

HALAMAN JUDUL	i
LEMBAR PENGESAHAN.....	iii
PERNYATAAN BEBAS PLAGIASI	iv
PRAKATA	v
DAFTAR ISI.....	viii
DAFTAR GAMBAR.....	xi
DAFTAR TABEL.....	xiv
INTISARI.....	xv
ABSTRACT	xvii
BAB I PENDAHULUAN	1
1.1. Latar Belakang	1
1.2. Rumusan Masalah.....	2
1.3. Batasan Masalah	3
1.4. Tujuan Penelitian	3
1.5. Manfaat Penelitian	3
1.6. Kebaharuan Penelitian	3
BAB II TINJAUAN PUSTAKA.....	4
BAB III LANDASAN TEORI.....	12
3.1. Bismut	12
3.2. Pengungkungan kuantum (Quantum Confinement).....	16
3.3. Hakikat Cahaya Gelombang Elektromagnetik dan Elipsometri	19
3.3.1. Gelombang Elektromagnetik Dalam Sebuah Materi	19
3.3.2. Indeks bias kompleks dan konstanta dielektrik	20
3.3.3. Polarisasi p dan s	22
3.3.4. Prinsip Dasar Spektroskopi Elipsometri	23
3.3.5. Rotating Analyzer Elipsometry	24
3.3.6. Efek Depolarisasi dari Sampel.....	25
3.3.7. Model Cauchy.....	25
3.3.8. Model Drude-Lorentz	25
3.3.9. Interferensi optik.....	27
3.3.10. Pendekatan Medium Efektif / Effective Medium Approximation ..	28
3.3.11. Hubungan konstanta dielektrik imajiner dengan struktur elektronik	29
3.3.12. Konduktivitas Optik dan Bobot Spektral.....	31
BAB IV METODE PENELITIAN.....	33
4.1. Tempat dan Waktu Penelitian	33
4.2. Alat dan Bahan Penelitian	33
4.2.1. Alat Penelitian.....	33
4.2.2. Bahan Penelitian	36
4.3. Prosedur Penelitian.....	39
4.3.1. Pengambilan data	39
4.3.2. Analisis Data	41
BAB V HASIL DAN PEMBAHASAN	44
5.1. Hasil Pengamatan Psi (ψ) dan Delta (Δ).....	45



**KAJIAN PENGARUH KETEBALAN TERHADAP SIFAT OPTIK LAPISAN ULTRA TIPIS BISMUT
MENGUNAKAN SPEKTROSKOPI
ELIPSOMETRI PADA PANJANG GELOMBANG 220 nm - 850 nm**

5.2. Hasil fitting Parameter ALARA (Z)	46
5.3. Bagian Riil dan Konstanta Dielektrik Berbagai Ketebalan Bi	469
5.4. Bagian Imajiner dari Konstanta Dielektrik Berbagai Ketebalan Bi	52
5.5. Pengaruh Komposisi Fraksi Udara (void) pada Lapisan Tipis Bi 5 nm	61
5.6. Bagian Riil dari Konduktivitas Optik (σ_1) untuk Berbagai Ketebalan Bi	63
5.7. Analisa Bobot Spektral untuk Perubahan Riil Konduktivitas Optik	65
BAB VI KESIMPULAN DAN SARAN	68
6.1. Kesimpulan	68
6.2. Saran	68
DAFTAR PUSTAKA	689

Gambar 2.1. Model struktur coating multilayer (Hilfiker et al., 2019).....	4
Gambar 2.2. Data spektroskopi elipsometri (hijau) pada sudut datang 60° yang terdiri dari lapisan Ta_2O_5 dan SiO_2 (Hilfiker et al., 2019)	5
Gambar 2.3. Representasi skema sampel lapisan tipis Bismut dengan substrat Si (Toudert et al., 2017).....	6
Gambar 2.4. (a) Hasil eksperimen elipsometri lapisan Bismut dengan ketebalan 78 nm di atas substrat Si (b) Model yang digunakan untuk fitting data (Toudert et al., 2017)...	6
Gambar 2.5. (a) Transisi antar pita pada bagian riil ϵ_1 (b) Bagian imajiner ϵ_2	7
Gambar 2.6. Konstanta dielektrik (a) Bagian riil (b) Bagian imajiner.....	7
Gambar 2.7. Pengaruh suhu terhadap bagian riil konduktivitas optik $Fe_{1.03}Te$	8
Gambar 2.8. Pengaruh suhu dari bobot spektral ternormalisasi sebagai fungsi frekuensi cut-off, ω_c (Dai et al., 2014).....	9
Gambar 2.9. Bagian riil dari konduktivitas optik (a) Bi_2Se_3 , (b) Bi_2Se_2Te , (c) $Bi_{1.9998}Ca_{0.0002}Se_3$, dan (d) Bi_2SeTe_2 dari 10 hingga 24000 cm^{-1} pada suhu yang berbeda (Di Pietro et al., 2012).....	10
Gambar 2.10. Bobot spektral FIR (Far-Infrared) dari semua sampel dihitung pada 5 K. Lekukan yang putus merupakan kontribusi dari operator permukaan topologi..	10
Gambar 3.1. Zona Brillouin kristal Bi (111) (Kotaka et al., 2017)	12
Gambar 3.2. (a) Model <i>Bulk</i> dan permukaan Brillouin zone pada kristal Bi (111) (b) Permukaan Fermi (c) dekat Energi Fermi pada M (d-g) Struktur pita yang memungkinkan pada arah ΓM . Garis biru dan garis merah mengindikasikan adanya spin-splitting (Ito et al., 2016).....	13
Gambar 3.3. (a) Range yang lebih luas struktur pita yang terukur sepanjang arah ΓM pada ketebalan 14, 18 dan 79 BL untuk Bi (111) pada $h\nu = 21\text{ eV}$ (b) Struktur pita dekat energi Fermi (Ito et al., 2016).....	14
Gambar 3.4. Struktur <i>Bulk</i> Bi (110) (Koroteev et al., 2008).....	14
Gambar 3.5. Zona Brillouin Bi dan Proyeksi Brillouin zone dalam arah (110)	15
Gambar 3.6. <i>Quantum well</i> : Tingkat-tingkat energi yang terkuantisasi, E_1 dan E_2	17
Gambar 3.7. Ruang momentum dua dimensi untuk sebuah n_x (Mitin V et al., 2010)	18
Gambar 3.8. Perbedaan penyerapan antara kuantum <i>well</i> dan <i>bulk</i> pada GaAs	19
Gambar 3.9. Bagian riil ϵ_1 dan bagian imajiner ϵ_2 dari konstanta dielektrik.....	21



Gambar 3.10. Prinsip pengukuran elipsometri pada sampel (Fujiwara, 2007).....	22
Gambar 3.11. Medan magnet E dan induksi magnetik B untuk (a) polarisasi p dan (b) polarisasi s (Fujiwara, 2007).....	22
Gambar 3.12. Prinsip pengukuran elipsometri (Fujiwara, 2007).....	23
Gambar 3.13. Representasi keadaan polarisasi refleksi cahaya dalam pengukuran elipsometri (Fujiwara, 2007).....	23
Gambar 3.14. Konfigurasi Rotating-Analizer Ellipsometry (Fujiwara, 2007)	24
Gambar 3.15. Fungsi Dielektrik Al (Fujiwara, 2007).....	27
Gambar 3.16. Model optik untuk menghitung koefisien refleksi dan transmisi (Fujiwara, 2007).....	27
Gambar 3.17. Metode perhitungan untuk interferensi optik pada multilayer	28
Gambar 3.18. (a) Sampel dengan permukaan yang tidak rata (b) model optik yang terdiri permukaan yang tidak rata dan lapisan bulk (Fujiwara, 2007)	29
Gambar 3.19. Transisi langsung pada semikonduktor dan isolator (Dana, 2019)	31
Gambar 4.1. Skema alat Elipsometri diadaptasi dari (Dana, 2019)	33
Gambar 4.2. <i>Red Tide USB650UV</i> spectrometer (Alfath, 2018)	35
Gambar 4.3. Diagram Proses yang terjadi pada detektor <i>Red Tide USB650UV</i> spectrometer (Alfath, 2018)	35
Gambar 4.4. Set up rangkaian alat spektroskopi elipsometri yang digunakan	36
Gambar 4.5. Model sampel lapisan tipis multilayer.....	36
Gambar 4.6. Model perhitungan optik untuk interferensi pada lapisan udara, EMA, bismut, alumina dan glass	37
Gambar 4.7. Model perhitungan optik untuk interferensi pada lapisan EMA, bismut, alumina dan glass	37
Gambar 4.8. Model perhitungan interferensi optik lapisan bismut, alumina dan glass	38
Gambar 4.9. Skema teknik <i>sputtering</i>	38
Gambar 4.10. Prosedur Pengambilan data	39
Gambar 4.11. Tampilan program akuisisi data elipsometri (Dana, 2019)	39
Gambar 4.10. Tampilan makro untuk membuat model <i>multilayer</i>	39
Gambar 5.1. Data ψ dan Δ hasil eksperimen menggunakan spektroskopi elipsometri dengan spot yang berbeda pada ketebalan (a) 25 nm dan (b) 30 nm.....	45
Gambar 5.2. Data ψ dan Δ hasil eksperimen menggunakan spektroskopi elipsometri dengan berbagai ketebalan Bi.....	46



Gambar 5.3. Model lapisan kaudan yang digunakan dalam fitting data	4/
Gambar 5.4. Hasil fitting menggunakan aplikasi Igor Pro pada masing- masing ketebalan Bi (a) 5 nm (b) 15 nm (c) 20 nm (d) 25 nm (e) 30 nm	49
Gambar 5.5. Hasil data ε_1 pada masing-masing ketebalan Bi	50
Gambar 5.6. Polarisasi elektrik dan polarisasi atom (Fujiwara, 2007)	50
Gambar 5.7. Representasi tampang lintang mikrostruktur Bi dengan substrat Si pada ketebalan kurang dari 10 nm, 20-50 nm, dan 50-150 nm (Toudert et al., 2019)	51
Gambar 5.8. Nilai ε_2 dengan variasi ketebalan Bi	52
Gambar 5.9. Struktur pita a) Bi (111) b) Bi (110) (Koroteev et al., 2008)	54
Gambar 5.10. Rapat keadaan Bi (110) (Koroteev et al., 2008).....	54
Gambar 5.11. Kemungkinan transisi elektronik yang terjadi pada puncak serapan pertama dengan meninjau a) Struktur pita Bi 110 5BL b) Rapat keadaan (DOS) Bi 110 5BL	55
Gambar 5.12. Kemungkinan transisi elektronik yang terjadi pada puncak serapan kedua dengan meninjau a) Struktur pita Bi 110 5BL b) Rapat keadaan (DOS) Bi 110 5BL	56
Gambar 5.13. Kemungkinan transisi elektronik yang terjadi pada puncak serapan ketiga dengan meninjau a) struktur pita Bi 110 5BL b) Rapat keadaan (DOS) Bi 110 5BL	56
Gambar 5.14. Kemungkinan transisi elektronik yang terjadi pada puncak serapan keempat dengan meninjau a) Struktur pita Bi 110 5BL b) Rapat keadaan (DOS) Bi 110 5BL	57
Gambar 5.15. Kemungkinan transisi elektronik yang terjadi pada puncak serapan pertama dengan meninjau a) Struktur pita Bi Bulk b) Rapat keadaan (DOS) Bulk hasil perhitungan Liu dan Allen (Hofmann, 2006).....	58
Gambar 5.16. Kemungkinan transisi elektronik yang terjadi pada puncak serapan kedua dengan meninjau a) Struktur pita Bi Bulk b) Rapat keadaan (DOS) Bulk hasil perhitungan Liu dan Allen (Hofmann, 2006).....	59
Gambar 5.17. Kemungkinan transisi elektronik yang terjadi pada puncak serapan ketiga dengan meninjau a) Struktur pita Bi Bulk b) Rapat keadaan (DOS) Bulk hasil perhitungan Liu dan Allen (Hofmann, 2006).....	59
Gambar 5.18. Kemungkinan transisi elektronik yang terjadi pada puncak serapan keempat dengan meninjau struktur pita Bi Bulk hasil perhitungan Liu dan Allen (Hofmann, 2006).....	60



Gambar 5.19. Skema Bismut pada permukaan tipis Bi	61
Gambar 5.20. Nilai ε_2 dengan berbagai presentasi medium efektif pada Bi 5 nm	62
Gambar 5.21. Bagian riil dari konduktivitas optik pada Bi dengan berbagai ketebalan	63
Gambar 5.22. Selisih konduktivitas optik antara ketebalan 30 nm dengan ketebalan diatas dan dibawah 30 nm	64
Gambar 5.23. Bobot spektral (<i>spectral weight</i>) dengan berbagai ketebalan Bi	65
Gambar 5.24. Bobot spektral (<i>spectral weight</i>) dengan interval daerah serapan	66

Tabel 5.1. Parameter Alumina dan <i>Glass</i>	47
Tabel 5.2. Ketebalan lapisan medium efektif yang digunakan	48