram pengaturan alat eksperimen interferensi tiga celah, dengan A: sumber cahaya, B: celah, C: motor untuk menggerakkan sistem penggerak sensor cahaya, D: sensor cahaya yang terhubung ke komputer, E: sistem penggerak sensor cahaya

Sistem yang ditampilkan pada Gambar 1 memungkinkan untuk melakukan eksperimen dengan lebih mudah. Data yang harus dikumpulkan telah direkam secara otomatis

oleh komputer. Selain itu, sensor yang seharusnya digerakkan ke kiri atau ke kanan sepanjang pola gelap terang yang terbentuk digerakkan secara otomatis oleh sistem penggerak.

Sistem penggerak ini menggunakan motor stepper yang akan memutar belt yang terhubung dengan dudukan sensor. Ketika motor memutar belt maka dudukan sensor ikut bergerak namun gerakannya secara linear (kiri-kanan) sehingga otomatis menggerakkan sensor. Motor stepper dipilih karena dapat diatur banyaknya step dalam satu putaran menggunakan Arduino UNO, *step* ini mempengaruhi jauhnya pergeseran sensor. Semakin banyak *step* tiap putaran, maka pergerakan linear sensor akan semakin halus sehingga semakin banyak posisi yang dapat diukur intensitasnya.

HASIL DAN PEMBAHASAN

Hasil Penelitian

Eksperimen interferensi tiga celah yang dilakukan menghasilkan pola interferensi yang ditunjukkan oleh Gambar 2.

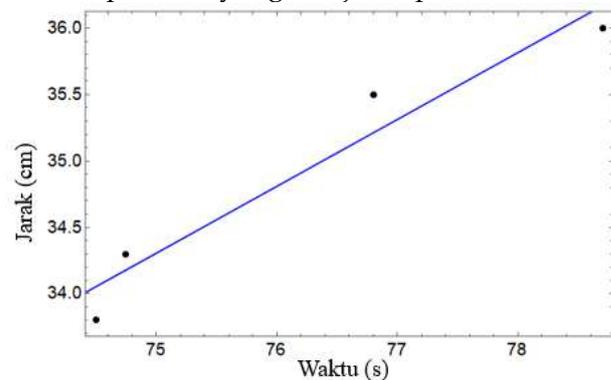


Gambar 2 Hasil eksperimen pola interferensi tiga celah

Pola interferensi tiga celah yang ditunjukkan oleh Gambar 2 diambil dengan menggunakan kamera. Pada tangkapan kamera terlihat bahwa di antara dua intensitas maksimum primer terdapat satu intensitas maksimum sekunder dengan intensitas yang lebih rendah. Jika hanya ditangkap dengan kamera maka hanya diperoleh data kualitatif saja, maka selanjutnya dilakukan pengukuran intensitas terhadap waktu menggunakan sensor cahaya. Tampilan hasil pengukuran

oleh sensor cahaya ini adalah grafik intensitas terhadap waktu, sedangkan untuk menghitung panjang gelombang sumber cahaya dibutuhkan grafik hubungan intensitas terhadap posisi.

Seperti yang telah dijelaskan pada metode penelitian dan Gambar 1, sensor cahaya ini bergerak dengan kelajuan tertentu. Bila kecepatan gerak sensor cahaya ini diketahui maka pada waktu tertentu, posisinya dapat ditentukan. Oleh karena itu, kecepatan dari sensor perlu dihitung terlebih dahulu menggunakan gradien dari grafik jarak terhadap waktu yang disajikan pada Gambar 3



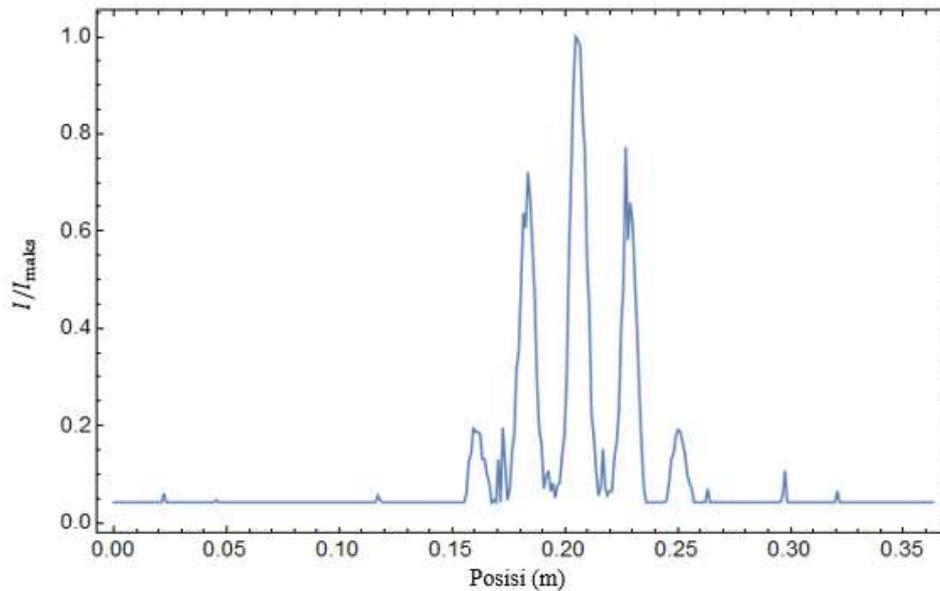
Gambar 3 Grafik perhitungan kelajuan sensor

Berdasarkan grafik pada Gambar 3, diperoleh nilai kelajuan sensor bergerak adalah 0,5042 cm/s. Dari hasil kelajuan sensor yang diperoleh ini, variabel waktu dapat dikonversi menjadi variabel posisi. Relasi antara intensitas ternormalisir (I/I_{maks}) dengan posisi ditunjukkan dalam Persamaan (1)

$$\frac{I}{I_{maks}} = \cos^2\left(\frac{\pi a}{\lambda L} x\right) \quad (1)$$

dengan I , I_{maks} , a , λ , L dan x adalah intensitas, intensitas maksimum, lebar celah, panjang gelombang, jarak sumber cahaya dengan layar, dan posisi berturut-turut. Grafik intensitas ternormalisir terhadap posisi ditunjukkan pada Gambar 4.

Hasil penelitian yang diperlihatkan pada Gambar 4 memiliki kesamaan dengan bentuk pola interferensi tiga celah yang ditunjukkan pada Giancoli (2016) dan Serway & Jewett (2013) yaitu adanya satu puncak sekunder (*secondary maximum*). Perbedaannya, adalah terjadinya penurunan intensitas. Gejala ini



Gambar 4 Grafik intensitas ternormalisir terhadap posisi (m)

menunjukkan selain interferensi, terjadi juga difraksi. Adanya difraksi dapat diketahui dengan terjadinya penurunan intensitas.

Langkah selanjutnya adalah melakukan analisis untuk mencari nilai panjang gelombang dari sumber cahaya yang digunakan. Dalam melakukan perhitungan nilai panjang gelombang digunakan Persamaan (2)

$$\Delta x = \frac{\lambda L}{aN} n' \quad (2)$$

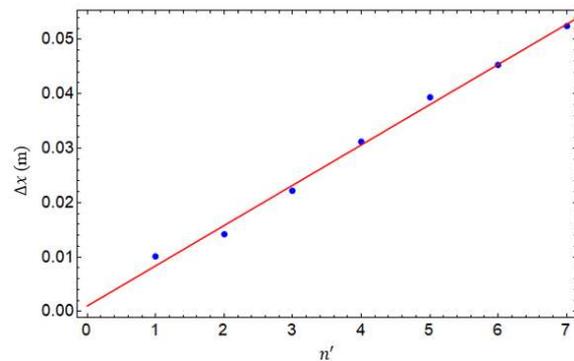
dengan N dan n' adalah jumlah celah (3 celah) dan orde gelap kecuali $0, N, 2N, \dots$ (Alonso & Finn, 1967). Hasil percobaan dirangkum dalam Tabel 1.

Tabel 1 Tabel data percobaan untuk mencari panjang gelombang sumber

n'	Δx (m)
1	0,010084
2	0,0141176
3	0,0221848
4	0,0312604
5	0,0393276
6	0,045378
7	0,0524368

Nilai panjang gelombang sumber cahaya yaitu sinar laser He-Ne dapat diperoleh dengan menganalisis gradien dari grafik yang disajikan pada Gambar 5. Dari gradien grafik diperoleh

panjang gelombang dari sinar laser He-Ne yang digunakan adalah $(216,6 \pm 0,7)$ nm.



Gambar 5 Grafik perhitungan panjang gelombang sinar laser He-Ne

Pembahasan

Penelitian otomatisasi interferensi tiga celah telah berhasil dilakukan. Penelitian ini menyajikan cara baru dalam proses pengambilan data. Berbeda dengan penelitian yang dilakukan oleh Sugito et al. (2005) dan Handayani (2014) yang tidak dapat mengamati intensitas, pada penelitian ini penggunaan sensor cahaya memungkinkan untuk mengukur intensitas cahaya pola interferensi. Selain itu sensor yang dapat digerakkan secara otomatis dapat mengukur intensitas cahaya pada berbagai posisi. Hasil pengukuran ini dapat dinyatakan dalam bentuk grafik hubungan intensitas cahaya terhadap posisi seperti yang ditampilkan pada Gambar 4.

Gambar 4 dapat menunjukkan bahwa pola interferensi untuk jumlah celah yang berbeda dapat menghasilkan pola yang berbeda. Melalui grafik ini kemudian dapat diukur salah satunya adalah panjang gelombang laser HeNe yang digunakan sebagai sumber cahaya. Hasil pengukuran panjang gelombang.

Metode ini dapat dilakukan sebagai alternatif eksperimen interferensi cahaya. Bila pengukuran ini dilakukan secara manual, tentunya melelahkan dan cenderung menghabiskan waktu untuk hal teknis. Metode eksperimen yang otomatis ini akan membantu pengamat untuk lebih fokus mengamati fenomena yang terjadi, sehingga diharapkan dapat meningkatkan pemahaman dan memunculkan gagasan yang lebih baik.

KESIMPULAN

Perancangan eksperimen otomatisasi untuk mengamati pola interferensi tiga celah dan pengukuran panjang gelombang sumber cahaya yang digunakan dalam eksperimen telah dilakukan. Otomatisasi bertujuan untuk memudahkan dalam melakukan eksperimen sehingga lebih fokus dalam memahami konsep dibandingkan berkuat pada teknis pengambilan data. Hasil eksperimen menunjukkan bahwa panjang gelombang sumber cahaya yang digunakan adalah $(216,6 \pm 0,7) \text{ nm}$.

UCAPAN TERIMA KASIH

Penulis mengucapkan terima kasih kepada Lembaga Penelitian dan Pengabdian Kepada Masyarakat (LPPM) Universitas Sanata Dharma karena telah mendanai penelitian ini dengan nomor 026/LPPM USD/III/2019.

DAFTAR PUSTAKA

Alonso, M., & Finn, E. J. (1967). *Fundamental University Physics* (Vol. 2). Addison-Wesley.

De Raedt, H., Michielsen, K., & Hess, K. (2012). Analysis of multipath interference in three-slit experiments. *Physical Review A - Atomic, Molecular, and Optical Physics*,

85(1), 1–7.
<https://doi.org/10.1103/PhysRevA.85.012101>

- Frabboni, S., Frigeri, C., Gazzadi, G. C., & Pozzi, G. (2011). Two and three slit electron interference and diffraction experiments. *American Journal of Physics*, 79(6), 615–618.
<https://doi.org/10.1119/1.3560429>
- Giancoli, D. C. (2016). *Physics: principles with applications*. Pearson.
- Handayani, S. L. (2014). Analisis Pola Interferensi Celah Banyak untuk Menentukan Panjang Gelombang Laser He-Ne dan Laser Dioda. *Jurnal Fisika*, 4, 26–31.
- Jönsson, C., Brandt, D., & Hirschi, S. (1974). Electron Diffraction at Multiple Slits. *American Journal of Physics*, 42(1), 4–11.
- Mandel, L., & Wolf, E. (1995). *Optical Coherence and Quantum Optics*. Cambridge University Press.
- Sayer, R., Maries, A., & Singh, C. (2017). Quantum interactive learning tutorial on the double-slit experiment to improve student understanding of quantum mechanics. *Physical Review Physics Education Research*, 13(1), 10123.
<https://doi.org/10.1103/PhysRevPhysEduRes.13.010123>
- Serway, R. A., & Jewett, J. W. (2013). *Physics for Scientists and Engineers with Modern Physics*. Cengage Learning.
- Setiawan, A., Pursitasari, I. D., & Hardhienata, H. (2018). Pengembangan kit praktikum difraksi dan interferensi cahaya untuk meningkatkan penguasaan konsep dan kemampuan berpikir kritis. *Edusentris Jurnal Ilmu Pendidikan Dan Pengajaran*, 5(1), 1-13.
- Sinha, U., Couteau, C., Jennewein, T., Laflamme, R., & Weihs, G. (2010). Ruling out multi-order interference in quantum mechanics. *Science*, 329(5990), 418–421.
<https://doi.org/10.1126/science.1190545>
- Sugito, H., Setia Budi, W., Firdausi, K. S., & Mahmudah, S. (2005). Pengukuran Panjang Gelombang Sumber Cahaya Berdasarkan Pola Interferensi Celah

- Banyak. *Berkala Fisika*, 8(2), 37–44.
- Tsalatsin, M. N., & Masturi. (2014). Penentuan Panjang Gelombang Sinar Menggunakan Interferensi Celah Ganda Sederhana. *Jurnal Fisika*, 4(2), 69–73. <https://doi.org/10.15294/jf.v4i2.3828>
- Vokos, S., Shaffer, P. S., Ambrose, B. S., & Mcdermott, L. C. (2000). Student understanding of the wave nature of matter: Diffraction and interference of particles. *American Journal of Physics*, 68, S42–S51. <https://doi.org/10.1119/1.19519>