

UJI KESEMPURNAAN LENSA BERDASARKAN SIFAT ABERASI LENSA MENGGUNAKAN METODE INTERFEROMETER TWYMAN-GREEN

Oleh
Indah Warni
J2D002202

INTISARI

Telah dilakukan penelitian tentang perubahan pola frinji akibat ketidaksempurnaan lensa berdasarkan sifat aberasi lensa dengan menggunakan metode interferometer Twyan-Green.

Sumber cahaya yang digunakan adalah sinar laser He-Ne dengan $\lambda = 632,8$ nm dan laser dioda dengan $\lambda = 645$ nm. Bahan yang digunakan adalah 4 buah lensa cembung yang masing-masing mempunyai panjang fokus lensa 18 mm, 48 mm, 50 mm dan 100 mm. Tingkat kesempurnaan lensa dapat dilihat dari penyimpangan pola frinji yang dihasilkan, penyimpangan ini bisa dalam bentuk pola frinji yang dihasilkan maupun dari posisi pola frinji terhadap titik pusat dari berkas sinar.

Dari pengujian yang telah dilakukan terhadap empat lensa cembung diperoleh bahwa semakin besar panjang fokusnya, tingkat kesempurnaannya semakin bagus. Tetapi tingkat kesempurnaan ini tidak bergantung terhadap panjang fokusnya akan tetapi bergantung tingkat kelengkungan dari permukaan lensa karena dengan kelengkungan permukaan lensa yang semakin kecil sifat aberasi sferis lensa semakin kecil pula.

ABSTRAC

It have been done by research about the change of frinji pattern causing by imperfect of lens for aberrations with Twyan-Green interferometer method.

The ray used are laser ray of He-Ne by $\lambda = 632.8$ nm and laser ray of dioda by $\lambda = 645$ nm. The materials used is 4 convex lens which is each having focus length of lens are 18 mm, 48 mm, 50 mm and 100 mm. Imperfection of lens can be seen from deviation of frinji pattern yielded, this deviation can be seen from the form of frinji pattern yielded and from position of frinji pattern to the center of binding light.

The examination which have been done to four convex lens obtained that is ever greater of its focus length, its perfection storey, level progressively nicely because the fringes nearly from the center of binding light. But imperfection storey do not hinge to its focus length however hinging curvature storey from surface of lens because with curvature of surface of lens which smaller, sferis aberration of lens would be smaller also.

PENDAHULUAN

Banyaknya komponen-komponen optik modern yang beredar di pasaran sekarang ini membuat para pengguna harus lebih selektif dalam memilih. Hal ini dikarenakan banyak dari komponen-komponen tersebut yang tidak sempurna atau cacat sehingga fungsi kerja dari instrumen yang menggunakan komponen-komponen tersebut akan tidak sesuai dengan yang diharapkan. Oleh karena itu diperlukan suatu metode yang dapat menguji seberapa layak komponen-komponen tersebut untuk dapat digunakan.

Interferometer Twyman-Green adalah suatu instrumen yang sangat bermanfaat untuk

mengukur cacat dalam suatu komponen seperti lensa, prisma, kaca plane-parallel, laser, dan cermin datar, sehingga metode ini telah banyak digunakan di bidang industri optik untuk menguji tingkat kesempurnaan produk-produk yang mereka hasilkan.

Berdasarkan latar belakang yang telah dikemukakan di atas, interferometer Twyman-Green dapat digunakan untuk menguji tingkat kesempurnaan suatu lensa berdasarkan tingkat aberasi lensa. Lensa yang akan diuji diletakkan diantara beam splitter (cermin pembagi sinar) dan movable mirror (cermin yang dapat digeser). Berdasarkan pola frinji yang dihasilkan dari interferensi sinar yang berasal dari adjustable mirror (cermin yang dapat diatur

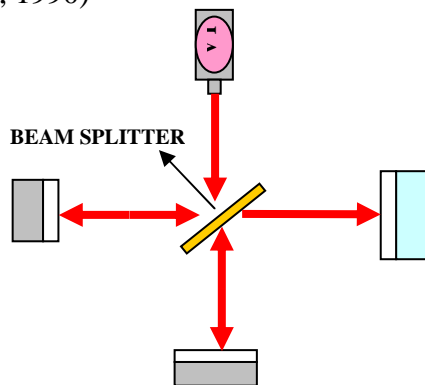
kedudukannya) dan movable mirror akan dapat diketahui tingkat aberasi lensa sehingga tingkat kesempurnaan suatu lensa dapat diketahui.

Penelitian ini dibatasi hanya pada pengamatan pola frinji yang dihasilkan sebelum dan sesudah memakai bahan (lensa cembung) menggunakan metode interferometer Twyman-Green. Bahan atau lensa cembung yang digunakan dalam penelitian ini diasumsikan sebagai lensa tipis.

Interferometer Michelson

Interferometer adalah alat yang dapat digunakan untuk mengukur panjang atau perubahan panjang dengan ketelitian yang sangat tinggi berdasarkan penentuan garis-garis interferensi (Resnick, 1999).

Interferometer Michelson bekerja berdasarkan prinsip interferensi. Prinsip interferensi adalah kenyataan bahwa beda lintasan optik (Δs) akan membentuk suatu frinji. Di bawah ini adalah bagan dari Interferometer Michelson (Hecht, 1990)



Gambar 2.1 Skema Interferometer Michelson.

Cahaya laser yang mengenai permukaan *beam splitter* (pembagi berkas) sebagian dari cahaya tersebut akan dipantulkan ke atas dan sisanya ditransmisikan ke kanan. Bagian yang dipantulkan ke atas oleh suatu cermin datar (cermin 1) akan dipantulkan kembali ke *beam splitter* yang kemudian menuju ke *screen* (layar). Adapun bagian yang ditransmisikan ke kanan oleh cermin datar (cermin 2) juga akan dipantulkan kembali ke *beam splitter*, kemudian bersatu dengan cahaya dari cermin 1 menuju layar, sehingga kedua sinar akan berinterferensi yang ditunjukkan dengan adanya pola-pola cincin gelap-terang (frinji) (Soedjo, 1992).

Banyak atau sedikitnya jumlah frinji yang terbentuk tergantung pada beda lintasan

optik antara kedua cahaya yang saling berinterferensi. Semakin besar beda lintasan optik antara kedua cahaya akan menyebabkan pola-pola interferensi (frinji) semakin banyak. Demikian pula sebaliknya semakin kecil beda lintasan optik akan mengakibatkan jumlah frinji semakin sedikit (Francom, 1966).

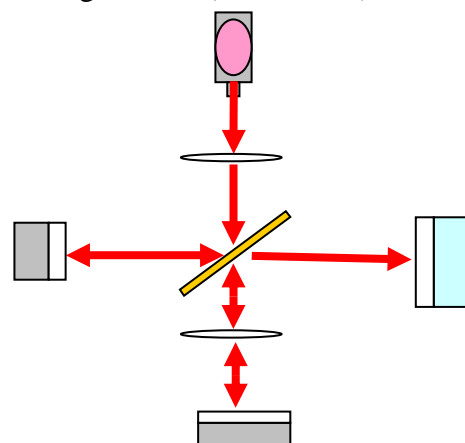
Interferometer Twyman Green

Interferometer Twyman-Green merupakan variasi dari metode interferometer Michelson (Hecht, 1990).

Pengaturan komponen-komponen antara metode interferometer Michelson dan interferometer Twyman-Green adalah sama, perbedaan kedua metode ini terletak pada cara penyinaran yang dilakukan. Untuk metode interferometer Michelson penyinarannya menggunakan sinar yang luas sedangkan metode interferometer Twyman-Green menggunakan sinar yang difokuskan.

Metode interferometer Twyman-Green sangat efektif untuk uji alat-alat optik (Hecht, 1990).

Seperti yang terlihat pada gambar 2.2, alat atau komponen yang akan diuji diletakkan diantara *beam splitter* dan *movable mirror*. Jika komponen yang diuji sempurna maka gelombang sinar yang merambat akan dibiarkan kembali sebagai gelombang datar sama seperti gelombang sumber (Born, 1980).



Gambar 2.2 skema interferometer Twyman Green

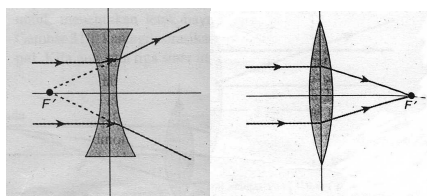
Jika dalam percobaan komponen yang akan diuji adalah lensa, maka antara cermin pemantul kedua (Cermin 2) dengan lensa harus mempunyai selang waktu rambat yang sama (*coincide*). Lensa akan dikatakan sempurna jika tidak terjadi aberasi, hal ini diperlihatkan dengan adanya pola frinji yang dihasilkan tidak

mengalami perubahan bentuk maupun penyimpangan posisi (Hecht, 1990).

Aberasi Lensa

Lensa adalah sebuah alat untuk mengumpulkan atau menyebarkan cahaya, biasanya dibentuk dari sepotong gelas yang dibentuk (Giancoli, 2001).

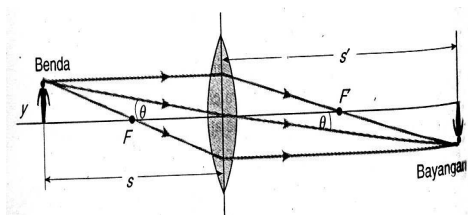
Ada dua jenis lensa, yaitu *convex lens* (lensa cembung atau lensa positif) atau disebut juga sebagai lensa *komvergen* yang prinsip kerjanya adalah mengumpulkan sinar dan *konkaf lens* (lensa cekung atau lensa negatif) atau disebut juga sebagai lensa *divergen* yang prinsip kerjanya menyebarkan sinar. Hal ini dapat dilihat pada gambar 2.3 (Tipler, 2001)



Gambar 2.3. (a) lensa negatif. (b) lensa positif (Tipler, 2001)

Gambar 2.4 mengilustrasikan metode yang digunakan untuk mengetahui arah jalannya sinar yang melalui lensa pengumpul, dalam metode ini digunakan tiga sinar utama. Untuk lensa positif, sinar-sinar utamanya adalah:

1. Sinar sejajar, yang digambar sejajar dengan sumbu utama, sinar ini dibelokkan melalui titik fokus kedua dari lensa.
2. Sinar pusat, digambar melalui pusat (*verteks*) lensa. Sinar ini tidak dibelokkan (disimpangkan). (Muka-muka lensa adalah sejajar pada titik ini, sehingga sinar memancar pada arah sama tetapi sedikit bergeser. Karena lensa tersebut tipis, pergeseran tersebut dapat diabaikan).
3. Sinar fokus, digambar melalui titik fokus pertama. Sinar ini memancar sejajar dengan sumbu utama.

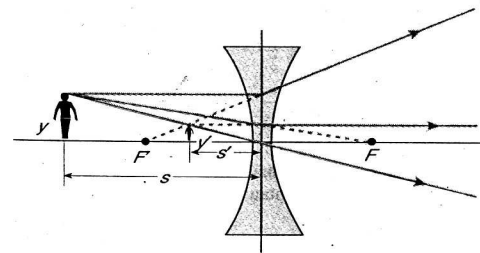


Gambar 2.4. Arah berkas sinar untuk lensa positif (Tipler, 2001)

Sedangkan untuk lensa negatif, sinar-sinar utamanya adalah:

1. Sinar sejajar, digambar sejajar sumbu utama. Sinar ini menyebar dari lensa seolah-olah berasal dari titik fokus kedua.
2. Sinar pusat, digambar melalui pusat (*verteks*) lensa. Sinar ini tidak dibelokkan.
3. Sinar fokus, digambar menuju fokus pertama. Sinar ini memancar sejajar sumbu utama.

Diagram sinar menyebar dapat dilihat pada gambar 2.5 (Tipler, 2001).

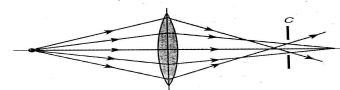


Gambar 2.5. Arah berkas sinar untuk lensa negatif (Tipler, 2001).

Jika semua sinar dari sebuah objek titik tidak difokuskan pada sebuah titik bayangan tunggal, bayangan buram yang dihasilkan disebut aberasi (Tipler, 2001)

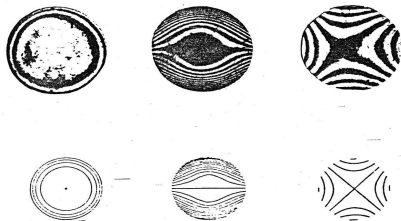
Gambar 2.6 menunjukkan sinar-sinar dari sebuah sumber titik pada sumbu utama yang melintasi sebuah lensa tipis dengan permukaan-permukaan melengkung. Sinar-sinar yang mengenai lensa jauh dari sumbu utama di belokkan lebih dari sinar-sinar yang dekat dengan sumbu utama, dengan hasilnya bahwa tidak semua sinar difokuskan pada sebuah titik tunggal. Sebaliknya bayangan tersebut kelihatan sebagai sebuah cakram melingkar. Lingkaran dengan kekacauan paling sedikit berada pada titik C yang disebut sebagai circle of least confusion, dengan garis tengahnya minimum. Jenis aberasi ini disebut aberasi sferis (Jenkins, 1976).

Ada dua jenis aberasi sferis yaitu aberasi sferis aksial dan aberasi sferis lateral. Aberasi sferis aksial menimbulkan ketidakpastian letak bayangan sepanjang arah sumbu optik sedang aberasi lateral menyebabkan keaburan bayangan titik sumber sinar berupa bundaran keaburan pada arah tegak lurus sumbu optik (Soejono, 1992).



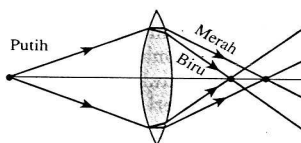
Gambar 2.6 Aberasi sferis (Tipler, 2001).

Aberasi yang mirip seperti ini namun lebih rumit disebut coma (koma) (comet-shaped image) dan astigmatisma yang terjadi pada saat obyek-obyek berada diluar sumbu utama. Aberasi dalam bentuk bayangan obyek yang memanjang yang disebabkan kenyataan bahwa perbesaran tergantung pada jarak titik obyek dari sumbu utama disebut distorsi. Semua jenis aberasi dapat dilihat pada gambar 2.7 (Tipler, 2001).



Gambar 2.7 Macam-macam aberasi. (a) Aberasi sferis (b) Aberasi koma (c) Aberasi astigmatis (Born, 1980).

Aberasi-aberasi diatas terjadi untuk cahaya monokromatik sehingga disebut aberasi monokromatik. Cahaya normal tidak monokromatik, dan ada juga aberasi kromatik. Aberasi ini muncul karena dispersi-variasi indeks bias materi transparan terhadap panjang gelombang. Sebagai contoh, cahaya biru dibelokkan lebih jauh dari cahaya merah oleh kaca. Sehingga jika cahaya putih jatuh pada sebuah lensa, warna-warna yang berbeda difokuskan pada titik-titik yang berbeda pula, dan akan ada pinggiran yang berwarna pada bayangan. Hal ini dapat dilihat pada gambar 2.8. (Giancoli, 2001).



Gambar 2.8. Aberasi kromatik. Warna-warna yang berbeda difokuskan pada titik-titik yang berbeda (Giancoli, 2001).

PEMBAHASAN

Pada penelitian ini dilakukan pengamatan pada pola frinji (pola gelap terang) yang terjadi akibat interferensi dari dua berkas cahaya yang koheren dengan menggunakan metode interferometer Twyman-Green .

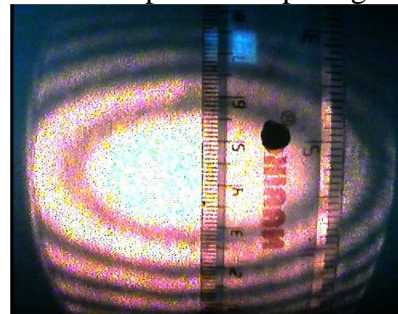
Metode ini digunakan untuk menguji kesempurnaan lensa dengan mengetahui perubahan pola frinji yang terjadi akibat pengaruh lensa yang diletakkan pada jalur yang dilalui oleh salah satu berkas cahaya. Sumber berkas yang digunakan dalam penelitian ini ada dua macam sinar ini melewati lensa dan sinar ini mempunyai

yaitu laser Helium Neon dengan panjang gelombang yang sama maka digunakan acuan bahwa panjang gelombangnya yang tetap sedangkan nilai pergeseran mikrometer yang dicari. Dari perhitungan grafik diperoleh nilai satu satuan pergeseran mikrometer sebesar $(0,9902 \pm 0,0016) \mu\text{m}$.



Gambar 4.1. Skala pola frinji yang dihasilkan pada saat kalibrasi alat menggunakan laser He-Ne.

Kalibrasi kedua dilakukan dengan menggunakan laser dioda merah. Pola frinji yang dihasilkan kali ini tidak jauh beda dengan menggunakan laser He-Ne, yaitu pola gelap terang yang berbentuk cincin. Pola ini mempunyai panjang diameter terang pertama sekitar 2,8 cm, lebar gelap pertama sekitar 0,4 cm. Seperti halnya kalibrasi yang menggunakan laser He-Ne, tidak semua pola gelap terang dapat teramati karena terhalang dengan komponen holder yang digunakan. Gambar pola dari kalibrasi ini dapat dilihat pada gambar 4.2.



Gambar 4.2. Skala pola frinji yang dihasilkan pada saat kalibrasi alat menggunakan laser dioda

Lensa yang diuji dalam penelitian ini adalah convex lens (lensa cembung) yang beredar dipasaran. Ada empat buah lensa yang diuji dengan masing-masing mempunyai panjang fokus sebesar 18 mm, 48 mm, 50 mm dan 100 mm.

Karena lensa yang digunakan adalah lensa cembung maka sesuai dengan prinsip dari lensa cembung yang mengumpulkan (menfokuskan) sinar yang melalui lensa, sehingga sinar yang berasal dari movable mirror adalah sinar yang difokuskan karena setelah dari movable mirror

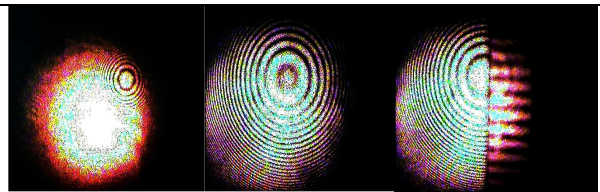
diameter yang lebih kecil jika dibandingkan dengan sinar yang tidak melalui lensa yang berasal dari adjustable mirror. Jadi interferensi yang terjadi antara kedua sinar ini akan menghasilkan pola frinji yang lebih kecil jika dibandingkan dengan pola frinji yang dihasilkan pada saat kalibrasi akan tetapi hampir semua pola gelap terang yang dihasilkan dapat teramati.

Kesempurnaan dan ketidaksempurnaan lensa akan dapat diketahui jika sinar yang masuk dan keluar dari lensa saling berhimpit (coincide) atau tidak, hal ini dapat dilihat berdasarkan tingkat aberasi lensa (penyimpangan sinar yang melalui lensa) yang menghasilkan penyimpangan pola frinji terhadap titik fokus sinar ataupun dari bentuk pola yang dihasilkan (Hecht, 1990).

Pengujian pada Lensa Cembung dengan Panjang Fokus 18 mm

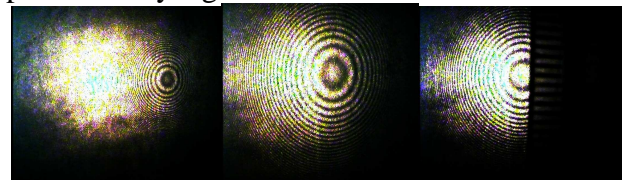
Lensa pertama yang diuji adalah lensa cembung dengan panjang fokus sebesar 18 mm dan diameter 20 mm. Pola frinji yang terbentuk adalah sama seperti pada saat kalibrasi yakni berbentuk cincin, hanya ukurannya lebih kecil dan pola frinjinya tampak seperti sebuah sorotan lampu diatas berkas sinar dan jika dilihat dari posisinya maka ia mengalami penyimpangan kearah kanan atas yang dilihat dari titik fokus berkas sinar, hal ini dapat dilihat pada gambar 4.3(a). Penyimpangan ini terjadi karena lensa mengalami aberasi yang jika dilihat dari gambar yang dihasilkan terjadi pengkaburan dari setiap pola cincin yang ada, aberasi yang terjadi dalam hal ini adalah aberasi sferis (Spherical aberration) yaitu aberasi yang terjadi karena permukaan yang dilalui sinar berbentuk sferis.

Gambar 4.3(c) menunjukkan ukuran lebar cincin dari pola frinji yang dihasilkan. Jika pada saat kalibrasi menggunakan laser He-Ne menghasilkan pola frinji yang mempunyai lebar cincin untuk terang pertama sekitar 2,7 cm dan gelap pertama sekitar 0,3 cm maka kali ini menghasilkan pola frinji yang mempunyai lebar cincin terang pertama sekitar 0,3 cm dan cincin gelap pertama sekitar 0,1 cm dan diameter keseluruhan pola frinji yang teramati sekitar 1,0 cm. Jadi jika dibandingkan dengan pola frinji pada saat kalibrasi pola frinji ini sangatlah kecil sekali, padahal keduanya diambil pada jarak layar yang sama yaitu 80 cm.



Gambar 4.3. Pola frinji yang dihasilkan dengan menggunakan laser He-Ne pada pengujian lensa dengan panjang fokus 18 mm (a) Pola frinji tampak seperti sorotan diatas sebuah berkas sinar (b) Pola frinji yang diambil dari jarak dekat (c) Skala pola frinji.

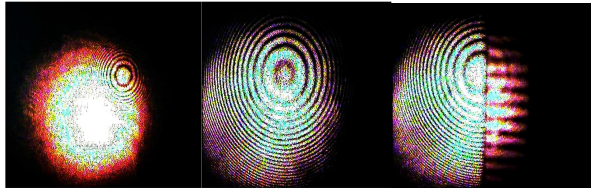
Gambar 4.4 menunjukkan bentuk pola frinji yang dihasilkan dari pengujian yang dilakukan terhadap lensa cembung dengan panjang fokus sebesar 18 mm menggunakan laser dioda. Pola frinji yang dihasilkan tidak jauh beda dengan pengujian menggunakan laser He-Ne yaitu berbentuk cincin kecil yang timbul diatas berkas sinar terlihat pada gambar 4.4(a). Dari gambar tersebut terlihat pula terjadi penyimpangan posisi pola frinji yang timbul, jika pengujian sebelumnya penyimpangan terjadi pada bagian kanan atas berkas maka pada pengujian kali ini terdapat pada bagian kanan dari berkas. Hal ini karena aberasi sferis (penyimpangan sinar akibat permukaan melengkung) yang terjadi berbeda untuk sinar yang berbeda, aberasi ini juga tampak terjadi jika dilihat dari gambar 4.4(b) yaitu pola frinji yang terjadi mengalami pengikisan pada setiap pola cincin yang dihasilkan.



Gambar 4.4. Pola frinji yang dihasilkan menggunakan laser dioda pada pengujian lensa dengan panjang fokus 18 mm (a) Pola frinji yang dihasilkan mengalami penyimpangan posisi (b) gambar pola frinji yang diambil pada jarak dekat (c) skala pola frinji yang dihasilkan.

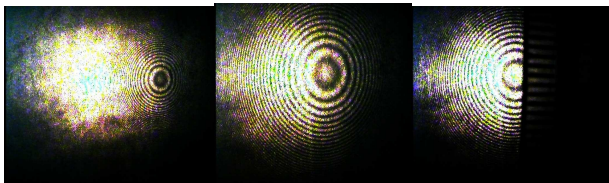
Pengujian lensa menggunakan laser dioda maupun laser He-Ne, ternyata jika dilihat dari ukuran besar kecilnya pola frinji yang dihasilkan akan menghasilkan pola dengan ukuran yang sama yaitu terang pertama mempunyai diameter cincin sebesar 0,3 cm dan lebar cincin gelap pertama sekitar 0,1 cm, akan tetapi keseluruhan pola frinji yang teramati dengan menggunakan laser dioda mempunyai lebar diameter yang lebih besar jika dibandingkan dengan pengujian menggunakan laser He-Ne walaupun pengamatan dilakukan

pada jarak yang sama.



Gambar 4.3. Pola frinji yang dihasilkan dengan menggunakan laser He-Ne pada pengujian lensa dengan panjang fokus 18 mm (a) Pola frinji tampak seperti sorotan diatas sebuah berkas sinar (b) Pola frinji yang diambil dari jarak dekat (c) Skala pola frinji.

Gambar 4.4 menunjukkan bentuk pola frinji yang dihasilkan dari pengujian yang dilakukan terhadap lensa cembung dengan panjang fokus sebesar 18 mm menggunakan laser dioda. Pola frinji yang dihasilkan tidak jauh beda dengan pengujian menggunakan laser He-Ne yaitu berbentuk cincin kecil yang timbul diatas berkas sinar terlihat pada gambar 4.4(a). Dari gambar tersebut terlihat pula terjadi penyimpangan posisi pola frinji yang timbul, jika pengujian sebelumnya penyimpangan terjadi pada bagian kanan atas berkas maka pada pengujian kali ini terdapat pada bagian kanan dari berkas. Hal ini karena aberasi sferis (penyimpangan sinar akibat permukaan melengkung) yang terjadi berbeda untuk sinar yang berbeda, aberasi ini juga tampak terjadi jika dilihat dari gambar 4.4(b) yaitu pola frinji yang terjadi mengalami pengikisan pada setiap pola cincin yang dihasilkan.



Gambar 4.4. Pola frinji yang dihasilkan menggunakan laser dioda pada pengujian lensa dengan panjang fokus 18 mm (a) Pola frinji yang dihasilkan mengalami penyimpangan posisi (b) gambar pola frinji yang diambil pada jarak dekat (c) skala pola frinji yang dihasilkan.

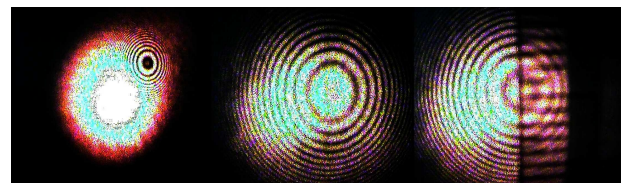
Pengujian lensa menggunakan laser dioda maupun laser He-Ne, ternyata jika dilihat dari ukuran besar kecilnya pola frinji yang dihasilkan akan menghasilkan pola dengan ukuran yang sama yaitu terang pertama mempunyai diameter cincin sebesar 0,3 cm dan lebar cincin gelap pertama sekitar 0,1 cm, akan tetapi keseluruhan pola frinji yang teramati dengan menggunakan laser dioda mempunyai lebar diameter yang lebih besar jika dibandingkan dengan pengujian yang

menggunakan laser He-Ne walaupun pengamatan dilakukan pada jarak yang sama.

Pengujian pada Lensa Cembung dengan Panjang Fokus 48

Lensa kedua yang diuji adalah lensa dengan panjang fokus 48 mm dan mempunyai diameter sebesar 20 mm. Dari pengujian yang telah dilakukan didapat pola frinji seperti terlihat pada gambar 4.5, gambar 4.5(a) menunjukkan pola frinji yang diambil keseluruhan yang terlihat seperti pola frinji yang didapat pada pengujian sebelumnya yakni pada lensa dengan panjang fokus 18 mm. Penyimpangan berkas pola frinji yang terjadi masih pada bagian yang sama yaitu pada bagian kanan atas dari berkas sinar, penyimpangan pola ini terjadi karena sinar yang melalui lensa mengalami pergeseran titik fokus sebagai akibat dari permukaan lensa yang tidak benar-benar sferis atau mengalami aberasi sferis.

Jika dilihat dari ukuran cincin dari pola frinji yang ditimbulkan, untuk terang pertama mempunyai diameter cincin sekitar 0,3 cm dan lebar dari cincin gelap pertamanya sekitar 0,1 cm, untuk lebar pola cincin lainnya dapat dilihat pada gambar 4.5(c). Pola frinji yang dihasilkan pada pengujian kali ini tidak jauh beda dengan pola frinji yang dihasilkan sebelumnya yakni mempunyai bentuk yang sama, posisi penyimpangan pola frinji yang sama dan ukuran pola cincin yang sama pula

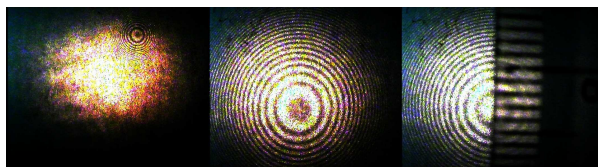


Gambar 4.5. Pola frinji yang dihasilkan pada pengujian lensa dengan panjang fokus sebesar 48 mm dengan menggunakan laser He-Ne (a) Pola frinji diatas berkas sinar (b) Pola frinji yang diambil dari jarak dekat (c) Skala pola frinji.

Pola frinji yang dihasilkan pada pengujian lensa cembung dengan panjang fokus sebesar 48 mm menggunakan laser dioda tampak pada gambar 4.6, pada gambar tersebut terlihat bahwa pola frinji yang berbentuk cincin itu jika dilihat sekilas pola gelap terang yang dihasilkan akan tidak terlihat dengan jelas atau agak buram walaupun sama - sama terletak di

bagian samping pada berkas sinar seperti pada pengujian lensa sama dengan menggunakan laser He-Ne, disamping itu pula penyimpangan yang terjadi jauh sekali dari titik pusat jika dibandingkan pola-pola yang dihasilkan pada pengujian-pengujian lensa lainnya. Penyimpangan ini bisa terjadi karena lensa dengan panjang fokus 48 mm ini mempunyai permukaan lensa yang tidak benar-benar sferis sehingga aberasi sinar yang terjadi sangat terlihat sekali yang ditandai dengan penyimpangan pola frinji yang terbentuk.

Jika dilihat dari ukurannya pola cincin yang terbentuk mempunyai ukuran yang lebih kecil jika dibandingkan dengan ukuran pola frinji sebelumnya yang dihasilkan pada pengujian dengan menggunakan laser He-Ne yaitu pola cincin terang pertamanya mempunyai diameter sekitar 0,2 cm dan lebar cincin gelap pertamanya kurang dari 0,1 cm serta ukuran keseluruhan pola frinji yang terbentuk mempunyai lebar diameter yang lebih kecil pula.



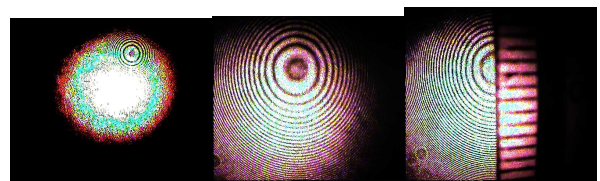
Gambar 4.6. Pola frinji yang dihasilkan pada pengujian lensa dengan panjang fokus sebesar 48 mm dengan menggunakan laser dioda (a) Pola frinji diatas berkas sinar (b) Pola frinji yang diambil dari jarak dekat (c) Skala pola frinji.

Dari pengujian yang dilakukan pada lensa dengan panjang fokus 48 mm ini baik menggunakan laser He-Ne maupun laser dioda menunjukkan bahwa lensa ini mempunyai permukaan yang tidak melengkung dengan baik atau tidak sempurna, hal ini ditandai dengan adanya penyimpangan pola frinji yang terbentuk yang menjauh dari pusat berkas yang dihasilkan seperti terlihat pada gambar 4.5(a) dan gambar 4.6(a).

Pengujian pada Lensa Cembung dengan Panjang Fokus 50 mm

Lensa ketiga yang diuji adalah lensa cembung dengan panjang fokus sebesar 50 mm dan diameter lensa sebesar 50 mm pula. Sama seperti pada waktu kalibrasi dan pengujian sebelumnya pola frinji yang dihasilkan sama-sama mempunyai pola frinji berbentuk cincin

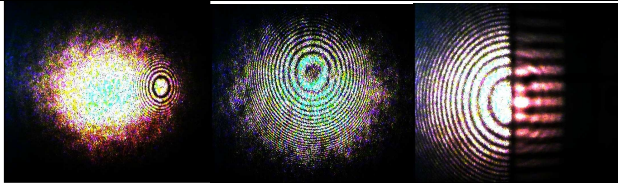
tetapi mempunyai ukuran yang lebih kecil karena lensa yang diuji kali ini panjang fokusnya lebih besar, hal ini dapat dilihat pada gambar 4.7(c). Pola frinji yang dihasilkan kali ini juga mengalami penyimpangan posisi jika dilihat dari titik pusat berkas sinar yang dihasilkan tapi tidak terlalu jauh. Penyimpangan ini terjadi karena sifat aberasi dari lensa karena permukaan lensa yang melengkung tetapi kelengkungannya kurang sempurna sehingga pola frinji yang dihasilkan mengalami penyimpangan posisi. Aberasi yang terjadi adalah aberasi sferis seperti terlihat pada gambar 4.7(a).



Gambar 4.7. Pola frinji yang dihasilkan pada pengujian lensa dengan panjang fokus sebesar 50 mm dengan menggunakan laser He-Ne. (a) Pola frinji diatas berkas sinar (b) Pola frinji yang diambil dari jarak dekat (c) Skala pola frinji.

Pengujian lensa dengan panjang fokus 50 mm menggunakan laser dioda menghasilkan pola frinji yang menyimpang, jika pada pengujian menggunakan laser He-Ne mengalami penyimpangan ke bagian atas dari berkas sinar maka pada pengujian kali ini pola frinjinnya mengalami penyimpangan ke sisi kanan dari berkas sinar yang jatuh pada layar seperti terlihat pada gambar 4.8(a).

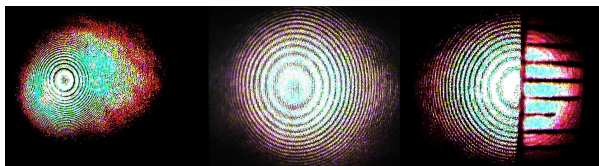
Ukuran pola cincin gelap terang yang dihasilkan mempunyai ukuran yang lebih besar jika dibandingkan dengan pola frinji yang dihasilkan pada pengujian menggunakan laser He-Ne, jika pada pengujian sebelumnya ukuran diameter terang pertama sekitar 0,2 dan lebar gelap pertamanya sekitar 0,05 cm maka diameter terang pertamanya adalah 0,1 lebih besar tetapi lebar gelap pertamanya mempunyai ukuran yang sama walaupun keseluruhan pola frinji yang dihasilkan hampir dua kali lebih besar, hal ini dapat dilihat pada gambar 4.8(c).



Gambar 4.8. Pola frinji yang dihasilkan pada pengujian lensa dengan panjang fokus sebesar 50 mm dengan menggunakan laser dioda. (a) Pola frinji diatas berkas sinar (b) Pola frinji yang diambil dari jarak dekat (c) Skala pola frinji.

Pengujian pada Lensa Cembung dengan Panjang Fokus 100 mm

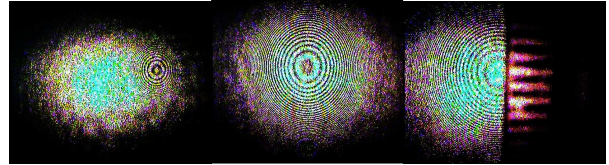
Lensa keempat yang diuji adalah lensa cembung dengan panjang fokus sebesar 100 mm dan diameter lensa sebesar 50 mm. Dari semua lensa yang diuji dengan laser He-Ne, lensa ini adalah lensa yang paling mendekati sempurna karena pola frinji yang dihasilkan hampir mendekati titik pusat berkas sinar yang dihasilkan walaupun sifat aberasi lensa masih bisa dapat dilihat yakni aberasi sferis masih terjadi seperti terlihat pada gambar 4.9(a). Pola frinji yang dihasilkan pun masih terlihat dengan sangat jelas, hal ini dapat dilihat pada ukuran pola cincin gelap terang pada gambar 4.9(c) dengan diameter terang pertamanya sekitar 0,3 cm dan lebar gelap pertamanya kurang dari 0,1 cm atau sekitar 0,05 cm.



Gambar 4.9. Pola frinji yang dihasilkan pada pengujian lensa dengan panjang fokus sebesar 100 mm dengan menggunakan laser He-Ne (a) Pola frinji diatas berkas sinar (b) Pola frinji yang diambil dari jarak dekat (c) Skala pola frinji.

Pengujian terakhir yang dilakukan adalah pengujian lensa dengan panjang focus sebesar 100 mm dengan menggunakan lensa dioda yang mempunyai penjang gelombang sebesar 645 nm. Dari pengujian kali ini menghasilkan pola frinji yang hampir mendekati titik pusat berkas sinar yang jatuh pada layar seperti terlihat pada gambar 4.10. Mungkin memang benar kalau lensa dengan panjang fokus 100 mm inilah lensa yang paling mendekati sempurna jika dibandingkan dengan lensa-lensa lainnya yang telah diuji, hal ini dapat diketahui dari pola frinji yang dihasilkannya yang

terlihat pada gambar 4.10(a). Kalau diamati dari ukuran pola cincin yang dihasilkan ukurannya adalah yang paling kecil disbanding dengan ukuran pola frinji yang dihasilkan pada pengujian sebelumnya yakni ukuran pola frinji keseluruhan yang dihasilkan hanya sekitar 0,6 cm yang mempunyai diameter terang pertama kurang dari 0,2 cm dan lebar gelap pertama kurang dari 0,05 cm.



Gambar 4.10. Pola frinji yang dihasilkan pada pengujian lensa dengan panjang fokus sebesar 100 mm dengan menggunakan laser dioda. (a) Pola frinji diatas berkas sinar (b) Pola frinji yang diambil dari jarak dekat (c) Skala pola frinji.

Dari semua pengujian yang telah dilakukan dapat dilihat bahwa semakin besar panjang fokus lensa maka pola frinji yang dihasilkan semakin mendekati sempurna, karena pola yang dihasilkan hampir mendekati titik pusat dari berkas sinar yang jatuh pada layar, yaitu dengan bertambah besarnya panjang fokus lensa pola frinji yang dihasilkan semakin mendekati pusat berkas sinar. Hal ini dikarenakan semakin besar panjang fokus lensa tersebut mempunyai kelengkungan permukaan lensa yang semakin kecil atau mendekati datar.

Untuk pengujian menggunakan laser He-Ne didapat bahwa pergeseran pola frinjinnya sangat terlihat sekali. Pada pengujian lensa dengan panjang fokus 18 mm menghasilkan pola frinji yang mempunyai jarak sekitar 1,0 cm terhadap titik pusat berkas sinar, untuk lensa dengan panjang fokus 48 mm menghasilkan pola frinji dengan jarak sekitar 0,9 cm terhadap titik pusat berkas sinar, untuk lensa dengan panjang fokus 50 cm mempunyai jarak sekitar 0,8 cm terhadap titik pusat berkas sedangkan untuk lensa dengan panjang fokus 100 mm menghasilkan pola frinji dengan jarak sekitar 0,6 cm, hal ini dapat dilihat pada table 4.1.

Dari data yang didapat tersebut dapat dilihat bahwa dengan bertambahnya panjang fokus lensa pola frinji yang didapat semakin mendekati titik pusat berkas sinar rata-rata sekitar 0,1 cm.

Tabel 4.1. Jarak pusat pola frinji terhadap pusat pada pengujian menggunakan laser He-Ne.

| Panjang fokus lensa (mm) | Jarak pusat frinji terhadap pusat berkas (cm) |
|--------------------------|---|
| 18 | 1,0 |
| 48 | 0,9 |
| 50 | 0,8 |
| 100 | 0,6 |

Untuk pengujian menggunakan laser dioda pergeseran pola frinji yang terjadi terkadang dengan bertambahnya panjang fokus lensa akan mendekati pusat berkas tetapi terkadang juga semakin menjauhi pusat berkas. Hal ini terlihat bahwa pada pengujian terhadap lensa dengan panjang fokus 18 mm pola frinji yang dihasilkan mempunyai jarak sekitar 1,3 cm terhadap titik pusat berkas sinar, untuk lensa dengan panjang fokus 48 mm pola frinji yang dihasilkan mempunyai jarak sekitar 1,5 cm terhadap titik pusat berkas, untuk lensa dengan panjang fokus 50 mm pola frinji yang dihasilkan mempunyai jarak sekitar 1,1 cm terhadap titik pusat berkas, untuk lensa dengan panjang fokus 100 mm pola frinji yang dihasilkan mempunyai jarak sekitar 0,9 cm. hal ini dapat dilihat pada tabel 4.2.

Tabel 4.2. Jarak pusat pola frinji terhadap pusat pada pengujian menggunakan laser dioda.

| Panjang fokus lensa (mm) | Jarak pusat frinji terhadap pusat berkas (cm) |
|--------------------------|---|
| 18 | 1,3 |
| 48 | 1,5 |
| 50 | 1,1 |
| 100 | 0,9 |

Akan tetapi tingkat kesempurnaan lensa tidak bergantung dari besar kecilnya panjang fokus lensa tetapi bergantung pada kelengkungan permukaan lensa. Jika lensa yang digunakan mempunyai kelengkungan permukaan yang semakin kecil atau hampir mendekati datar maka semakin kecil sifat aberasi sferisnya. Sehingga untuk mengurangi atau bahkan menghilangkan sifat aberasi lensa maka lensa tersebut harus dibentuk dengan permukaannya mempunyai kelengkungan sekecil mungkin atau mendekati datar sehingga gambar bayangan yang dihasilkan setelah melalui lensa akan tampak sama dengan sumbernya, disamping juga harus memperhatikan kualitas kelengkungan permukaan lensa yang

dilihat dari posisi titik sumbu utama antara kedua sisinya harus benar-benar sejajar.

KESIMPULAN

Dari penelitian, hasil dan pembahasan yang telah dilakukan maka dapat ditarik kesimpulan bahwa dari semua lensa yang diuji tidak ada yang benar-benar sempurna karena berdasarkan pola frinji yang dihasilkan tidak ada yang tidak mengalami penyimpangan posisi terhadap titik pusat berkas dan semuanya mengalami aberasi yaitu aberasi sferis aksial. Untuk pengujian menggunakan laser He-Ne, semakin besar panjang fokus lensa yang diuji semakin mendekati sempurna karena pola frinji yang dihasilkan hampir mendekati titik pusat berkas yaitu pergeserannya rata-rata sekitar 0,1 cm. Untuk pengujian menggunakan laser dioda, semakin bertambah panjang fokus lensa yang diuji juga rata-rata pola frinji yang dihasilkan mendekati titik pusat berkas. Hal ini dikarenakan semakin besar panjang fokus lensa yang diuji mempunyai kelengkungan permukaan lensa yang semakin kecil. Akan tetapi tingkat kesempurnaan lensa tidak bergantung pada besar kecilnya panjang fokusnya tetapi bergantung pada tingkat kelengkungan permukaan lensa tersebut karena dengan kelengkungan permukaan lensa yang digunakan semakin kecil akan semakin mengurangi sifat aberasi sferis dari lensa.

DAFTAR PUSTAKA

- Born, Max And Wolf, Emil, 1980, "*Principle Of Optics, Electromagnetic Theory of Propagation Interference and Diffraction of Light, Sixth Edition*", Pergamon Press, Oxford, New York.
- Francom, M., 1966, "*Optical Interferometer*", Academic Press, New York and London.
- Halliday David, Resnick Robert, 1999, "*Fisika Jilid 2*", Penerbit Erlangga, Jakarta.
- Hecht, Eugene, 1990 "*Optics, Second Edition*", Addison-Wesley, Publishing Company, Adelphi University.
- Hirose, Akira, 1984, "*Introduction To Wave Phenomena*" John Wiley and Son, A Wiley-Interscience Publication, USA.
- Jenkins FA, White HE, 1976, "*Fundamental Of Optics, Fourth Edition*", McGraw-Hill,

USA.

Morgan, J. 1953. *Introduction to Geometrical and Physical Optics*. New York: McGraw-Hill Book Company, Inc

Pasco. 2006. *Precision Interferometer*.
www.pasco.com

Pedrotti, S.J, Frank L., dan Pedrotti, Leno S., 1993, "*Introduction to Optic*", Prentice Hall, Englewood Cliffs, New Jersey.

Sears, F.W., dan Zemansky, M.W, 1987, "*Optik dan Atom*", Bina Tjipta, Jakarta.

Soedjo, Peter, 1992, "*Asas-Asas Ilmu Fisika Jilid 3 Optika*", Gadjah Mada University Press, Yogyakarta.

Soedjo, Peter, 2001, "*Asas-Asas Ilmu Fisika Jilid 4 Fisika Modern*", Gadjah Mada University Press, Yogyakarta.

Tippler, Paul A, 1991, "*Fisika Untuk Sains dan Teknik Edisi Ketiga Jilid 2*", Erlangga, Jakarta.

Tjia, M, O, 1993, "*Gelombang*" Jurusan Fisika-FMIPA Institut Teknologi Bandung, Bandung.

Wangness, Roald K., 1986, "*Electromagnetic Fields*", John & Wiley Sons, New York.