

PENGOLAHAN CITRA DIGITAL FRINJI POLA INTERFERENSI UNTUK PENENTUAN KETEBALAN BAHAN MICA TRANSPARAN PADA ORDE MIKRO

Digital Image Processing Of Frinji Interference Pattern To Determine The Thickness Of Transparent Mica In Micro Orde

Oleh:

Widhi Mahardi Darma¹⁾, Agus Purwanto, M.Sc²⁾.

darma86.wm@gmail.com

Abstrak

Penelitian ini bertujuan untuk memanfaatkan pengolahan citra digital pergeseran frinji pola interferensi untuk menentukan ketebalan mica transparan. Hasil pengukuran ketebalan bahan tipis akan dibandingkan dengan hasil yang diperoleh dari pengukuran menggunakan mikrometer sekrup. Bahan yang digunakan adalah mica transparan. Mica transparan diletakkan di salah satu lengan interferometer Michelson, kemudian sampel tersebut diputar perlahan dengan variasi sudut 1° sampai 7° . Hasil pergeseran pola frinji direkam, kemudian dengan bantuan pengolahan citra digital citra pola frinji diubah menjadi citra *greyscale* (keabuan) untuk memudahkan analisis jumlah pergeseran pola frinji untuk setiap variasi sudut. Setelah didapatkan pergeseran pola frinji (N), maka ketebalan mica transparan (t) dapat ditentukan. Hasil perbandingan pengukuran ketebalan mica transparan pada orde mikro menggunakan metode interferensi dengan bantuan pengolahan citra digital dan dengan mikrometer sekrup tidak jauh berbeda. Pengukuran dengan metode interferometer menghasilkan tebal mica transparan $(0,067 \pm 0,003)$ mm, sedangkan dengan menggunakan mikrometer sekrup diperoleh $(0,07 \pm 0,01)$ mm. Pengolahan citra digital pada frinji pola interferensi terbukti dapat meningkatkan ketelitian pengukuran.

Kata kunci: mica transparan, interferometer Michelson, pola frinji, pengolahan citra digital.

Abstract

The objective of this study was to utilize digital image processing to study the shifting of interference patterns to determine the thickness of transparent mica. In this study the result of measurement of mica thickness would be compared with the result obtained from measurement using screw micrometer. The material used was transparent mica. A sheet of transparent mica was placed in one of Michelson's interferometer arms, then the sample was rotated slowly with angle variations of 1° to 7° . The results of the fringe pattern shift were recorded, then by the help of digital image processing, the image of the fringe pattern was transformed into a greyscale image to facilitate the analysis of the number of fringe patterns shifts for each angle variation. Having obtained the number of fringe shift (N), the transparent mica thickness (t) could be determined. The results of measurement of transparent mica thickness in micro order using interference method by the help of digital image processing and by screw micrometer were not much different. Measurements using interferometer method resulted in a transparent mica thickness of (0.067 ± 0.003) mm, while by using a screw micrometer obtained transparent mica thickness of (0.07 ± 0.01) mm. Digital image processing on fringe interference patterns proved to improve the precision of measurements.

Keywords: transparent mica, Michelson interferometer, fringe pattern, digital image processing.

PENDAHULUAN

Salah satu cabang ilmu fisika adalah optik yang menggunakan teori gelombang cahaya untuk menjelaskan fenomena interferensi. Cahaya mempunyai besaran amplitudo, panjang gelombang, fase dan kecepatan. Apabila cahaya melewati suatu medium maka kecepatannya akan mengalami perubahan. Jika perubahan kecepatan tersebut diukur, maka dapat diperoleh informasi tentang keadaan medium yang bersangkutan misal indeks bias, tebal medium dari bahan yang dilewatinya dan panjang gelombang sumbernya (Falah, 2006). Informasi tersebut didapatkan dari pengamatan pergeseran pola interferensi. Pola interferensi dapat diperoleh dari berbagai jenis interferometer, seperti interferometer Michelson, interferometer Twyman-Green dan interferometer Fabry-Perot. Pola interferensi yang terbentuk pada interferometer Michelson lebih tajam dan lebih jelas dibanding hasil interferometer yang lain, baik interferometer Fabry-Perot maupun Twyman-Green (Halliday dkk, 2011: 456).

Interferometer Michelson disusun oleh sumber cahaya yang koheren, dua buah cermin, dan pemecah berkas (*beam splitter*) (Nguyen and Kim, 2012: 2). Pola interferensi berbentuk rumbai-rumbai cerah dan gelap pada layar yang disebut dengan pola frinji. Pergeseran pola frinji disebabkan oleh perubahan panjang lintasan optik yang dipengaruhi oleh adanya sisipan bahan tipis pada perangkat interferometer Michelson. Interferometer adalah alat yang digunakan untuk mengukur panjang atau perubahan panjang lintasan optik berdasarkan garis-garis interferensi. Dengan menggunakan interferometer memungkinkan untuk mengukur ketebalan sebuah benda yang tipis dengan ketelitian tinggi. Sumber cahaya yang digunakan adalah laser. Hasil dari menggunakan interferometer adalah sebuah gambar berbentuk pola frinji. Karena pergeseran pola frinji berpengaruh pada ketelitian dalam pengukuran bahan tipis dimana pola frinji sulit teramati dengan mata telanjang, maka dengan bantuan pengolahan citra digital dapat mengurangi kesalahan dalam mengamati pergeseran pola frinji.

Perkembangan pengolahan citra digital memberikan kemudahan dalam menyelesaikan

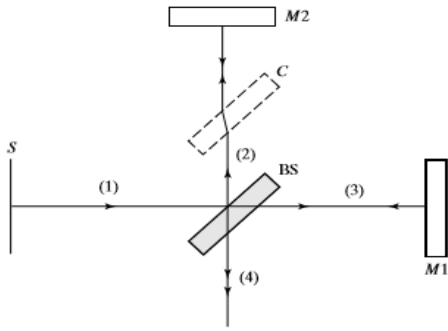
permasalahan dalam bidang pengolahan gambar. Dalam bidang fisika, pengolahan citra digital banyak digunakan untuk menganalisis deteksi tepi sebuah citra, memperbaiki adanya noise dan mengetahui informasi tentang nilai pixel. Jika pengolahan citra digital dimanfaatkan untuk membantu pengamatan pergeseran frinji, maka kesalahan pengamatan pergeseran pola frinji dapat diminimalisir dengan memanfaatkan pengolahan citra digital menggunakan perangkat lunak untuk mengolah data numerik seperti Matlab. Aplikasi Matlab adalah sebuah program untuk menganalisis dan mengkomputasi data numerik. Data tersebut berupa sebuah citra digital yang berasal dari rekaman pergeseran pola frinji. Citra RGB pola frinji diubah ke *greyscale*, lalu ditentukan titik koordinat pada citra *greyscale* yang akan diamati pergeseran nilai pixelnya.

Pada penelitian ini pengolahan citra digital digunakan untuk mengetahui pergeseran pola frinji pada metode interferensi untuk menentukan ketebalan bahan tipis. Pola frinji didapatkan dari seperangkat alat interferometer Michelson, dimana sampel berupa mica transparan diletakkan diantara *beam splitter* dengan cermin geser, kemudian memvariasi sudut dari mica transparan, sehingga pola frinji akan berubah untuk setiap perubahan sudut mica transparan akibat dari perubahan panjang lintasan optik sinar ketika melewati sampel.

KAJIAN PUSTAKA

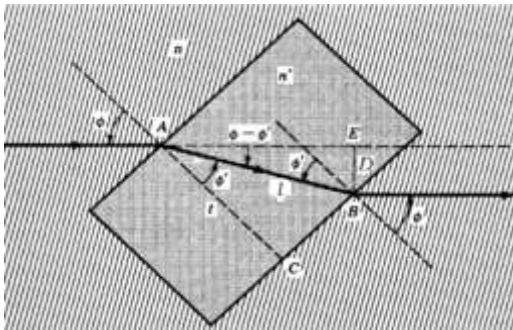
Interferometer

Interferometer yang dikembangkan oleh A.A. Michelson pada tahun 1881 menggunakan prinsip pembagi amplitudo gelombang cahaya menjadi dua bagian yang berintensitas sama. Pembelahan amplitudo gelombang menjadi dua bagian dilakukan dengan menggunakan pemecah berkas, yaitu *beam splitter*. Pola interferensi yang terbentuk pada interferometer Michelson lebih tajam, lebih jelas dan jarak antar frinjinnya lebih sempit dibanding interferometer yang lain, baik interferometer Fabry-Perot maupun Twyman-Green (Halliday and Resnick, 1999:845).



Gambar 1. Interferometer Michelson (Pedrotti and Pedrotti, 1993: 193).

Jika pada salah satu lengan interferometer disisipkan plat atau bahan tipis, maka akan mengakibatkan perubahan panjang lintasan optik yang ditempuh oleh berkas cahaya dari sumber. Perubahan panjang lintasan optik dapat diketahui dari pergeseran hasil pola frinji yang terbentuk. Menurut Jenkins and White (1976:28), penentuan jumlah pergeseran pola frinji dapat dilakukan dengan memutar sampel sebesar ϕ secara perlahan sehingga perubahan panjang lintasan optik merupakan fungsi tebal sampel. Beda lintasan optik (D) dinyatakan sebagai selisih panjang lintasan optik antara posisi sampel sebelum diputar dan setelah diputar.



Gambar 3. Beda lintasan pada mica transparan (Jenkins and White, 1976: 29).

Pada Gambar 3 beda lintasan optik yang disebabkan karena pemutaran sampel adalah

$$D = t \sin\phi \left(1 - \frac{n_u \cos\phi}{n_m \cos\phi'} \right)$$

(Jenkins and White, 1976: 28-29)

Perbedaan fase keseluruhan dari lintasan sinar adalah 180° (dipantulkan dari cermin) dan

ditambah dengan perbedaan fase akibat dari perbedaan lintasan optik. Interferensi destruktif terjadi apabila perbedaan lintasan ($2D$) sama dengan nol atau kelipatan bulat dari panjang gelombang λ' (dalam sampel). Interferensi konstruktif terjadi jika perbedaan lintasan merupakan kelipatan ganjil dari setengah panjang gelombang. Interferensi destruktif

$$N = \frac{2D}{\lambda'} \quad N = 0,1,2,3,\dots \quad (1)$$

Interferensi konstruktif

$$N + \frac{1}{2} = \frac{2D}{\lambda'} \quad N = 0,1,2,3,\dots \quad (2)$$

(Tipler, 2001: 540).

Saat sampel diputar perlahan sebesar ϕ akan terjadi perubahan panjang lintasan optik, sehingga pada layar akan terlihat pergeseran frinji yang diakibatkan oleh peningkatan beda fase dari pemutaran sampel secara perlahan. Pada persamaan (1), hubungan antara peningkatan jumlah frinji gelap dengan beda lintasan optik diakibatkan pemutaran sampel sebesar ϕ , ditunjukkan dengan persamaan:

$$N = \frac{2D}{\lambda'}$$

dimana

$$\lambda' = \frac{\lambda}{n_m}$$

Maka

$$t = \frac{N\lambda}{2 n_m \sin\phi \left(1 - \frac{n_u \cos\phi}{n_m \cos\phi'} \right)} \quad (3)$$

Konversi RGB ke *GreyScale*

Konversi RGB ke citra *greyscale* adalah langkah awal dalam analisis citra, karena dari 3 nilai warna merah, hijau dan biru diubah menjadi 1 nilai warna keabuan untuk setiap pixelnya. Meskipun citra *greyscale* mengandung lebih sedikit informasi dari pada citra RGB, tapi dalam menganalisis nilai pixel citra *greyscale* lebih mudah dan akurat. Pada Matlab citra RGB (I_{colour}) diubah menjadi citra

$greyscale(I_{greyscale})$ dengan menggunakan transformasi berikut:

$$I_{greyscale}(n, m) = \alpha I_{colour}(n, m, r) + \beta I_{colour}(n, m, g) + \gamma I_{colour}(n, m, b)$$

Citra $greyscale$ pada dasarnya adalah rata-rata berbobot dari nilai pixel merah, hijau dan biru. Koefisien pembobotan (α , β dan γ) ditetapkan sebanding dengan respon mata manusia terhadap masing-masing warna merah, hijau, dan biru ($\alpha = 0.2989$, $\beta = 0.5870$ dan $\gamma = 0.1140$). Karena mata manusia secara alami lebih sensitif terhadap cahaya warna merah dan hijau, maka warna merah dan hijau diberi bobot yang lebih tinggi dari pada warna biru untuk memastikan bahwa keseimbangan intensitas relatif dalam citra $greyscale$ yang dihasilkan serupa dengan citra RGB (Solomon and Breckon, 2011: 11-12).

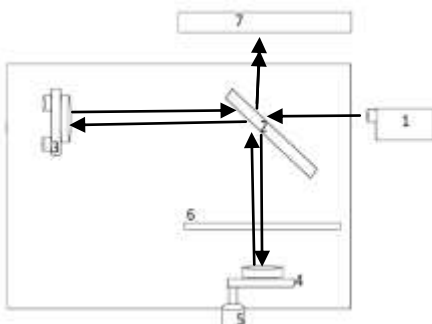
METODE PENELITIAN

Waktu dan Tempat Penelitian

Penelitian dilakukan di laboratorium spektroskopi, Jurusan Pendidikan Fisika, FMIPA, Universitas Negeri Yogyakarta. Penelitian dimulai dari bulan Februari 2017 sampai dengan Februari 2018.

Prosedur Kerja

1. Mengatur posisi alat seperti pada Gambar 4.



Gambar 4. Rangkaian alat interferometer Michelson untuk mendapatkan pola frinji.

2. Menyalakan laser (1) dan menembakkan pada $beam\ splitter$ (2) pada interferometer.

3. Mengatur $beam\ splitter$ (2) agar dua berkas sinar jatuh pada cermin geser (4) dan cermin putar (3).
4. Meletakkan sampel diantara $beam\ splitter$ (2) dan cermin geser (4).
5. Mengatur cermin putar (3) sehingga dua berkas sinar dapat bertumpang tindih pada layar (7), sehingga pada layar akan tampak pola frinji gelap terang.
6. Memutar sudut dari sampel (6) 0° sampai 1° secara perlahan-lahan.
7. Merekam pergeseran pola frinji di layar saat sampel diputar dengan menggunakan kamera digital.
8. Mengubah rekaman menjadi citra dengan menggunakan *Adobe Premiere*.
9. Memasukkan hasil citra pola frinji ke dalam perangkat lunak Matlab.
10. Mengulangi langkah percobaan 6 sampai 9 dengan variasi sudut putar sampel $2^\circ, 3^\circ, 4^\circ, 5^\circ, 6^\circ$ dan 7° .

Teknik Analisis Data

Setelah diperoleh pola frinji untuk setiap variasi sudut sampel, maka hasil citra akan diolah dengan Matlab. Semua citra pola frinji diubah menjadi citra $greyscale$ (keabuan).

Setelah citra RGB diubah ke $greyscale$, lalu ditentukan titik koordinat pada citra $greyscale$ yang akan diamati nilai pixelnya. Dari titik koordinat tersebut akan terlihat pergeseran frinjinnya yang dibuktikan oleh perubahan nilai pixel untuk setiap waktu putaran sampel. Maka akan didapatkan grafik hubungan antara nilai pixel terhadap waktu perekaman saat sampel diputar.

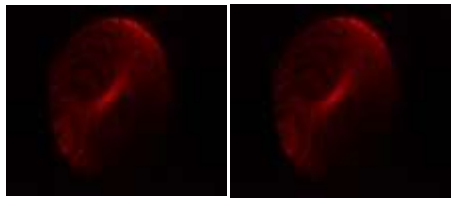
Setelah didapatkan nilai indeks bias mica transparan, panjang gelombang laser dan jumlah pergeseran pola frinji untuk setiap variasi, maka ketebalan mica transparan dapat ditentukan menggunakan persamaan (3).

Dari persamaan (3) dapat dibuat grafik hubungan antara $N\lambda$ sebagai variabel terikat dengan $2n_m \sin\phi \left(1 - \frac{n_u \cos\phi}{n_m \cos\phi'}\right)$ sebagai variabel bebasnya; dengan analisis *fitting linear* diperoleh ketebalan mica transparan (t) sebagai gradien grafik.

HASIL DAN PEMBAHASAN

Pengambilan Pola Frinji

Pengambilan citra pergeseran pola frinji dilakukan dengan menggunakan kamera Nikon D3100. Kamera tersebut dapat merekam video HD 720x576 pixel dengan *frame rate* 30 fps. Jika terjadi sentuhan ataupun getaran yang mengubah posisi kamera, maka hasil citra dinyatakan tidak valid dan harus diulang dari awal. Hasil perekam diubah menjadi sebuah gambar atau citra dengan cara mencacah *frame rate* dari hasil rekaman pola frinji dengan bantuan *Adobe Premiere*. Hasil perubahan rekaman ke citra pergeseran pola frinji dapat dilihat pada Gambar 5.

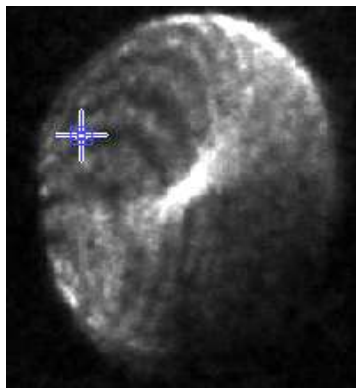


(a) (b)

Gambar 5. Pergeseran pola frinji dari sampel yang diputar 0° - 5° (a) waktu frame1 (b) frame 2.

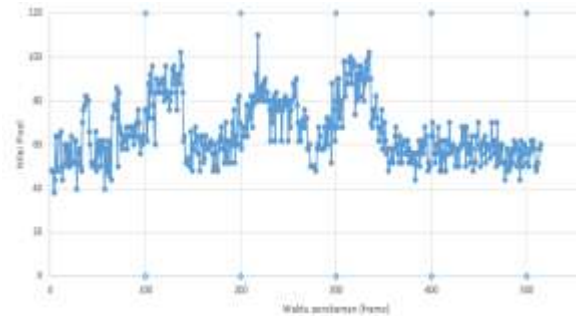
Penentuan Ketebalan Mica Transparan

Dalam pemanfaatan pengolahan citra digital perangkat lunak yang digunakan adalah Matlab. Matlab adalah program untuk menganalisis dan mengkomputasi data numerik. Dengan menggunakan metode ini pergeseran pola frinji dapat dibuktikan oleh perubahan nilai pixel untuk setiap waktu putaran sampel.



Gambar 6. Citra *greyscale* pola frinji.

Gambar 6 adalah perubahan citra RGB ke *greyscale*. Karena pola frinji dominan pada warna merah, maka koefisien pembobotan α lebih besar dari pada β dan γ . Hasil citra *greyscale* terlihat sangat kontras, karena nilai α yang besar akan mempermudah untuk melihat informasi perubahan nilai pixel. Langkah selanjutnya adalah memilih satu titik koordinat yang akan diamati perubahan nilai pixelnya untuk setiap variasi sudut sampel. Untuk sampel yang diputar 0° - 5° , peneliti memilih titik koordinat (578,208) yang bertanda biru pada Gambar 6, karena nilai pixelnya mendekati nol (0). Untuk menunjukkan nilai pixel digunakan fungsi *impixelregion*. Perubahan nilai pixel dari sudut putar 0° - 5° dapat dilihat pada grafik dibawah ini.



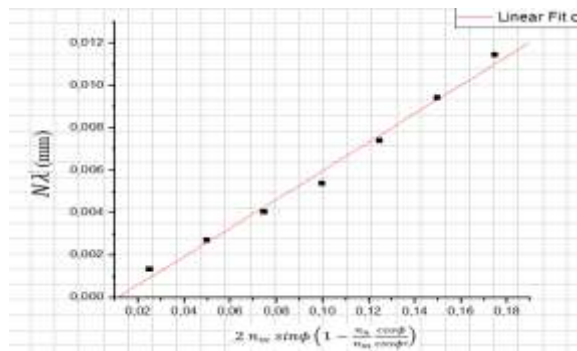
Gambar 7. Grafik hubungan antara nilai pixel terhadap waktu pada sampel yang diputar 0° sampai 5° .

Pergeseran pola frinji pada sampel yang diputar 0° sampai 5° dapat dibuktikan pada grafik. Pada grafik terdapat 5 puncak dan 6 lembah (1 lembah sebagai titik awal) yang berarti pola frinji bergeser sebanyak 10 kali. Saat waktu perekaman 211-259 fps didapatkan nilai pixel yang hampir sama, kemungkinan disebabkan saat peneliti memutar sampel terkadang berhenti sejenak, tetapi waktu rekaman tidak berpengaruh terhadap jumlah pergeseran pola frinji, hanya dapat memperhalus grafik atau memberikan ketelitian yang lebih. Langkah tersebut juga dilakukan untuk setiap variasi sudut putar sampel 1° , 2° , 3° , 4° , 6° , dan 7° , sehingga diperoleh jumlah pergeseran pola frinji untuk setiap variasi sudut putar sampel seperti ditunjukkan pada Tabel 1.

Tabel 1. Data hasil jumlah pergeseran pola frinji pada mica transparan.

No	Sudut putar (°)	Jumlah Frinji
1	1	2
2	2	4
3	3	6
4	4	8
5	5	10
6	6	14
7	7	17

Dari Tabel 1 terlihat bahwa semakin besar sudut putar sampel, maka jumlah pergeseran pola frinji semakin meningkat. Hal ini disebabkan karena saat sampel diputar, panjang lintasan optik dalam sampel akan bertambah yang menyebabkan beda fase pada kedua gelombang yang berinterferensi akan meningkat. Pertambahan panjang lintasan optik terhadap sudut putar sampel dapat dihitung dengan persamaan (3). Penentuan ketebalan mica transparan dilakukan dengan menggunakan grafik antara $N\lambda$ sebagai fungsi $2 n_m \sin\phi \left(1 - \frac{n_u \cos\phi}{n_m \cos\phi'}\right)$.



Gambar 8. Grafik untuk menentukan ketebalan mica transparan.

Dari Gambar 8 didapatkan nilai ketebalan mica transparan dan nilai ketidakpastiannya dengan menggunakan analisis *fitting linear*. Perbandingan hasil antara pengukuran ketebalan bahan tipis menggunakan metode interferensi dengan bantuan pengolahan citra digital dan dengan micrometer sekrup adalah sebagai berikut:

1. Interferometer : $(t \pm \Delta t) = (0,067 \pm 0,003)$ mm
2. Mikrometer sekrup : $(t \pm \Delta t) = (0,07 \pm 0,01)$ mm

KESIMPULAN

Kesimpulan dari penelitian ini adalah:

1. Mica transparan diletakkan antara cermin geser dengan *beam splitter*. Cermin pada salah satu ujung lengan interferometer digeser agar berkas sinar berinterferensi membentuk pola frinji. Setelah pola frinji diperoleh, maka mica transparan dapat divariasikan sudutnya. Karena pola frinji sangat sensitif terhadap getaran, maka dalam melakukan pengamatan diusahakan untuk mengurangi getaran seminimal mungkin.
2. Perikaman pergeseran pola frinji dilakukan dengan menggunakan kamera DSLR bermerk Nikon D3100 dengan 30 fps. Agar posisi kamera tidak berubah-ubah, maka dibutuhkan tripod untuk menyangga kamera. Untuk menganalisis pergeseran pola frinji dibutuhkan citra atau gambar, maka hasil rekaman tersebut diubah menjadi citra dengan mencacah *frame per second* video tersebut dengan bantuan *Adobe Premier*.
3. Perbandingan hasil pengukuran ketebalan mica transparan menggunakan metode interferensi dengan bantuan pengolahan citra digital dan dengan mikrometer sekrup adalah sebagai berikut :
 - a. Interferometer : $(t \pm \Delta t) = (0,067 \pm 0,003)$ mm
 - b. Mikrometer sekrup : $(t \pm \Delta t) = (0,07 \pm 0,01)$ mm

Metode interferometer lebih teliti dari pada metode mikrometer sekrup.

DAFTAR PUSTAKA

- Falah, Masrofatul. 2006. *Analisis Pola Interferensi pada Interferometer Michelson untuk Menentukan Panjang Gelombang Sumber Cahaya*. Semarang: Undip.
- Halliday, D. and Resnick. 1999. *Physics*, Jilid 2, Edisi 7 (terjemahan Pantur Silaban dan Erwin Sucipto). Jakarta: Penerbit Erlangga.
- Halliday, D. Resnick and Walker. 2010. *Fisika Dasar*, Jilid 2, Edisi 7 (terjemahan). Jakarta: Penerbit Erlangga.
- Jenkins, F. A., and White, H. E. 1976. *Fundamentals of Optics*, 4th ed, New York: McGraw-Hill, Inc.
- Nguyen, C., and Kim, S. 2012. *Theory, Analysis and Design of RF Interferometric Sensors*. London: Springer.
- Pedrotti, F.L. dan Pedrotti, L.S. 1993. *Introduction to Optics*, 2nd ed. New Jersey: Prentice Hall.
- Solomon, C. and Breckon, T. 2011. *Fundamentals of Digital Image Processing*. West Sussex: John Wiley & Sons.
- Tipler, P. A. 2001. *Fisika Untuk Sains dan Teknik*, jilid 2 (alih Bahasa Dr.Bambang Soegijono). Jakarta: Penerbit Erlangga.

Yogyakarta, 5 Juni 2018

Mengetahui,

Dosen Pembimbing



Agus Purwanto, M.Sc,

NIP. 19650813 199512 1 001

