

II. TINJAUAN PUSTAKA

A. Penelitian Terkait

Pemanfaatan prinsip dari interferometer Michelson sudah banyak dijumpai. Penggunaan interferometer Michelson lebih banyak digunakan untuk melakukan pengukuran yang membutuhkan tingkat sensitivitas yang tinggi. Pada penelitian yang dilakukan oleh Apsari dkk pada tahun 2008, mereka memanfaatkan interferometer Michelson untuk melakukan pengukuran difusi larutan. Metode yang digunakan adalah dengan menggunakan sensor kamera CCD (*charge couple device*) sehingga lintasan optik yang terbentuk akibat pola interferensi yang terjadi dapat direkam atau dicetak gambarnya. Proses pengambilan data yang dilakukan secara berkala sehingga perbedaan pola interferensi yang terjadi akibat perubahan konsentrasi setiap waktunya dapat terlihat.

Koefisien difusi larutan yang diukur adalah larutan transparan ammonium dihidrogen phosphate $(\text{NH}_4)\text{H}_2\text{PO}_4$. Analisis yang dilakukan pada penelitian ini dengan cara mengukur jarak dua pusat pola frinji dan kemudian membandingkannya dengan referensi. Proses pengukurannya dilakukan dengan menggunakan alat bantu jangka sorong. Hasil pola frinji yang terbentuk diambil gambar dengan kamera sehingga dapat dicetak, hasil cetakan tersebut yang dilakukan pengukuran menggunakan jangka sorong secara manual. Saran yang diberikan untuk penelitian selanjutnya adalah membuat alat yang dapat

terintegrasi secara langsung dengan bahasa pemrograman untuk mengukur jarak pola frinji ke pusatnya (Apsari dkk, 2008).

Interferometer Michelson dapat digunakan untuk mengukur panjang gelombang sumber cahaya. Penelitian mengenai pengukuran panjang gelombang sumber cahaya sudah pernah dilakukan oleh Falah pada tahun 2006. Penelitian dilakukan untuk menentukan panjang gelombang dari laser dioda. Laser dioda yang digunakan adalah laser dioda berwarna merah dan hijau. Pada laser dioda merah terdapat dua jenis laser dioda. Pada laser dioda merah I mendapatkan panjang gelombang sebesar $(648 \pm 2 \text{ nm})$, laser dioda merah II mendapatkan panjang gelombang sebesar $(645 \pm 2 \text{ nm})$ dan laser dioda hijau mendapatkan panjang gelombang sebesar $(543 \pm 6 \text{ nm})$. Penelitian ini menyimpulkan bahwa pola interferensi yang terbentuk pada saat panjang gelombang lebih besar, akan memiliki pola frinji yang lebih sedikit dan jarak antar frinjinya lebih lebar. Apabila dibandingkan dengan laser yang memiliki panjang gelombang lebih kecil (Falah, 2006).

Pada penelitian oleh Setyaningsih pada 2006, interferometer Michelson digunakan untuk mengukur panjang koherensi dari laser. Laser yang diamati panjang koherensinya adalah laser He-Ne, laser dioda merah dan laser dioda hijau. Dari hasil penelitian yang didapatkan, panjang koherensi laser He-Ne sebesar $(12,4 \pm 0,3 \text{ cm})$, laser dioda merah sebesar $(14,6 \pm 0,4 \text{ cm})$ dan laser dioda hijau sebesar $(17,0 \pm 0,2 \text{ cm})$. Suatu sumber cahaya dapat diukur tingkat kemonokromatisannya dengan cara mengukur panjang koherensi dari suatu cahaya tersebut. Metode yang digunakan adalah dengan cara mengamati lintasan optik dari pola interferensi

yang terbentuk. Manfaat yang dapat diambil dari penelitian ini adalah sebagai dasar pembuatan alat spektroskopi dan dapat dipakai untuk aplikasi dalam bidang holografi (Setyaningsih, 2006).

Pemanfaatan interferometer Michelson yang lainnya untuk mengukur konsentrasi larutan gula. Konsentrasi gula dapat diamati perubahannya dengan cara mengamati pola interferensi yang terbentuk dari lintasan optik interferometer Michelson. Penelitian ini dilakukan oleh Nugraheni dkk pada tahun 2012. Prinsip yang dilakukan hampir sama dengan penelitian yang lainnya, akan tetapi sampel yang digunakan ditaruh di wadah berbentuk segitga sehingga dapat digeser tegak lurus searah laser. Hasil yang didapatkan dalam pengukuran ini hingga mencapai 96,23 % keakuratan datanya (Nugraheni dkk, 2012).

Pada penelitian interferometer Michelson yang dilakukan oleh beberapa peneliti sebelumnya terdapat variasi metode yang dilakukan. Pada penelitian deteksi koefisien muai termal *composite nanofiller yang* yang dilakukan oleh Ulfa dkk pada tahun 2012, menggunakan proses pengukuran secara real time dengan video. Pengamatan yang mereka lakukan adalah dengan cara mengukur jumlah cacahan frinji yang terjadi dengan bantuan kamera yang terhubung dengan bahasa pemograman Borland Delphi. Pengukuran menggunakan teknik perekaman yang terhubung langsung dengan bahasa pemograman Delphi akan menambah keakuratan hasil pengukuran yang didapatkan. Selain menggunakan teknik video rekam, terdapat pengukuran yang memanfaatkan sistem capture kamera sehingga data pengukuran langsung dapat diamati atau diolah citranya menggunakan bahasa pemograman Borland Delphi (Ulfa dkk, 2012). Pada penelitian ini akan

dilakukan pendeteksian ketebalan dengan menggunakan interferometer Michelson yang diintegrasikan dengan sensor ccd dan laptop. penelitian dilakukan dengan mengamati perubahan yang terjadi pada pola frinji yang terbentuk, akibat pemberian sampel yang diuji.

B. Teori Dasar

1. Cahaya

Cahaya sangat penting bagi seluruh kehidupan yang ada di bumi. Cahaya dapat disebut gelombang dan partikel (Giancoli, 2001). Cahaya disebut gelombang karena rambatan cahaya diasumsikan secara kontinu sehingga menyerupai gelombang cahaya juga memiliki sifat difraksi, polarisasi, refleksi dan interferensi. Sedangkan cahaya dikatakan partikel karena rambatan cahayanya diasumsikan berupa paket-paket partikel dan cahaya memiliki massa, energi dan momentum (Beiser, 1992). Paket-paket partikel cahaya disebut dengan foton. Laju dari cahaya sebesar 3×10^8 m/s. Cara menghitung laju dari cahaya ditunjukkan pada persamaan 2.1.

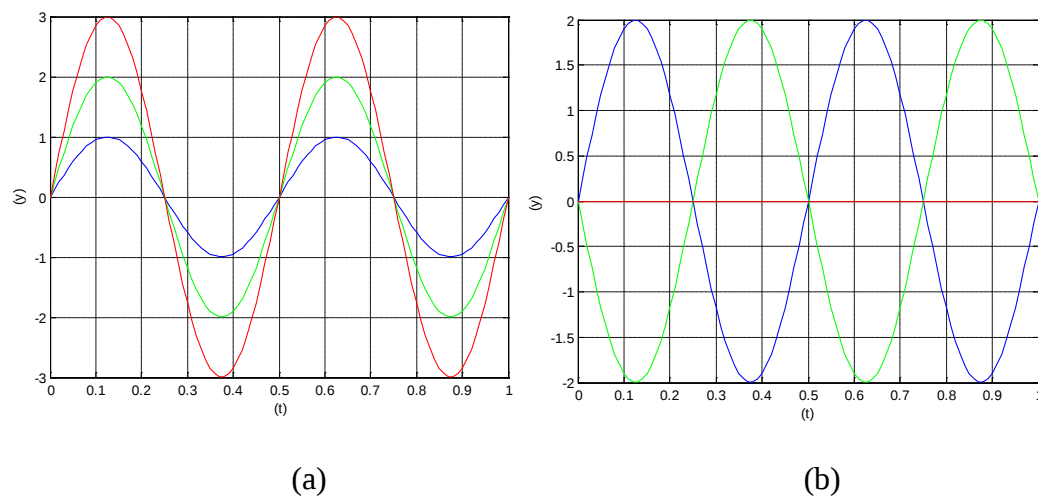
$$c = \frac{1}{\sqrt{\epsilon_0 \mu_0}} \quad (2.1)$$

Apabila dimasukan nilai permibilitas ruang hampa dan permitivitas ruang hampa, maka akan didapatkan nilai sebesar 3×10^8 m/s (Tipler, 2001).

2. Interferensi

Bertemunya dua buah gelombang atau lebih, sehingga terjadinya penggabungan secara superposisi atau lebih pada sebuah titik disebut dengan interferensi (Tipler, 2001). Terdapat dua jenis interferensi, yaitu interferensi konstruktif dan

interferensi destruktif (Sugito dkk, 2005). Interferensi konstruktif adalah interferensi yang saling menguatkan. Hasilnya adalah pola terang jika difokuskan pada layar. Apabila dituliskan secara matematis dalam seperti $(\lambda, 2\lambda, 3\lambda, \dots, n\lambda)$ dengan n adalah bilangan bulat. Interferensi destruktif adalah interferensi yang saling melemahkan. Interferensi destruktif bila difokuskan pada sebuah layar akan menampilkan hasil pola gelap. Pada interferensi konstruktif dan destruktif hal yang dikuatkan atau dilemahkan adalah gelombang atau amplitudonya. Penguatan amplitudo ditunjukkan pada Gambar 1.



Gambar 1. (a) Interferensi konstruktif (b) Interferensi destruktif

Pada Gambar 1, garis hijau dan biru menunjukkan 2 buah amplitudo gelombang. Garis yang merah menyatakan amplitudo gelombang setelah terjadi interferensi konstruktif dan destruktif. Misalkan terdapat dua buah gelombang yang mempunyai frekuensi yang sama. Perbedaan antara dua buah gelombang itu hanya pada salah satu gelombang terdapat perbedaan jarak (ϕ).

$$Y_1 = A \sin (\omega t - kx) \quad (2.2)$$

$$Y_2 = A \sin (\omega t - k(x + \phi)) \quad (2.3)$$

Dengan A adalah amplitudo, ω merupakan frekuensi sudut, dan k adalah bilangan gelombang yang memiliki nilai besarnya $\frac{2\pi}{\lambda}$. Dari Y_1 dan Y_2 persamaan pada persamaan 2.2 dan 2.3 dapat dilakukan penjumlahan dengan mengikuti prinsip superposisi sehingga menghasilkan persamaan 2.6.

$$Y = Y_1 + Y_2 \quad (2.4)$$

$$= A\{\sin(\omega t - kx) + \sin(\omega t - k(x + \phi))\} \quad (2.5)$$

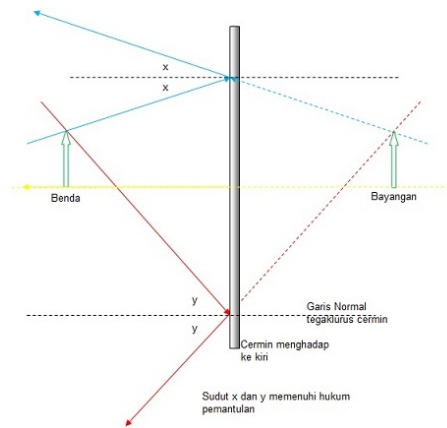
$$= 2A \cos(k\phi/2) \sin[\omega t - k(x + \phi/2)] \quad (2.6)$$

Apabila nilai ϕ kecil maka nilai dari amplitudo akan mendekati $2A$, akan tetapi apabila nilai dari ϕ besar maka atau $\frac{1}{2}\lambda$ maka nilai amplitudonya akan 0 (Sugito dkk, 2005).

3. Cermin

Cermin adalah salah satu benda yang dapat memantulkan cahaya. Terdapat 3 macam cermin apabila ditinjau dari permukaannya, yaitu cermin datar, cermin cekung dan cermin cembung (Young dan Freedman, 2002). Cermin datar adalah cermin yang memiliki permukaan datar. Cermin datar memiliki sifat ukuran bayangan yang dihasilkan akan sama dengan yang aslinya, jarak bayangan sama dengan jarak benda asli, bayangan yang dihasilkan terbalik antara bagian kiri-kanannya, bayangan yang dihasilkan tegak seperti aslinya dan bayangan bersifat maya.

Hukum Snellius menyatakan bahwa pemantulan cermin datar yang diam, sudut datang akan sama dengan sudut pantulnya. Proses pemantulan dijelaskan oleh Gambar 2.



Gambar 2. Pemantulan pada cermin datar (Surya, 2010).

Pada cermin datar berlaku persamaan 2.7 dan 2.8 yang menerangkan jarak dan tinggi benda terhadap bayangan benda.

$$\frac{1}{f} = \frac{1}{s} + \frac{1}{s'} \quad (2.7)$$

Karena nilai fokus pada cermin datar bernilai tak hingga maka didapatkan persamaan 2.8.

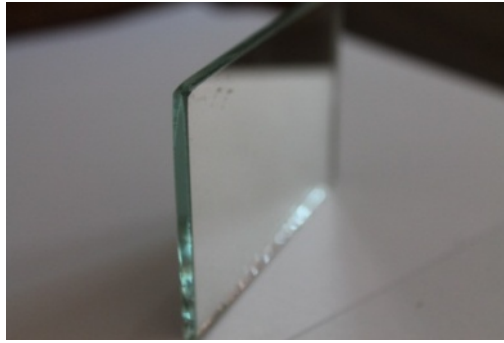
$$s = -s' \quad (2.8)$$

Dari persamaan (2.7) dan (2.8) asli atau bernilai 1. Pembuktian perbesaran yang bernilai 1 ditunjukkan oleh persamaan (2.9).

$$M = \left| \frac{s'}{s} \right| \text{ atau } M = \left| \frac{y'}{y} \right| \quad (2.9)$$

Cermin cekung adalah cermin yang memiliki lengkung kearah dalam. Pemanfaatan dari cermin cekung biasanya digunakan untuk reflektor lampu senter, lampu mobil dan lain-lain. Cermin cekung memiliki sifat apabila benda dekat dengan cermin cekung, maka bayangan yang dihasilkan akan bersifat tegak, lebih besar dan semu. Akan tetapi bila benda jauh dari cermin cekung, bayangan yang dihasilkan akan bersifat nyata dan terbalik. Cermin yang terakhir adalah cermin cembung, cermin cembung memiliki bentuk cembung pada permukaan

pantulnya sehingga pantulannya akan mengarah keluar. Pemanfaatan dari cermin cembung sering digunakan untuk spion kendaraan bermotor, dikarenakan bayangan yang dihasilkan oleh cermin cembung memiliki sifat maya, tegak dan lebih kecil dari benda aslinya. Gambar 3 menunjukkan bentuk dari cermin datar.

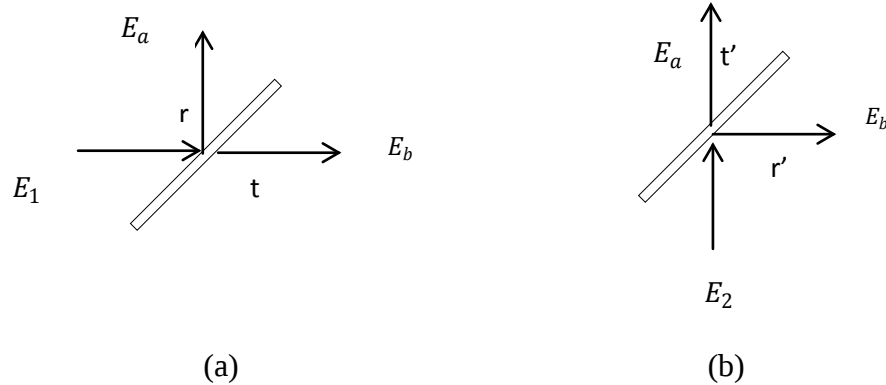


Gambar 3. Cermin datar

4. *Beam splitter*

Beam splitter dikenal sebagai alat optik yang mampu membagi berkas cahaya menjadi dua bagian apabila melaluinya. *Beam splitter* terdiri atas dua buah prisma segitiga, sehingga *beam splitter* bentuknya menyerupai kubus atau balok. Lapisan pada *beam splitter* menggunakan lapisan resin. Ketebalan lapisan resin diatur dengan perhitungan yang kompleks terhadap panjang gelombang, sehingga setengah dari gelombang cahaya dapat melewatinya dan sebagian yang lain ditransmisikan (Nielsen dkk, 2001). Nilai *beam splitter* biasanya ditentukan dari nilai ideal transmitansi dan reflektansi yang dinyatakan sebagai persentase dan biasa ditulis T/R (Macleod, 2010). *Beam splitter* yang biasa digunakan dalam alat optik biasanya memiliki nilai persentase 50/50, dimana 50% intensitas cahaya akan ditransmisikan dan 50% intensitas cahaya yang melalui *beam splitter* akan di refleksikan (Herlambang, 2012).

Proses pemecahan berkas cahaya oleh *beam splitter* ditunjukkan oleh Gambar 4.



Gambar 4. (a) menunjukkan fluks cahaya dari inputan pertama (b) menunjukkan fluks cahaya dari inputan kedua

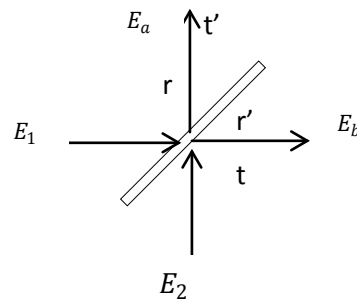
Gambar 4 menunjukkan arah inputan dari fluks cahaya yang masuk melewati *beam splitter* yang kemudian dipantulkan dan ditransmisikan. Gambar 4 (a) dapat ditunjukkan dengan bentuk persamaan 2.10.

$$E_a = rE_1 \text{ dan } E_b = tE_1 \quad (2.10)$$

E_1 merupakan fluks cahaya datang dari arah pertama, E_a adalah fluks cahaya arah refraksi dengan r merupakan koefisien refraksi dan E_b merupakan fluks cahaya arah transmisi dengan t merupakan koefisien transmisi. Sedangkan pada Gambar 4 (b) dapat dibentuk persamaan yang ditunjukkan oleh persamaan 2.11.

$$E_a = t'E_2 \text{ dan } E_b = r'E_2 \quad (2.11)$$

Berbeda dengan persamaan 2.11, pada persamaan 2.12 arah fluks cahaya datang berasal dari E_2 , sedangkan nilai E_b merupakan fluks cahaya arah refraksi dengan r' sebagai koefisien refraksi dan E_a merupakan fluks cahaya arah transmisi dengan t' sebagai koefisien transmisi. Apabila arah fluks cahaya pada gambar 4 digabungkan akan ditunjukkan oleh gambar 5.



Gambar 5. Penggabungan arah fluks cahaya yang melalui *beam splitter*

Dari gambar 5 dapat dibentuk persamaan baru yang mensubstitusikan persamaan 2.10 dan 2.11.

$$E_a = rE_1 + t'E_2 \quad \text{dan} \quad E_b = tE_1 + r'E_2 \quad (2.12)$$

Bentuk *beam splitter* yang asli ditunjukkan oleh Gambar 6.



Gambar 6. *Beam splitter*

5. Laser

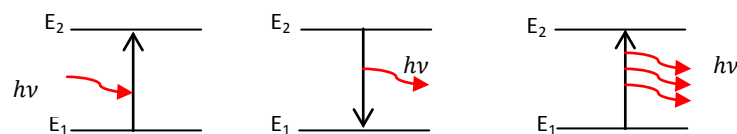
Light amplification by stimulated emission of radiation atau yang lebih dikenal dengan nama laser adalah suatu perangkat yang berfungsi untuk menciptakan dan menguatkan radiasi elektromagnetik melalui proses emisi terstimulasi pada frekuensi tertentu (Herwandi, 2011). Laser merupakan perkembangan dari maser, huruf m disini singkatan dari *Microwave*, artinya gelombang mikro. Cara kerja maser dan laser adalah sama, hanya saja mereka bekerja pada panjang gelombang yang berbeda. Laser bekerja pada spektrum infra merah sampai ultra ungu,

sedangkan maser memancarkan gelombang elektromagnetik dengan panjang gelombang yang jauh lebih panjang, sekitar 5 cm, lebih pendek sedikit dibandingkan dengan sinyal TV - UHF. Laser memiliki panjang gelombang kisaran 538 nm pada laser dioda, hingga 638 nm pada laser He-Ne (Minarni dkk, 2013). Laser yang memancarkan sinar tampak disebut laser – optic (Pikatan, 1991). Keunggulan dari laser adalah sinar cahaya memiliki panjang gelombang yang sama dan koheren, sehingga dapat mencapai jarak yang jauh tanpa menyebar. Salah satu jenis laser adalah laser dioda (Prihono, 2009).

Proses terbentuknya laser karena terjadinya perpindahan elektron dari tingkat yang lebih rendah menuju tingkatan yang lebih tinggi. Proses perpindahan ini menyebabkan kondisi elektron yang cenderung tidak stabil, sehingga elektron cenderung ingin kembali ke kondisi semula. Proses kembalinya elektron ke kondisi semula menyebabkan terjadinya pelepasan energi berupa cahaya.

$$E_1 < E_2 \quad (2.13)$$

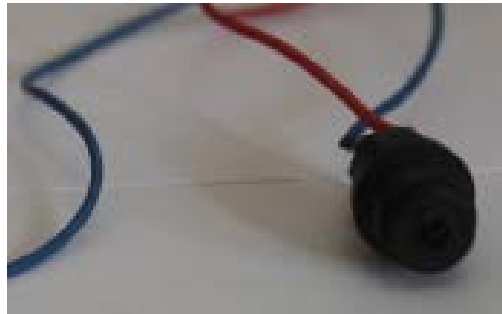
Cacah atom pada masing-masing tingkat energi adalah N_1 dan N_2 . Sehingga dapat digambarkan seperti Gambar 7.



Gambar 7. Skema perpindahan elektron

Laser dioda menggunakan bahan semikonduktor sebagai media aktifnya yang terdiri dari tipe p (anoda) dan tipe n (katoda). Pada laser dioda tipe p-n, arus

mengalir dari anoda tipe (p) menuju ke katoda tipe (n). Gambar 8 menunjukan bentuk asli dari laser dioda.



Gambar 8. Laser Dioda

6. Interferometer Michelson

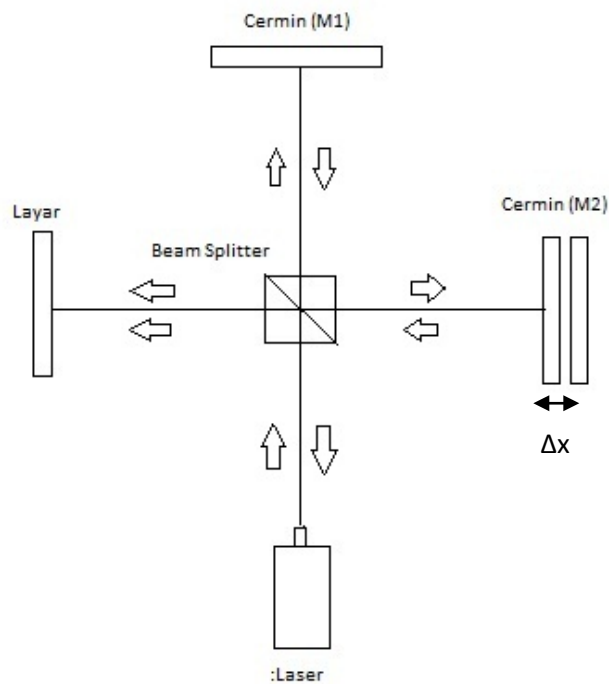
Interferometer optik adalah suatu alat yang dirancang atau dibuat untuk menghasilkan pola interferensi dari perbedaan lintasan optiknya. Klasifikasi interferometer terdiri dari dua macam, yaitu interferometer pembagi muka gelombang dan interferometer pembagi amplitudo (Nugroho dkk, 2009). Interferometer pembagi muka gelombang diaplikasikan pada proses interferensi celah ganda, dimana berkas cahaya pertama dibagi menjadi dua sehingga menghasilkan dua buah berkas cahaya yang koheren. Ketika kedua berkas tersebut jatuh pada layar akan membuat pola frinji dengan pola terang dan gelap. Pola terang terjadi apabila gelombang dari kedua berkas tersebut sefase, sedangkan pola gelap apabila gelombang dari kedua berkas tersebut tidak sefase. Kedua celah yang dilalui berkas sinar harus tetap agar pola interferensi yang didapatkan tetap. Perbedaan pada pembagi amplitudo terjadi karena, pada pembagi amplitudo menggunakan *beam splitter* yang berfungsi untuk memotong berkas cahaya menjadi dua buah bagian. Proses pembagian berkas cahaya tersebut, akan membuat amplitudo dari berkas cahaya terbagi. Berkas cahaya yang sebelumnya

hanya satu kemudian terbagi menjadi dua bagian sehingga amplitudonya terbagi menjadi lebih kecil. Jika kedua berkas tersebut dapat disatukan kembali pada sebuah layar, akan terjadi pola interferensi (Setyaningsih, 2006).

Terdapat banyak macam jenis dari interferometer seperti interferometer Michelson, interferometer Mach Zender, Interferometer Fabry Perot dan interferometer Rayleigh. Akan tetapi interferometer Michelson merupakan yang lebih simpel karena hanya memakai satu buah kaca pemecah berkas atau *beam splitter*. Dari sekian banyak interferometer, yang paling terkenal secara historis adalah interferometer Michelson (Nugroho dkk, 2007). Aplikasi interferometer diantaranya adalah mengukur panjang gelombang. Pengukuran panjang gelombang menggunakan interferometer Michelson akan sangat teliti. Ketelitian dalam proses pengukuran akan sangat baik apabila jumlah garis yang dihitung sangat banyak (Kuswanto, 2013). Pengukuran jarak yang tepat pada interferometer Michelson dapat dilakukan dengan cara menggerakkan cermin bergerak M_2 dan menghitung frinji yang bergerak atau berpindah dengan acuan satu titik pusat. Persamaan (2.14) merupakan jarak pergeseran yang berhubungan dengan perubahan frinji akibat terjadinya perubahan lintasan optik pada interferometer Michelson.

$$\Delta d = \frac{\Delta N \lambda}{2} \quad (2.14)$$

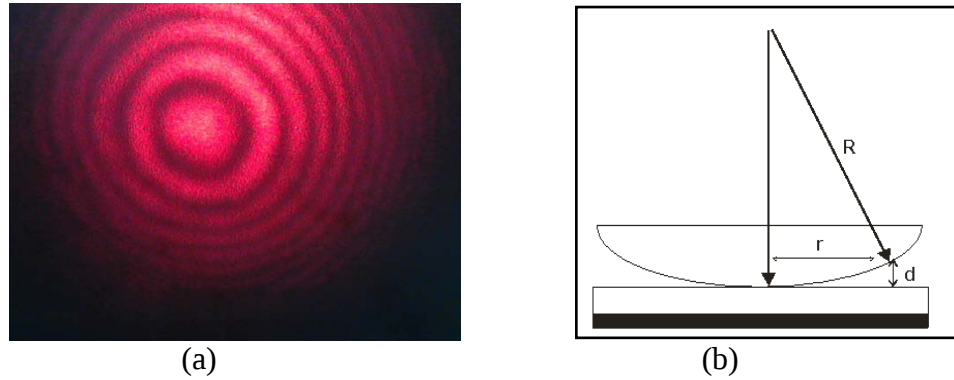
Dengan Δd adalah perubahan lintasan optik, ΔN adalah perubahan jumlah frinji, dan λ adalah panjang gelombang laser yang digunakan. Gambar 9 menunjukkan skema berkas cahaya yang terjadi pada interferometer Michelson.



Gambar 9. Skema berkas cahaya pada interferometer Michelson

11. Cincin Newton

Penamaan cincin newton diambil dari nama Isac Newton. Interferensi cincin newton terjadi karena cahaya monokromatik melewati permukaan kelengkungan lensa plan konveks (cembung datar) dan permukaan plan paralel (balok kaca). Akibat dari lewatnya cahaya monokromatik pada lapisan tipis udara diantara keduanya, akan menyebabkan interferensi pembagi amplitudo cahaya. Terjadinya interferensi pembagi amplitudo menyebabkan timbulnya pola interferensi berupa cincin gelap (destruktif) dan cincin terang (konstruktif) (Purnomo dkk, 2012). Cincin gelap dan terang ditunjukkan oleh Gambar 10.



Gambar 10. (a) Cincin gelap dan terang pada cincin newton (b) Penjelasan sinar pada cincin Newton

Perubahan pola cincin yang terjadi pada Gambar 10, diakibatkan adanya perubahan selaput tipis udara atau jarak diantara lensa plankonveks dan kaca plan paralel. Adanya perubahan fase yang terjadi pada dua buah gelombang yang disatukan menyebabkan terjadinya pola terang dan gelap yang terbentuk. Perubahan beda lintasan optis merupakan faktor yang mengakibatkan terjadinya perubahan fase pada dua buah gelombang (Podoleanu dkk, 1996). Sinar yang dipantulkan oleh permukaan cekung lensa dan sinar yang dipantulkan melalui lapisan tipis akan berinterferensi sehingga membentuk lingkasran gelap dan terang yang sepusat. Lingkaran ini yang disebut dengan cincin Newton dengan persamaan 2. 15

$$d=R-\sqrt{R^2-r^2}=R-R\left(1-\left(\frac{r}{R}\right)^2\right)^2$$

Jika $\frac{r}{R} \ll 1$ maka faktor $\left(1-\left(\frac{r}{R}\right)^2\right)^2$ akan menjadi

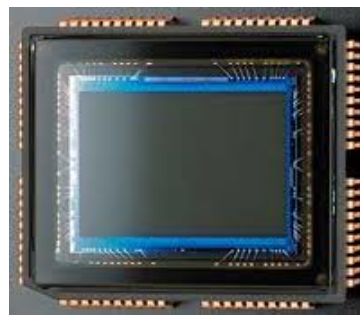
$$d=R-\sqrt{R^2-r^2}=R-R\left(1-\left(\frac{r}{R}\right)^2\right)^2 \cong \frac{r^2}{2R} \quad (2.15)$$

Sehingga persamaan interferensi pada cincin newton ditunjukkan oleh persamaan 2.16.

$$\left(m + \frac{1}{2}\right) \lambda_f = 2 \frac{r^2}{2R} \quad (2.16)$$

7. Kamera dan Sensor CCD

Seiring kemajuan teknologi kamera, pemanfaatan kamera tidak hanya untuk mengambil gambar kenang-kenangan saja (Riyanti dkk, 2009). Pemanfaatan kamera pada dunia penelitian sering dijumpai seperti pemanfaatan kamera sebagai kode sandi wajah, sistem parkir otomatis, sistem keamanan, dan lain sebagainya. Kamera adalah piranti yang dapat menangkap gambar sehingga dapat terekam dan tersimpan. Kamera dapat digunakan untuk melakukan pengamatan suatu objek secara kontinu. Sensor CCD adalah bagian dari suatu kamera yang berfungsi untuk mengubah cahaya menjadi elektron agar dapat disimpan dan diproses oleh kamera. Sensor CCD berbentuk seperti sebuah chip kecil. Gambar sensor CCD ditunjukkan oleh Gambar 11.



Gambar 11. Sensor CCD (Utomo, 2011)

8. Borland Delphi 7

Borland Delphi adalah suatu bahasa pemrograman yang bekerja pada *operating system windows*. Kemampuan borland delphi antara lain untuk menyediakan *tools*

yang dapat membuat tampilan-tampilan dan penggunaan yang menarik sehingga terlihat lebih *high technology* (Alam, 2004). Pada Borland Delphi fasilitas pemrograman dibagi menjadi dua, yaitu objeknya seperti *form*, *tools*, dan lain sebagainya dan bahasa pemrograman dari program itu sendiri. Bahasa pemrograman adalah otak pengatur atau pemberi perintah pada objek yang ada, sehingga dapat berfungsi sesuai dengan intruksi. Gambar 12 menunjukkan tampilan software dari Borland Delphi 7.0.



Gambar 12. Borland Delphi 7.0

9. *Image's Processing*

Image's processing atau yang lebih dikenal dengan sebutan pemrosesan citra digital adalah suatu proses pengolahan citra menggunakan komputer agar lebih mudah dilihat, dianalisis oleh manusia atau mesin (Riyanti dkk, 2009). Proses pengolahan citra dapat dilakukan dengan cara melakukan penajaman gambar, mengubah gambar ke dalam greyscale, kompresi data gambar dan lain sebagainya (Yhuwana, 2012). Salah satu yang alat bantu yang paling sederhana dalam mengolah citra adalah dengan cara melakukan proses histogram tingkat keabuan. Histogram tingkat keabuan adalah suatu fungsi yang menunjukkan jumlah titik yang ada di dalam suatu citra untuk setiap tingkat keabuan. Absis (sumbu-x)

adalah tingkat keabuan dan oordinat (sumbu y) adalah frekuensi kemunculan dari nilai keabuan (Achmad dan Kartika, 2013).

Selain itu nilai yang perlu diperhatikan dalam pengolahan citra adalah nilai RGB. Nilai RGB merupakan paduan dari 3 warna dasar yang dapat membuat warna-warna yang lainnya. Pada bilangan hexadesimal nilai terendah adalah 0 dan nilai tertinggi adalah 255. Gambar 13 menunjukkan nilai hexadesimal dan nilai RGB dari beberapa warna utama.

Color	Color HEX	Color RGB
	#000000	rgb(0,0,0)
	#FF0000	rgb(255,0,0)
	#00FF00	rgb(0,255,0)
	#FFFF00	rgb(255,255,0)
	#00FFFF	rgb(0,255,255)
	#FF00FF	rgb(255,0,255)
	#C0C0C0	rgb(192,192,192)
	#FFFFFF	rgb(255,255,255)

Gambar 13. Nilai hexadesimal dan RGB warna-warna utama (Surya, 2012).

10. Matlab

MATLAB merupakan bahasa komputasi yang memiliki banyak sekali fungsi *built-in* yang berkaitan dengan matrik dan persamaan-persamaan yang biasa digunakan pada bidang tertentu. Dalam penggunaannya sangat memudahkan pengguna untuk melakukan pemrograman sehingga, tidak terlalu dipusingkan dengan logika pemrograman dan lebih fokus terhadap logika penyelesaian masalah yang dihadapi. Image atau gambar adalah representasi spasial dari suatu objek yang sebenarnya dalam bidang dua dimensi yang biasanya ditulis dalam koordinat kartesian x-y, dan setiap koordinat merepresentasikan satu sinyal terkecil dari objek yang biasanya koordinat terkecil ini disebut sebagai piksel. Karena

merupakan sistem koordinat yang memiliki nilai maka biasanya image dianggap sebagai sebuah matrik x-y yang berisi nilai piksel. Representasi dari matriks tersebut dapat ditulis pada persamaan (2.17).

$$f(x, y) = \begin{bmatrix} f(0,0) & f(0,1) & \dots & f(0, N-1) \\ f(1,0) & f(1,1) & \dots & f(1, N-1) \\ \vdots & \vdots & \dots & \vdots \\ f(M-1,0) & f(M-1,1) & \dots & f(M-1, N-1) \end{bmatrix} \quad (2.17)$$

Dan di MATLAB representasi ini biasa ditulis persamaan (2.18)

$$f(x, y) = \begin{bmatrix} f(1,1) & f(1,2) & \dots & f(1, N) \\ f(2,1) & f(2,2) & \dots & f(2, N) \\ \vdots & \vdots & \dots & \vdots \\ f(M,1) & f(M,2) & \dots & f(M, N) \end{bmatrix} \quad (2.18)$$

Yang perlu diperhatikan adalah bahwa indeks matriks pada MATLAB selalu dimulai dengan angka 1 sehingga untuk $f(0,0)$ akan sama dengan $f(1,1)$ pada matlab. Bentuk matrik ini kemudian diolah menurut teori-teori tertentu yang bertujuan untuk memecahkan masalah tertentu, bentuk matriks adalah perwujudan dari bentuk sinyal digital sehingga proses pemecahan dan pengolahan matriks dari gambar ini biasanya disebut dengan digital *image processing*. Pada matlab fungsi untuk melakukan pembacaan image standar yaitu, *imread ('filename')* (Iqbal, 2009).

11. Benda Transparan

Benda transparan adalah benda yang dapat ditembus oleh cahaya dan seolah-olah benda tersebut tidak memiliki filter untuk menahan atau memantulkan cahaya tersebut. Salah satu benda transparan yang sangat sering dijumpai adalah kaca. Kaca adalah bahan yang tidak terlalu padat molekulnya, karena molekul-molekulnya tersusun acak seperti halnya zat cair, namun memiliki nilai kohesi

yang membuat bentuknya menjadi stabil. Hal yang mengakibatkan terlihat tranparan disebabkan susunan molekul yang acak tersebut (Adryanta, 2008).