

JURNAL TEKNOLOGI

(Journal of Technology)

JURNAL ILMU TEKNIK DAN SAINS

Daftar Isi

MESIN

Kajian Teknis Pengaruh Kerak Karbon Di Atas Kepala Torak Terhadap Unjuk Kerja (Performance) Mesin Mobil Minibus Gi Toyota Kijang Tipe Lgx-2l Diesel

Krist ofal Waas

Analisis Keluhan Psikis Dan Fisik Karyawan Dengan Menggunakan Metode Pshycho Physiologi

Aminah Rumatela, Nil Edwin Maitimu

Vibrometer Dengan Kantilever Dan Carbon Transducer Yang Diterapkan Pada Pipa Vortex Flowmeter

M. F. Noya

Studi Eksperimental Karakter Distribusi Tegangan Pada Cylinder Head Internal Combustion Engine

Danny Pelupessy

Suatu Kajian Teoritis Termodinamika Siklus Kerja Dan Pemakaian Bahan Bakar Mesin Diesel (Empat Langkah 350 Hp. 400 Rpm)

Alosyus Eddy Leimena

Pengaruh Keausan Bubungan Katup Masuk Terhadap Daya Motor Induk Pada Km Nusantara Perdana

Prayitno Ciptoadi, V.I. Berhitu

Metoda Penyaring Ruang Sederhana Pada Interferometer Michelson

Pieldrie Nanlohy, Samy J. Litiloly

SIPII

Analisis Penanggulangan Genangan Di Kota Ambon Pada Das Waitomu Kelurahan Uritetu

Renny J Betaubun, Donny Hari Suseno, Ussyandawayanty

Proyeksi Jumlah Pergerakan Dalam Menentukan Kapasitas Dan Jumlah Armada Perintis Kabupaten Maluku Barat Daya

Standy Johannes, M. Ruslin Anwar, Eddi Basuki

FAKULTAS TEKNIK
UNIVERSITAS PATTIMURA AMBON



METODA PENYARING RUANG SEDERHANA PADA INTERFEROMETER MICHELSON

Pieldrie Nanlohy^{*)}, Samy J. Litiloly^{**)}

ABSTRACT

We Have demonstrated a simple spatial filtering way to reduce laser noise output which spreaded by lens. In this method, a high precission positive lens with large focus (~100 mm) has been placed in the front of objective lens of Michelson Interferometre system. Filtering result is determined by fringe visibility that occurred. With spatial filtering we obtained visibility $(0,61 \pm 0,01)$, meanwhile $(0,25 \pm 0,02)$ with no filter.

Keywords: Michelson Interferometer, Spatial Filtering, Visibility

I. PENDAHULUAN

LASER (*Light Amplification by Stimulated Emission of Radiation*) adalah penguatan cahaya melalui radisai emisi yang terstimulasi. Sifat gelombang cahayanya yang monokromatis dan mempunyai koherensi yang tinggi telah dimanfaatkan pada banyak pengukuran fisika yang menggunakan interferometer (Halliday dan Resnick, 1978).

Pola interferensi yang terbentuk pada interferometer harus terlihat jelas dan mudah diamati. Berkas laser yang mempunyai luas penampang cukup kecil, dengan diameter antara 1-2 mm, harus disebarkan lebih dahulu menggunakan lensa obyektif yaitu lensa positif yang mempunyai jarak fokus relatif kecil antara 4-32 mm. Sayangnya, penyebaran sinar yang sangat besar ini menghasilkan gangguan penyinaran (*noise*) pada berkas keluarannya yang disebabkan oleh terjadinya interferensi antara berkas yang terdifraksi oleh cacat lensa berupa partikel debu atau goresan yang sangat kecil pada permukaan lensa dengan berkas yang tidak terganggu oleh partikel tersebut. Suatu teknik penyaringan ruang dengan menggunakan lubang yang sangat kecil (*pinhole*) diaplikasikan untuk menghilangkan gangguan tersebut. Sinar laser yang keluar dari lensa dapat dianggap terdiri dari suatu berkas laser yang tidak terdifraksi dan beberapa berkas lain yang merupakan hasil difraksi oleh partikel debu, yang masing-masing mempunyai titik fokus yang berbeda. Penyaringan ruang dilakukan dengan memblok semua titik fokus sinar difraksi dan melewatkan sinar yang tidak terdifraksi melalui sebuah lubang. Pada prakteknya, jika seberkas laser dilewatkan pada lensa obyektif dan berkas yang telah disebarkan oleh lensa tersebut ditangkap dengan layar, tampak pola-pola interferensi yang terdistribusi secara acak pada luasan penampang berkas. Jika digunakan asumsi dari Vest (1979), bahwa gangguan tersebut diakibatkan oleh adanya kotoran pada permukaan lensa, gangguan tersebut dapat dihilangkan dengan membersihkan permukaan lensa dari semua cacat yang ada.

ruang dengan yang tidak menggunakan penyaringan ruang.

Teknik penyaringan ruang yang diusulkan dimaksudkan untuk mengganti penyaringan ruang yang terdiri dari susunan lensa obyektif dan *pinhole* yang tidak tersedia di laboratorium. Metode ini dapat ditambahkan pada aransemen interferometer, seperti interferometer Michelson atau Mach-Zehnder yang mempunyai aplikasi yang sangat luas, misalnya untuk karakterisasi fisis berbagai medium transparan yang sering dilakukan di Laboratorium Fisika Dasar dan Optika.

II. TINJAUAN PUSTAKA

Jika dua buah gelombang cahaya atau lebih dengan frekuensi sama dan beda fase yang konstan terhadap waktu disuperposisikan, intensitas yang dihasilkannya tidak merata dalam ruang, tetapi didapatkan memenuhi persamaan

$$I = I_1 + I_2 + 2 a_1 a_2 \cos (\phi_2 - \phi_1) \quad (1)$$

dengan I_1 dan I_2 adalah intensitas cahaya yang berinterferensi, a_1 dan a_2 adalah besar amplitudonya dan $(\phi_2 - \phi_1)$ adalah beda fase kedua gelombang cahaya. Intensitas resultan yang bervariasi menghasilkan suatu pola intensitas yang merupakan nilai-nilai maksimum dan minimum pada titik-titik tertentu. Fenomena ini disebut sebagai interferensi. Interferensi merupakan manifestasi koherensi. Untuk menghasilkan frinji-frinji interferensi, sangat diperlukan syarat agar gelombang-gelombang yang berinterferensi tersebut tetap koheren selama periode waktu tertentu. Jika salah satu gelombang berubah fasenya, frinji akan berubah menurut waktu dengan sangat cepat sehingga tidak terlihat frinji.

Ukuran dari kontras frinji yang dinamakan penampakan frinji (*fringe visibility*) juga dinamakan sebagai ukuran koherensi. Michelson mendefinisikan penampakan frinji sebagai (Laud, 1988) :

^{*)} Pieldrie Nanlohy ;Dosen Jurusan Fisika Fakultas MIPA k Unpatti

^{**)} Samy J Litiloly; Dosen Program Studi Teknik Mesin Fakultas Teknik Unpatti

$$V = \frac{I_{maks} - I_{min}}{I_{maks} + I_{min}} \quad (2)$$

dimana I_{maks} adalah intensitas frinji dan I_{min} adalah intensitas frinji gelap disebelahnya. Interferensi akan saling memperkuat bila selisih lintasan optik dari dua berkas merupakan kelipatan bulat panjang gelombang yakni :

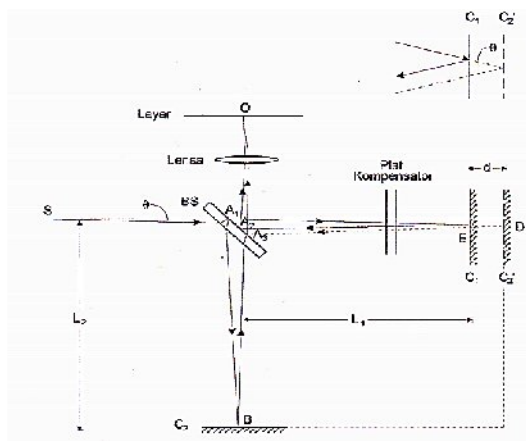
$$2d \cos\theta = m\lambda \quad (3)$$

dan saling memperlemah bila merupakan kelipatan setengah panjang gelombangnya, yakni

$$2d \cos\theta = \left(m + \frac{1}{2}\right)\lambda \quad (4)$$

dengan m adalah orde interferensi yang berupa bilangan bulat (0, 1, 2, 3,.....). Untuk λ tertentu, maka nilai θ yang tetap, dimana arah berkas cahaya menyelubungi suatu kerucut dengan $\frac{1}{2}$ sudut puncak θ . Orde interferensi beserta intensitas cahaya ke arah itu adalah tetap yaitu maksimum bila dipenuhi persamaan (3) dan berharga minimum bila dipenuhi persamaan (4).

Interferometer Michelson merupakan piranti optik yang dirancang dengan menggunakan prinsip pembagian amplitudo gelombang cahaya yang berasal dari satu sumber. Cahaya tersebut dibagi menjadi dua dengan menggunakan cermin separuh pantul dan kemudian digabungkan kembali pada layar dengan selisih lintasan yang ditempuh oleh kedua sinar tadi merupakan kelipatan tertentu dan panjang gelombang cahaya yang digunakan (gambar 1).



Gambar 1. Model Interferometer Michelson (Born dan Wolf, 1975)

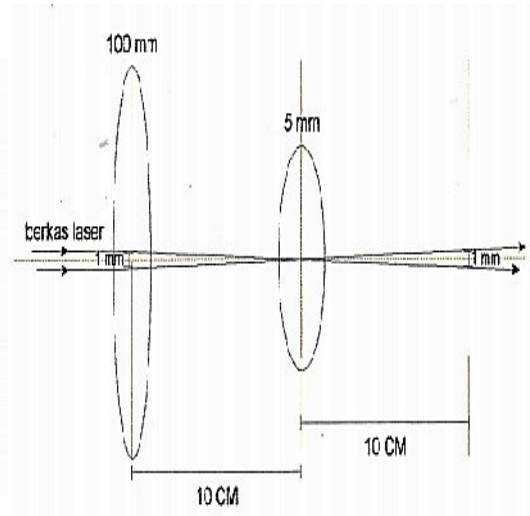
Lensa obyektif merupakan sebutan bagi lensa positif dengan jarak fokus yang cukup kecil, berkisar antara 4-32 mm (Vest, 1979). Lensa ini sering digunakan untuk menyebarkan sinar laser pada interferometri mengingat perbesaran yang

dihasilkan cukup tinggi sehingga penampang sinar laser dapat diamati.

Penyaring ruang (*spatial filtering*) digunakan untuk menghilangkan cacat penyinaran pada lensa obyektif yang disebabkan oleh aberasi sferis dan cacat lensa. Cara menggunakan teknik penyaringan ruang yaitu dengan menempatkan sebuah lubang tepat pada fokus lensa sehingga sinar yang tidak melewatinya akan terhalang. Untuk mendapatkan penyaringan ruang yang efektif, digunakan lubang (*pinhole*) berukuran antara 5 sampai 25 μm (Collier dkk., 1971). Metode ini meskipun sederhana, tetapi sulit diaplikasikan. Penempatan lubang yang sangat kecil tepat pada fokus lensa membutuhkan presisi yang tinggi.

Dalam penelitian ini penyaring ruang yang diusulkan berupa peralatan optik yang terdiri dari lensa positif dengan jarak fokus yang relatif besar (dipakai jarak titik fokus 100 mm) yang diletakkan di depan lensa obyektif yang mempunyai jarak fokus kecil, kira-kira tepat pada jarak titik fokus dari lensa positif tersebut.

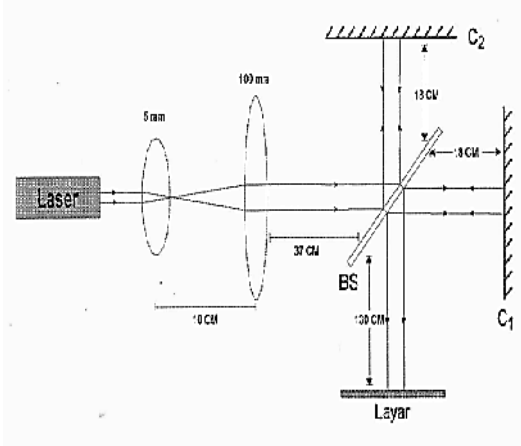
Prinsip kerjanya adalah keluaran berkas laser terlebih dahulu difokuskan dengan menggunakan lensa positif sehingga diameter berkas laser menjadi lebih kecil dan pada saat melalui lensa obyektif dapat dipilih bagian dari lensa obyektif yang bebas dari cacat lens yang berupa partikel debu atau goresan yang sangat kecil pada permukaan lensa untuk dilewati berkas laser, sehingga berkas yang keluar dari lensa obyektif benar-benar bersih tanpa adanya gangguan penyinaran (*noise*).



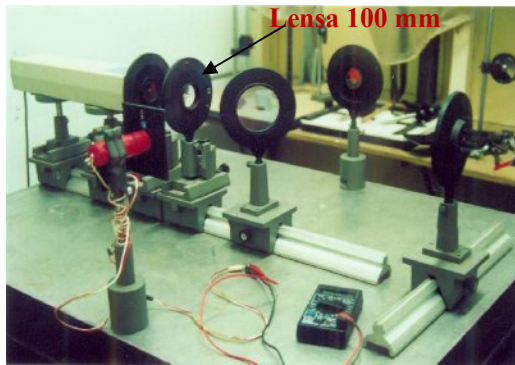
Gambar 2. Penyaring ruang dengan titik fokus lensa 100 mm dianggap tepat pada pusat lensa obyektif

III. METODE PENELITIAN

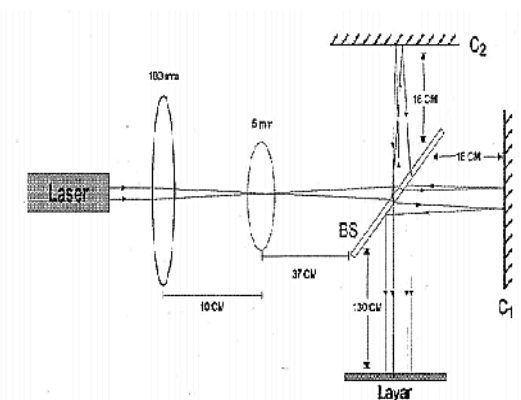
Pembuatan sistem penyaring ruang dilaksanakan di Laboratorium Fisika Dasar FMIPA UGM. Sistem tersebut kemudian diuji pada pembuatan interferometer Michelson dan pola interferensinya dibandingkan dengan interferometer Michelson yang tidak menggunakan penyaring ruang.



Gambar 3. Interferometer Michelson tanpa penyaring ruang (Junaidi, 1997)

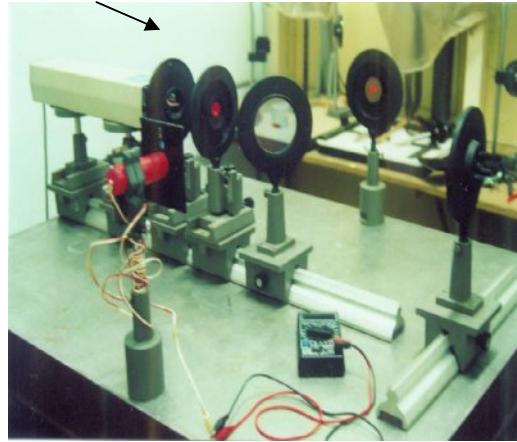


Gambar 4. Aransemen Interferometer Michelson tanpa penyaring ruang



Gambar 5. Interferometer Michelson dengan penyaring ruang

Lensa 100 mm



Gambar 6. Aransemen Interferometer Michelson dengan penyaring ruang

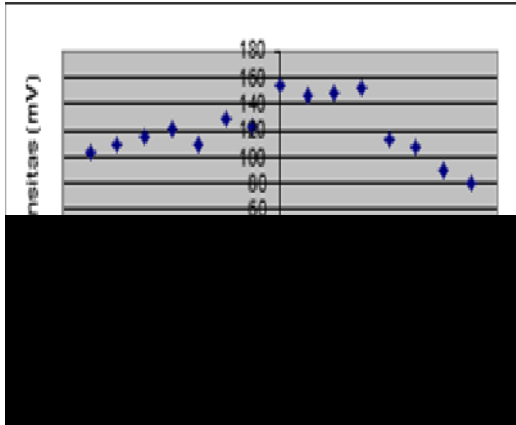
Hasil yang didapatkan dianalisis secara kualitatif dan kuantitatif. Analisis secara kualitatif dilakukan pengamatan terhadap foto-foto penyinaran maupun pola interferensi yang terjadi selama percobaan. Analisis secara kuantitatif dilakukan dengan mengukur distribusi intensitas pada bidang penyinaran dan menentukan tingkat visibilitas kisi pada interferometer Michelson yang menggunakan penyaring ruang maupun yang tidak menggunakannya.

IV. HASIL DAN PEMBAHASAN

Pengamatan terhadap penyinaran cahaya laser yang disebarkan dengan lensa obyektif tanpa menggunakan penyaring ruang menunjukkan hasil yang tidak merata. Intensitas penyinaran tampak terang di beberapa titik yang letaknya tidak beraturan dan tampak gelap pada titik-titik yang lain seperti terlihat pada gambar 7.

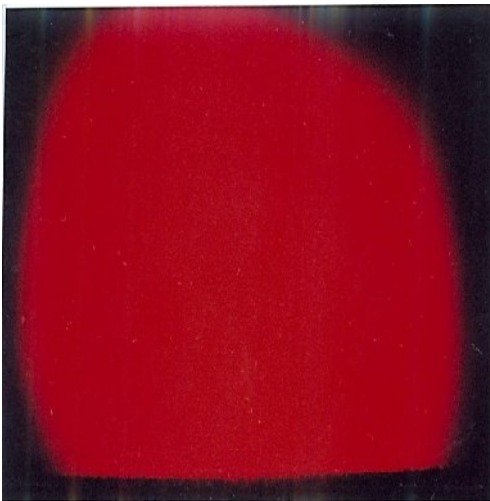


Gambar 7. Penyinaran laser yang disebarkan tanpa penyaring ruang

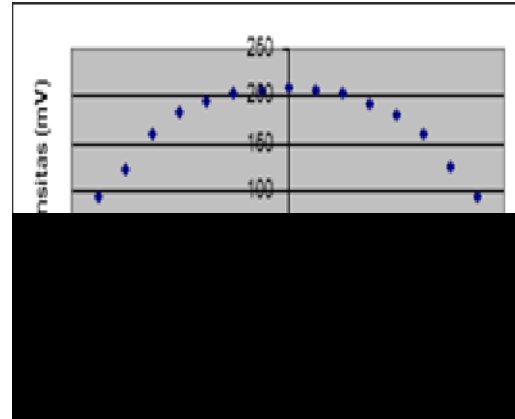


Gambar 8. Distribusi intensitas pada diameter bidang penyorotan tanpa menggunakan penyorotan ruang

Grafik pada gambar 8 menunjukkan pengukuran intensitas pada titik-titik sepanjang garis melintang penyorotan juga menunjukkan hasil yang tidak seragam. Pada penyorotan yang menggunakan penyorotan ruang, tampak intensitas yang merata pada bidang penyorotan (gambar 9). Pengukuran intensitas yang dilakukan menunjukkan bahwa distribusi intensitas tersebut memiliki nilai maksimum di titik tengah penyorotan, dan menurun secara radial dengan nilai minimum pada tepi bidang penyorotan seperti grafik (gambar 10). Berkas sinar yang digunakan pada Interferometer Michelson harus sejajar atau hampir sejajar sehingga layar dapat menangkap bidang penyorotan secara maksimum.



Gambar 9. Penyorotan laser yang disebar dengan penyorotan ruang



Gambar 10. Distribusi intensitas sepanjang diameter bidang penyorotan dengan menggunakan penyorotan ruang

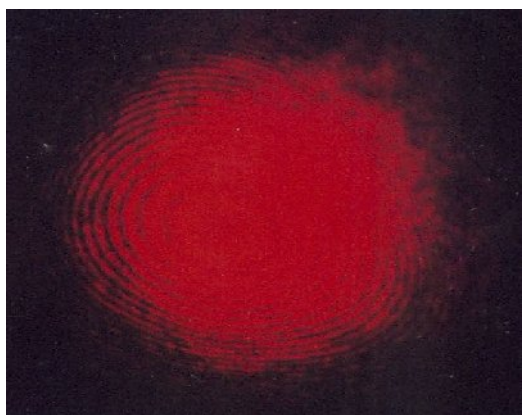
Pengukuran visibilitas yang dilakukan dengan mengukur intensitas maksimum dan minimum kisi interferensi memberikan hasil $I_{\max} = (197 \pm 2)$ mV dan $I_{\min} = (117 \pm 4)$ mV, setelah disubstitusikan ke persamaan (2) menghasilkan nilai visibilitas sebesar $V = (0,25 \pm 0,02)$ untuk interferometer Michelson tanpa penyorotan ruang, sedangkan pengukuran visibilitas kisi interferometer Michelson yang menggunakan penyorotan ruang memberikan hasil $I_{\max} = (248 \pm 3)$ mV dan $I_{\min} = (60 \pm 2)$ mV, yang menghasilkan nilai visibilitas sebesar $V = (0,61 \pm 0,01)$.

Hasil penyorotan yang lebih baik didapatkan bila pada sistem lensa ditambahkan sebuah lensa positif (pada percobaan digunakan lensa 100 mm) sedemikian rupa sehingga titik fokusnya berada dekat lensa obyektif seperti yang diusulkan. Penyorotan ruang yang diusulkan ini dapat secara efektif mengeliminasi terjadinya aberasi sferis maupun difraksi oleh cacat lensa. Efek aberasi sferis dapat dihilangkan karena sinar laser dikumpulkan oleh lensa 100 mm di dekat sumbu optik sehingga tidak ada bagian sinar yang melewati lensa di titik jauh sumbu yang dapat mengakibatkan aberasi.

Efek difraksi oleh cacat lensa dapat dihilangkan karena diameter sinar yang jatuh pada permukaan lensa berukuran sangat kecil sehingga bisa dipilih bagian permukaan lensa yang bersih dari debu.

Interferometer Michelson pada penelitian dibuat dengan mengkondisikan perbedaan jarak tempuh sinar yang berinterferensi cukup kecil dan intensitas kedua sinar sama agar dihasilkan visibilitas maksimum (Vest, 1979). Dengan pengkondisian tersebut, visibilitas kisi yang didapatkan akan menunjukkan derajat koherensi kedua sumber (Laud, 1988). Dari pengukuran, didapatkan nilai visibilitas kisi interferensi yang dihasilkan oleh interferometer Michelson dengan

penyaring ruang lebih besar dari pada visibilitas kisi dari interferometer tanpa penyaring ruang. Hasil ini menunjukkan bahwa berkas sinar pada interferometer yang menggunakan penyaring ruang mempunyai derajat koherensi yang lebih tinggi. Hasil sebesar $V = (0,61 \pm 0,01)$ tersebut sudah cukup baik mengingat derajat koherensi sempurna dengan $V = 1$ tidak pernah diperoleh. Pada Kenyataannya, dari eksperimen terbaik yang pernah dilakukan hanya bisa dihasilkan $V \approx 0,85$ (Laud, 1988).



Gambar 11. Pola Interferensi yang terbentuk tanpa penyaring ruang



Gambar 12. Pola Interferensi yang terbentuk dengan penyaring ruang

V. KESIMPULAN

Dari hasil penelitian yang dilakukan dapat disimpulkan bahwa, telah didapatkan suatu metode penyaringan ruang yang sederhana yang cukup efektif untuk membersihkan sinar keluaran laser yang disebarkan oleh lensa obyektif dari gangguan (*noise*) laser yang disebarkan oleh lensa obyektif. Dengan menggunakan penyaring ruang dihasilkan penyinaran dengan distribusi intensitas yang merata, sedangkan yang tidak menggunakan

penyaring ruang menghasilkan penyinaran yang tidak merata. Visibilitas kisi interferensi yang dihasilkan oleh interferometer Michelson dengan menggunakan penyaring ruang lebih besar dari visibilitas kisi interferensi tanpa penyaring ruang. Visibilitas kisi interferensi dengan penyaring ruang : $V = (0,61 \pm 0,01)$; Visibilitas kisi interferensi tanpa penyaring ruang : $V = (0,25 \pm 0,02)$.

Ucapan Terima Kasih

Kami mengucapkan terima kasih kepada Drs. Sunarta, SU; kepala Laboratorium Fisika Dasar FMIPA UGM, dan kepada Drs. Wagini, M.Si; staf Dosen pada Jurusan Fisika FMIPA UGM, yang telah banyak membantu dengan memberikan fasilitas dan diskusi yang berharga selama penelitian.

Daftar Pustaka

1. Astuti, E. T., 1985, **Studi Pendahuluan Secara Eksperimen Mengenai Holografi**, Skripsi S-1, Fakultas MIPA Universitas Gadjah Mada, Yogyakarta.
2. Born, M. dan Wolf, E., 1975, **Principles of Optics**, Fifth Edition, Pergamon Press, Great Britain.
3. Collier, R. J., Burekhardt, C. B. dan Lin, L. H., 1971, **Optical Holography**, Academic Press, New York.
4. Halliday, D. dan Resnick R., 1978, **Fisika 2** (terjemahan dalam bahasa Indonesia oleh Silaban, P. dan Sucipto, E.), Edisi ke-3, Penerbit Airlangga, Surabaya.
5. Hamdani, 1995, **Interferometer Michelson dengan Laser He-Ne dan Penggunaannya untuk Mengukur Indeks Bias Udara**, Skripsi S-1, Fakultas MIPA Universitas Gadjah Mada, Yogyakarta.
6. Hecht, E. dan Zajac A., 1974, **Optics**, Addison-Wesley Publishing, Massachusetts.
7. Laud, B. B., 1988, **Laser dan Optik Nonlinier**, (terjemahan dalam bahasa Indonesia oleh Sutanto), Universitas Indonesia Press, Jakarta.
8. Lestari, W., 2001, **Studi Pengaruh Konsentrasi Terhadap Gradien Indeks Bias terhadap Suhu Metanol dan Etanol dengan Menggunakan Interferometer Mach-Zehnder**, Skripsi S-1, Fakultas MIPA Universitas Gadjah Mada, Yogyakarta.
9. Lokollo, R., 1998, **Penentuan Indeks Bias Gas Alam Cair (Butana) dengan Menggunakan Interferometer Michelson**, Skripsi S-1, Fakultas MIPA Universitas Gadjah Mada, Yogyakarta.
10. Maruto, G., Utomo, A. B. S. dan Nurwantoro, 1992, **Panduan Praktikum**

Metode Fisika Eksperimen,
Laboratorium

Fisika Atom dan Inti Jurusan Fisika
Universitas Gadjah Mada, Yogyakarta.

11. Millman, J., 1972, **Electronic Analog and Digital Circuit and System**, Mc. Graw Hill International Book Company, Tokyo.
12. Junaidi, E., 1997, **Pengukuran Gradien Indeks Bias terhadap Perubahan Suhu dengan menggunakan Interferometer Michelson**, Skripsi-S1, Fakultas MIPA Universitas Gadjah Mada, Yogyakarta.