

**KARAKTERISTIK KONSTANTA DAN KONDUKTIVITAS OPTIK
DAUN BIDARA (*ZIZYPHUS MAURITIANA*) PADA SUHU
MICROWAVE MENGGUNAKAN SPEKTROSKOPI UV-VIS (ULTRA
VIOLET-VISIBLE)**

Jumardin^{1,a}

¹Program Studi Fisika, Fakultas Sains dan Teknologi, Universitas Islam Negeri Alauddin
Makassar

^ajumardin.jumardin@uin-alauddin.ac.id

ABSTRACT: Bidara leaf (*Zizyphus mauritania*) which have been extracted and irradiated with the microwave method at temperatures of 150 °C, 200 °C and 250 °C produced the parameter values of optical density (OD), reflectance (%R), index of refraction (n), coefficient of extension (k), optical conductivity (σ_{opt}), Urbach energy (Eu) and optical dielectric constant (ϵ). The results showed that changes in microwave temperature could affect the optical parameter values of bidara leaf extract. The value of optical density (OD), reflectance (%R) and Urbach energy (Eu) increase with increasing absorption coefficient (α), while the value of the refractive index (n), optical conductivity (σ_{opt}), optical dielectric constant (ϵ) decreases by variable temperature and shift in absorption wavelength of bidara leaf extract. The increase and decrease in optical parameters were caused by changes in molarity properties and structural irregularities in the molecular properties of bidara leaf extract after microwave temperature treatment. The value of optical conductivity is based on the absorption coefficient (α), index of refraction (n) and speed of light, while the value of the optical dielectric constant (ϵ) is based on changes in the index of refraction (n) and the extension constant (k).

ABSTRAK: Daun bidara (*Zizyphus mauritania*) yang telah di ekstrak dan di iradiasi dengan metode *microwave* pada suhu 150 °C, 200 °C dan 250 °C menghasilkan nilai parameter densitas optik (OD), reflektansi (%R), indeks bias (n), koefisien ekstensi (k), konduktivitas optik (σ_{opt}), energi Urbach (Eu) dan konstanta dielektrik (ϵ) optik. Hasil penelitian menunjukkan perubahan suhu *microwave* dapat mempengaruhi nilai parameter optik dari ekstrak daun bidara. Nilai densitas optik (OD), reflektansi (%R) dan energi Urbach (Eu) meningkat seiring bertambahnya koefisien absorpsi (α), sedangkan nilai indeks bias (n), konduktivitas optik (σ_{opt}), Konstanta dielektrik optik (ϵ) menurun berdasarkan variabel suhu dan pergeseran panjang gelombang absorpsi ekstrak daun bidara. Peningkatan dan penurunan parameter optik disebabkan oleh perubahan sifat molaritas serta ketidak-teraturan struktural sifat molekul ekstrak daun bidara setelah perlakuan suhu *microwave*. Nilai konduktivitas optik (σ_{opt}) berdasarkan koefisien absorpsi (α), indeks bias (n), kecepatan cahaya, sedangkan nilai konstanta dielektrik optik (ϵ) berdasarkan perubahan indeks bias (n) dan konstanta ekstensi (k).

Kata Kunci: Daun bidara, konduktivitas optik, microwave

PENDAHULUAN

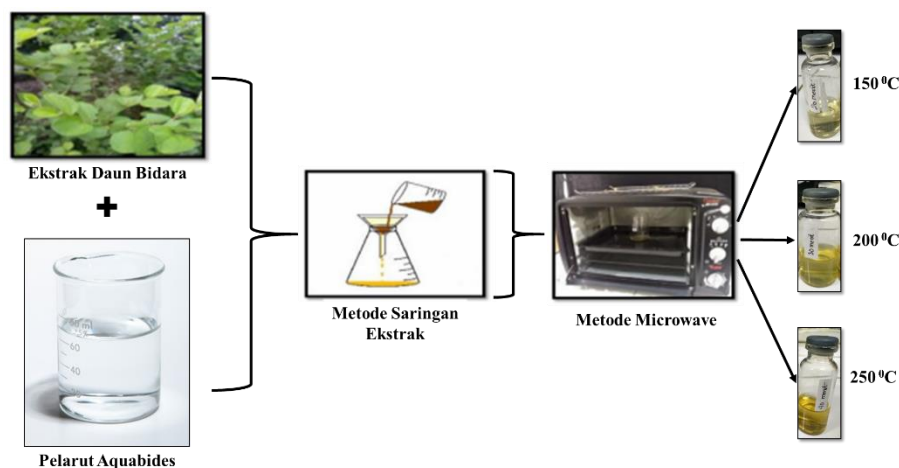
Daun bidara atau *Zizyphus mauritania* adalah tumbuhan yang biasanya berukuran kecil. Tumbuhan ini sangat bermanfaat pada bagian daun (Usman et al., 2021) dan buahnya (Intan et al., 2021) yang sering digunakan untuk membuat obat-obatan. Daun bidara mengandung bahan kimia yang dapat mendeteksi senyawa antioksidan (Sakka & Muin, 2022). Pohon daun bidara merupakan salah satu tanaman yang namanya muncul dalam Al-Qur'an sebagai tanaman yang baik (Majid, 2023). Dalam kehidupan nyata, daun bidara bermanfaat bagi semua kalangan. Daun bidara digunakan untuk mencegah gangguan ilmu gaib dan jin dalam prosesi rukiah dan kebutuhan lainnya sesuai sunnah Nabi (Ashabulyamin et al., 2022). Ekstrak daun bidara memiliki beberapa sifat kimia (Aisyah et al., 2020), fisika (Ulfa et al., 2021) dan biologi (Kurnia et al., 2021). Sifat fisika diantaranya adalah penyerapan (absorpsi) sinar Ultra Violet (UV) dan cahaya tampak (*Visible light*) dengan metode spektroskopi. Serapan cahaya tersebut akan terdeteksi pada panjang gelombang dan energi cahaya tertentu. Perbedaan sifat fisika optik tersebut ditentukan berdasarkan metode sintesis dan perlakuan pada daun bidara.

Perkembangan sintesis senyawa kimia daun bidara telah banyak dilakukan oleh para peneliti, diantaranya adalah menggunakan radiasi gelombang mikro (*Microwave Assisted Organic Synthesis*) (Rahman et al., 2021). Penelitian dengan metode sintesis menggunakan gelombang mikro (*microwave*) mulai berkembang secara besar-besaran karena metode ini menggunakan teknologi radiasi gelombang elektromagnetik untuk mensintesis bahan organik dan bukan organik. Pada dasarnya metode ini menerapkan prinsip operasional transfer energi ekstra untuk menjamin kelangsungan reaksi radiasi gelombang mikro terhadap bahan daun bidara. Pada penelitian ini, ekstrak daun bidara menggunakan aquabides sebagai pelarut non-kimia dengan metode padat-cair. Karakteristik sifat optik daun bidara diukur menggunakan spektroskopi UV Vis pada rentang panjang gelombang 200-800 nm.

Parameter sifat optik yang dikaji pada penelitian adalah spektra densitas optik (OD) (Fitriawati et al., 2008), reflektansi (%R) (Indrayana & Putra, 2020), koefisien ekstingsi (k) (Mahdhi et al., 2015), indeks bias (n) (Permana et al., 2016), konduktivitas optik (σ) (El Hachmi & Manoun, 2023), energi urbach (E_u) (Ahmad et al., 2009), konstanta dielektrik dan kehilangan dielektrik (*dielectrical loss*) (Bourguiba et al., 2016). Densitas Optik merupakan rasio logaritma radiasi yang mengenai bahan (padat dan cair) terhadap radiasi yang ditransmisikan melalui bahan tersebut (Myers et al., 2013). Reflektansi merupakan rasio antara intensitas cahaya yang dipantulkan, sehingga nilai reflektansi berhubungan dengan transmitansi (%T) dan koefisien absorpsi (α) (Nuryadin & Nasution, 2015). Konstanta dielektrik adalah kemampuan suatu bahan untuk menyimpan energi listrik, sedangkan energi urbach (E_u) adalah parameter transpor elektron dalam semikonduktor yang tidak teratur secara struktural. Parameter optik tersebut sangat penting dioptimisasi dan dianalisis agar dapat berfungsi maksimal sebagai penguat pada sifat fisika optik daun

bidara. Hasil penelitian diharapkan dapat menunjukkan perubahan suhu *microwave* dapat mempengaruhi nilai parameter-parameter optik ekstrak daun bidara.

METODE PENELITIAN



Gambar 1. Metode ekstrak dan sintesis daun bidara menggunakan *microwave*.

Tanaman daun bidara (*Ziziphus mauritiana*) merupakan daun bidara yang segar dan tidak kering serta pelarut yang digunakan adalah aquabides. Prosedur sintesis diperlihatkan pada gambar 1. Penggunaan suhu *microwave* adalah 150 °C (20 menit), 200 °C (30 menit) dan 250 °C (30 menit). Daun bidara dicuci bersih dengan air, lalu didiamkan dan dijemur selama 12 jam. Kemudian dihaluskan dan 3 gram daun bidara ditambahkan aquabides 100 ml. Menggunakan blender untuk menghomogenkan campuran daun bidara dengan aquabides. Setelah proses pencampuran, maka dilanjutkan dengan proses penyaringan dengan menggunakan kertas saring dan gelas kimia. Proses iradiasi terhadap larutan ekstrak daun bidara dilakukan berdasarkan pengontrolan waktu dan suhu *microwave* (gambar 1).

Hasil iradiasi *microwave* dalam bentuk serbuk (padatan) untuk masing-masing sampel dihomogenkan kembali dengan menambahkan 80 ml aquabides. Campuran sampel tersebut diendapkan selama 24 jam untuk memisahkan larutan dengan padatan. Pengukuran sifat optik ekstrak daun bidara menggunakan spektrofotometer UV-Vis (*Varian Cary 50*). Hasil pengukuran dalam bentuk data spektrum panjang gelombang (nm) terhadap absorbansi (a.u). Nilai densitas optik (OD) diformulasikan menggunakan persamaan (1). Metode pengukuran spektrum yang digunakan adalah absorpsi sehingga data pengukuran adalah absorbansi atau densitas optik (*Optical Density*, OD).

Spektra reflektansi diformulasikan menggunakan persamaan (2), dimana nilai T adalah transmitansi (%T) dan A adalah nilai absorbansi (Abs). Akumulasi nilai indeks bias (n) menggunakan hasil reflektansi (%R) pada persamaan (3), sementara nilai koefisien ekstensi (k) menggunakan persamaan (4) dengan cara melibatkan nilai koefisien absorpsi (α) dan panjang gelombang (λ) pada ekstrak daun bidara. Nilai konduktivitas optik (σ_{opt}) berdasarkan nilai indeks bias (n) dan koefisien absorpsi (α) pada persamaan (5). Koefisien penyerapan terkait dengan parameter urbach menggunakan persamaan (6). Energi urbach (E_u) ditentukan dengan memplot $\ln(\alpha)$ versus energi foton ($h\nu$).

$$\alpha = 2.3 \frac{OD}{d} \quad (1)$$

$$R = 1 - (T + A) \quad (2)$$

$$R = \frac{(n-1)^2}{(n+1)^2} \quad (3)$$

$$k = \frac{\alpha\lambda}{4\pi} \quad (4)$$

$$\sigma_{opt} = \frac{\alpha nc}{4\pi} \quad (5)$$

$$\ln \alpha = \ln \alpha_0 + \left(\frac{h\nu}{E_u} \right) \quad (6)$$

Penentuan nilai konstanta dielektrik terbagi atas dua bagian, ϵ_1 (*real dielectric constant*) dan ϵ_2 (*imaginary dielectric constant*). Nilai ϵ_1 dan ϵ_2 dari konstanta dielektrik dapat dihitung dari koefisien ekstensi (k) dan indeks bias (n). Nilai ϵ_1 ditentukan dengan menggunakan persamaan (7) dan ϵ_2 menggunakan persamaan (8). Nilai kehilangan dielektrik ($\tan(\delta)$) (*dielectrical loss*) menggunakan persamaan (9). $\tan(\delta)$ adalah ukuran dari tingkat kehilangan daya mekanis seperti osilasi dalam sistem disipatif.

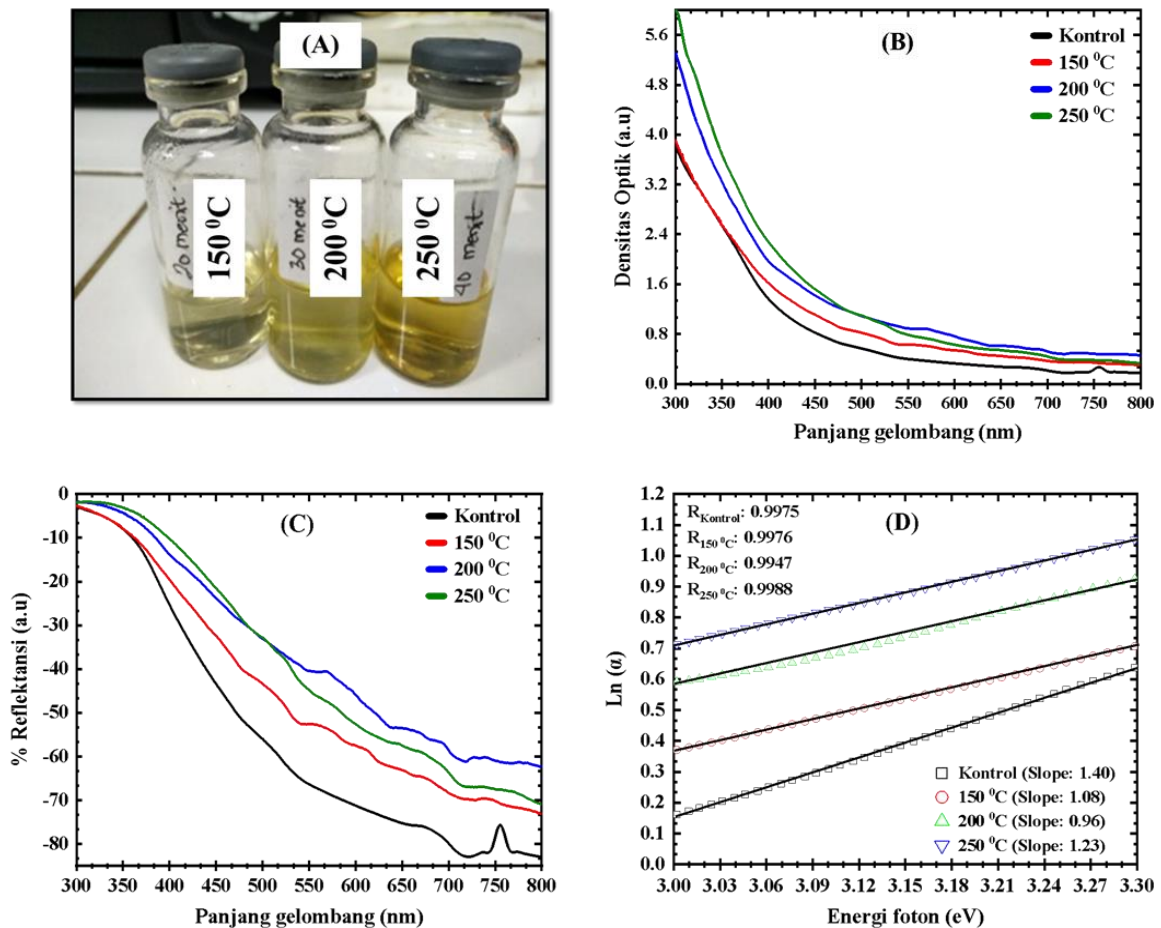
$$\epsilon_1 = n^2 - k^2 \quad (7)$$

$$\epsilon_2 = 2nk \quad (8)$$

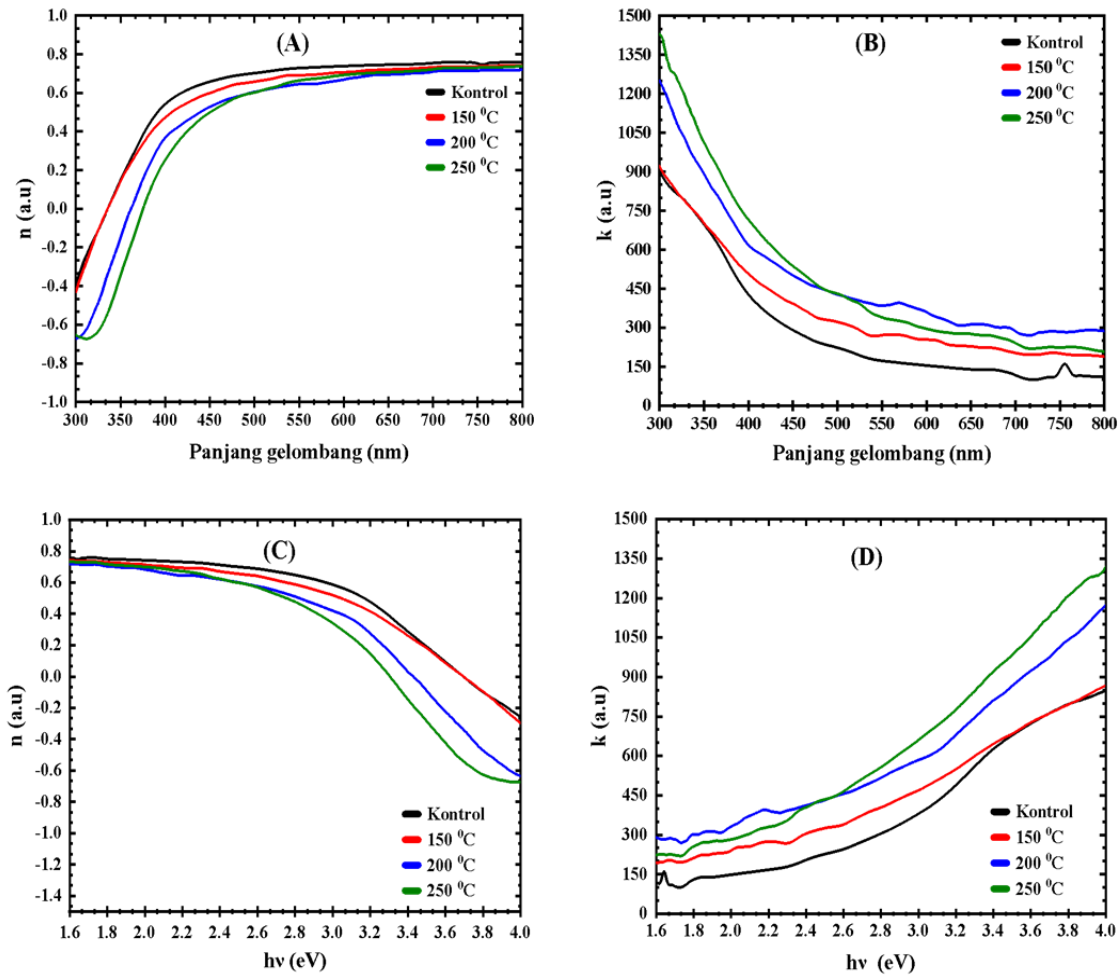
$$\tan \delta = \frac{\epsilon_2}{\epsilon_1} \quad (9)$$

HASIL DAN PEMBAHASAN

Sifat optik ekstrak daun bidara pada perlakuan suhu disajikan dengan memplotkan kurva hubungan antara panjang gelombang (λ) terhadap nilai densitas optik (OD) dan nilai reflektansi (%R). Hasil penelitian menunjukkan adanya perbedaan panjang gelombang (λ) pada spektrum UV-Vis sehingga nilai parameter pengukuran berubah berdasarkan suhu *microwave*. Persamaan (1) adalah metode untuk menentukan nilai densitas optik (OD). Nilai dan spektrum densitas optik (OD) diperlihatkan pada gambar 2 (B), sedangkan persamaan (2) adalah metode penentuan nilai dan spektrum reflektansi (%R) pada gambar 2 (C). Koefisien penyerapan (α) terkait dengan parameter urbach menggunakan persamaan (6). Energi urbach (E_u) ditentukan dengan memplot energi foton ($h\nu$) terhadap $\ln(\alpha)$ seperti ditunjukkan pada gambar 2 (D). Gambar 2 (A) mempresentasikan bentuk fisik ekstrak daun bidara dengan setelah perlakuan suhu *microwave* dan penambahan aquabides untuk homogenitas sampel.

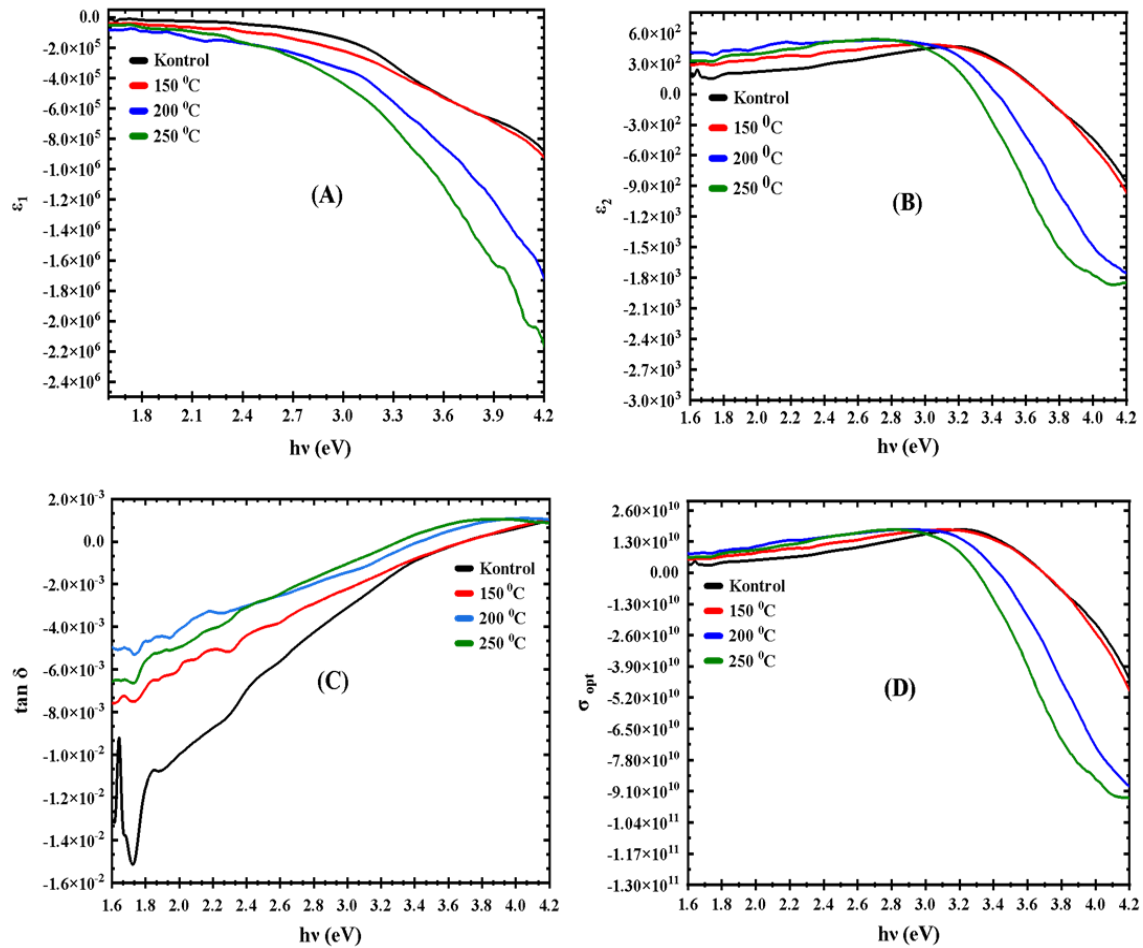


Gambar 2. (A) Hasil sintesis dengan variasi suhu *microwave*, (B) kurva hubungan panjang gelombang terhadap densitas optik, (C) kurva hubungan panjang gelombang terhadap reflektansi, dan (D) kurva hubungan energi foton ($h\nu$) terhadap $\ln(\alpha)$ pada daun bidara.



Gambar 3. Kurva hubungan panjang gelombang terhadap (A) indeks bias (n), (B) koefisien ekstensi (k) dan (C) kurva hubungan energi foton ($h\nu$) terhadap indeks bias (n), (D) koefisien ekstensi (k).

Pada dasarnya penyerapan foton terjadi ketika elektron pada pita valensi tereksitasi dan masuk ke pita konduksi, sehingga terdapat elektron bebas pada pita konduksi dan lubang pada pita valensi. Eksitasi dan penyerapan terjadi ketika energi foton lebih besar dari energi gap. Dari spektra absorpsi optik dapat ditentukan nilai energi gap, energi urbach, indeks bias (n), dan koefisien ekstensi. Gambar 3 secara umum menunjukkan perubahan nilai spektrum dan energi ($h\nu$) berdasarkan suhu *microwave* sampel daun bidara.



Gambar 4. Kurva hubungan energi ($h\nu$) terhadap (A) konstanta dielektrik real (ϵ_1), (B) konstanta dielektrik dielektrik imajiner (ϵ_2), (C) kehilangan dielektrik/dielectrical loss (δ), dan (D) konduktivitas optik (σ_{opt}).

Nilai indeks bias (n) memperlihatkan hubungan parameter suhu (berdasarkan panjang gelombang absorpsi dan energi foton yang terserap. Grafik hubungan indeks bias (n) terhadap panjang gelombang (λ) pada gambar 3 (A) dan 3 (C) terhadap energi foton ($h\nu$). Koefisien ekstensi (k) adalah karakteristik optik dalam penentuan seberapa kuat suatu bahan (ekstrak daun bidara pada suhu *microwave*) menyerap cahaya pada panjang gelombang tertentu. Gambar 3 (B) dan (D) menunjukkan perubahan spektrum dan nilai koefisien ekstensi (k) berdasarkan panjang gelombang dan energi foton ($h\nu$) yang dihasilkan. Perhitungan nilai koefisien ekstensi (k) melibatkan koefisien absorpsi dan panjang gelombang pada serapan cahaya UV-Vis daun bidara (persamaan (4)). Pada absorpsi dalam wilayah ultraviolet (UV) dan cahaya tampak (*Visible Light*) terjadi penyerapan atom. Spektra absorpsi optikal pada penelitian adalah metode yang digunakan

untuk mempelajari nilai transisi optikal dan memberikan informasi mengenai densitas optik (OD), reflektansi (%R), indeks bias (n), koefisien ekstensi (k), konduktivitas optik (σ_{opt}), serta nilai konstanta di elektrik (ϵ) pada masing-masing sampel daun bidara (gambar 4).

Tabel 1. Data hasil perhitungan parameter optik (OD, %R, Eu, n, dan k) pada suhu *microwave*.

Variabel Suhu ($^{\circ}\text{C}$)	Parameter Optik				
	OD Densitas Optik (a.u)	%R Reflektansi (a.u)	Eu Energi Urbach (eV)	n Indeks Bias (a.u)	K Koef.Ekstensi (a.u)
Kontrol	1.64	-44.29	0.71	-0.66	889.46
150	1.69	-49.66	0.92	-0.68	916.58
200	2.28	-191.82	1.03	-0.84	1236.57
250	2.61	-408.99	0.81	-0.89	1415.55

Tabel 1 dan 2 merupakan data hasil perhitungan parameter optik berdasarkan suhu *microwave*. Tabel 1 adalah nilai densitas optik (OD), reflektansi (%R), energi urbach (Eu), indeks bias (n), dan koefisien ekstensi (k). Nilai densitas optik (OD) dan koefisien ekstensi (k) menunjukkan perubahan secara linier. Nilai tersebut dipengaruhi oleh suhu *microwave* yang mengindikasikan bahwa semakin tinggi suhu maka semakin besar nilai parameter optik yang dimilikinya. Nilai reflektansi (%R) dan indeks bias (n) memperlihatkan penurunan yang signifikan berdasarkan variabel suhu *microwave*. Semakin tinggi suhu maka semakin kecil nilai parameter optik tersebut. Nilai parameter optik untuk energi urbach (Eu) terlihat berubah pada suhu 250°C (0.81 eV) setelah nilai sebelumnya berturut-turut linier (0.71 eV), (0.92 eV) dan (1.03 eV).

Tabel 2. Data hasil perhitungan parameter optik (ϵ_1 , ϵ_2 , $\tan(\delta)$ dan σ_{opt} .) pada suhu *microwave*.

Variabel Suhu ($^{\circ}\text{C}$)	Parameter Optik			
	ϵ_1 Konstanta Dielektrik Real (10^{-5})	ϵ_2 Konstanta Dielektrik Imajiner (10^{-3})	$\tan(\delta)$ Nilai Elektrik Hilang (10^{-3})	σ_{opt} Konduktivitas Optik (10^{10})
Kontrol	-79.11	-11.74	1.484	-5.87
150	-84.01	-12.46	1.483	-6.23
200	-152.91	-20.77	1.358	-10.38
250	-200.37	-25.19	1.257	-12.59

Apabila suhu *microwave* semakin besar maka beda energi antar pita semakin besar, sehingga frekuensi elektron untuk melakukan transisi energi tersebut semakin bersesuaian dengan frekuensi foton, berdasarkan persamaan (6). Ketika nilai $\text{Ln } \alpha=0$ eV, maka nilai energi foton (hv) sama dengan energi urbach (Eu). Energi urbach (Eu) merupakan pembeda energi foton (hv) antar pita-pita absorpsi yang berada dalam daerah antara pita valensi dan pita konduksi. Energi urbach (Eu) juga dapat terjadi akibat dari proses distribusi kation

pada ekstrak daun bidara karena pengaruh suhu *microwave* sehingga menyebabkan terjadinya migrasi kation. Penurunan energi urbach (Eu) pada ekstrak daun bidara dengan perlakuan suhu *microwave* kemungkinan disebabkan meningkatnya molaritas pada ekstrak tersebut sehingga menjadi lebih stabil dan homogen. Kenaikan energi urbach (Eu) disebabkan karena meningkatnya ketidak-teraturan struktural sifat molekul pada ekstrak daun bidara tersebut. Ketidakteraturan disebabkan karena meningkatnya suhu *microwave*. Nilai energi urbach (Eu) yang tinggi juga mengindikasikan bahwa sampel tersebut memiliki kepadatan yang rendah, terlihat dari nilai densitas optik (OD) yang semakin besar dengan bertambahnya suhu *microwave*.

Konduktivitas optik (σ_{opt}) adalah salah satu besaran penting yang menggambarkan sifat optik bahan. Nilai konduktivitas optik sebagai fungsi energi foton untuk suhu *microwave* terlihat berbeda (tabel 2). Nilai konduktivitas optik semakin kecil dengan bertambahnya suhu *microwave* karena semakin besar suhu tersebut yang diabsorpsi oleh ekstrak daun bidara. Nilai konduktivitas optik ekstrak daun bidara semakin kecil dengan bertambahnya suhu *microwave* tersebut. Secara matematis, hubungan konduktivitas optik dan indeks bias (n) serta koefisien absorpsi (α) telah disajikan melalui persamaan (5). Variasi konstanta dielektrik (ϵ_1) dan (ϵ_2) sebagai fungsi koefisien absorpsi terlihat pada suhu *microwave* yang berbeda disajikan dalam gambar 4 (A) dan (B). Terlihat bahwa bagian (ϵ_1) dan (ϵ_2) mengikuti pola yang sama, sebaliknya nilai (ϵ_1) lebih rendah dari nilai (ϵ_2) dan kedua nilai tersebut terlihat semakin menurun dengan perubahan suhu *microwave*. Nilai elektrik hilang atau *dielectric loss* ($\tan(\delta)$) dalam semua bahan dielektrik, biasanya dalam bentuk panas. Faktor disipasi ($\tan(\delta)$) adalah ukuran dari parameter kehilangan energi dalam bentuk mekanik. Terlihat pada tabel 2 nilai $\tan(\delta)$ semakin menurun karena bertambahnya suhu *microwave*. Disipasi merupakan energi yang hilang pada suatu sistem sehingga proses iradiasi oleh *microwave* memiliki pengaruh terhadap ekstrak daun bidara.

SIMPULAN

Karakteristik konstanta dan konduktivitas optik berubah oleh suhu *microwave* yang berbeda. Perubahan tersebut terlihat secara numerik dengan menggunakan persamaan densitas optik (OD), reflektansi (%R), indeks bias (n) dan koefisien ekstensi (k). Energi urbach (Eu) meningkat pada saat suhu 150 °C dan 200 °C setelah suhu kontrol dan turun pada suhu 250 °C. Hal ini disebabkan oleh sifat molaritas dan molekul ekstrak daun bidara setelah perlakuan suhu *microwave*. Nilai konstanta optik (ϵ_1) dan (ϵ_2) berubah berdasarkan indeks bias (n) dan koefisien ekstensi (k). Nilai tersebut berubah berdasarkan sifat dielektrik real dan imajiner pada ekstrak daun bidara yang menunjukkan nilai negatif lebih dominan, sehingga sifat anion (negatif) terlihat lebih banyak daripada kation (positif). Konduktivitas optik berubah berdasarkan suhu *microwave* secara linieritas yang mengindikasikan sifat optik ekstrak daun bidara dipengaruhi oleh absorpsi spektrum UV (Ultra Violet) 200-400 nm, *Visible Light* (cahaya tampak) 400-750 nm, nilai indeks bias (n) dan kecepatan cahaya.

DAFTAR PUSTAKA

- Ahmad, J., Yu, J., & Arai, Y. **2009**. Effect of Ca -Substitution on the Optical Band Gap and Urbach Energy of BaTi_2O_5 Bulk Glass. *Modern Physics Letters B*, 23 (25), 3045–3052.
- Aisyah, N., Harahap, M. R., & Arfi, F. **2020**. Analisis Fitokimia dan Uji Aktivitas Antibakteri Ekstrak.
- Ashabulyamin, C, I., Fikra, H., & Dadah. **2022**. Analisis Tren Pengobatan Ruqyah dengan Daun Bidara: Studi Takhrij dan Syarah Hadis Pendekatan Kontemporer. The 2nd Conference on Ushuluddin Studies. Gunung Djati Conference Series, Volume 8.
- Bourguiba, F., Dhahri, A., Tahri, T., Taibi, K., Dhahri, J., & Hlil, E. K. **2016**. Structural, optical spectroscopy, optical conductivity and dielectric properties of $\text{BaTi}_{0.5}(\text{Fe}_{0.33}\text{W}_{0.17})\text{O}_3$ perovskite ceramic. *Bulletin of Materials Science*, 39 (7), 1765–1774.
- El Hachmi, A., & Manoun, B. **2023**. Complex dielectric, electric modulus, impedance, and optical conductivity of $\text{Sr}_{3-x}\text{Pb}_x\text{Fe}_2\text{TeO}_9$ ($x=1.50, 1.88$ and 2.17). *International Journal of Materials Research*, 114 (2), 100–111.
- Fitrilawati, F., Abdussalam, W., Syamsiar, Y. S., Susilawati, T., & Hidayat, R. **2008**. Pengaruh Dopan pada Sifat Optik Poli(heksil tiofen). *Jurnal Fisika dan Aplikasinya*, 4 (1), 080103.
- Indrayana, I. P. T., & Putra, R. A. **2020**. Pengaruh Konsentrasi Doping Zn^{2+} Terhadap Nilai Konstanta Optik Nanopartikel $\text{Mn}_{1-x}\text{Zn}_x\text{Fe}_2\text{O}_4$. 2 (01).
- Intan, A. E. K., Zuhro, F., & Ramadhani, R. L. **2021**. Pharmacological Activities of *Ziziphus Maritiana*.
- Permana, I., Budi, E., Sahar, Md. R., & Buchori, P. A., **2016**. Karakterisasi Sifat Fisik dan Absorpsi Optik Sistem Kaca $\text{ZnO} - \text{MgO-P}_{205}$ Menggunakan Teknik Melt Quenching. *Spektra: Jurnal Fisika dan Aplikasinya*, 1 (1), 61–68.
- Kurnia, B., Lily, S., & Suharno, R. E. **2021**. Analysis of sea bidara leaf (*Ziziphus mauritiana*) ethanol extract biorespon on hydrophobicity and phospholipase of *Streptococcus pyogenes* cell surface in tonsillitis isolate. *Bali Medical Journal*, 10 (2), 572–578.
- Mahdhi, H., Ben Ayadi, Z., Gauffier, J. L., Djessas, K., & Alaya, S. **2015**. Effect of sputtering power on the electrical and optical properties of Ca-doped ZnO thin films sputtered from nanopowders compacted target. *Optical Materials*, 45, 97–103.
- Majid, A. F. **2023**. Pohon Bidara (*Ziziphus mauritiana* Lamk) dalam Tafsir Al- Qur'an serta Analisis Manfaatnya sebagai Obat Anti-Kanker Alami.
- Myers, J. A., Curtis, B. S., & Curtis, W. R. **2013**. Improving accuracy of cell and chromophore concentration measurements using optical density. *BMC Biophysics*, 6 (1), 4.
- Nuryadin, B. W., & Nasution, J. A. H. **2015**. Pengembangan Lapisan Tipis Tembaga Oksida Sebagai Beam Divider pada Perangkat Praktikum Fisika (Optika) di Madrasah/sekolah. 2.

- Rahman, A., Tan, A. L., Harunsani, M. H., Ahmad, N., Hojamberdiev, M., & Khan, M. M. **2021**. Visible light induced antibacterial and antioxidant studies of ZnO and Cu-doped ZnO fabricated using aqueous leaf extract of *Ziziphus mauritiana* Lam. *Journal of Environmental Chemical Engineering*, 9 (4), 105481.
- Sakka, L., & Muin, R. **2022**. Identifikasi Kandungan Senyawa Antioksidan Ekstrak Daun Bidara (*Ziziphus mauritiana* Lamk.) Dengan Menggunakan Metode DPPH. *Journal Syifa Sciences and Clinical Research*, 4 (1), 92–100.
- Ulfa, M., Trisunaryanti, W., & Nikmah, Y. N. **2021**. Graphitic microporous carbon (GMiC) prepared using bidara leaf powder (*Ziziphus mauritiana*) as a natural template. 040040.
- Usman, S., Firawati, F., & Zulkifli, Z. **2021**. Effectiveness of Bidara Leaf Extract (*Ziziphus mauritiana* L.) on Skin Due to Burns in Various Variants of Extract Concentration Against Rabbit (*Oryctolagus cuniculus* L.) Test Animals. *Jurnal Sains dan Kesehatan*, 3 (3), 430–436.