PENGARUH KENAIKAN FREKUENSI GETARAN AKUSTIK TERHADAP JUMLAH PERGESERAN FRINJI PADA INTERFEROMETER MICHELSON

Nurilda Hayani[1], Nurma Sari[2], Arfan Eko Fahrudin[2]

Abstrak: Telah dilakukan penelitian tentang pengaruh kenaikan frekuensi getaran akustik terhadap jumlah pergeseran frinji pada interferometer Michelson. Dalam penelitian ini digunakan program MATLAB 7.0 untuk membangkitkan getaran akustik dengan frekuensi (f_{MATLAB}) 8 s.d 40 Hz. Cermin getar digetarkan dengan bantuan speaker yang sudah terhubung ke program MATLAB 7.0 pada PC, sedangkan cermin geser digeser dengan bantuan mikrometer sekrup sejauh 10^{-6} m. Berdasarkan data pengamatan, semakin besar nilai f_{MATLAB} maka semakin banyak jumlah pergeseran frinji *(ΔN)* yang terjadi. Hasil plot grafik hubungan f_{MATLAB} dan *ΔN* memberikan persamaan karakteristik grafik $\Delta N = 1{,}054\ f_{MATLAB} + 14{,}57$. Nilai *error* akurasi data terbesar adalah 18,900 sedangkan nilai *error* akurasi data terkecil adalah 0,633. Nilai *error* akurasi data rata-rata adalah 5,351 sehingga diperoleh ketelitian sebesar 94,649%. Nilai *f'* dihitung berdasarkan nilai pergeseran cermin *(Δd)* dan jumlah pergeseran frinji (*ΔN*). Nilai *f'* yang diperoleh saat cermin getar tidak digetarkan ($f_{MATLAB} = 0$) adalah nilai frekuensi laser helium neon (f_{HeNe}), sedangkan nilai *f'* yang diperoleh saat cermin getar digetarkan ($f_{MATLAB} \neq 0$) adalah frekuensi gabungan dari nilai frekuensi laser helium neon (f_{HeNe}) dan nilai frekuensi getaran akustik (f_{MATLAB}).

Kata kunci: getaran akustik, frinji, Interferometer Michelson.

PENDAHULUAN

Peristiwa interferensi cahaya dapat diamati dengan alat optik Interferometer Michelson. Peristiwa interferensi cahaya akan menghasilkan pola gelap terang (Soedojo, 1992). Seiring dengan perkembangan zaman, aplikasi interferometer semakin meluas, diantaranya dapat digunakan untuk menentukan panjang gelombang sumber cahaya, sebagai sensor pergeseran, menentukan tebal bahan tipis, mengukur kerataan dan kesejajaran, serta mendeteksi adanya getaran.

Prajitno S., 2007, menyatakan bahwa sistem interferometer yang digunakan untuk mendeteksi getaran akustik dapat juga mendeteksi sinyal getaran akustik yang dikirim. Pada penelitiannya, salah satu cermin Interferometer Michelson digetarkan dengan getaran akustik berfrekuensi 180 dan 290 Hz. Pergeseran frinji diamati dengan detektor PIN *diode* sehingga sinyal dapat diterima selanjutnya diolah dengan bantuan

[1] Alumni Mahasiswa Program Studi Fisika FMIPA UNLAM
[2] Staff Pengajar Mahasiswa Program Studi Fisika FMIPA UNLAM

Fast Fourier Transform (FFT). Analisa sinyal dalam spektrum frekuensi menunjukkan bahwa sinyal getaran akustik 180 dan 290 Hz dapat dideteksi walaupun masih banyak noise (berupa sekumpulan sumber frekuensi yang muncul bersama-sama dengan frekuensi sinyal sebesar 180 dan 290 Hz) yang ikut terdeteksi.

Penelitian Kosijanto, dkk., 1999, menyebutkan bahwa variasi intensitas interferensi muncul akibat adanya modulasi fasa. Modulasi fasa dapat timbul bila salah satu cermin pada lengan Interferometer Michelson bergetar. Dengan kata lain, jika salah satu cermin Interferometer Michelson digetarkan, maka terjadi modulasi fasa yang menyebabkan variasi intensitas interferensi. Variasi interferensi ini akan tampak pada pola frinji yang terbentuk pada layar. Proses penelitian yang dilakukan Kosijanto ini hampir sama dengan proses penelitian yang dilakukan oleh Santoso Prajitno. Kosijanto menggunakan bantuan komputer dan bahasa Pascal untuk pengamatan frinji. Sinyal yang telah dideteksi tidak dapat langsung menunjukkan nilai frekuensi sehingga diperlukan perhitungan tersendiri untuk mengetahui nilai frekuensi yang terdeteksi.

Pada penelitian ini, pengambilan data dilakukan dengan variasi frekuensi secara acak (20, 25, 30, 75, 90, 100, 120 dan 140Hz). Dalam hasil perhitungan, selisih nilai frekuensi awal dan nilai frekuensi yang terdeteksi semakin besar untuk nilai frekuensi awal yang cukup besar seperti 100, 120, dan 140 Hz.

Berdasarkan beberapa penelitian tersebut, maka dilakukan kajian awal pengaruh kenaikan frekuensi getaran akustik terhadap jumlah pergeseran frinji dengan, getaran akustik dibangkitkan dengan menggunakan program MATLAB 7.0.

Gelombang bunyi adalah gelombang yang dirambatkan sebagai gelombang mekanik longitudinal yang dapat menjalar dalam medium padat, cair dan gas. Medium gelombang bunyi adalah molekul yang membentuk bahan medium mekanik (Sutrisno, 1988). Kone dan Sterheim**,** 1988**,** mendefinisikan bahwa sebuah gelombang suara yaitu, terjadinya sebuah gangguan mekanika yang terkoordinasi dan melibatkan sejumlah banyak molekul, dimana molekul tersebut bergerak dan bertumbukan ketika sebuah gangguan gelombang datang dan melewatinya.

Cahaya merupakan gelombang transversal. Berbagai teori tentang fenomena cahaya diantaranya.

Persamaan umum gelombang memenuhi bentuk persamaan 1:

$$\frac{d^2\chi}{dz^2} = \frac{1}{v^2}\frac{d^2\chi}{dt^2} \quad (1)$$

χ adalah persamaan gelombang dalam yang bergerak sepanjang sumbu *z* dalam waktu *t* dan *v* adalah cepat rambat gelombang dalam satuan m/s. Bentuk umum penyelesaian persamaan (1) adalah semua fungsi yang berbentuk

$$\chi\ z,t\ = \chi\ z \pm vt \quad (2)$$

Bentuk yang cukup sederhana yang menggambarkan gelombang sinusoidal adalah penyelesaian yang berbentuk

$$\chi\ z,t\ = A\sin(kz \pm \omega t + \varphi) \quad (3)$$

dengan *A* adalah amplitudo gelombang dalam satuan meter, *k* adalah jumlah gelombang atau bilangan gelombang per 2π satuan panjang, *ω* adalah frekuensi sudut dalam satuan rad/sekon dan *φ* adalah fase gelombang. Untuk suatu waktu *t* tertentu (misalkan *t = 0*, dan *φ = 0*) maka

$$\chi\ z,t\ = A\sin(kz) \quad (4)$$

Berikut adalah persamaan sinusoidal dengan jarak dari satu fase ke fase berikutnya diberikan oleh

$$z \equiv \lambda = \frac{2\pi}{k} \Leftrightarrow k = \frac{2\pi}{\lambda} \quad (5)$$

λ adalah panjang gelombang dalam meter. Untuk suatu posisi tertentu (misalkan *z = 0*, dan *φ = 0*) maka,

$$\chi\ z,t\ = -A\sin\ \omega t \quad (6)$$

Persamaan 6 adalah persamaan getaran sinusoidal di suatu titik. Periode getarnya (T) diberikan oleh:

$$t \equiv T = \frac{2\pi}{\omega} \Leftrightarrow \omega = \frac{2\pi}{T} = 2\pi f \quad (7)$$

f adalah frekuensi gelombang dalam satuan *Hertz*. Untuk suatu fase tertentu dari gelombang, pola gelombang tersebut akan tetap selama nilai *kx − ωt* tetap, sehingga dengan berjalannya waktu, nilai *kz* juga harus bertambah dan pola gelombang akan merambat ke kanan dengan kecepatan *(v)* yang diberikan oleh

$$\frac{k\,dz}{dt} = \omega \Leftrightarrow v = \frac{dz}{dt} = \frac{\omega}{k} \quad (8)$$

(Satriawan, 2007)

Superposisi Gelombang

Dua buah gelombang dapat dijumlahkan atau disuperposisikan. Ada beberapa keadaan yang ditinjau, yang pertama adalah keadaan dua gelombang dengan frekuensi sudut *(ω)* dan bilangan gelombang *(k)* sama tetapi fase *(φ)* berbeda. Keadaan kedua adalah keadaan dua gelombang dengan frekuensi sudut *(ω)* dan bilangan gelombang *(k)* sama, tetapi arah gerak *(v)* berlawanan. Keadaan ketiga adalah keadaan dua gelombang dengan frekuensi sudut *(ω)* dan bilangan gelombang *(k)* berbeda.

Dua gelombang dengan frekuensi sudut *(ω)* dan bilangan

gelombang *(k)* sama tetapi fase *(φ)* berbeda

$$\chi_1 = A \sin kz - \omega t + \varphi_1 \quad (9)$$

$$\chi_2 = A \sin kz - \omega t + \varphi_2 \quad (10)$$

Penjumlahan kedua gelombang ini menghasilkan

$$\chi_{TOT} = \chi_1 + \chi_2 = 2A \sin kz - \omega t + \bar{\varphi} \cos(\delta\varphi) \quad (11)$$

Dengan

$$\bar{\varphi} = \frac{(\varphi_1 + \varphi_2)}{2} \quad (12)$$

$$d\varphi = \frac{(\varphi_1 - \varphi_2)}{2} \quad (13)$$

Dua gelombang dengan frekuensi sudut *(ω)* dan bilangan gelombang *(k)* sama, tetapi arah gerak *(v)* berlawanan

$$\chi_1 = A \sin kz - \omega t \quad (14)$$

$$\chi_2 = A \sin kz + \omega t \quad (15)$$

Penjumlahan kedua gelombang ini menghasilkan

$$\chi_{TOT} = \chi_1 + \chi_2 = 2A \sin kz \cos \omega t \quad (16)$$

Dua gelombang dengan frekuensi sudut *(ω)* dan bilangan gelombang *(k)* berbeda

$$\chi_1 = A \sin k_1 z - \omega_1 t \quad (17)$$

$$\chi_2 = A \sin k_2 z - \omega_2 t \quad (18)$$

Penjumlahan kedua gelombang ini menghasilkan

$$\chi_{TOT} = \chi_1 + \chi_2 = 2A \sin \bar{k}z - \bar{\omega}t + \bar{\varphi} \cos \delta k z - \delta\omega t \quad (19)$$

dengan

$$\bar{k} = \frac{k_1 + k_2}{2} \quad (20)$$

$$\bar{\omega} = \frac{\omega_1 + \omega_2}{2} \quad (21)$$

$$\delta k = \frac{k_1 - k_2}{2} \quad (22)$$

$$\delta\omega = \frac{(\omega_1 - \omega_2)}{2} \quad (23)$$

(Satriawan, 2007)

Interferensi Cahaya

Interferensi adalah superposisi dua gelombang atau lebih yang bertemu pada satu titik di ruang. Apabila dua gelombang yang berfrekuensi dan berpanjang gelombang sama tapi berbeda fase bergabung, maka gelombang yang dihasilkan merupakan gelombang yang amplitudonya tergantung pada perbedaan fasenya. Jika perbedaan fasenya 0 atau bilangan bulat kelipatan 360^0, maka gelombang akan sefase dan berinterferensi secara saling menguatkan (interferensi konstruktif) dan amplitudonya sama dengan penjumlahan amplitudo masing-masing gelombang. Jika perbedaan fasenya 180^0 atau bilangan ganjil kali 180^0, maka gelombang yang dihasilkan akan berbeda fase dan berinterferensi secara saling melemahkan (interferensi destruktif). Amplitudo yang dihasilkan merupakan perbedaan amplitude masing-masing gelombang (Tipler, 1991).

Prinsip Interferometer Michelson

Suatu alat yang dirancang untuk menghasilkan pola interferensi dari

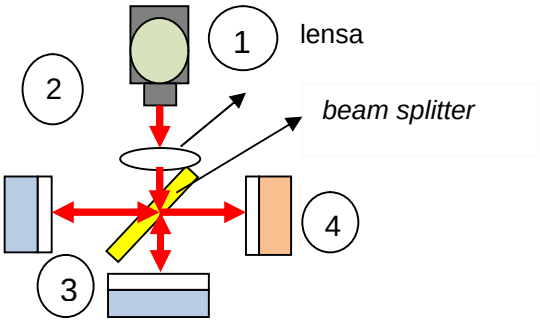
perbedaan panjang lintasan disebut interferometer optik. Interferometer dibedakan menjadi 2 jenis, yaitu interferometer pembagi muka gelombang dan interferometer pembagi amplitudo. Pada pembagi muka gelombang, muka gelombang pada berkas cahaya pertama di bagi menjadi dua, sehingga menghasilkan dua buah berkas sinar baru yang koheren, dan ketika jatuh di layar akan membentuk pola interferensi yang berwujud garis gelap terang berselang-seling. Di tempat garis terang, gelombang-gelombang dari kedua celah sefase sewaktu tiba di tempat tersebut. Sebaliknya di tempat garis gelap, gelombang-gelombang dari kedua celah berlawanan fase sewaktu tiba di tempat tersebut (Soedojo, 1992).

Untuk pembagi amplitudo, diumpamakan sebuah gelombang cahaya jatuh pada suatu lempeng kaca yang tipis. Sebagian dari gelombang akan diteruskan dan sebagian lainnya akan dipantulkan. Kedua gelombang tersebut tentu saja mempunyai amplitudo yang lebih kecil dari gelombang sebelumnya. Ini dapat dikatakan bahwa amplitude telah terbagi. Jika dua gelombang tersebut bisa disatukan kembali pada sebuah layar maka akan dihasilkan pola interferensi (Hecht, 1992).

Interferometer dikembangkan oleh A. A. Michelson tahun 1881 menggunakan prinsip membagi amplitudo gelombang cahaya menjadi dua bagian yang berintensitas sama. Pembelahan amplitudo gelombang menjadi dua bagian dilakukan dengan menggunakan pemecah sinar (beam splitter). Pola interferensi yang terbentuk pada interferometer Michelson lebih tajam, lebih jelas dan jarak antar frinjinya lebih sempit dibanding interferometer yang lain, baik interferometer Fabry Perot maupun Twymen Green (Halliday dan Resnick, 1999).

Interferometer Michelson merupakan seperangkat peralatan yang memanfaatkan gejala interferensi. Prinsip interferensi adalah kenyataan bahwa beda lintasan optik *(d)* akan membentuk suatu frinji (Halliday dan Resnick, 1999). Oleh permukaan beam splitter (pembagi berkas) cahaya laser, sebagian dipantulkan ke kanan dan sisanya ditransmisikan ke atas. Bagian yang dipantulkan ke kanan oleh suatu cermin datar (cermin 1) akan dipantulkan kembali ke beam splitter yang kemudian menuju ke screen (layar). Adapun bagian yang ditransmisikan ke atas 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) (Soedojo, 1992).



Gambar 1. Skema Interferometer Michelson dengan 1. Laser, 2. Cermin 1, 3. Cermin 2 dan 4. Layar (Falah,____)

Pengukuran jarak yang tepat dapat diperoleh dengan menggerakan cermin pada Interferometer Michelson dan menghitung frinji interferensi yang bergerak atau berpindah, dengan acuan suatu titik pusat, sehingga diperoleh jarak pergeseran yang berhubungan dengan perubahan frinji sebesar

$$\Delta d = \frac{\Delta N \lambda}{2} \Leftrightarrow f = \frac{\Delta N c}{2 \Delta d} \qquad (24)$$

dengan Δd adalah perubahan lintasan optis, λ adalah nilai panjang gelombang sumber cahaya dan ΔN adalah perubahan jumlah frinji (Phywe,2006).

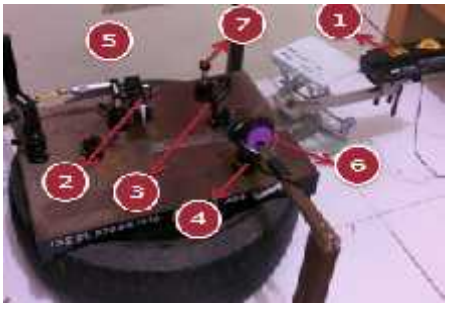
Penelitian Masroatul Falah, menyatakan banyak atau sedikitnya jumlah frinji yang terbentuk tergantung pada beda lintasan optik antara kedua cahaya yang saling berinterferensi. Semakin besar beda lintasan optik antara kedua cahaya akan menyebabkan pola-pola interferensi (frinji) semakin banyak. Demikian pula sebaliknya, semakin kecil beda lintasan optik akan mengakibatkan jumlah frinji semakin sedikit.

Metode Penelitian

Penelitian ini dimulai dengan membuat program pembangkit getaran akustik dengan frekuensi 8 s.d 40 Hz dalam program MATLAB 7.0 dengan *listing*

```
Fs=8000;
t=0:1/Fs:10;
frek=2;
y=500*cos(2*pi*frek*t);
sound(y,Fs);
plot(y);
wavwrite(y,Fs,'tone_Fs.wav');
%bunyi 2 Hz selama 8 detik
```

Selanjutnya menyusun peralatan seperti Gambar 2 pada meja optik dengan keterangan gambar adalah 1. Laser He-Ne, 2. Cermin geser, 3. Beam splitter, 4. Cermin getar 5. Layar, 6. Speaker, 7. Lensa ,



Gambar 2. Susunan peralatan penelitian

Berikutnya menyalakan sumber laser helium neon dan menggeser letak cermin geser sejauh 1 putaran (10^{-6} m) untuk mendapatkan pola frinji (pola gelap terang). Setelah pola frinji tampak jelas terlihat di layar, selanjutnya menghitung jumlah pergeseran frinji *(ΔN)* sebagai nilai acuan dalam menentukan frekuensi gelombang laser He-Ne. Nilai frekuensi laser helium Neon *($f_{He\text{-}Ne}$)* dihitung dengan menggunakan persamaan (24).

Selanjutnya, mendekatkan speaker yang sudah terhubung dengan PC ke cermin tetap (cermin getar) pada Interferometer Michelson dan menjalankan program pada MATLAB 7.0 untuk membangkitkan getaran akustik 8Hz *(f_{MATLAB})*, kemudian mengamati serta menghitung jumlah pergeseran frinji *(ΔN)*. Nilai pergeseran cermin *($\Delta d=10^{-6}$ m)* dan jumlah pergeseran frinji *(ΔN)* ini digunakan untuk mengetahui nilai *f'*, yaitu frekuensi gabungan antara frekuensi sumber getaran akustik 8 Hz *(f_{MATLAB})* dengan frekuensi laser helium neon *($f_{He\text{-}Ne}$)*. Pengamatan dilakukan secara berulang untuk setiap kenaikan f_{MATLAB} sebesar 2 Hz dalam jangkauan frekuensi 8 s.d 40 Hz dan perhitungan nilai *f'* untuk masing-masing nilai f_{MATLAB}. Karena *f'* adalah gabungan f_{MATLAB} dan $f_{He\text{-}Ne}$, maka berdasarkan persamaan (21) dirumuskan

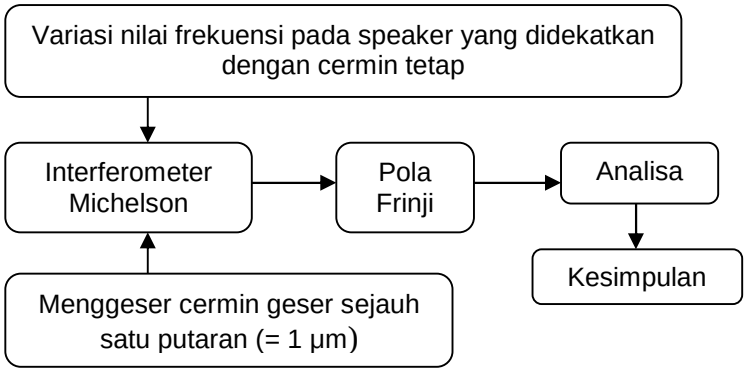
$$f' = \frac{f_{MATLAB} + f_{He-Ne}}{2}$$

$$f_{MATLAB} = 2f' - f_{He-Ne} \qquad (25)$$

Jika Interferometer Michelson digetarkan dengan suatu frekuensi gelombang bunyi *(f_g)* yang tidak diketahui nilainya, maka dengan menghitung jumlah pergeseran frinji *(ΔN)* dan dengan menggunakan perumusan pada persamaan (25), dapat diketahui nilai f_g, yaitu

$$f_g = 2f' - f_{He-Ne} \qquad (26)$$

Secara umum metodologi penelitian ini disusun dengan diagram blok sebagai berikut

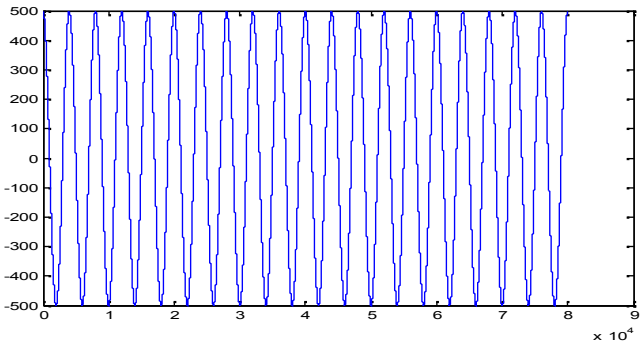


Gambar 3. Diagram blok metode penelitian

HASIL DAN PEMBAHASAN

Pembangkit Getaran Akustik dengan Program MATLAB 7.0

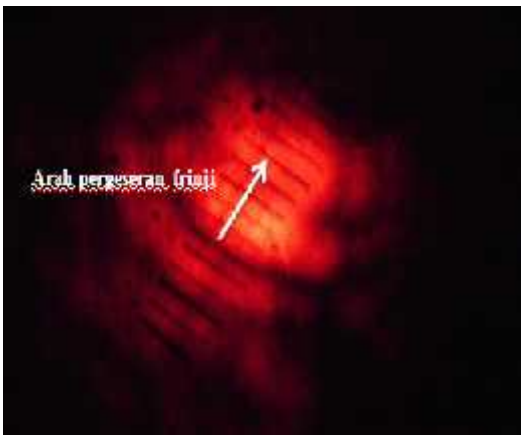
Sumber getaran akustik dibangkitkan dengan bantuan program MATLAB 7.0. Hasil *running* program pembangkit getaran akustik ditunjukkan oleh Gambar 7. Variabel *Fs* adalah nilai frekuensi *sampling* dan t adalah lama waktu *running* program. Persamaan gelombang yang digunakan adalah persamaan gelombang kosinus dengan amplitudo *(A)* sebesar 500 (skala pada sumbu_y). Range nilai *t* adalah *t=0:1/Fs:10* sehingga jangkauan nilai t (skala pada sumbu x) adalah *8000 x 10* atau *8 x* $10^{4.}$ Variasi nilai frekuensi didapatkan dengan mengubah variabel *'frek'* pada *listing* program.



Gambar 4. Hasil *Running* Program Pembangkit Getaran Akustik

Pergeseran Frinji Terhadap Variasi Frekuensi

Frinji adalah pola gelap terang yang terbentuk saat terjadi interferensi cahaya pada Interferometer Michelson. Perhitungan pergeseran pola frinji dilakukan dengan menentapkan pola acuan. Saat salah satu cermin Interferometer Michelson digeser sejauh *Δd* maka akan terbentuk pola frinji yang bergerak menuju pusat (sesuai arah panah pada gambar 8). Jumlah frinji yang bergerak menuju pusat adalah jumlah pergeseran frinji *(ΔN).*



Gambar 5. Pola frinji

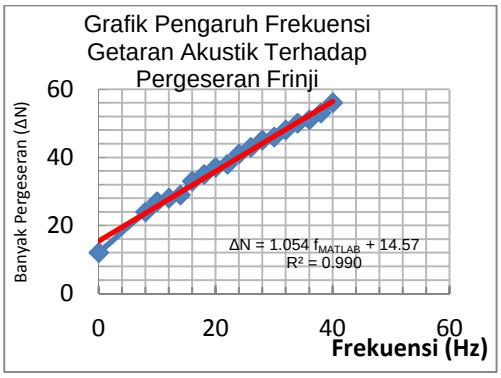
Hasil pengamatan jumlah pergeseran frinji (*ΔN*) terhadap variasi

frekuensi getaran akustik (f_{MATLAB}) dapat ditunjukkan pada Tabel 1 dan menunjukkan bahwa kenaikan frekuensi getaran akustik (f_{MATLAB}) berbanding lurus dengan jumlah pergeseran frinji *(ΔN)*. Semakin besar nilai f_{MATLAB}, maka semakin besar nilai *ΔN*.

Tabel 1. Data pengaruh kenaikan frekuensi getaran akustik terhadap jumlah pergeseran frinji (*ΔN)*

Frekuensi getaran akustik (f_{MATLAB}); (Hz)	Jumlah pergeseran frinji (*ΔN)*
0	12
8	24
10	27
12	28
14	29
16	33
18	35
20	37
22	38
24	41
26	43
28	45
30	46
32	48
34	50
36	51
38	53
40	56

Gambar 6 menghasilkan persamaan karakteristik yang diperoleh $\Delta N = 1{,}054 f_{MATLAB} + 14{,}57$. Jumlah pergeseran frinji yang dihitung berdasarkan persamaan karakteristik adalah *ΔN'*. Hasil perhitungan nilai *error* akurasi berdasarkan persamaan karakteristik ditunjukkan oleh Tabel 2 dan menunjukkan bahwa *error* data terbesar adalah 18,900 sedangkan *error* data terkecil adalah 0,633. Nilai *error* akurasi rata-rata adalah 5,351 sehingga nilai ketelitiannya sebesar 100% - 5,351% = 94,649%.



Gambar 9. Grafik Pengaruh Kenaikan f MATLAB terhadap *ΔN*

Pada kondisi acuan, yaitu saat cermin tidak digetarkan ($f_{MATLAB} = 0$) diperoleh jumlah pergeseran frinji (*ΔN*) sebanyak 12 kali. Dengan menggunakan persamaan (24) diperoleh nilai frekuensi gelombang laser helium neon adalah 1,80 x 10^{15} Hz. Pengambilan data selanjutnya menggunakan f_{MATLAB} sebesar 8 Hz. Hal ini dikarenakan nilai rentang frekuensi yang dapat diterima *speaker* adalah 8 s.d 22 kHz. Frekuensi gabungan antara frekuensi sumber getaran akustik (f_{MATLAB}) dan frekuensi laser helium neon ($f_{He\text{-}Ne}$) adalah *f'*. Nilai *f'* dihitung dengan menggunakan persamaan (24).

Tabel 2 Hasil perhitungan nilai *error* akurasi jumlah pergeseran frinji berdasarkan persamaan karakterisitik

Frekuensi getaran akustik (f_{MATLAB}), Hz	Jumlah pergeseran frinji (ΔN)	Jumlah pergeseran frinji berdasarkan pers.karakteristik ($\Delta N'$)	$\lvert\Delta N-\Delta N'\rvert^2$	*Error Akurasi*
0	12	14,570	2,570	-
8	24	23,002	0,998	12,475
10	27	25,110	1,890	18,900
12	28	27,218	0,782	6,517
14	29	29,326	0,326	2,329
16	33	31,434	1,566	9,787
18	35	33,542	1,458	8,100
20	37	35,650	1,350	6,750
22	38	37,758	0,242	1,100
24	41	39,866	1,134	4,725
26	43	41,974	1,026	3,946
28	45	44,082	0,918	3,279
30	46	46,190	0,190	0,633
32	48	48,298	0,298	0,931
34	50	50.406	0.406	1,194
36	51	52,514	1,514	4,206
38	53	54,622	1,622	4,268
40	56	56,730	0,730	1,825
			Σ	5,351
		Error max		18,900
		Error min		0,633

Perbandingan Nilai Frekuensi Getaran Akustik (F_{MATLAB}) dengan Frekuensi Sumber Bunyi.

Hasil perhitungan pada Tabel 3 menjukkan bahwa nilai *f'* saat $t \neq 0$ lebih besar daripada nilai *f'* saat $t = 0$. Dari persamaan (25) dan (26), jika Interferometer Michelson digetarkan dengan suatu frekuensi gelombang bunyi (f_g) yang tidak diketahui nilainya, maka dengan menghitung jumlah pergeseran frinji (ΔN) dan dengan menggunakan perumusan pada persamaan (26), nilai frekuensi gelombang bunyi, f_g dapat diketahui. Nilai f_g seharusnya sama dengan nilai f_{MATLAB}, tetapi hasil perhitungan pada Tabel 3 menunjukkan bahwa nilai $f_g >>> f_{MATLAB}$ sehingga diperlukan sebuah konstanta K, agar nilai $fg \approx f_{MATLAB}$. Nilai K diperoleh dengan membandingkan nilai f_g dengan nilai f_{MATLAB}. Nilai f_g akan mendekati f_{MATLAB} jika dibagi dengan nilai $K_{rata\text{-}rata}$. Nilai f_g' adalah nilai f_g yang dibagi dengan nilai $K_{rata\text{-}rata}$. Hasil perhitungan nilai f_g' dan

perbandingan nilai f_g' dengan f_{MATLAB} dapat dilihat pada Tabel 4.

Tabel 3. Data perhitungan nilai f', fg dan nilai K

Frekuensi getaran akustik (f_{MATLAB}) Hz	Jumlah pergeseran frinji (ΔN)	Frekuensi laser ($f_{He\text{-}Ne}$), Hz	Frekuensi gabungan (f'), Hz	Frekuensi gelombang bunyi (f_g), Hz	$K = \frac{f_g}{f_{MATLAB}}$
0	12	$1{,}80 \times 10^{15}$	-	-	-
8	24	$1{,}80 \times 10^{15}$	$3{,}60 \times 10^{15}$	$5{,}40 \times 10^{15}$	$6{,}75 \times 10^{14}$
10	27	$1{,}80 \times 10^{15}$	$4{,}05 \times 10^{15}$	$6{,}30 \times 10^{15}$	$6{,}30 \times 10^{14}$
12	28	$1{,}80 \times 10^{15}$	$4{,}20 \times 10^{15}$	$6{,}60 \times 10^{15}$	$5{,}50 \times 10^{14}$
14	29	$1{,}80 \times 10^{15}$	$4{,}35 \times 10^{15}$	$6{,}90 \times 10^{15}$	$4{,}93 \times 10^{14}$
16	33	$1{,}80 \times 10^{15}$	$4{,}95 \times 10^{15}$	$8{,}10 \times 10^{15}$	$5{,}06 \times 10^{14}$
18	35	$1{,}80 \times 10^{15}$	$5{,}25 \times 10^{15}$	$8{,}70 \times 10^{15}$	$4{,}83 \times 10^{14}$
20	37	$1{,}80 \times 10^{15}$	$5{,}55 \times 10^{15}$	$9{,}30 \times 10^{15}$	$4{,}65 \times 10^{14}$
22	38	$1{,}80 \times 10^{15}$	$5{,}70 \times 10^{15}$	$9{,}60 \times 10^{15}$	$4{,}36 \times 10^{14}$
24	41	$1{,}80 \times 10^{15}$	$6{,}15 \times 10^{15}$	$1{,}05 \times 10^{15}$	$4{,}38 \times 10^{14}$
26	43	$1{,}80 \times 10^{15}$	$6{,}45 \times 10^{15}$	$1{,}11 \times 10^{16}$	$4{,}27 \times 10^{14}$
28	45	$1{,}80 \times 10^{15}$	$6{,}75 \times 10^{15}$	$1{,}17 \times 10^{16}$	$4{,}18 \times 10^{14}$
30	46	$1{,}80 \times 10^{15}$	$6{,}90 \times 10^{15}$	$1{,}20 \times 10^{16}$	$4{,}00 \times 10^{14}$
32	48	$1{,}80 \times 10^{15}$	$7{,}20 \times 10^{15}$	$1{,}26 \times 10^{16}$	$3{,}94 \times 10^{14}$
34	50	$1{,}80 \times 10^{15}$	$7{,}50 \times 10^{15}$	$1{,}32 \times 10^{16}$	$3{,}88 \times 10^{14}$
36	51	$1{,}80 \times 10^{15}$	$7{,}65 \times 10^{15}$	$1{,}35 \times 10^{16}$	$3{,}75 \times 10^{14}$
38	53	$1{,}80 \times 10^{15}$	$7{,}95 \times 10^{15}$	$1{,}41 \times 10^{16}$	$3{,}71 \times 10^{14}$
40	56	$1{,}80 \times 10^{15}$	$8{,}40 \times 10^{15}$	$1{,}50 \times 10^{16}$	$3{,}75 \times 10^{14}$
					$K_{Rata\text{-}rata}$: $4{,}60 \times 10^{14}$

Tabel 4 Hasil Perhitungan Nilai f_g' dan Perbandingan Nilai f_g' dengan f_{MATLAB}

Frekuensi getaran akustik (f_{MATLAB}), Hz	$f_g' = \frac{f_g}{K_{rata-rata}}, Hz$	Frekuensi getaran akustik (f_{MATLAB}), Hz	$f_g' = \frac{f_g}{K_{rata-rata}}, Hz$
0	-	24	23
8	12	26	24
10	14	28	25
12	14	30	26
14	15	32	27
16	18	34	29
18	19	36	29

20	20	38	31
22	21	40	33

Hasil perhitungan pada Tabel 4 menunjukkan bahwa masih terdapat selisih nilai antara f_{MATLAB} dan f_g'. Selisih terbesar adalah 7 Hz dan selisih terkecil adalah 1 Hz. Selisih nilai frekuensi ini diakibatkan karena masih terdapat noise-noise kecil yang berasal dari luar sistem meja optik.

KESIMPULAN

Kesimpulan yang diperoleh dari penelitian ini adalah

1. Variasi frekuensi getaran akustik (f_{MATLAB}) antara 8 s.d 40 Hz menyebabkan perubahan jumlah frinji *(ΔN)* pada Interferometer Michelson, semakin besar yang f_{MATLAB} diberikan, semakin besar ΔN sesuai persamaan karakteristik $\Delta N = 1{,}054\ f_{MATLAB} + 14{,}57$.
2. Frekuensi gelombang bunyi yang dihitung berdasarkan jumlah pergeseran frinji pada Interferometer Michelson (f_g) jauh lebih besar daripada frekuensi getaran akustik yang dibangkitkan dengan Program MATLAB 7.0 (f_{MATLAB}). Diperlukan sebuah konstanta *K* sebesar 4,60 x 10^{14}, agar nilai f_g mendekati nilai f_{MATLAB} sehingga Interferometer Michelson dapat diaplikasikan sebagai alat ukur getaran berdasarkan perubahan jumlah pergeseran frinji.

DAFTAR PUSTAKA

Anonim. 2005. Diktat Kuliah Fisika Optik. Bandung: Fakultas Teknik Elektro Universitas Langlangbuana.

Arhami, Muhammad & Anita Desiani. 2005. *Pemrograman MATLAB*. Yogyakarta, ANDI.

Falah, Masroatul._____.*Analisa Pola Interferensi pada Interferometer Michelson untuk Menentukan Panjang Gelombang Sumber Cahaya.pdf.* Semarang: Jurusan Fisika FMIPA Universitas Diponegoro.

Firmansyah, A., 2007. *Dasar-dasar Pemrograman Matlab.* http://ilmukomputer.org/2008/11/25/dasar-dasar-pemrograman-matlab/ Diakses tanggal 12 Pebruari 2012

Halliday, D. dan Resnick, R. 1999. *Physics (terjemahan Pantur Silaban dan Erwin Sucipto) Jilid 2 Edisi 3*. Jakarta: Penerbit Erlangga.

Hecht, E., 1992, *Optics, 2nd edition*, Addison Wesley.

Kone dan Sternheim. 1988. Fisika Edisi Ketiga. Jakarta: John Wiley and Sons, Lembaga Kerjasama Indonesia-Australia.

Kosijanto.dkk. 1999. *Pendeteksian Osilasi Mikro dengan*

Interferometer Michelson Berbantuan Komputer (Teknosains, 12(1), Januari, 1999).pdf. Yogyakarta: Program Studi Ilmu Fisika Program Pascasarjana Universitas Gajah Mada.

Paulus, Erick & Yessica Nataliani. 2007. *GUI Matlab*. Yogyakarta: ANDI.

Phywe, 2006. *Fabry-Perot Interferometer.Phywe Handbook*. Phywe Series of Publication.

Prajitno, Santoso.2007. *Interaksi Getaran dengan Interferometer Michelson (ISSN 0852-00X, PPI KIM 2007).pdf.* Jakarta: Pusat Penelitian Kalibrasi Instrumentasi dan Metrologi-LIPI.

Satriawan, Mirza. 2007. *Kuliah Fisika Dasar Teknik Sipil Getaran dan Gelombang.* Yogyakarta: Physics Dept. Universitas Gadjah Mada.

Soedojo, P. 1992. *Asas-Asas Ilmu Fisika Jilid 4 Fisika Modern*. Yogyakarta: Gadjah Mada University Press

Sutrisno. 1988. *Gelombang dan Optik, Seri Fisika Dasar Jilid 2*. Bandung: Institut Teknologi Bandung

Tipler, P. 1991. *Fisika Untuk Teknik dan Sains*. Jakarta: Erlangga.

Widiarsono, Teguh. 2005. *Tutorial Praktis Belajar MATLAB. pdf*. Jakarta:_____