

ANALISIS POLA INTERFERENSI CELAH BANYAK UNTUK MENENTUKAN PANJANG GELOMBANG LASER He-Ne DAN LASER DIODA

Sri Lestari Handayani
Pascasarjana Universitas Negeri Semarang

Email: yani26aryani@gmail.com

Abstrak

Penelitian ini bertujuan untuk menentukan panjang gelombang laser He-Ne dan laser dioda merah melalui analisis pola interferensi celah banyak dan mengamati pengaruh jumlah celah terhadap pola interferensi celah banyak. Pada penelitian ini dilakukan variasi jarak layar (L) dan variasi jarak antar celah (d) untuk menentukan panjang gelombang laser He-Ne dan laser dioda merah. Hasil penelitian menunjukkan bahwa panjang gelombang laser He-Ne dan laser dioda merah berturut-turut sebesar $(626 \pm 6,79)$ nm dan $(518 \pm 19,5)$ nm untuk variasi jarak layar. Panjang gelombang laser He-Ne dan laser dioda merah berturut-turut sebesar $(441 \pm 2,71)$ nm dan $(500 \pm 1,71)$ nm untuk variasi jarak antar celah. Tidak terdapat perbedaan pola interferensi antara laser He-Ne dan laser dioda merah meskipun menggunakan jumlah celah berbeda.

Kata kunci : interferensi celah banyak, laser dioda, laser He-Ne, panjang gelombang, pola interferensi

PENDAHULUAN

Cahaya tampak menarik untuk dipelajari karena dapat dirasakan oleh mata manusia secara langsung. Efek interferensi pada gelombang cahaya tampak tidak mudah untuk diamati karena panjang gelombang mencapai sekitar 4×10^{-7} m sampai 7×10^{-7} m. Menentukan panjang gelombang cahaya dapat dilakukan dengan dua cara yaitu metode difraksi menggunakan kisi difraksi dan interferensi (Minarniet *et al.*, 2013).

Sugito *et al.* (2005) menggunakan metode pengukuran panjang gelombang cahaya dengan celah banyak untuk menghasilkan pengukuran panjang gelombang dengan ralat yang lebih kecil dan diperoleh analisis pola-pola interferensi cahaya tampak. Metode lain untuk menentukan panjang gelombang adalah interferometer Fabry-Perot oleh Satoto *et al.* (2007). Selain itu, terdapat metode interferometer Michelson yang juga digunakan untuk mengukur panjang koherensi laser yang dilakukan oleh Setyaningsih (tahun tidak diketahui). Melalui berbagai penelitian, pemahaman dalam pengukuran panjang

gelombang menggunakan konsep interferensi dapat lebih dimengerti.

Superposisi gelombang merupakan penjumlahan dua gelombang atau lebih yang dapat melintasi ruang sama tanpa ada ketergantungan satu gelombang dengan yang lain. Jika pada suatu tempat bertemu dua buah gelombang, maka resultan gelombang di tempat tersebut sama dengan jumlah dari kedua gelombang tersebut. Peristiwa ini disebut sebagai prinsip superposisi linier.

Interferensi cahaya adalah perpaduan dua atau lebih sumber cahaya sehingga menghasilkan keadaan yang lebih terang (interferensi maksimum) dan keadaan yang gelap (interferensi minimum). Syarat terjadinya interferensi cahaya adalah cahaya tersebut harus koheren yaitu keadaan dua sumber cahaya atau lebih yang mempunyai frekuensi, amplitudo dan beda fase yang tetap (Halliday & Resnick 2003).

Prinsip interferensi adalah jika dua gelombang yang merambat dalam arah yang sama (hampir sama) dengan beda fase yang tetap konstan terhadap waktu, maka dapat terjadi keadaan sedemikian rupa sehingga energinya tidak didistribusikan secara merata, tetapi pada titik-titik tertentu dicapai harga

maksimum, dan pada titik-titik lain dicapai harga minimum (Halliday & Resnick 2003).

Pada percobaan Young, setiap celah bertindak sebagai sumber garis yang ekuivalen dengan sumber titik dalam dua dimensi. Pola interferensi diamati pada layar yang jauh dari celah tadi, yang dipisahkan sejarak d . Pada jarak yang sangat jauh dari celah, garis-garis dari kedua celah ke satu titik P di layar akan hampir sejajar, dan perbedaannya kira-kira $d \sin \theta$, seperti yang ditunjukkan pada Gambar 1. Dengan demikian terdapat interferensi maksimum pada suatu sudut yang diberikan oleh:

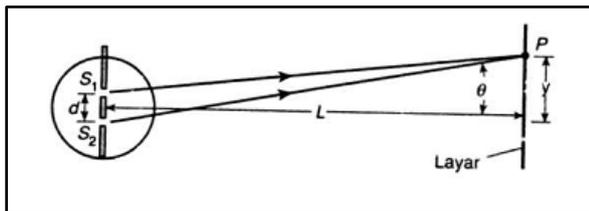
$$d \sin \theta = n\lambda \quad n=0, 1, 2 \quad (1)$$

interferensi minimum terjadi saat:

$$d \sin \theta = \left(n + \frac{1}{2}\right)\lambda \quad n=0, 1, 2 \quad (2)$$

Untuk sudut yang kecil, yang diukur di sepanjang layar rumbai terang ke- n jarak di antara dua rumbai terang berurutan diberikan oleh persamaan:

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



Gambar 1. Konfigurasi interferensi celah 2 Young (Sugito *et al.* 2005)

Jika terdapat tiga sumber atau lebih yang berjarak sama dan sefase satu sama lain, pola intensitas pada layar yang jauh akan serupa dengan pola yang diberikan oleh dua sumber, tetapi ada beberapa perbedaan penting. Kedudukan maksima intensitas di layar adalah sama tanpa memandang berapa banyak sumber yang ada, tetapi maksima ini memiliki intensitas yang lebih terang dan lebih tajam jika terdapat banyak sumber (Sugito *et al.* 2005).

Laser mempunyai sifat-sifat yang tidak dimiliki oleh sumber cahaya lain. Sifat-sifat khas laser antara lain kesearahan, intensitas, monokromatis, dan koherensi. Laser He-Ne merupakan jenis laser gas yang ditimbulkan oleh molekul dan atom netral. Laser ini dapat beresilasi pada panjang gelombang 0,633 μm ,

1,15 μm (laser gas yang pertama kali beresilasi), dan 3,39 μm (Kuswanto, tahun tidak diketahui).

Laser mainan yang banyak beredar di pasaran adalah salah satu jenis laser dioda yang memiliki panjang gelombang tertentu. Laser dioda yang dipakai pada penelitian ini adalah laser dioda berspektrum warna merah. Laser dioda merupakan laser yang paling banyak aplikasinya dibanding laser jenis lainnya karena laser dioda tersedia secara komersial dengan berbagai panjang gelombang, bentuk yang kompak, daya yang besar dan harga yang relatif murah. Laser dioda memiliki kekurangan berupa bentuk berkasnya yang eliptikal dan panjang gelombang mudah berubah karena perubahan lingkungan (Minarni *et al.* 2013).

Rumusan masalah penelitian ini adalah:

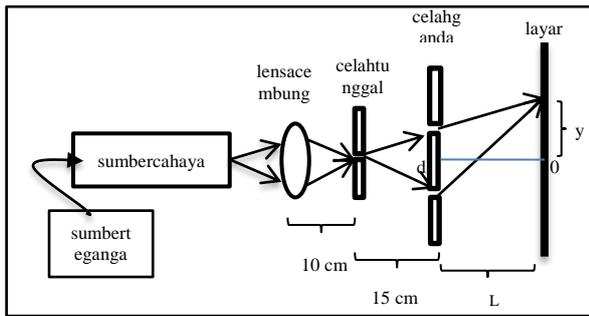
- (1) berapakah panjang gelombang laser He-Ne dan laser dioda yang diperoleh melalui analisis pola interferensi celah banyak dengan variasi jarak layar dan variasi jarak antar celah?;
- (2) apakah terdapat pengaruh jumlah celah terhadap bentuk pola interferensi laser He-Ne dan laser dioda?

Tujuan dari penelitian ini adalah: (1) menentukan panjang gelombang laser He-Ne dan laser dioda melalui analisis pola interferensi celah banyak dengan variasi jarak layar dan variasi jarak antar celah; (2) mengetahui pengaruh jumlah celah terhadap bentuk pola interferensi laser He-Ne dan laser dioda.

METODE

Alat dan bahan pada eksperimen ini meliputi laser He-Ne, laser mainan, lensa cembung, celah tunggal, celah ganda (2,3,4,5), jangka sorong, penggaris, layar, kamera, dan statif. Data dianalisis menggunakan analisis regresi menggunakan MS. Excel.

Sumber cahaya yang akan digunakan adalah laser He-Ne dan laser dioda. Lensa cembung digunakan untuk memfokuskan berkas sumber cahaya. Celah tunggal untuk menghasilkan sumber cahaya yang koheren. Celah banyak untuk menghasilkan pola-pola interferensi. Layar digunakan untuk menangkap pola interferensi yang dihasilkan. Kamera digunakan untuk merekam pola interferensi.



Gambar 2. Rangkaian alat eksperimen

HASIL DAN PEMBAHASAN

a) Panjang Gelombang Laser He-Ne dan Laser dioda merah

Berdasarkan analisis data, diperoleh hasil penentuan panjang gelombang laser He-Ne dan laser dioda merah seperti pada Tabel 1 dan Tabel 2.

Panjang gelombang laser He-Ne yang paling mendekati referensi sebesar (626±6,79) nm dan laser dioda (518±19,5) nm melalui eksperimen celah 5.

Tabel 1. Panjang Gelombang Laser He-Ne dan laser dioda merah dengan variasi jarak layar

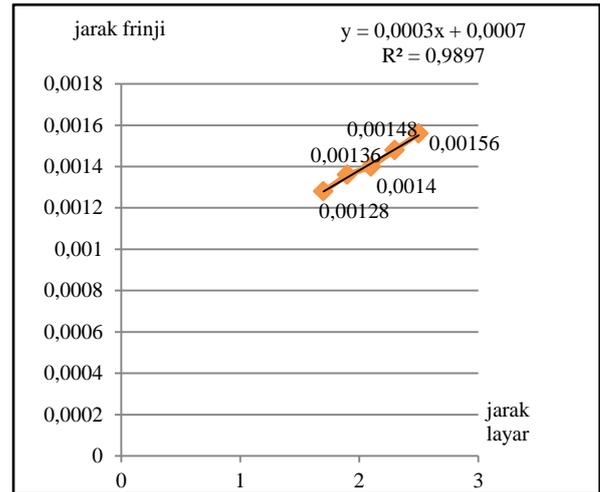
Jumlah celah	Panjang gelombang (λ)	
	Laser He-Ne	Laser dioda
2	(443±4,86) nm	(366±28,2) nm
3	(537±3,11) nm	(439±23,5) nm
4	(569±5,04) nm	(481±20,6) nm
5	(626±6,79) nm	(518±19,5) nm

Berdasarkan variasi jarak antar celah (d), diperoleh panjang gelombang laser He-Ne yang mendekati referensi sebesar (441 ± 2,71) nm dan panjang gelombang laser dioda merah sebesar (500 ± 1,71) nm.

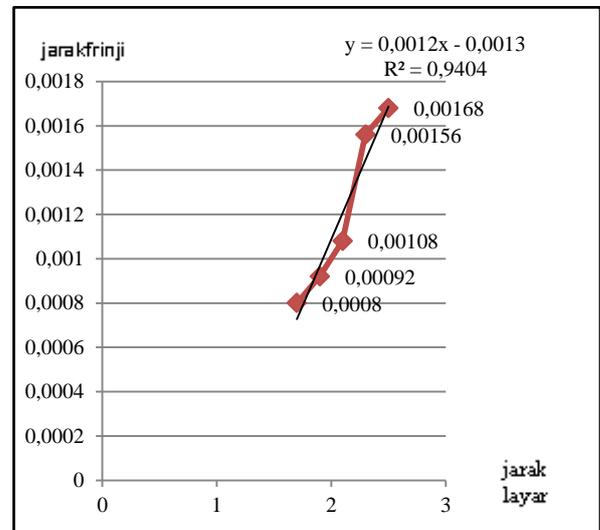
Tabel 2. Panjang gelombang Laser He-Ne dan laser dioda merah dengan variasi jarak antar celah.

Variasi d (m)	Panjang gelombang (λ)	
	Laser He-Ne	Laser dioda
0,0008	345 nm	333 nm
0,001	368 nm	400 nm
0,002	608 nm	768 nm
Rata-rata	(441±2,71) nm	(500±1,71) nm

Berdasarkan Gambar 3 dan 4 diperoleh koefisien korelasi antara jarak layar dan jarak frinji baik pada laser He-Ne maupun laser dioda merah menunjukkan korelasi positif



Gambar 3. Grafik pengaruh jarak layar (L) dan jarak frinji (y) pada Laser He-Ne menggunakan celah 5

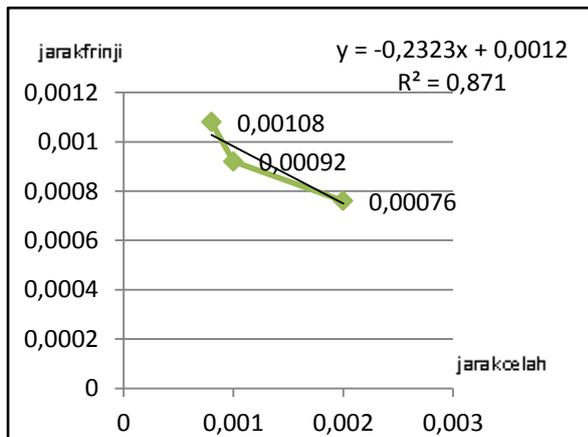


Gambar 4. Grafik pengaruh jarak layar (L) dan jarak frinji (y) pada Laser dioda menggunakan celah 5

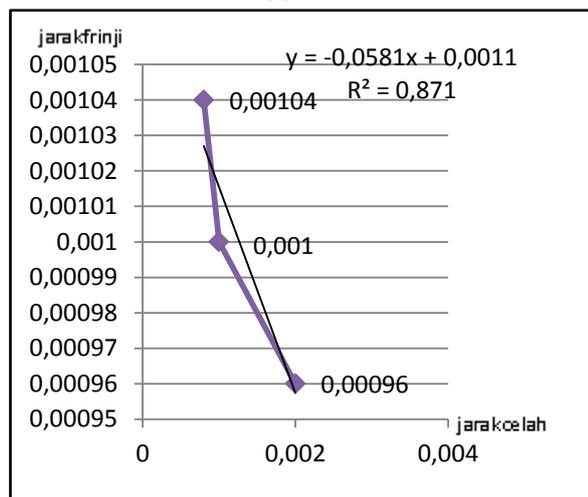
berturut-turut sebesar 0,0003 dan 0,0012. Hal ini berarti bahwa jarak layar memiliki hubungan berbanding lurus terhadap jarak frinji sesuai dengan persamaan (3). Semakin

besar nilai jarak layar, maka jarak frinji semakin besar.

Pada eksperimen interferensi dengan celah 5 baik pada laser He-Ne maupun laser dioda merah, menunjukkan besarnya nilai koefisien determinasi pengaruh jarak layar terhadap jarak frinji berturut-turut sebesar 0,99 dan 0,94 yang berarti bahwa jarak layar mempengaruhi lebih dari 90% nilai jarak frinji.



Gambar 5. Grafik pengaruh jarak antar celah (d) terhadap jarak frinji (y) pada Laser He-Ne menggunakan celah 5



Gambar 6. Grafik pengaruh jarak antar celah (d) terhadap jarak frinji (y) pada Laser dioda menggunakan celah 5

Koefisien korelasi antara jarak layar dan jarak frinji pada laser He-Ne dan laser dioda merah menunjukkan korelasi negatif berturut-turut sebesar -0,2323 dan -0,0581. Hal ini berarti bahwa jarak antar celah memiliki hubungan berbanding terbalik terhadap jarak

frinji. Sesuai dengan persamaan (3) bahwa jika semakin besar jarak antar celah maka semakin kecil jarak antar frinji. Pada eksperimen interferensi dengan celah 5 baik pada laser He-Ne maupun laser dioda merah, menunjukkan besarnya nilai koefisien determinasi pengaruh jarak antar celah terhadap jarak frinji yang besarnya sama yaitu sebesar 0,87. Hal ini berarti bahwa nilai jarak antar layar mempengaruhi 87% nilai jarak frinji.

Nilai panjang gelombang laser He-Ne yang tampak pada Tabel 1, menunjukkan bahwa hasil panjang gelombang laser He-Ne maupun laser dioda lebih baik jika dilakukan melalui eksperimen celah ganda 5 dibandingkan eksperimen celah ganda 2, 3, dan 4. Hal ini dikarenakan semakin banyak celah yang digunakan maka semakin tampak jelas interferensi yang dihasilkan, sesuai dengan pernyataan Sugito *et al.* (2005) bahwa untuk jumlah lebih banyak akan menghasilkan intensitas pola interferensi yang lebih tajam.

Jika interferensi yang teramati jelas, maka dalam menentukan terang pusat pertama dengan terang pusat kedua akan lebih mudah. Penggunaan celah ganda 2 dalam melakukan eksperimen interferensi untuk variasi jarak antar celah mempengaruhi ketajaman hasil interferensi yang teramati. Hal ini mengakibatkan pengukuran besaran-besaran yang terkait mengalami ketidaktepatan.

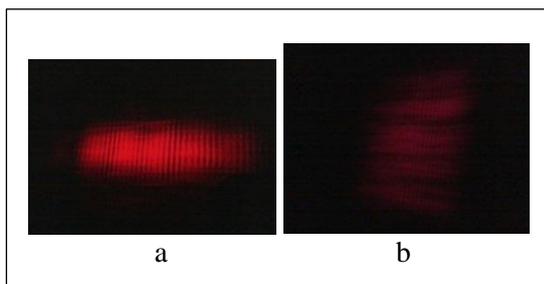
Beberapa kesalahan yang mempengaruhi hasil nilai panjang gelombang baik pada laser He-Ne maupun laser dioda merah, meliputi:

- 1) Pengukuran beberapa besaran yang terkait yang kurang tepat dikarenakan kesederhanaan alat eksperimen yang digunakan.
- 2) Kekurangtepatan pembacaan hasil pengukuran besaran-besaran yang terkait sehingga mempengaruhi perhitungan nilai panjang gelombang.
- 3) Kurang pas dalam penyusunan posisi alat eksperimen karena meja yang digunakan untuk tumpuan alat kurang stabil.
- 4) Adanya faktor perubahan lingkungan yang seperti dinyatakan oleh Minarni *et al.* (2005) yang menyebabkan nilai panjang gelombang laser dioda tidak sesuai dengan referensi.

b) Pola Interferensi Laser He-Ne dan Laser dioda merah

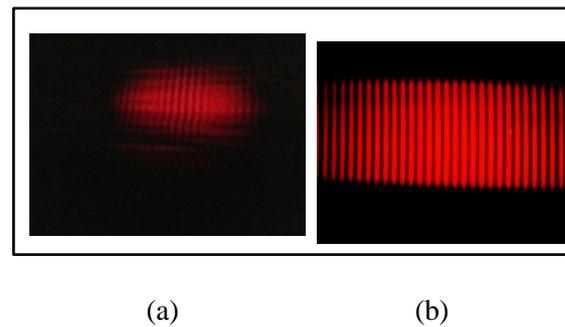
Hasil pola interferensi celah banyak yang terbentuk baik pada laser He-Ne maupun laser dioda merah memiliki pola yang sama, membentuk garis terang dan gelap seperti pada Gambar 6. Pola yang terbentuk sesuai dengan teori bahwa akan terjadi interferensi konstruktif ditandai adanya garis terang maksimum dan interferensi destruktif ditandai dengan adanya garis gelap maksimum. Hal ini disebabkan karena distribusi energi cahaya tersebut yang tidak merata sehingga terdapat daerah gelap dan daerah terang (Halliday & Resnick 2003).

Pola interferensi untuk celah 2, 3, 4 dan 5 baik laser He-Ne dan laser dioda adalah sama. Jumlah celah tidak mempengaruhi pola interferensi yang terbentuk. Hal ini diperkuat oleh Sugito *et al.* (2005) yang menyatakan bahwa jika terdapat tiga sumber cahaya atau lebih yang berjarak sama dan sefase satu sama lain, pola intensitas pada layar yang jauh akan serupa dengan pola yang diberikan oleh dua sumber cahaya.



Gambar 6. Pola interferensi celah 5 (a) laser He-Ne dan (b) laser dioda ($d=0,00092$ m; $L=2,5$ m)

Pola interferensi celah banyak yang diperoleh pada eksperimen ini sama dengan pola interferensi celah banyak yang diperoleh Sugito *et al.* (2005) seperti Gambar 7.



Gambar 7. Pola interferensi laser He-Ne (a) penelitian ini (b) Sugito *et al.* (2005)

Jumlah celah tidak mempengaruhi pola interferensi yang terbentuk tetapi mempengaruhi amplitudo dari superposisi gelombang interferensi yang terbentuk dan ketajaman dari pola interferensi tersebut. Interferensi merupakan superposisi dari beberapa gelombang yang koheren sehingga pola interferensi celah 5 akan lebih tajam dan memiliki amplitudo lebih besar dibandingkan pola interferensi celah 2. Seperti yang dinyatakan oleh Sugito *et al.* (2005) bahwa kedudukan maksima intensitas di layar adalah sama tanpa memandang berapa banyak sumber yang ada, tetapi maksima ini memiliki intensitas yang lebih terang dan lebih tajam jika terdapat banyak sumber.

Jarak layar mempengaruhi ketajaman pola interferensi yang terbentuk baik pada laser He-Ne maupun laser dioda merah. Pola interferensi yang terbentuk pada jarak 2,5 m lebih jelas teramati dibandingkan pada jarak 1,7 m. Hal ini terjadi karena pada jarak yang tertentu (cukup jauh) dari celah, gelombang dari kedua celah akan menuju ke satu titik di layar akan hampir sejajar, dan nilai $\sin \theta$ akan berharga sama dengan $\frac{y}{L}$. Jarak antar frinji pada jarak 1,7 m lebih rapat dibandingkan jarak antar frinji pada jarak 2,5 m untuk jumlah celah yang sama. Pola interferensi pada laser He-Ne lebih jelas dibandingkan pada laser dioda merah dikarenakan intensitas sumber laser dioda merah yang tidak stabil dibandingkan laser He-Ne karena laser dioda merah yang digunakan menggunakan baterai yang memiliki keterbatasan pemakaian.

SIMPULAN

Panjang gelombang laser He-Ne dan laser dioda merah berturut-turut sebesar $(626 \pm 6,79)$ nm dan $(518 \pm 19,5)$ nm untuk variasi jarak layar serta sebesar $(441 \pm 2,71)$ nm dan $(500 \pm 1,71)$ nm untuk variasi jarak antar celah. Jumlah celah, jarak layar, dan jarak antar celah tidak mempengaruhi pola interferensi cahaya yang terbentuk baik pada laser He-Ne dan laser dioda merah. Jumlah celah mempengaruhi amplitudo interferensi yang terbentuk. Semakin banyak jumlah celah, semakin banyak sumber gelombang cahaya mengakibatkan pola interferensi cahaya yang terbentuk semakin jelas dan amplitudo interferensinya lebih besar.

UCAPAN TERIMAKASIH

Ucapan terimakasih ditujukan kepada Dosen Pembimbing dan teman-teman kelas yang memberikan bantuan demi terlaksananya eksperimen ini.

DAFTAR PUSTAKA

- Halliday & Resnick. 2000. *Fisika Jilid 2 Edisi Ketiga*. Jakarta: Erlangga.
- Kuswanto, A. -. Penentuan Koefisien Difusi Larutan HCl Menggunakan Interferometer Michelson Berbasis Borland Delphi 7.0 [skripsi]. Malang: Universitas Negeri Malang. Dapat diunduh di <http://library.um.ac.id/>
- Minarni, Saktiono & G. Lestari. 2013. Pengukuran Panjang Gelombang Cahaya Laser Dioda Menggunakan Kisi Difraksi Refleksi dan Transmisi. *Prosiding Semirata FMIPA Universitas Lampung*. 167-171.
- Satoto, D., H. Sugito & K.S. Firdausi. 2007. Studi Interferometer Fabry-Perot Untuk Pengukuran Panjang Gelombang Cahaya. *Berkala Fisika* 10 (4): 179-181.
- Setyaningsih, A. 2006. Penentuan Nilai Panjang Koherensi Laser Menggunakan Interferometer Michelson [tesis]. Semarang: Universitas Diponegoro.
- Sugito, H., W.S. Budi, K.S. Firdausi & S. Mahmudah. 2005. Pengukuran Panjang Gelombang Sumber Cahaya

Berdasarkan Pola Interferensi Celah Banyak. *Berkala Fisika* 8 (2): 37-44.