BAB III
METODE PENELITIAN

3.1. Peralatan Optik dan Mekanik

Peralatan-peralatan optik yang digunakan dalam eksperimen ini adalah:

a. Laser He-Ne

Dalam eksperimen ini digunakan laser dengan panjang gelombang 6328 A^0 (buatan Edmunt, USA) dan daya keluaran 20 mWatt.

b. Pemecah berkas (*beam splitter*)

Pemecah berkas berfungsi untuk membagi berkas sinar monokromatis yang keluar dari laser menjadi dua berkas sinar. Sebagian berkas sinar diteruskan ke cermin m_1 dan sebagian berkas yang lain diteruskan ke cermin m_2. Pemecah berkas dipasang pada sudut 45^0 dari arah datangnya sinar, agar kedua berkas sinar yang terpecah membentuk sudut 90^0, sehingga interaksi kedua berkas sinar tersebut mempengaruhi bagian medium yang sama (berinterferensi).

c. Cermin datar

Cermin datar berfungsi sebagai pemantul untuk mengarahkan berkas sehingga mencapai sasaran yang dituju.

d. Lensa positif (f = 24 cm)

Lensa positif ini berfungsi untuk memfokuskan berkas sinar agar pola interferensi dapat terekam pada kamera, sehingga setiap ada perubahan diameter frinji dapat diketahui.

This document is Undip Institutional Repository Collection. The author(s) or copyright owner(s) agree that UNDIP-IR may, without changing the content, translate the submission to any medium or format for the purpose of preservation. The author(s) or copyright owner(s) also agree that UNDIP-IR may keep more than one copy of this submission for purposes of security, back-up and preservation. (http://eprints.undip.ac.id)

e. Meja optik

Meja optik digunakan untuk meletakkan semua peralatan yang dipakai dalam eksperimen interferometer Michelson. Meja optik yang dipakai terbuat dari besi baja yang dilengkapi dengan sistem peredam getaran, (Buatan California, USA)

f. Magnetik base

Magnetik base berfungsi untuk mengunci peralatan-peralatan optik yang telah dipasang pada meja. Bagian bawah magnetik base terbuat dari magnet, agar dalam meletakkan peralatan diatas meja tidak goyah oleh adanya getaran.

g. Tempat sampel

Tempat sampel yang digunakan berbentuk balok berukuran (7,5 x 1 x 2,5) cm^3 yang kedua sisinya terbuat dari kaca preparat yang tebalnya 1040 μm, agar cahaya yang berasal dari pemecah berkas dapat menembus sampel tersebut. Kedua sisi lainnya terbuat dari fleksi glass yang tebalnya d = 0,5 cm agar pada saat sampel dikenai panas dengan suhu tertentu tidak meleleh. Fleksi glass ini memiliki titik didih yang lebih tinggi dari pada kaca preparat. Sedangkan sisi alasnya terbuat dari tembaga yang tebalnya d = 0,1 cm. Tembaga ini tahan panas dan bersifat konduktor sehingga membuat perambatan panas yang terjadi pada sampel merata. Tempat sampel ditunjukkan pada lampiran D.

This document is Undip Institutional Repository Collection. The author(s) or copyright owner(s) agree that UNDIP-IR may, without changing the content, translate the submission to any medium or format for the purpose of preservation. The author(s) or copyright owner(s) also agree that UNDIP-IR may keep more than one copy of this submission for purposes of security, back-up and preservation. (http://eprints.undip.ac.id)

h. Kamera

Kamera ini berfungsi untuk merekam hasil pola interferensi yang berupa frinji. Jenis kamera adalah Canon FTb. Film yang digunakan yakni Fujifilm asa 200.

i. Tapis ruang (*Spatial filtering)*

Tapis ruang berfungsi untuk menghilangkan gangguan (*noissy)* pada berkas sinar, agar pola frinji yang dihasilkan tampak bersih pada layar. Tapis ruang yang digunakan adalah model 900 NRC, buatan California, USA. Tapis ruang ditunjukkan pada lampiran D.

j. Attenuator

Attenuator berfungsi untuk mengurangi intensitas cahaya laser agar sesuai dengan pembukaan diafragma pada kamera. Attenuator ini juga dapat digunakan untuk memecah berkas cahaya laser menjadi dua, sebagian diteruskan dan sebagian lagi dipantulkan. Attenuator ini berbeda dengan pemecah berkas (*beam splitter)*.

k. Pemanas

Pemanas ini berfungsi untuk memanaskan sampel (misal air). Jenis pemanas yang digunakan ICA Combimag RCT.

l. Termometer Digital

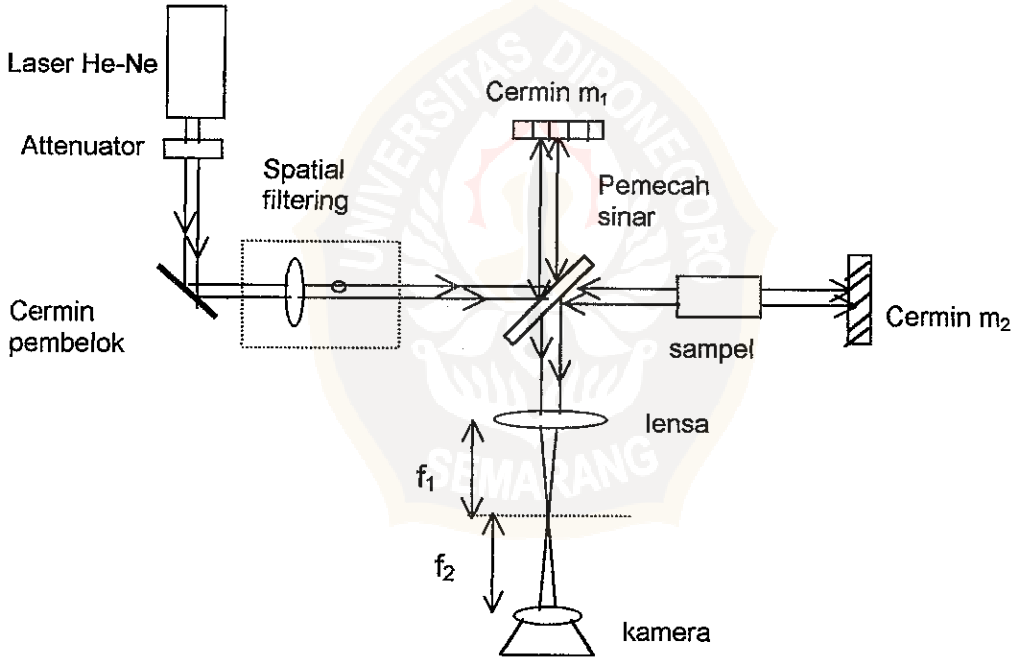
Termometer digital ini berfungsi untuk mengukur suhu air pada saat pemanasan. Merk GW Multimeter GDW 393A buatan Taiwan.

This document is Undip Institutional Repository Collection. The author(s) or copyright owner(s) agree that UNDIP-IR may, without changing the content, translate the submission to any medium or format for the purpose of preservation. The author(s) or copyright owner(s) also agree that UNDIP-IR may keep more than one copy of this submission for purposes of security, back-up and preservation. (http://eprints.undip.ac.id)

3.2. Pengukuran diameter frinji dengan metode Interferometer Michelson

Interferometer yang dikembangkan oleh A.A. Michelson memanfaatkan interferensi yang terjadi akibat pemecahan amplitudo yang berasal dari sumber cahaya laser sehingga terbentuk pola frinji. Jenis laser yang digunakan adalah laser gas Helium-Neon dengan panjang gelombang 6328 ^{0}A.

Untuk mengetahui adanya perubahan diameter frinji, percobaan dilakukan tanpa pemanasan pada sampel (air) dan dengan pemanasan pada temperatur tertentu. Susunan peralatan yang digunakan untuk mengukur diameter frinji, apabila tidak ada pemanasan ditunjukkan pada gambar 3.1. Ini dilakukan pada temperatur kamar.



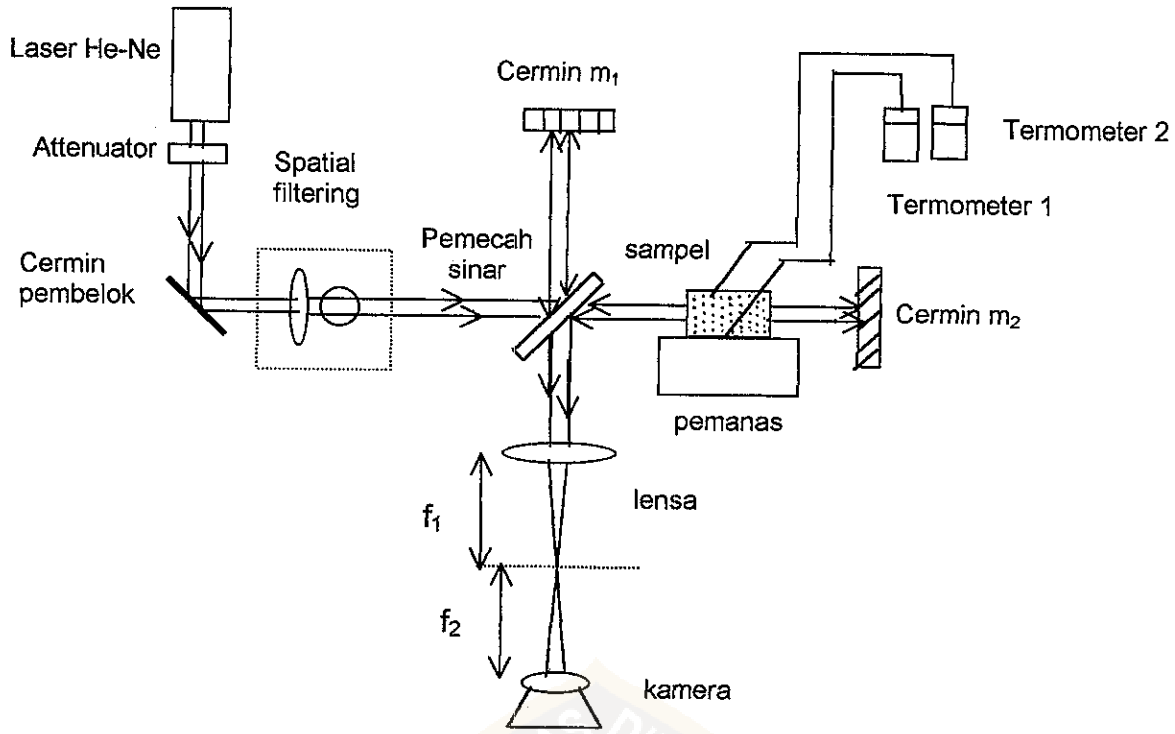
Gambar 3.1. Susunan peralatan untuk pengukuran diameter frinji apabila tidak ada pemanasan.

This document is Undip Institutional Repository Collection. The author(s) or copyright owner(s) agree that UNDIP-IR may, without changing the content, translate the submission to any medium or format for the purpose of preservation. The author(s) or copyright owner(s) also agree that UNDIP-IR may keep more than one copy of this submission for purposes of security, back-up and preservation. (http://eprints.undip.ac.id)

Berkas laser diarahkan ke cermin pembelok melalui attenuator. Dari cermin pembelok berkas sinar diteruskan ke pemecah berkas (*beam splitter)* melalui tapis ruang (*spatial filtering)*. Gambar tapis ruang ditunjukkan pada lampiran D. Pemecah sinar ini akan membagi berkas cahaya menjadi dua bagian, sebagian dipantulkan ke cermin m_1 dan sebagian lagi diteruskan ke cermin m_2, dengan melalui sampel (misalnya air) tanpa adanya pemanasan. Berkas yang jatuh pada cermin m_1 dan m_2 akan dipantulkan kembali ke pemecah sinar. Berkas balik ini difokuskan oleh lensa cembung agar dapat terekam pada kamera. Panjang lintasan dari pemecah sinar ke cermin m_1 dibuat sama panjang dengan panjang lintasan dari pemecah sinar ke cermin m_2 dan diatur sedemikian rupa agar pemantulan balik dari kedua cermin terpusat menuju ke pemecah sinar. Dari serangkaian proses tersebut di atas dihasilkan pola interferensi yang berupa frinji dengan berbagai diameter.

Susunan peralatan dan cara kerja untuk pengukuran diameter frinji apabila ada pemanasan ditunjukkan pada gambar 3.2.

This document is Undip Institutional Repository Collection. The author(s) or copyright owner(s) agree that UNDIP-IR may, without changing the content, translate the submission to any medium or format for the purpose of preservation. The author(s) or copyright owner(s) also agree that UNDIP-IR may keep more than one copy of this submission for purposes of security, back-up and preservation. (http://eprints.undip.ac.id)



Gambar 3.2. Susunan peralatan untuk pengukuran diameter frinji apabila ada pemanasan

Berkas laser diarahkan ke cermin pembelok melalui attenuator. Dari cermin pembelok berkas sinar diteruskan ke pemecah berkas (*beam splitter)* melalui tapis ruang (*spatial filtering)*. Pemecah sinar ini akan membagi berkas cahaya menjadi dua bagian, sebagian dipantulkan ke cermin m_1 dan sebagian lagi diteruskan ke cermin m_2, dengan melalui air yang telah dipanaskan sehingga air mengalami perubahan kerapatan massa. Berkas yang jatuh pada cermin m_1 dan m_2 akan dipantulkan kembali ke pemecah sinar. Berkas balik ini difokuskan oleh lensa cembung agar dapat terekam pada kamera. Panjang lintasan dari pemecah sinar ke cermin m_1 dibuat sama

This document is Undip Institutional Repository Collection. The author(s) or copyright owner(s) agree that UNDIP-IR may, without changing the content, translate the submission to any medium or format for the purpose of preservation. The author(s) or copyright owner(s) also agree that UNDIP-IR may keep more than one copy of this submission for purposes of security, back-up and preservation. (http://eprints.undip.ac.id)

panjang dengan panjang lintasan dari pemecah sinar ke cermin m_2 dan diatur sedemikian rupa agar pemantulan balik dari kedua cermin terpusat menuju ke pemecah sinar. Dari serangkaian proses tersebut di atas dihasilkan pola interferensi yang berupa frinji dengan berbagai diameter.

Pengukuran temperatur air menggunakan dua termometer digital yang dipasang pada dasar air dan di permukaan air. Pemanasan air di bagian dasarnya mengakibatkan perambatan panas dari bagian dasar ke permukaan air. Hal ini menyebabkan temperatur pada dasar air lebih tinggi daripada di permukaan air.

Perubahan diameter frinji akibat pemanasan berlangsung dengan cepat sehingga pola interferensi yang dihasilkan harus segera direkam menggunakan kamera. Untuk mempermudah perhitungan, hasil rekaman kamera (negatif/klise) dihitung menurut koordinat sumbu X dan Y menggunakan milimeter blok dengan cara negatif disinari cahaya lampu.

3.3. Penentuan Indeks Bias

Penentuan indeks bias dengan menggunakan metode interferometer Michelson (seperti yang ditunjukkan pada gambar 3.1 dan 3.2) dengan mengamati perubahan diameter frinji, dilakukan sebelum pemanasan dan sesudah pemanasan. Untuk mempermudah penentuan indeks bias, besar diameter frinji yang diperoleh, dianalisa secara komputasi dengan menggunakan program Mathlab (Program ditunjukkan pada lampiran A2) mengikuti persamaan umum 2.35.

This document is Undip Institutional Repository Collection. The author(s) or copyright owner(s) agree that UNDIP-IR may, without changing the content, translate the submission to any medium or format for the purpose of preservation. The author(s) or copyright owner(s) also agree that UNDIP-IR may keep more than one copy of this submission for purposes of security, back-up and preservation. (http://eprints.undip.ac.id)

Apabila tidak ada pemanasan maka suhu dan tekanan air konstan, sehingga kerapatan massanya tidak mengalami perubahan. Penentuan indeks biasnya mengikuti persamaan :

- Diameter frinji terang atau gelap pertama dengan orde interferensi maksimum :

$$m_{maks}\,\lambda = [\,2(n-1)\,\delta + 2(l_1 - l_2)\,]\left[1 - \frac{D_{m_{maks}}{}^{2}}{4f^2}\right]^{1/2} \qquad (3.1)$$

- Diameter frinji terang atau gelap kedua dan kelipatannya : (m_{maks} –2)

$$(m_{maks} - 2)\,\lambda = [\,2(n-1)\,\delta + 2(l_1 - l_2)\,]\left[1 - \frac{D^2{}_{m_{maks}-2}}{4f^2}\right]^{1/2} \qquad (3.2)$$

Dengan mengurangkan persamaan 3.1 dan persamaan 3.2 akan diperoleh persamaan untuk menentukan indeks bias.

$$\frac{\lambda}{\delta} = (n-1)\left\{\left[1 - \frac{D^2{}_{m_{maks}}}{4f^2}\right]^{1/2} - \left[1 - \frac{D^2{}_{m_{maks}-2}}{4f^2}\right]^{1/2}\right\}$$

$$n = \frac{\lambda}{\delta\left[1 - \frac{D^2{}_{m_{maks}}}{4f^2}\right]^{1/2} - \left[1 - \frac{D^2{}_{m_{maks}-2}}{4f^2}\right]^{1/2}} + 1 \qquad (3.3)$$

dengan n adalah indeks bias yang dihitung

λ adalah panjang gelombang (6328 ^{0}A)

m_{maks} adalah orde interferensi maksimum dipusat frinji

$l_{1,2}$ adalah jarak pemecah sinar ke cermin 1 dan 2.

This document is Undip Institutional Repository Collection. The author(s) or copyright owner(s) agree that UNDIP-IR may, without changing the content, translate the submission to any medium or format for the purpose of preservation. The author(s) or copyright owner(s) also agree that UNDIP-IR may keep more than one copy of this submission for purposes of security, back-up and preservation. (http://eprints.undip.ac.id)

f adalah jarak antara titik fokus dengan gambar atau kamera.

δ adalah jarak sampel (air).

D_{mmaks} adalah diameter frinji terang atau gelap pertama (pusat frinji).

$D_{mmaks-2}$ adalah diameter frinji terang atau gelap kedua.

Apabila terjadi pemanasan, maka pada bagian-bagian air terdapat perubahan temperatur (misal T_1 dan T_2) dan tekanan, sehingga terjadi degradasi indeks bias. Dengan mengasumsikan perambatan panas yang terjadi merata, maka diameter frinji pada sumbu X adalah sama. Dengan menganalisa diameter frinji mengikuti persamaan 3.3, diperoleh indeks bias. Dan untuk menentukan orde interferensi maksimum 'm_{maks}', maka indeks bias yang dihasilkan dianalisa menggunakan algoritma program (ditunjukkan pada lampiran A1) mengikuti persamaan 3.1. Tetapi diameter frinji pada sumbu Y tidak sama, hal ini disebabkan adanya perubahan kerapatan massa air. Untuk menganalisanya menggunakan persamaan :

Pada permukaan air dengan temperatur T_1

$$m_{maks}\,\lambda = [\,2(n_{T_1} - 1)\,\delta + 2(l_1 - l_2)\,]\left[1 - \frac{D^2_{T_1 m_{maks}}}{4f^2}\right]^{1/2} \qquad (3.4)$$

Pada dasar air dengan temperatur T_2

$$m_{maks}\,\lambda = [\,2(n_{T_2} - 1)\,\delta + 2(l_1 - l_2)\,]\left[1 - \frac{D^2_{T_2 m_{maks}}}{4f^2}\right]^{1/2} \qquad (3.5)$$

This document is Undip Institutional Repository Collection. The author(s) or copyright owner(s) agree that UNDIP-IR may, without changing the content, translate the submission to any medium or format for the purpose of preservation. The author(s) or copyright owner(s) also agree that UNDIP-IR may keep more than one copy of this submission for purposes of security, back-up and preservation. (http://eprints.undip.ac.id)

dengan n_{T_1} dan n_{T_2} adalah indeks bias pada temperatur 1 dan 2

Orde m_{maks} pada sumbu Y sama dengan orde m_{maks} pada sumbu X.

Sedangkan diameter frinji terang atau gelap kedua dan kelipatannya dari pusat frinji dihasilkan orde interferensi, yang besarnya adalah $m_{maks} - 2$ dan $m_{maks} - 4$, $m_{maks} - 6$, dan seterusnya.

3.4. Penentuan Nilai Molar Refraktivitas

Nilai molar refraktivitas 'A' dapat ditentukan dengan metode interferometer Michelson ini, dengan cara mengukur perubahan diameter frinji. Dari diameter frinji yang teramati akan diperoleh harga indeks bias, sehingga didapatkan nilai molar refraktivitas dengan menggunakan persamaan 2.14. Dan untuk mempermudah dalam perhitungan, besar indeks bias yang dihasilkan dianalisa secara komputasi dengan menggunakan program Mathlab (ditunjukkan pada lampiran A3). Perubahan temperatur diamati dengan menggunakan termometer digital.

Pengukuran nilai molar refraktivitas 'A' ($m^3.mol^{-1}$) dilakukan pada kondisi sampel (air) tanpa pemanasan dan pada kondisi sampel dipanaskan dengan temperatur tertentu.

Pada saat tidak dilakukan pemanasan, suhu, tekanan dan volume air konstan, sehingga nilai molar refraktivitasnya tidak mengalami perubahan. Untuk menentukan nilai molar refraktivitas digunakan persamaan 2.14:

This document is Undip Institutional Repository Collection. The author(s) or copyright owner(s) agree that UNDIP-IR may, without changing the content, translate the submission to any medium or format for the purpose of preservation. The author(s) or copyright owner(s) also agree that UNDIP-IR may keep more than one copy of this submission for purposes of security, back-up and preservation. (http://eprints.undip.ac.id)

$$A = V_o\, e^{\beta \Delta T} \left(\frac{n^2 - 1}{n^2 + 2} \right)$$

dengan V_T adalah volume air pada temperatur T.

V_0 adalah volume air pada temperatur kamar.

β adalah koefisien muai volume

ΔT adalah perubahan temperatur

Apabila air dipanaskan dengan suhu tertentu misalnya T_1 sedangkan tekanannya konstan, maka nilai molar refraktivitas pada permukaan air dengan temperatur T_1 dapat ditentukan dengan persamaan:

$$A_{T_1} = V_o\, e^{\beta \Delta T} \left(\frac{n_{T_1}{}^2 - 1}{n_{T_1}{}^2 + 2} \right)$$

dengan $\Delta T = T_1 - T_0$

T_1 adalah temperatur pada permukaan air (^{0}C)

T_0 adalah temperatur kamar (^{0}C)

This document is Undip Institutional Repository Collection. The author(s) or copyright owner(s) agree that UNDIP-IR may, without changing the content, translate the submission to any medium or format for the purpose of preservation. The author(s) or copyright owner(s) also agree that UNDIP-IR may keep more than one copy of this submission for purposes of security, back-up and preservation. (http://eprints.undip.ac.id)