PENGUKURAN NILAI PANJANG KOHERENSI DUA SUMBER LASER MENGGUNAKAN INTERFEROMETER MICHELSON

Dhiesta Anggrainie, Minarni, Tengku Emrinaldi

Jurusan Fisika
Fakultas Matematika dan Ilmu Pengetahuan Alam
Kampus Bina Widya Pekanbaru, 28293, Indonesia
dhiestaanggrainie@rocketmail.com

ABSTRACT

One of the laser beam unique properties is its coherence. Each lasers has different coherence length. The coherence length of laser is very important in many photonic applications such as holography, spectroscopy, and interferometry. The coherence length can be measured by an interferometer. Measurement of coherence length of two HeNe lasers and two diode lasers has been done using a Michelson interferometer. Two HeNe lasers with same wavelength but from the different company and two diode lasers with different wavelength and brands were used. The laser used were HeNe laser 632,8 nm by Griffin (laser I), HeNe laser 632,8 nm by Pudak (laser II), diode laser 638 nm (laser III) and diode laser 405 nm (laser IV). Interference fringes from interferometer were recorded by a Thorlabs CCD camera and processed using ToupView *software* to determine the respective value of the maximum and minimum intensity of each fringe pattern. Data of the fringe pattern intensity were used to calculate the visibility (V) and coherence length (Lc) of the lasers. The results showed that Lc and deviation of laser I was $(1{,}12\pm31{,}8\times 10^{-3})$ mm, laser II was $(0{,}99\pm61{,}6\times 10^{-3})$ mm, laser III was $(0{,}50\pm2{,}9\times 10^{-3})$ mm and laser IV was $(0{,}3\ 8\pm4{,}8\times 10^{-3})$ mm, respectively. The results also showed that the coherence lengths of the HeNe lasers were greater than the diode lasers.

Keywords: Coherence length, visibility, Michelson interferometer, HeNe laser, diode laser.

ABSTRAK

Salah satu sifat unik laser yaitu laser bersifat koheren. Setiap laser yang berbeda memiliki nilai panjang koherensi yang berbeda satu sama lain. Panjang koherensi sebuah laser sangat penting pada bidang aplikasi fotonik seperti holografi, spektroskopi dan interferometri. Pengukuran panjang koherensi dapat dengan menggunakan interferometer. Pengukuran panjang koherensi dua laser HeNe dan dua laser dioda dengan panjang gelombang yang berbeda menggunakan interferometer Michelson telah dilakukan. Pada penelitian ini digunakan dua laser HeNe dengan panjang gelombang yang sama tetapi berbeda merk dan dua laser dioda dengan panjang gelombang dan merk yang berbeda. Laser yang digunakan yaitu Laser HeNe 632,8 nm merk Griffin (laser I), Laser HeNe 632,8 nm merk Pudak (laser II), laser dioda 638 nm (laser III),

laser dioda 405 nm (laser IV). Pola frinji yang terbentuk pada layar akan direkam kamera CCD Produksi Thorlabs dan akan diolah dengan menggunakan *software* ToupView untuk menentukan nilai intensitas maksimum dan minimum dari pola frinji yang terbentuk. Data yang telah terkumpul dilakukan perhitungan untuk visibilitas dan panjang koherensi dari laser yang digunakan. Hasil pengukuran nilai panjang koherensi masing-masing laser yaitu laser I ($1{,}12 \pm 31{,}8 \times 10^{-3}$) mm, laser II ($0{,}99 \pm 61{,}6 \times 10^{-3}$) mm, laser III ($0{,}50 \pm 2{,}9 \times 10^{-3}$) mm dan laser IV ($0{,}38 \pm 4{,}8 \times 10^{-3}$) mm. Hasil juga menunjukkan bahwa nilai panjang koherensi laser HeNe lebih besar dari pada laser dioda.

Kata kunci: Panjang koherensi, visibilitas, interferometer Michelson, laser HeNe, laser dioda.

PENDAHULUAN

Salah satu sifat unik laser yang tidak dimiliki sumber cahaya lainnya yaitu koherensi. Sifat koherensi pada suatu kesamaan fase. Laser memiliki nilai panjang koherensi lebih panjang dari sumber cahaya lainnya. Ada dua konsep koherensi pada laser yang sangat penting dan tidak bergantung satu sama lain, yaitu koherensi ruang (*spatial coherence*) dan koherensi waktu (*temporal coherence*) **(**Saleh dan Teich, 1991).

Berbagai tingkat kontrol nilai panjang koherensi dari berkas sinar laser saat ini menjadi aspek yang sangat penting dan terus dikembangkan pada bidang aplikasi fotonik, seperti spektroskopi dan pemompa optik sebuah atom, , interferometri, holografi, dan beberapa tipe sensor optik lainnya (Deninger dan Renner, 2010).

Pengukuran nilai panjang koherensi dengan menggunakan metode interferometer Michelson dapat dilakukan dengan menganalisa dan mengolah hasil pola frinji yang terbentuk dari suatu berkas sinar laser yang terekam pada kamera CCD. Pola frinji yang terbentuk dan terekam kamera CCD ini berhubungan dengan besarnya intensitas maksimum dan minimum dari banyaknya jumlah pola frinji yang dihasilkan dari suatu berkas sinar yang disebut visibilitas (DeCamp, 2008). Pola frinji yang terekam diterjemahkan dalam bentuk histogram dan grafik diolah menggunakan *software* ToupView yang berasal dari kamera CCD.

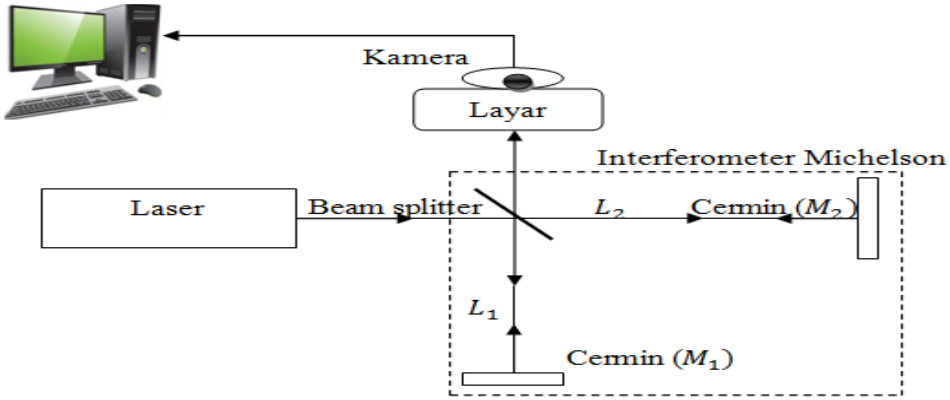
Penelitian ini menggunakan perangkat optik Interferometer Michelson untuk mengukur nilai panjang koherensi. Dua sumber laser yang digunakan yaitu dua laser HeNe dengan panjang gelombang yang sama yaitu 632,8 nm tetapi berasal dari dua merk yang berbeda. Selain itu juga digunakan dua laser dioda dengan dua merk dan dua panjang gelombang yang berbeda yaitu laser dioda dengan panjang gelombang 638 nm dan 405 nm.

METODE PENELITIAN

a. Alat dan bahan

Alat dan bahan yang digunakan yaitu dua laser HeNe dan dua laser dioda diantaranya laser HeNe 632,8 nm merk Griffin (laser I), laser HeNe merk Pudak Scientific (laser II), laser dioda 638 nm (laser III) dan laser dioda 405 nm (laser IV), satu set interferometer Michelson merk Pasco Scientific Model OS-8501, laptop, kamera CCD, dan *software* ToupView.

b. Skema penelitian



Gambar 1. Skema Penelitian

b. Prosedur Penelitian

1. Pembentukan pola frinji

Pada Gambar 3.1 sinar laser diarahkan ke *beam splitter*, *beam splitter* membagi sinar laser menjadi dua berkas sinar yaitu sebagian menuju kecermin (M_2) dan sebagian dipantulkan menuju kecermin (M_1). Kedua cermin tersebut memantulkan kembali sinar kearah *beam splitter*. Kedua sinar bergabung membentuk sudut (θ) didalam beam splitter dan saling berinterferensi satu sama lain. Sehingga menghasilkan pola gelap terang yang disebut pola frinji. Pola frinji yang terbentuk dapat dilihat dilayar, posisi dan perubahan bentuk poal frinji dapat dilihat dengan cara memutar mikrometer sekrup pada salah satu cermin yang bergerak (M_2). Pola frinji gelap terang yang terlihat dilayar kemudian direkam oleh kamera CCD yang ditempatkan didepan lensa dengan jarak 9,1 cm dan hasil perekaman akan ditampilkan pada layar monitor (komputer).

2. Pengukuran panjang koherensi sinar laser

Setelah terbentuk pola frinji pada layar dengan posisi awal mikrometer sekrup 0 µm, mikrometer sekrup pada *removable mirror* (M_2) diputar sebesar 5 µm dan direkam perubahan pola frinji yang terbentuk pada layar oleh kamera CCD, setiap dilakukan pergeseran mikrometer sekrup sebesar 5 µm maka pola frinji akan berubah bentuk dan posisi. Visibilitas pada pola frinji berupa gelap terang yang terdapat pada layar menyatakan hubungan intensitas maksimum dan intensitas minimum. Pola frinji tersebut yang akan diterjemahkan terlebih dahulu dalam bentuk histogram dan grafik yang dapat diolah menggunakan *software* ToupView. Visibilitas dapat dihitung menggunakan persamaan (1).

$$V = \frac{(I_{MAKS} - I_{MIN})}{(I_{MAKS} + I_{MIN})} \quad (1)$$

$$V = 1 - \frac{\Delta l}{L_c} \quad (2)$$

$$L_c = -\frac{\Delta l}{V-1} \quad (3)$$

Setelah diperoleh nilai Δl dan nilai visibilitas untuk setiap pola frinji, kemudian panjang koherensi dihitung menggunakan dengan persamaan (3). Pada persaaman (2) dan (3), V adalah visibilitas, Imaks adalah intensitas maksimum yang diperoleh dari pola terang frinji, Imin adalah intensitas minimum yang diperoleh dari pola gelap frinji, Δl adalah beda relatif dari panjang lintasan yang dilalui sinar laser, dan L_c adalah panjang koherensi berkas sinar laser yang akan diukur.

HASIL DAN PEMBAHASAN

a. Beda relatif panjang lintasan Δl untuk laser HeNe dan laser dioda

Pengukuran beda relatif dari panjang lintasan yang dilalui oleh laser HeNe dan laser Dioda pada interferometer Michelson diperoleh dengan memvariasikan Δl pada interferometer untuk setiap perubahan 5 μm sampai pola frinji tidak terlihat lagi.

Tabel 1: Data Δl maksimum setiap laser

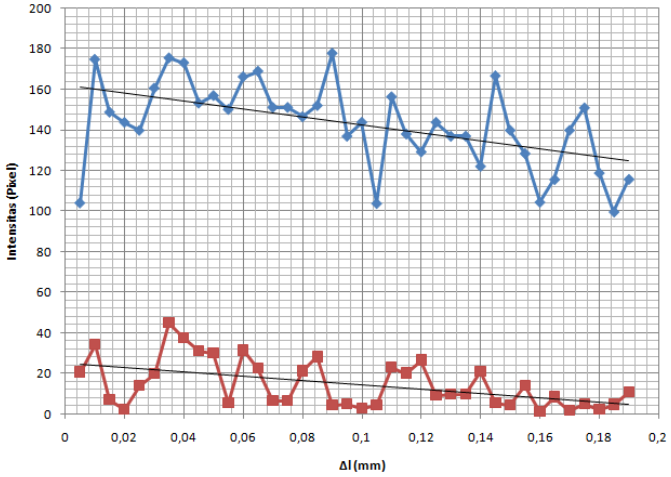
Laser	λ (nm)	Δl (μm)
DiodaViolet	405	150
HeNe Pudak	632,8	180
HeNe Griffin	632,8	190
Dioda Merah	638	175

b. Intensitas maksimum dan minimum laser HeNe dan laser dioda

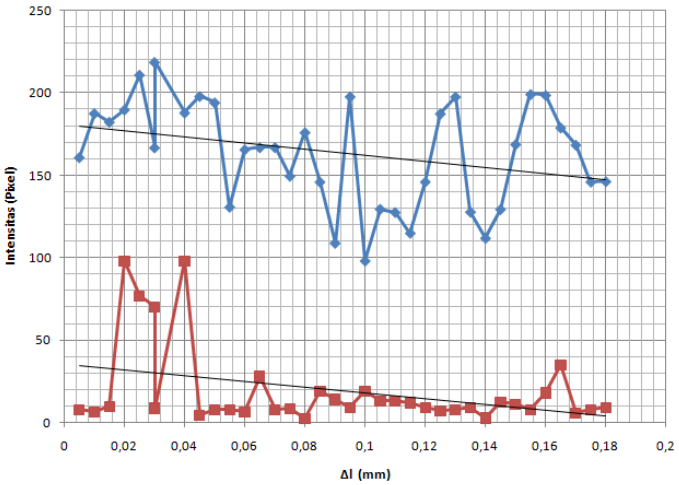
Pengukuran intensitas maksimum dan minimum pola frinji laser HeNe dan laser dioda menggunakan *software* ToupView. Pola frinji yang dihasilkan laser HeNe dan laser dioda menunjukkan terjadinya penurunan intensitas maksimum dan minimum pada masing-masing pola frinji saat terjadinya perubahan posisi maksimum yang dapat dicapai pola frinji, hal ini dikarenakan pada posisi maksimum pola frinji mencapai perubahan bentuk maksimum dan akhirnya akan hilang sesuai dengan bertambahnya besarnya perubahan *Δl*, dapat dilihat pada Gambar 1-Gambar 4 (Mensah *et al.*, 2012).

Tabel 2: Rata-rata intensitas maksimum dan minimum laser HeNe dan laser dioda

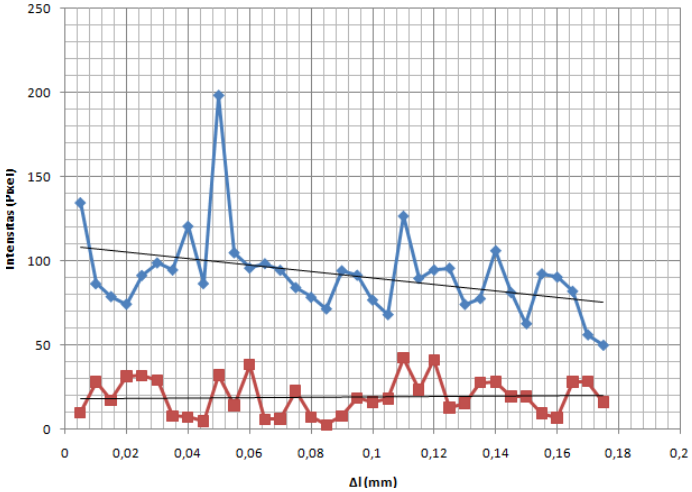
Jenis Laser	λ(nm)	$\overline{Imaks}$ (Px)	$\overline{Imin}$ (Px)
HeNe Griffin	632,8	142,29	14,40
HeNe Pudak	632,8	153,77	31,47
Dioda Merah	638	90,41	19,58
Dioda Violet	405	94,13	23,97



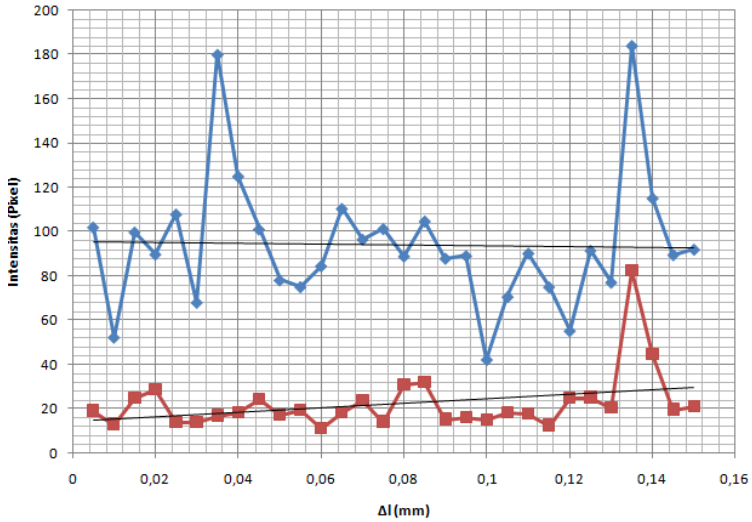
Gambar 1. Grafik intensitas maksimum dan minimum rata-rata laser HeNe merk Griffin



Gambar 2. Grafik intensitas maksimum dan minimum rata-rata laser HeNe merk Pudak



Gambar 3. Grafik intensitas maksimum dan minimum rata-rata laser dioda merah 638 nm



Gambar 4. Grafik rata-rata intensitas maksimum dan minimum laser dioda violet 405 nm

c. Visibilitas laser HeNe dan laser dioda

Visibilitas pada laser HeNe dan laser dioda diperoleh dengan menggunakan persamaan (1), setelah terlebih dahulu dilakukannya pengolah pola frinji dengan menggunakan *software* ToupView.

Berdasarkan hasil perhitungan menggunakan persamaan (1), setiap penurunan nilai visibilitas pola frinji pada laser HeNe dan laser dioda yang digunakan sebanding besarnya dengan perubahan posisi dan bentuk yang mampu dicapai oleh pola frinji pada masing-masing laser sebelum akhirnya menghilang. Setiap Perubahan dan penurunan nilai visibilitas sebanding besarnya dengan perubahan Δl pada interferometer Michelson yang terbaca pada mikrometer sekrup dan terlihat pada setiap perubahan pola frinji yang terekam pada kamera CCD (Mensah *et al.*, 2012).

Tabel 3: Visibilitas rata-rata laser HeNe dan laser dioda

Jenis laser	λ (nm)	$\bar{V}$
HeNe Griffin	632,8	0,83
HeNe Pudak	632,8	0,81
Dioda Merah	638	0,65
Dioda Violet	405	0,61

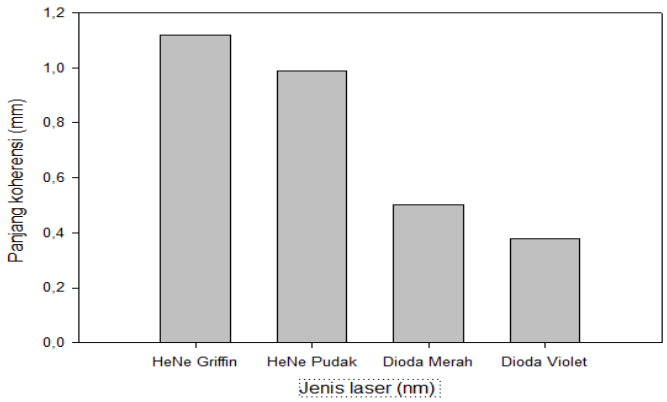
d. Panjang koherensi laser HeNe dan laser dioda

Perhitungan panjang koherensi sinar laser HeNe dan dioda menggunakan persamaan (3), menghasilkan nilai panjang koherensi yang lebih besar untuk laser HeNe dari pada laser dioda. Hal ini dipengaruhi oleh beberapa faktor diantaranya dipengaruhi oleh

faktor ekternal dan faktor internal. Faktor eksternal yang mempengaruhi perubahan panjang koherensi sinar laser diantaranya adalah faktor lingkungan seperti kebisingan, suhu, tekanan udara dan kelembaban, sedangkan untuk faktor internal yaitu frekuensi *linewidth* laser, bentuk rongga cavity laser, panjang gelombang laser serta daya keluaran sinar laser. Faktor lainnya yang menyebabkan nilai panjang koherensi sinar laser dioda kecil dikarenakan laser dioda memiliki intensitas dan frekuensi cahaya yang kurang stabil sehingga kecerahan pola frinji yang dihasilkan sangat rendah dan pola frinji berbentuk eliptikal, juga sensitif terhadap perubahan suhu. laser HeNe memiliki intensitas tinggi dan frekuensi cahaya yang sangat stabil, hal ini dikarenakan pada proses pelucutan elektron pada salah satu cermin didalam laser HeNe memantulkan berkas foton secara sempurna. Pemantulan cermin ini berfungsi untuk memperkuat berkas laser, sehingga berkas laser yang dipancarkan memiliki intensitas yang tinggi dan frekuensi cahaya yang stabil, sehingga pola frinji yang dihasilkan juga berbentuk bulat dengan bentuk dan warna yang terang dan jelas. nilai panjang koherensi yang dihasilkan oleh laser HeNe dan laser dioda sebanding dengan besarnya perubahan Δl pada interferometer Michelson yang dilalui oleh berkas sinar laser. (Yin *et al.*, 1996).

Tabel 4: Panjang koherensi laser HeNe dan laser dioda

Jenis laser	Panjang gelombang (nm)	Lc (mm)
Laser HeNe Griffin	632,8	$1{,}12 \pm 31{,}8 \times 10^{-3}$
Laser HeNe Pudak	632,8	$0{,}99 \pm 61{,}6 \times 10^{-3}$
Laser Dioda Merah	638	$0{,}50 \pm 2{,}9 \times 10^{-3}$
Laser Dioda Violet	405	$0{,}38 \pm 4{,}8 \times 10^{-3}$



Gambar 5. Grafik panjang koherensi laser HeNe dan laser dioda

KESIMPULAN

Pengukuran nilai panjang koherensi dua sinar laser dengan menggunakan interferometer Michelson telah berhasil dilakukan. Penggunaan kamera CCD dan *software* ToupView untuk pengolah pola frinji dari masing-masing laser menghasilkan rata-rata nilai intensitas maksimum dan minimum, serta nilai visibilitas yang sesuai dengan yang seharusnya. Panjang koherensi laser HeNe 632,8 nm Produksi Griffin yaitu $1{,}12 \pm 31{,}8 \times 10^{-3}$mm, HeNe 632,8 nm produksi Pudak yaitu $0{,}99 \pm 61{,}6 \times 10^{-3}$mm, laser dioda merah 638 nm yaitu $0{,}50 \pm 2{,}9 \times 10^{-3}$mm dan laser dioda violet 405 nm yaitu $0{,}38 \pm 4{,}8 \times 10^{-3}$mm.

UCAPAN TERIMA KASIH

Penulis mengucapkan terimakasih kepada Ibu Dr. Minarni, M.Sc dan Bapak Tengku Emrinaldi, M.Si yang telah membimbing, memotivasi serta membantu penelitian dan penulisan karya ilmiah ini

DAFTAR PUSTAKA

Decamp, F.M. 2008. *The Coherence of Laser Light and Everyday Light*. Newark. University of Delaware.

Deninger, A. dan Renner, T. 2010. *12 Orders of Coherence Control Tayloring the Coherence Lenght of Diode Laser.* TOPTICA PHOTONICS: Germany.

Mensah, E.E. Pedersen, H.M. dan Lokberg, O.J. 2012. Measurement of temporal coherence of visible cw laser sources using interferometric methods. *The African Review of Physics 7:0049*:433-439.

Saleh, B. dan Teich, M. 1991. Coherence. *Fundamental of Photonics* : 343-349 dan 353-366.

Yin, J. Zhu, S. Gao, W dan Wang, Y. 1996. Relationship Between Temporal Coherence And Laser Parameters In A Two-Longitudinal-Mode HeNe Laser. Applied Physics B 63:8-11