

STUDY OF ELECTROOPTICS BEHAVIOUR OF NAPHTHALENE AND ANTHRACENE

K. Sofjan Firdausi*, Ali Khumaeni, Very Richardina, Fajar Arianto dan Wahyu Setia Budi
Jurusan Fisika, Universitas Diponegoro, Semarang

* Korespondensi penulis, Email: firdausi@undip.ac.id

Abstract

In this paper, we demonstrate electro-optics behaviour of naphthalene and anthracene using change of polarization of sample induced by external electric field. The source of light for polarization was 1 mW-he-ne Laser 633 nm. The induced external Electric field was produced by high DC voltage 0 – 7 kV. The samples were diluted in solutions-form using wash-benzene. The result shows that anthracene has higher polarizability than naphthalene, which is indicated by higher change of polarization in anthracene than naphthalene. The Assumption that potential difference is proportional to the distance between molecules is shown qualitatively by graphs of Van der Waals potential energy or force between molecules. In this case, anthracene has higher level Energy than naphthalene so that it can be used in visible excitation for environmental spectroscopy.

Keywords: electro-optics, polarization, naphthalene, anthracene, Van der Waals potential energy

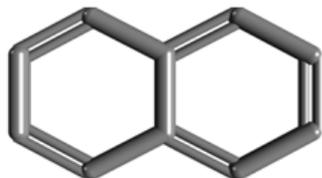
Abstrak

Pada penelitian didemonstrasikan sifat-sifat electrooptis bahan naftalena dan antrasena menggunakan perubahan polarisasi setelah sampel diinduksi medan listrik luar. Sumber cahaya untuk polarisasi adalah laser he-ne 1 mW dengan panjang gelombang 633 nm. Imbas medan listrik luar dihasilkan menggunakan catu daya tegangan tinggi DC 0 – 7 kV. Agar diperoleh perubahan polarisasi, sampel terlebih dahulu dilarutkan dalam larutan wash bensin. Hasil penelitian menunjukkan bahwa antrasena memiliki sifat polarisabilitas yang lebih besar dari naftalena yang diindikasikan dengan nilai perubahan polarisasinya yang lebih besar. Dengan asumsi bahwa pemberian beda potensial pada sampel sebanding dengan jarak antar molekul ternyata diperoleh secara kualitatif melalui grafik energi potensial atau gaya interaksi Van der Waals antar molekul dalam sampel. Dalam kasus ini, antrasena memiliki tingkat-tingkat energi yang lebih besar relatif dibandingkan naftalena sehingga dapat digunakan untuk aplikasi eksitasi cahaya tampak dalam bidang spektroskop lingkungan.

Kata Kunci: elektrooptis, polarisasi, naftalena, antrasena, potensial energi Van der Waals

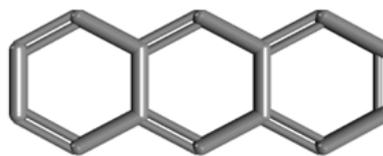
Pendahuluan

Bahan naftalena di Indonesia sering dijumpai dalam bentuk kapur barus. Struktur kimianya tersusun dari gabungan dua cincin *benzena* dengan rumus kimia $C_{10}H_8$, seperti terlihat pada gambar 1.



Gambar 1 struktur kimia naftalena

Sedangkan bahan antrasena dengan rumus kimia ($C_{14}H_{10}$) terdiri dari tiga cincin benzena (gambar 2), sering digunakan sebagai bahan pewarna, insektisida, dan pengawetan kayu.



Gambar 2 struktur kimia antrasena

Dari tinjauan sifat simetri dan tak-simetri, nampak bahwa kedua bahan bersifat simetri sehingga dapat diprediksi tidak akan menghasilkan efek optis aktif (perubahan polarisasi cahaya sangat kecil). Namun demikian, sifat optis aktif akan muncul signifikan bila diimbaskan dengan medan listrik luar seperti hasil-hasil studi awal kami [1-3], atau yang lebih dikenal dengan elektrooptis, di mana sifat optisnya bertambah akibat imbas medan eksternal.

Dari ukuran dan bentuk struktur molekul naftalena dan antrasena, dapat diprediksi bahwa polarisabilitas antrasena lebih besar dari naftalena karena memiliki derajat luas kontak lebih besar, sehingga interaksi gaya Van der Waals dengan molekul lain lebih besar dibanding naftalena. Dengan mengacu dari studi awal kami [3], perubahan sudut polarisasi cahaya $\theta = \theta_0$ yang semula tidak ada (atau sangat kecil), dengan penambahan medan eksternal E , maka akan muncul sifat optis tak-liniernya sebagai berikut,

$$\theta = \theta_0 + \theta_1 E + \theta_2 E^2 \dots (1)$$

dengan $\theta_1, \theta_2, \dots$ dan seterusnya, masing – masing, adalah koefisien skalar linier dan kuadratus elektrooptis. Diasumsikan bahwa medan listrik eksternal menghasilkan momen dipol molekul terinduksi, dengan besar beda potensial V yang dikenakan pada sampel berakibat jarak pisah antar molekul menjadi r , yang sebanding dengan potensial listrik luar tersebut,

$$V \sim r \quad (2).$$

Karena gaya sebanding dengan medan listrik, maka seperti halnya kasus molekul sentro-simetri, Energi potensial listrik ϕ akibat interaksi Van der Waals sebanding dengan besar medan listrik [3], atau

$$\phi \sim \theta/V \quad (3).$$

Pada tulisan ini hendak dipelajari sifat elektrooptis sifat naftalena dan antrasena beserta energi potensial Van der Waals kedua bahan tersebut. Nilai elektrooptis dinyatakan dalam perubahan sudut tiap perubahan beda potensial. Sedangkan potensial energi dianalisa secara kualitatif

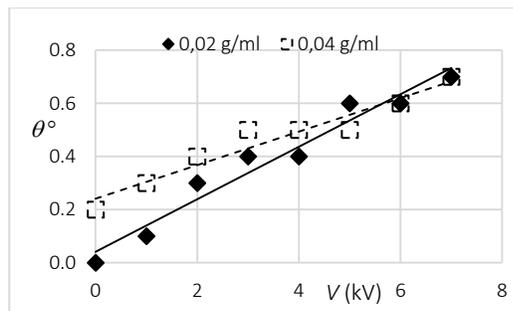
menggunakan persamaan (3), dengan ϕ mewakili energi potensial, dan V mewakili jarak pisah antar molekul yang terinduksi atau terpolarisasi.

Metode

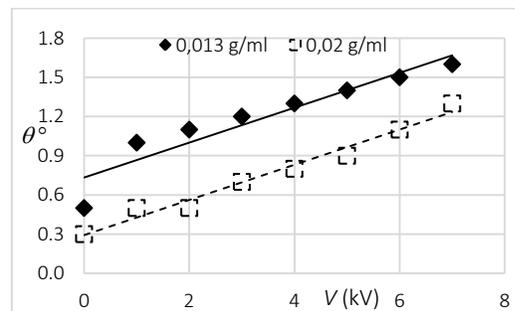
Metode penelitian merujuk pada referensi [3] hanya saja sampel yang digunakan adalah serbuk naftalena dan antrasena, yang terlebih dahulu dilarutkan dalam petroleum eter, dengan berbagai variasi konsentrasi. Sumber cahaya adalah laser he-ne 1 mW dan pembangkit elektrooptis menggunakan catu daya tegangan tinggi DC 0 – 7 kV.

Hasil dan Pembahasan

Pada gambar 3 dan 4, berturut-turut, ditampilkan nilai perubahan sudut polarisasi bahan naftalena dan antrasena terhadap kenaikan beda potensial listrik.

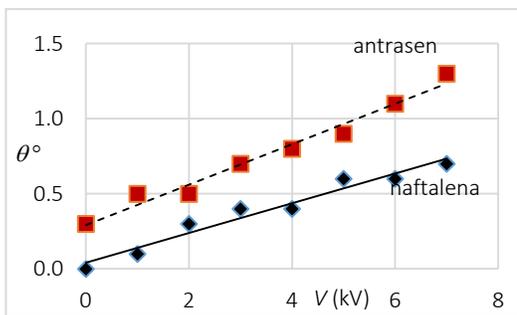


Gambar 3 nilai perubahan polarisasi bahan naftalena terhadap kenaikan beda potensial.



Gambar 4 nilai perubahan polarisasi bahan antrasena terhadap kenaikan beda potensial.

Kedua bahan (gambar 3 dan 4) menunjukkan perubahan sudut yang relatif kecil karena bersifat tak optis aktif. Namun untuk elektrooptis, bahan antrasena menghasilkan perubahan sudut yang besar karena polarisabilitasnya yang paling besar, sesuai dengan prediksi awal. Untuk konsentrasi yang sama (0,02 g/ml), perbandingan nilai elektrooptis kedua bahan dapat dilihat pada gambar 5 berikut. Terlihat bahwa sifat optis tak-linier masih cenderung orde 1. Dari nilai gradien diperoleh nilai elektrooptis untuk antrasena adalah $(0,135 \pm 0.003)^\circ/\text{kV}$ dan untuk naftalena sekitar $(0,095 \pm 0.004)^\circ/\text{kV}$.

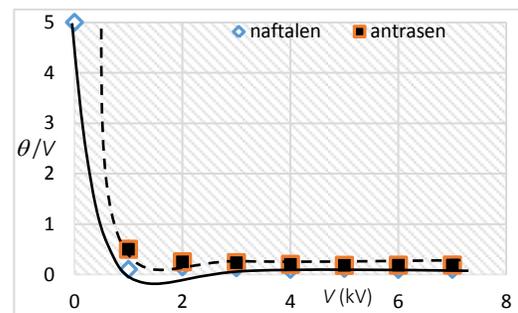


Gambar 5 perubahan polarisasi pada antrasena lebih besar dibanding naftalena.

Potensial energi

Didasarkan pada sifat gaya tarik antar molekul Van Der Waals, perlu diketahui bahwa luas bidang naftalena lebih kecil dari pada antrasen sehingga interaksi molekul antar naftalena lebih kecil dari pada molekul antrasen yang memiliki luas bidang sentuh lebih besar. Akibatnya interaksi rata-rata Van der Waals antara molekul naftalena dalam larutan relatif lebih lemah dibandingkan dengan antrasen. Bila dianggap kedua molekul adalah non-polar, maka dalam medan listrik eksternal kedua molekul akan bersifat Polar dengan $P_{\text{antrasen}} > P_{\text{naftalen}}$. Kebolehjadian molekul membentuk dipol listrik, ketika diberi medan listrik luar akan cenderung menghasilkan dipol sesaat

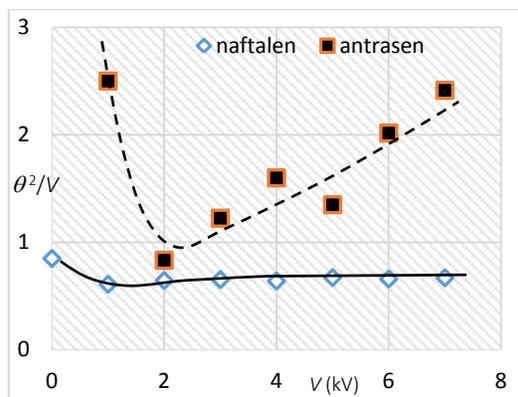
maupun dipol terinduksi. Semakin besar medan listrik luar yang diberikan, semakin banyak dipol listrik terinduksi yang terbentuk. Karenanya, model potensial Van der Waals merupakan kombinasi linier antara interaksi dipol terinduksi – dipol sesaat dan dipol terinduksi – dipol terinduksi. Kedua model berbanding terbalik dengan r^6 untuk molekul yang saling tarik menarik, dan berbanding terbalik dengan r^{12} , untuk molekul yang tolak menolak, dengan r adalah jarak antar molekul terdekat. Model potensial Van der Waals dapat dijelaskan dengan sudut polarisasi θ dan beda potensial antar plat, V , mengacu pada hasil penelitian sebelumnya [3]. Plot data hasil eksperimen sesuai dengan persamaan (3) untuk naftalena dan antrasena dapat dilihat pada gambar 6 berikut.



Gambar 6 kurva θ/V vs V yang mewakili energi potensial fungsi jarak pada molekul naftalena (garis padat) dan antrasena (garis putus-putus)

Baik kurva untuk naftalena maupun antrasena, terdapat kelengkungan dengan titik minimum di sekitar $V = 1,5$ kV. Sedangkan variabel yang merepresentasikan energi disosiasi (dengan asumsi kurva setara dengan potensial Morse) kedalaman energi disosiasinya tidak begitu jelas. Untuk itu skala relatif diubah dengan mengganti θ dengan θ^2 . Bila nilai θ dikuadratkan dan diplot kurva θ^2/V , diperoleh perbedaan secara kualitatif yang cukup jelas antara tingkat-tingkat energi disosiasi pada

naftalena dan antrasena, seperti terlihat pada gambar 7 berikut.



Gambar 7 kurva energi potensial pada molekul naftalena dan antrasena setelah θ/V diganti menjadi θ^2/V . Garis padat mewakili kurva energi potensial pada naftalena, dan garis putus-putus mewakili kurva antrasena.

Seperti terlihat pada gambar 7, dengan asumsi bila energi potensial kedua molekul dapat didekati dengan model potensial Morse, maka energi disosiasi rata-rata maksimum dari antrasen lebih besar dari naftalena. Tugas tambahan yang cukup menantang adalah bagaimana bentuk hubungan secara eksplisit antara θ dengan energi disosiasi rata-rata maksimum. Seperti yang telah dilakukan oleh Evi dkk [4] berkaitan dengan pemanfaatan bahan antrasena sebagai detektor sintilasi. Maka perlu diketahui bagaimana tingkat-tingkat molekuler energi dari bahan antrasena. Efek absorpsi disusul emisi dengan cahaya tampak sampai dengan UV akibat rentetan radiasi dari inti atom akan lebih sesuai pada bahan antrasen dari pada naftalena. Namun demikian, perlu lebih jauh dikaji sehingga diperoleh berapa energi disosiasi rata-rata maksimumnya secara kuantitatif terkonversi dalam satuan eV.

Pada hasil penelitian ini, masih belum diperoleh nilai optimal terhadap konsentrasi sampel dalam pelarut petroleum eter. Pengaruh konsentrasi bahan

dalam larutan masih perlu dikaji lebih jauh, dengan kenaikan beda potensial di atas 7 kV.

Kesimpulan

Bahan naftalena dan antrasena menunjukkan sifat simetri yakni tak optis aktif, namun demikian kedua bahan menunjukkan sifat elektrooptis. Antrasen mempunyai sifat elektrooptis yang paling besar. Hasil kajian sementara dari interaksi energi potensial, yang dapat dianggap bersesuaian dengan model energi potensial Morse, energi disosiasi rata-rata antrasen lebih besar dan dimungkinkan lebih sesuai sebagai kajian aplikasi absorpsi dan emisi pada spektroskopi lingkungan dari pada naftalena.

Daftar Pustaka

- [1]. Moch. Mahmudi, Evi Setiawati, K. S. Firdausi, Analisis Sifat Optis Bahan Naftalena menggunakan Metode Efek Faraday, Berkala Fisika, 2011.
- [2]. K. S. Firdausi, K. Triyana, and Ade I. Susan, an Improvement of New Test Method for Determination of Vegetable Oil Quality Based on Electro-optics Parameter. *Berkala Fisika*, 2012, 15(3): 77-86.
- [3]. K. S. Firdausi dan Ade Ika Susan. Penentuan Nilai Polarisabilitas Taklinier pada Molekul Minyak Kelapa Sawit menggunakan Sifat Elektrooptis. Prosiding Pertemuan Ilmiah XXV Himpunan Fisika Indonesia Jateng – DIY, (2011) ISSN 0853-0823, hal 200-202.
- [4]. E. Setiawati, Z. Muhlisin, and Asep Y. Wardaya, *A Study of Anthracene Organic Material ($C_{14}H_{10}$) in a Scintillation Detector*, Proceedings of 4th International Seminar on New Paradigm and Innovation on Natural Sciences and its Application, 2014, ISBN: 978-602-18940-3-3, Pp 53, 28 October.