

Analisis Struktur Film Tipis Disperse Orange-3 Hasil FTIR

Olivia Kombongkila^{1)*}, Heindrich Taunaumang²⁾, Farly Tumimomor³⁾

¹Program Studi Fisika, Universitas Negeri Manado, Kabupaten Minahasa, 95618, Indonesia

E-mail: oliviakombongkila05@gmail.com

Diterima 15 Maret 2024; Disetujui 30 April 2024

ABSTRAK

Lapisan tipis merupakan material yang melapisi suatu substrat dengan ketebalan tidak lebih dari 10 μm . Teknologi lapisan tipis sudah banyak mengalami perkembangan, baik dari segi cara pembuatan, bahan yang digunakan dan aplikasinya dalam teknologi. Rumus linier molekul disperse orange-3 (DO3) adalah sebagai berikut: $\text{NO}_2\text{NC}_6\text{H}_4\text{N}=\text{NC}_6\text{H}_4\text{NH}_2$ dan berat molekul ini adalah 242,23. Tujuan dari penelitian ini adalah Untuk mengetahui struktur molekul pada film tipis DO3 hasil FTIR. Hasil yang diperoleh adalah bilangan gelombang 3434 cm^{-1} terdapat struktur molekul O-H, 3404 cm^{-1} dengan struktur molekul O-H, 3128 cm^{-1} dengan struktur molekul N-H, 2927 cm^{-1} dengan struktur molekul C-H, 1641 cm^{-1} struktur molekul C=C, 1600 cm^{-1} terdapat struktur molekul C=C, 1513 cm^{-1} terdapat struktur molekul NO_2 , 1456 cm^{-1} dengan struktur molekul C-H, bilangan gelombang 1425 cm^{-1} terdapat struktur molekul C-H, 1393 cm^{-1} struktur molekul N=N, 1342 cm^{-1} struktur molekul NO_2 , 1139 cm^{-1} terdapat struktur molekul C-N, 1133 cm^{-1} struktur molekul C-N, 1107 cm^{-1} struktur molekul C-N, 1043 cm^{-1} struktur molekul C-O, 856 cm^{-1} struktur molekul C-H, 831 cm^{-1} terdapat struktur molekul C-H, 754 cm^{-1} struktur molekul C-H, dan 658 cm^{-1} dengan struktur molekul C-C.

Kata kunci : Film Tipis, DO3, Struktur Molekul, FTIR.

ABSTRACT

A thin film is a material that coats a substrate with a thickness of not more than 10 μm . Thin film technology has undergone many developments, both in terms of the method of manufacture, the materials used and their application in technology. The linear formula of the DO3 molecule is as follows: $\text{NO}_2\text{NC}_6\text{H}_4\text{N}=\text{NC}_6\text{H}_4\text{NH}_2$ and molecular weight of this is 242.23. The purpose of this study was to determine the molecular structure of the FTIR-resulted DO3 thin films. The result of this research was wave number 3434 cm^{-1} has O-H molecular structure, 3404 cm^{-1} has O-H molecular structure, 3128 cm^{-1} has N-H molecular structure, 2927 cm^{-1} has C-H molecular structure, 1641 cm^{-1} has C=C molecular structure, 1600 cm^{-1} has C=C molecular structure, 1513 cm^{-1} has C=C molecular structure molecule [NO] _2, 1456 cm^{-1} has a molecular structure C-H, 1425 cm^{-1} has a molecular structure C-H, 1393 cm^{-1} has a molecular structure N=N, 1342 cm^{-1} has a molecular structure NO_2 , 1139 cm^{-1} has a molecular structure C-N, 1133 cm^{-1} has a molecular structure C-N molecule, 1107 cm^{-1} has a C-N molecular structure, 1043 cm^{-1} has a C-O molecular structure, 856 cm^{-1} has a C-H molecular structure, 831 cm^{-1} has a C-H molecular structure, 754 cm^{-1} has a C-H molecular structure, and 658 cm^{-1} has a C-C molecular structure.

Keywords : Thin Film, DO3, Molecular Structure, FTIR.

1. PENDAHULUAN

Lapisan tipis merupakan material yang melapisi suatu substrat dengan ketebalan tidak lebih dari 10 μm (Amananti, 2015). Teknologi lapisan tipis sudah banyak mengalami perkembangan, baik dari segi cara pembuatan, bahan yang digunakan dan aplikasinya dalam teknologi. Lapisan tipis

dapat berupa bahan organik, anorganik, metal, maupun campuran metal-organik yang dapat memiliki sifat konduktor, semikonduktor, superkonduktor, maupun isolator (Lidia et al., 2018).

Teknologi film tipis adalah salah satu teknologi mikroelektronika yang

digunakan untuk fabrikasi sensor. Cara kerja dari teknologi ini adalah pembuatan film tipis berbahan logam, semikonduktor atau polimer yang kemudian digunakan untuk fabrikasi sensor. Proses fabrikasi sensor dengan teknologi film tipis memanfaatkan film tipis dengan ukuran mikrometer dengan metode penumbuhan secara penguapan, kimia maupun fisika. Metode penumbuhan yang umum dalam teknologi film tipis antara lain epitaksi sinar molekul, pelapisan listrik, oksidasi, semprot pirolisis, pengendapan uap kimia, atau pembersitan (Abidin et al., 2021; Bayuwati & Suryadi, 2006; Saragih et al., 2006).

Film tipis molekul organik berbasis azobenzene seperti DR1, DR19 dan Sudan III sudah menjadi objek penelitian dan terus dikembangkan untuk menghasilkan material yang unggul untuk aplikasi sensor gas (Lalo et al., 2021; Wakary et al., 2020). Molekul berbasis azobenzene sangat responsif yakni mudah mengalami deformasi ketika dikenakan cahaya atau berinteraksi dengan molekul yang lain. Perubahan konformasi gugus azo pada molekul azobenzene (trans-cis) merupakan mekanisme yang berpengaruh pada perubahan karakteristik optik seperti absorbansi, reflektansi dan indeks bias. Demikian juga molekul gugus ujung molekul tersebut di atas memiliki gugus ujung OH maka sangat mudah mengikat molekul lain melalui ikatan hidrogen. Perubahan absorbansi atau reflektansi dari film tipis berbasis azobenzene adalah fenomena yang berhubungan dengan perubahan lingkungan film atau kehadiran molekul lain seperti gas melalui interaksinya (interaksi dipol) atau interaksi van der Waals.

Melalui fabrikasi film dengan menggunakan metode PVD molekul pada film akan terorientasi tegak lurus pada permukaan film atau paralel permukaan substrat sangat bergantung pada kondisi evaporasi dan struktur molekul yang dikembangkan dalam penelitian ini. Dengan demikian susunan molekul dalam film lebih

teratur. Diharapkan terjadi agregasi molekul dengan tipe H. Dengan pengaturan tekanan tingkat kevakuman pada bilik evaporator diharapkan pula akan terjadi variasi susunan dan orientasi molekul.

2. KAJIAN LITERATUR

Film Tipis

Teknologi film tipis sudah dikenal berpuluh-puluh tahun di industri besar maupun kecil. Proses teknologi film tipis terus dikembangkan sampai sekarang dengan menggunakan proses-proses modifikasi terbaru untuk tujuan penghematan bahan baku dan biaya produksi dengan kualitas yang baik. Sejalan dengan perkembangan teknologi film tipis, para peneliti mulai mencari material-material lain sebagai alternatif dari material yang sudah dikomersilkan. Material DO3 menjadi salah satu material menarik untuk diteliti.

Film tipis yang digunakan untuk fabrikasi sensor dibuat melalui fotolitografi. Resolusi layar dari film tipis ditentukan oleh proses fotolitografi. Umumnya, resolusi film tipis untuk fabrikasi sensor berukuran antara lima hingga sepuluh mikrometer. Saat ini skala resolusi film tipis telah dikembangkan ke ukuran nanometer dengan teknologi nanoteknologi.

Pembuatan film tipis memiliki manfaat yang sangat besar dalam dunia material, diantaranya adalah sebagai pelapisan bahan untuk menutupi kelemahan dari bahan yang dilapisi seperti anti korosi, persiapan material baru sebelum dipabrikasi serta dalam pengembangan material baru.

Ketebalan adalah perbedaan ketinggian antara lapisan dan substrat. Ketebalan juga dapat diestimasi secara tidak langsung, salah satunya dengan menggunakan teknik spektroskopi yaitu melalui pengukuran spektrum absorpsi atau transmisi. Prinsipnya adalah menggunakan interferensi yang terjadi pada lapisan tipis. Dengan cara ini, ketebalan diestimasi

melalui pola interferensi yang muncul pada spektrum yang diperoleh.

Disperse Orange-3 (DO3)

Senyawa azo adalah senyawa yang mengandung gugus fungsi $R-N=N-R$, di mana R dan R' dapat berupa aril atau arkil. IUPAC mendefinisikan senyawa azo sebagai turunan dari diazene (diimide), $HN=NH$, dimana kedua hydrogen di substitusi oleh gugus hidrokarbil, misalnya $PhN=NPh$ azobenzene atau diphenyldiazene. Turunan yang lebih stabil mengandung dua gugus aril. Gugus $N=N$ disebut gugus azo. Nama azo berasal dari azote, nama perancis untuk nitrogen yang berasal dari Bahasa Yunani a (bukan) dan zoe (hidup). Sebagian besar barang tekstil dan kuli berwarna diperlakukan dengan pewarna dan pigmen azo, sebagai pewarna dan pigmen. Sebagai akibat dari delokalisasi, senyawa aril azo memiliki warna yang cerah, terutama merah, jingga, dan kuning. Oleh karena itu warna tersebut di gunakan sebagai pewarna dan umumnya di kenal sebagai pewarna azo. Beberapa senyawa azo misalnya, jingga metal digunakan sebagai indicator asam basa karena perbedaan warna asam dan basanya. Pengembangan pewarna azo merupakan langkah penting dalam perkembangan industry kimia. Pigmen azo adalah partikel tidak berwarna, yang telah di warnai menggunakan senyawa azo.

Azobenzene memiliki dua kelompok fenil yang dihubungkan oleh sebuah kelompok azo. Azobenzene adalah senyawa azo aromatik prototipikal terutama sebagai isomer trans, tetapi setelah fotolisis diubah menjadi isomer cis. Senyawa azo aromatic dapat disintesis dengan menggunakan reaksi kopling azo, yang memerlukan reaksi substitusi elektrofilik dimana kation aril diazonium diserang oleh cincin aril lain, terutama yang tersubstitusi dengan gugus pendonor elektron.

FTIR

FTIR merupakan singkatan dari *Fourier-transform Infrared Spectroscopy*. Dalam Bahasa Indonesia, bisa juga disebut dengan Spektroskopi Inframerah Transformasi Fourier. FTIR adalah sebuah teknik untuk memperoleh spektrum inframerah dari penyerapan atau emisi zat padat, cair, atau gas. Secara sederhana, prinsip kerja FTIR adalah untuk mengidentifikasi senyawa,

mendeteksi gugus fungsi, dan menganalisis campuran dan sampel yang dianalisis.

Umumnya, FTIR lebih sering digunakan untuk mengidentifikasi senyawa organik, baik secara kuantitatif maupun kualitatif. Pada riset kuantitatif, FTIR dipakai untuk mengetahui konsentrasi analit dalam sampel. Sedangkan, FTIR pada riset kualitatif dimanfaatkan untuk mengidentifikasi gugus-gugus fungsional yang terkandung dalam suatu senyawa.

Spektroskopi mempelajari interaksi radiasi elektromagnetik dan unsur kimia, serta interaksi rangsangan elektronik, getaran molekul, atau orientasi putaran nuklir. Salah satu jenis spektroskopi adalah spektroskopi infra merah (IR) atau FTIR (*Fourier Transform Infrared spectroscopy*). Spektroskopi ini didasarkan pada vibrasi suatu molekul. Spektroskopi inframerah merupakan suatu metode yang mengamati interaksi molekul dengan radiasi elektromagnetik yang berada pada daerah panjang gelombang pada bilangan gelombang $7.500 - 350 \text{ cm}^{-1}$.

Fourier Transform Infrared (FTIR) spektrometri dikembangkan dalam rangka untuk mengatasi keterbatasan yang dihadapi dengan instrumen dispersif. Kesulitan utama dispersive IR adalah proses *scanning* yang lambat. Sebuah solusi dikembangkan menggunakan perangkat optik yang sangat sederhana, disebut interferometer. Interferometer menghasilkan jenis yang unik dari sinyal yang memiliki semua frekuensi inframerah “dikodekan” ke dalamnya. Sinyal dapat diukur dengan sangat cepat. Dengan demikian, waktu analisis per sampel direduksi menjadi hitungan beberapa detik.

Spektrum inframerah suatu molekul adalah hasil transisi antara tingkat energi getaran (vibrasi) yang berlainan. Inti – inti atom yang terikat oleh ikatan kovalen mengalami getaran (vibrasi) atau osilasi (oscillation), dengan cara serupa dengan dua bola yang terikat oleh suatu pegas.

Bila molekul menyerap radiasi inframerah, energi yang diserap menyebabkan kenaikan dalam amplitudo getaran atom – atom yang terikat itu. Jadi molekul ini berada dalam keadaan vibrasi tereksitasi (*excited vibrational state*). Energi yang diserap ini akan dibuang dalam bentuk panas bila molekul itu kembali ke keadaan dasar. Panjang gelombang eksak dari absorpsi oleh suatu tipe ikatan, bergantung pada macam getaran dari ikatan tersebut. Oleh

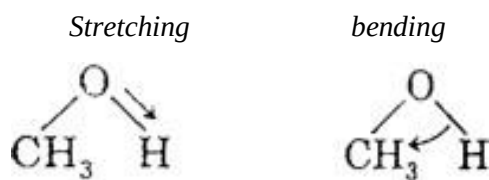
karena itu, tipe ikatan yang berlainan (C-H, C-C, C=O, C=C, O-H, dan sebagainya) menyerap radiasi inframerah pada panjang gelombang yang berlainan. Dengan demikian spektrometri inframerah dapat digunakan untuk mengidentifikasi adanya gugus fungsi dalam suatu molekul.

Banyaknya energi yang diserap juga beraneka ragam dari ikatan ke ikatan. Ini disebabkan sebagian oleh perubahan dalam momen dipol ($\mu \neq 0$) pada saat energi diserap. Ikatan nonpolar (seperti C-H atau C-C) menyebabkan absorpsi lemah, sedangkan ikatan polar (seperti misalnya, O-H, N-H, dan C=O) menunjukkan absorpsi yang lebih kuat. Penggunaan spektrum inframerah untuk elusidasi struktur senyawa organik umumnya antara 650 – 4.000 cm^{-1} (15,4-2,5 μm). Daerah dibawah frekuensi 650 cm^{-1} dinamakan inframerah jauh dan daerah di atas 4.000 cm^{-1} dinamakan inframerah dekat. Letak puncak serapan dapat dinyatakan dalam satuan frekuensi ν (detik⁻¹ atau Hz), panjang gelombang λ (μm), atau bilangan gelombang (wavenumber, cm^{-1}). Pada umumnya digunakan bilangan gelombang dan hanya sebagian kecil digunakan panjang gelombang atau frekuensi, kadang – kadang bilangan gelombang disebut juga frekuensi.

Sebuah ikatan dalam suatu molekul bisa mengalami berbagai vibrasi molekul. Umumnya, ada dua tipe vibrasi molekul.

- Stretching (vibrasi regang/ulur) adalah vibrasi sepanjang ikatan yaitu terjadi perpanjangan atau pemendekan ikatan.
- Bending (vibrasi lentur/tekuk) merupakan vibrasi yang disebabkan oleh sudut ikatan sehingga terjadi pembesaran atau pengecilan sudut ikatan. Gerakan vibrasi yang teramati dalam spektrum inframerah jika menghasilkan perubahan momen dipol ($\mu \neq 0$) sedangkan jika ($\mu = 0$) akan teramati dalam spektrum raman.

Vibrasi molekul *stretching* dan *bending* ditunjukkan pada Gambar 1.



Gambar 1. Vibrasi molekul

Dengan ini, suatu ikatan tertentu dapat menyerap energi lebih dari satu panjang gelombang. Daerah serapan inframerah beberapa ikatan kimia ditunjukkan pada Tabel 1.

Tabel 1. Daerah serapan inframerah beberapa ikatan kimia.

Tipe Ikatan	Daerah Serapan (cm^{-1})
C-C, C-O, C-N	1300-800
C=C, C=O, C=N, N=O	1900-1500
C $\equiv$ C, C $\equiv$ N	2300-2000
C-H, O-H, N-H	3800-2700

Oleh karena itu suatu ikatan tertentu dapat menyerap energi lebih dari satu panjang gelombang. Contohnya, ikatan O-H menyerap energi pada bilangan gelombang 3330 cm^{-1} ; energi pada panjang gelombang ini menyebabkan kenaikan vibrasi regang (stretching vibration) ikatan O-H itu. Suatu ikatan O-H itu juga menyerap pada kira – kira 1250 cm^{-1} ; energi pada panjang gelombang ini menyebabkan kenaikan vibrasi lentur (bending vibration). Tipe vibrasi yang berlain – lain ini disebut cara vibrasi fundamental (*fundamental mode of vibration*).

3. METODE PENELITIAN

Lokasi penelitian di Laboratorium Fisika Fakultas Matematika, Ilmu Pengetahuan Alam dan Kebumihan Universitas Negeri Manado, yang terletak di kecamatan Tondano Selatan kabupaten Minahasa Provinsi Sulawesi Utara. Alat dan bahan yang digunakan dalam penelitian ini antara lain Film Tipis DO3 hasil fabrikasi, FTIR, Laptop.

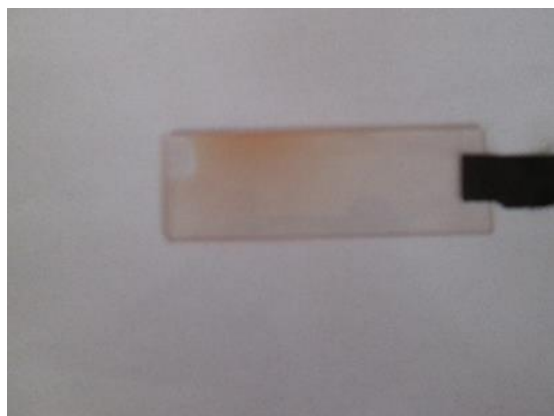
Penelitian ini diawali dengan mengidentifikasi masalah yang terjadi di lapangan, kemudian dilakukan studi literatur melalui buku, jurnal, artikel, internet berupa penelitian-penelitian yang terdahulu yang berkaitan dengan masalah yang terjadi di lapangan. Setelah itu, dilakukan pengambilan data di *control room*. Data yang telah dikumpulkan kemudian diolah dan untuk pengolahan data dilakukan dengan dua cara yaitu pengolahan data secara manual dan

pengolahan data dengan menggunakan *software*.

Hasil dari pengolahan data ini kemudian diinterpretasi dan di analisa. Langkah terakhir dari penelitian ini adalah menarik kesimpulan guna memberikan rekomendasi untuk perusahaan terkait.

4. HASIL DAN PEMBAHASAN

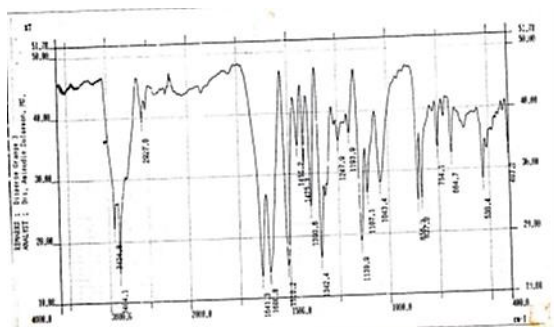
Hasil pembuatan Film Tipis Disperse Orange 3 (DO3), diperlihatkan pada Gambar 2.



Gambar 2. Film Tipis DO3

Hasil pengukuran dengan FTIR

Dari hasil fabrikasi film tipis kemudian dilakukan pengukuran menggunakan FTIR. Hasil dari pengukuran FTIR di dapatkan spectrum seperti pada Gambar 3 di bawah ini.



Gambar 3. Hasil karakterisasi FTIR

Dari Spektrum FTIR yang di hasilkan akan diketahui Struktur molekul DO3 yang di sajikan pada Tabel 2.

Tabel 2. Struktur Molekul DO3

Wavenumber (cm ⁻¹)	Absorption Peaks Intensity	Identification
3434	S	O-H (stretching) intermolecular bonding
3404	Vs	O-H (stretching) intermolecular bonding
3128	S, (shoulder)	N-H stretching
2927	W	C-H stretching
1641	Vs	C=C stretching
1600	Vs	C=C stretching
1513	Vs	NO ₂ stretching asym
1456	Vs	C-H stretching
1425	Vs	C-H stretching
1393	Vs	N=N (stretching)
1342	Vs	NO ₂ stretching asym
1139	Vs	C-N stretching in aromatic
1133	S	C-N stretching in aromatic
1107	M	C-N stretching in aromatic
1043	M	C-O stretching
856	S	C-H out of plane bending)
831	S	C-H out of plane bending)
754	M	C-H out of plane bending)
685	M	C-C ring (out of plane bending)

dengan:

vs : very Strong

s : strong

m : medium

w : weak

vw : very weak

vww : very very weak

Pada bilangan gelombang 3434 cm⁻¹ dihasilkan hydrogen bonding. Untuk Struktur molekul yang lain sudah di jelaskan dalam Tabel 2.

5. KESIMPULAN

Berdasarkan hasil penelitian yang sudah dilakukan dan dengan menggunakan karakterisasi Fourier Transform Infra Red (FTIR) dapat diperoleh struktur molekul pada film tipis disperse orange 3 (DO3).

6. REFERENSI

- Abidin, K., Malago, J. D., Noor, F. A., & Winata, T. (2021). Pengaruh Massa Source Terhadap Ketebalan Thin Film Melalui Deposisi Vacuum Thermal Evaporation. *JFT: Jurnal Fisika Dan Terapannya*, 8(1), 1. <https://doi.org/10.24252/jft.v8i1.21350>
- Bayuwati, D., & Suryadi. (2006). Penumbuhan Lapisan Tipis Oksida Timah dengan Teknik CVD-Pengkabut Ultrasonik. *Indonesian Journal of Materials Science*, 192–195.
- Lalo, H., Mongan, S., & Silangen, P. (2021). Studi Efek Permukaan Substrat Ito Pada Proses Deposisi Film Dr-19 Dengan Metode E-Pvd. *Jurnal FisTa : Fisika Dan Terapannya*, 2(1), 25–30. <https://doi.org/10.53682/fista.v2i1.102>
- Lidia, B., Ramli Jurusan Fisika, dan, Matematika dan Ilmu Pengetahuan Alam, F., & Negeri Padang Jalan Hamka Air Tawar, U. (2018). SINTESIS DAN KARAKTERISASI SIFAT OPTIK FILM TIPIS HAUSMANNITE (Mn₃O₄) DENGAN METODE SPIN COATING. *Pillar of Physics*, 11(2), 9–16.
- Saragih, H., Supriyanto, E., Arifin, P., & Barmawi, M. (2006). Studi Penumbuhan Film Tipis Ti(1-x)Co(x)O(2) dengan Teknik MOCVD Menggunakan Prekursor Titanium (IV) Isopropoxide dan Tris (2,2,6,6-tetramethyl-3,5-heptanedionato) Cobalt (III). *ITB Journal of Sciences*, 38(2), 117–131. <https://doi.org/10.5614/itbj.sci.2006.38.2.3>
- Taunaumang, H., Tulandi, D, Wakary, P. 2022. Analisis Struktur Fisik dan Sifat Optik Film Tipis Sudan III.
- Taunaumang, H., Poluakan, C. Tambuwun, A. Investigasi Struktur Fisik Komposit Film Sudan III/PVK Paparan Aseton, dan Uap Alkohol dengan Metode XRD.
- Tamulis, A., Jalena Tamulienė, Mindaugas Leonas Balevicius, Jean-Michel Nunci. Quantum Chemical, Investigasi Disperse Orange 3 Molekul Isomerisasi Cis-Trans Melalui keadaan transisi linier.
- Wakary, P., Taunaumang, H., & Lolowang, J. (2020). Analisis Struktur Fisis Dan Sifat Optik Film Tipis Sudan Iii Hasil Deposisi Evaporasi Vakum. *Jurnal FisTa : Fisika Dan Terapannya*, 1(2), 46–52. <https://doi.org/10.53682/fista.v1i2.90>