

DAFTAR ISI

LEMBAR JUDUL	i
LEMBAR PERNYATAAN	ii
LEMBAR PENGESAHAN NASKAH SKRIPSI	iii
LEMBAR PEDOMAN PENGGUNAAN SKRIPSI	iv
LEMBAR PERNYATAAN ORISINALITAS	v
KATA PENGANTAR	vi
UCAPAN TERIMAKASIH	vii
ABSTRAK	viii
ABSTRACT	ix
DAFTAR ISI	x
DAFTAR GAMBAR	xiii
DAFTAR TABEL	xvi
DAFTAR LAMPIRAN	xvii
BAB I PENDAHULUAN	1
1.1 Latar Belakang	1
1.2 Rumusan Masalah	4
1.3 Batasan Masalah.....	4
1.4 Tujuan Penelitian	4
1.5 Manfaat Penelitian	4
BAB II TINJAUAN PUSTAKA	6
2.1 Interferensi Pada Cahaya Koheren.....	6
2.2 Intensitas Pada Pola Interferensi	7
2.3 Interferometer Mach-Zehnder	8
2.4 Index Bias dan Hubungannya Dengan Pola Interferensi.....	10
2.5.1 Penurunan Matematis Hubungan Indeks Bias, Jumlah Frinji, dan Sudut Putar	13

2.6	Pola Interferogram	14
2.6	Laser.....	22
2.7	Kadmium	25
2.8	Mikrokontroler Arduino UNO	26
2.9	Motor Stepper dan Driver A4988	29
2.10	Kamera Digital	31
2.11	Pengolahan Citra	32
2.11.1	Definisi Citra.....	32
2.11.2	Pengolahan Citra Dengan MATLAB	34
2.11.3	Filter Gaussian	34
BAB III METODE PENELITIAN		36
3.1	Waktu dan Tempat Penelitian	36
3.2	Alat dan Bahan Penelitian	36
3.2.1	Alat	36
3.2.2	Bahan Penelitian	37
3.3	Prosedur Penelitian	38
3.3.1	Pembuatan Plan Parallel.....	40
3.3.2	Pembuatan Perangkat Mekanik	40
3.3.3	Uji Pergerakan Motor stepper.....	41
3.3.4	Pelarutan Sampel	41
3.3.5	Set-up Interferometer Mach-Zehnder	42
3.3.6	Uji Stabilitas	43
3.3.7	Pengukuran Perubahan Transisi Frinji dan Konsentrasi Kadmium	43
3.3.8	Proses Perbaikan Citra dan Metode Penghitungan Transisi Frinji ..	46
3.3.9	Menentukan Sensitivitas Interferometer Mach-Zehnder	47
3.3.10	Menentukan Resolusi Interferometer Mach-Zehnder	48
BAB IV HASIL DAN PEMBAHASAN		49
4.1	Hasil Penelitian	49
4.1.1	Hasil Pembuatan & Uji Perangkat Mekanik.....	49
4.1.2	Hasil Pembuatan Sampel	51
4.1.3	Hasil Pembacaan Frinji dengan Pengolahan Citra Digital.....	52
4.1.4	Hasil Uji Stabilitas.....	60
4.1.5	Hasil Pengukuran Indeks Bias Aquadem.....	62

4.1.6	Hasil Pengukuran Indeks Bias Ion Kadmium Berbagai Konsentrasi.....	66
4.2	Pembahasan	85
BAB V KESIMPULAN DAN SARAN		91
5.1	Kesimpulan.....	91
5.2	Saran	91
DAFTAR PUSTAKA		93
LAMPIRAN		96

DAFTAR GAMBAR

Gambar 2.1	Interferensi gelombang konstruktif dan destruktif	7
Gambar 2.2	Beam Splitter (Hariharan, 2007)	9
Gambar 2.3	Setup umum interferometer Mach-Zehnder (Hariharan, 2007)....	10
Gambar 2.4	Setup uji pada interferometer Mach-Zehnder.....	11
Gambar 2.5	Perubahan lengan optis ketika plan parallel diputar (Hariharan, 2007)	12
Gambar 2.6	(a) Menempatkan plan parallel di salah satu lengan optis (b) Perputaran dan perubahan lintasan optis cahaya pada plan parallel.....	13
Gambar 2.7	Pola interferensi antara plane wave dan spherical wave (Sumber: John E. Greiveinkamp).....	16
Gambar 2.8	Ilustrasi beda lengan optis antara M1 dan M2 (Sumber: Google)	17
Gambar 2.9	Ilustrasi pantulan berkas dan beda lintasan optis (Sumber: Google).....	17
Gambar 2.10	Interferogram lingkaran konsentris	18
Gambar 2.11	Interferogram yang terbentuk ketika d berubah	19
Gambar 2.12	Interferogram ketika aligned sempurna	19
Gambar 2.13	Konfigurasi cermin ketika dimiringkan (Tilting)	20
Gambar 2.14	Bentuk geometri pada interferensi dua plane wave.....	20
Gambar 2.15	Pola interferensi antara dua plane wave menghasilkan pola frinji garis lurus (Sumber: John E. Greiveinkamp)	21
Gambar 2.16	Konfigurasi cermin dan pola interferensi yang terbentuk.....	22
Gambar 2.17	Lebar spektrum pada laser	23
Gambar 2.18	(a) Konstruksi laser He-Ne (Hocker Simon, 2010) (b) diagram tingkat energi (Wikipedia)	24
Gambar 2.19	Arduino UNO	27
Gambar 2.20	Spesifikasi Arduino UNO	27
Gambar 2.21	Antarmuka Processing	28
Gambar 2.22	Antarmuka Arduino IDE.....	28
Gambar 2.23	Motor stepper Nema17 unipolar hybrid (Sumber: Google).....	30
Gambar 2.24	Driver A4988 (Sumber: Google).....	30
Gambar 2.25	Rangkaian kontrol motor stepper	31
Gambar 2.26	Sensor kamera CCD dan kamera CMOS (Mulyadi, 2014)	32
Gambar 2.27	Segitiga eksposur (Sumber: Google).....	35
Gambar 2.28	Bentuk grafis hasil plot fungsi gaussian dua dimensi dengan jumlah titik 21 x 21 (Ahmad, 2005).....	35
Gambar 3.1	Diagram Blok Penelitian	39
Gambar 3.2	Desain plan parallel	40
Gambar 3.3	Desain Perangkat Mekanik	40
Gambar 3.4	Setup alat interferometer Mach-Zehnder	42

Gambar 3.5	Grafik hubungan transisi frinji dan pemutaran plan parallel	44
Gambar 3.6	Hasil image processing terhadap citra frinji	45
Gambar 3.7	Kurva analisa transisi frinji	45
Gambar 3.8	Diagram alir pengolahan citra	47
Gambar 4.1	Perangkat Mekanik Motor Stepper dan Rotation mount	49
Gambar 4.2	Variasi sampel dari 0 – 5 ppm Cd	51
Gambar 4.3	Script Ffmpeg Untuk Editing Video Frinji	53
Gambar 4.4	(a) Citra Frinji Sebelum Pre-Processing (b) Setelah Pre-Processing	54
Gambar 4.5	Citra Frinji Setelah Proses Segmentasi	55
Gambar 4.6	Bagian Frinji yang Paling Stabil (Tengah)	56
Gambar 4.7	Grafik Intensitas Citra Frinji	56
Gambar 4.8	Profil Pergerakan Motor stepper	57
Gambar 4.9	Hasil Plotting Frinji Dengan Citra Digital	60
Gambar 4.10	Uji Stabilitas 1	60
Gambar 4.11	Uji Stabilitas 2	61
Gambar 4.12	Uji Stabilitas 3	61
Gambar 4.13	Bagian Frinji yang Paling Stabil	62
Gambar 4.14	Plot Cosinus derajat pemutaran terhadap jumlah transisi Frinji Index bias yang didapatkan = 1.33167	63
Gambar 4.15	Diagram nilai indeks bias pada Gambar 4.14 (a-d)	65
Gambar 4.16	Simulasi pola frinji yang terbentuk untuk mengukur index Bias ..	67
Gambar 4.17	(a) Citra frinji di posisi nol (b) Citra frinji ketika bergeser dari posisi nol	68
Gambar 4.18	Plot intensitas terhadap sudut perputaran. Index bias yang didapatkan =1.34197	68
Gambar 4.19	Diagram batang nilai index bias sampel Cd konsentrasi 0.5 ppm	70
Gambar 4.20	Plot intensitas terhadap sudut perputaran. Index bias yang didapatkan =1.33672	70
Gambar 4.21	Diagram batang nilai index bias sampel Cd konsentrasi 1 ppm ..	71
Gambar 4.22	Plot intensitas terhadap sudut perputaran. Index bias yang didapatkan =1.33724	72
Gambar 4.23	Diagram batang nilai index bias sampel Cd konsentrasi 1.5 ppm	73
Gambar 4.24	Plot intensitas terhadap sudut perputaran. Index bias yang didapatkan =1.33775	73
Gambar 4.25	Diagram batang nilai index bias sampel Cd konsentrasi 2 ppm ..	74
Gambar 4.26	Plot intensitas terhadap sudut perputaran. Index bias yang didapatkan =1.34653	75
Gambar 4.27	Plot intensitas terhadap sudut perputaran. Index bias yang didapatkan =1.33927	75

Gambar 4.28	Diagram batang nilai index bias sampel Cd konsentrasi 2.5 ppm.....	76
Gambar 4.29	Plot intensitas terhadap sudut perputaran. Index bias yang didapatkan =1.34056	76
Gambar 4.30	Diagram batang nilai index bias sampel Cd konsentrasi 3 ppm...77	
Gambar 4.31	Plot intensitas terhadap sudut perputaran. Index bias yang didapatkan =1.34106	78
Gambar 4.32	Diagram batang nilai index bias sampel Cd konsentrasi 3.5 ppm	79
Gambar 4.33	Plot intensitas terhadap sudut perputaran. Index bias yang didapatkan =1.34675	79
Gambar 4.34	Diagram batang nilai index bias sampel Cd konsentrasi 4 ppm...80	
Gambar 4.35	Plot intensitas terhadap sudut perputaran. Index bias yang didapatkan =1.34941	81
Gambar 4.36	Diagram batang nilai index bias sampel Cd konsentrasi 4.5 ppm	82
Gambar 4.37	Plot intensitas terhadap sudut perputaran. Index bias yang didapatkan =1.35100	82
Gambar 4.38	Diagram batang nilai index bias sampel Cd konsentrasi 5 ppm...83	
Gambar 4.39	Plot indeks bias fungsi konsentrasi larutan.....	87

DAFTAR TABEL

Tabel 4.1	Data Uji Pergerakan Perangkat Mekanik.....	50
Tabel 4.2	Nilai index bias terukur, mean, dan standar deviasi sampel aquadem yang dipresentasikan pada Gambar 4.14 (a-d).....	66
Tabel 4.3	Nilai indeks bias terukur, mean, dan standar deviasi sampel 0.5 ppm.....	69
Tabel 4.4	Nilai index bias terukur, mean, dan standar deviasi sampel 1 ppm ..	71
Tabel 4.5	Nilai index bias terukur, mean, dan standar deviasi sampel 1.5 ppm.....	72
Tabel 4.6	Nilai index bias terukur, mean, dan standar deviasi sampel 2 ppm ..	74
Tabel 4.7	Nilai index bias terukur, mean, dan standar deviasi sampel 2.5 ppm	75
Tabel 4.8	Nilai index bias terukur, mean, dan standar deviasi sampel 3 ppm ..	77
Tabel 4.9	Nilai index bias terukur, mean, dan standar deviasi sampel 3.5 ppm	78
Tabel 4.10	Nilai index bias terukur, mean, dan standar deviasi sampel 4 ppm ..	80
Tabel 4.11	Nilai index bias terukur, mean, dan standar deviasi sampel 4.5 ppm	81
Tabel 4.12	Nilai index bias terukur, mean, dan standar deviasi sampel 5 ppm ..	83
Tabel 4.13	Rangkuman nilai index tiap konsentrasi	84
Tabel 4.14	Perbandingan hasil pengukuran index bias air beberapa jurnal	86
Tabel 4.15	Tabel Ketidakpastian dalam pengukuran n1	88
Tabel 4.16	Tabel Ketidakpastian dalam pengukuran n2	89
Tabel 4.17	Karakteristik sensor konsentrasi ion kadmium dalam air	90

DAFTAR LAMPIRAN

LAMPIRAN 1	Penurunan Rumus Indeks Bias
LAMPIRAN 2	Metode Pembuatan Sampel
LAMPIRAN 3	Citra Frinji Ketika Uji Stabilitas
LAMPIRAN 4	Data Transisi Frinji
LAMPIRAN 5	Data Perhitungan Indeks Bias
LAMPIRAN 6	Syntax Pemrograman
LAMPIRAN 7	Datasheet