

Penentuan Sifat Optik Senyawa Hasil Ekstraksi Daun Kemiri (*Aleurites Moluccana*, (L.) Wild) Asal Desa Fohoea Kecamatan Nanaet Duabesi Kabupaten Belu

Yeremina Lau¹, Minsyahril Bukit², Albert Z. Johannes³, Ali Warsito⁴

^{1,2,3,4}Program Studi Fisika, Universitas Nusa Cendana, Kupang, Indonesia

Email korespondensi: yereminalau86@gmail.com

Abstrak

Telah dilakukan penelitian tentang penentuan sifat optik senyawa hasil ekstraksi daun kemiri (*Aleurites Moluccana*, (L.) Wild) asal Desa Fohoea Kecamatan Nanaet Duabesi Kabupaten Belu. Tujuan penelitian ini adalah menentukan jangkauan serapan, celah energi, koefisien serapan, dan indeks bias dari senyawa hasil ekstraksi daun kemiri. Daun kemiri dikeringkan, diekstraksi secara maserasi dan dievaporasi. Hasil evaporasi dilarutkan dengan pelarut etanol 70% untuk dianalisis pada spektrofotometer UV-Vis. Konsentrasi yang digunakan dalam analisis spektrofotometer UV-Vis adalah 100 ppm, 200 ppm, dan 300 ppm. Berdasarkan analisis spektrofotometer UV-Vis, jangkauan serapan daun kemiri adalah 200 nm-400 nm. Nilai celah energi yang diperoleh adalah 3,2 eV. Nilai koefisien serapan sebesar $793,3 \text{ m}^{-1}$. Hasil perhitungan indeks bias riil senyawa hasil ekstraksi daun kemiri masing-masing konsentrasi yaitu 100 ppm, 200 ppm, dan 300 ppm adalah 0.8 serta nilai indeks bias imajiner adalah 0.24, 0.69, dan 1.22. Berdasarkan hasil analisis senyawa hasil ekstraksi daun kemiri memiliki potensi yang digunakan dalam pembuatan sel surya berbasis organik.

Masuk:

14 September 2021

Diterima:

27 September 2021

Diterbitkan:

28 September 2021

Kata kunci:

Daun kemiri, Sifat optik, Spektrofotometer UV-Vis, indeks bias, jangkauan serapan

1. Pendahuluan

Semua bagian dari pohon kemiri seperti daun, buah, kulit, kayu, akar, getah dan bunganya dimanfaatkan diantaranya untuk obat-obatan tradisional, penerangan, bahan bangunan, bahan pewarna, bahan makanan, dekorasi maupun berbagai kegunaan lain. Jenis ini dapat digunakan untuk berbagai tujuan bijinya dapat digunakan sebagai bahan media penerangan, masakan dan obat-obatan, sedangkan batangnya dapat digunakan untuk kayu [1].

Secara tradisional daun kemiri bisa digunakan sebagai pengobatan bisul, sakit kepala, demam, diare, hipokolesterolemia, anti-inflamasi dan anti-piretik. Sedangkan bunga dan getah segar kemiri digunakan untuk obat sariawan pada anak-anak. Selain itu, biji kemiri yang kering juga lazim digunakan sebagai bahan masakan [1].

Senyawa flavonoid yang terdapat pada tumbuhan hijau biasa digunakan dalam pembuatan sel surya. Berdasarkan bahan pembuatannya, sel surya dibedakan sel surya konvensional dan sel surya organik atau *DSSC*. Pengujian sel surya dilakukan dengan menghubungkan sel surya pada potensiometer dengan nilai resistansi yang diubah-ubah. Variasi nilai resistansi dibutuhkan dalam pengukuran efisiensi *DSSC* [2].

Tanaman kemiri yang biasa tumbuh liar pada ketinggian 150-1000 m di atas permukaan laut. Tanaman kemiri dapat hidup di daerah beriklim subtropis dan tropis dengan curah hujan 640-4290 mm, tetapi lebih dominan tumbuh pada iklim tropis lembab dengan curah hujan 2000 mm atau lebih. Tanaman kemiri tersebar di seluruh daerah Indonesia karena Indonesia merupakan kepulauan beriklim tropis [3]. Daun kemiri yang muda berbentuk seperti delta atau oval, berwarna keputihan kemudian berubah menjadi warna hijau saat daun tua dan pada permukaan daun terdapat bulu halus (pilous) [1].

Ekstraksi adalah salah satu metode yang digunakan untuk mendapatkan suatu sediaan pekat yang diperoleh dengan mengextraksi simplisia nabati atau simplisia hewani dari zat aktifnya menggunakan pelarut yang sesuai, kemudian semua atau hampir semua pelarut diuapkan. Pembuatan sediaan ekstrak bertujuan agar zat berkhasiat pada simplisia mempunyai kadar tinggi, sehingga memudahkan pengaturan dosis untuk zat berkhasiat tersebut [2].

Sel surya organik atau *DSSC* (*Dye Sensitized Solar Cell*) sejak pertama kali ditemukan oleh Professor Michael Gratzel pada tahun 1991, telah menjadi salah satu topik penelitian yang dilakukan intensif oleh peneliti di seluruh dunia. *DSSC*

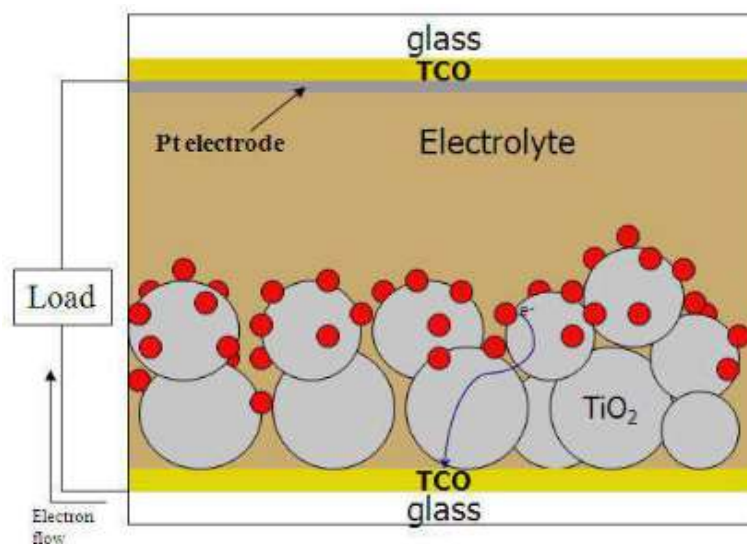
disebut juga terobosan pertama dalam teknologi sel surya sejak sel surya silikon dan telah dipatenkan dengan nama Gratzel cell. Komposisi penyusun sel surya seperti ini memungkinkan bahan baku pembuat Gratzel sel lebih fleksibel dan bisa dibuat dengan metode yang sangat sederhana seperti *screen printing* [4].

Sel surya merupakan suatu peralatan yang dapat mengubah energi matahari menjadi energi listrik melalui efek fotovoltaiik. Efek fotovoltaiik merupakan peristiwa terciptanya muatan dalam bahan akibat penyerapan cahaya dari bahan sel fotovoltaiik (PV) penting untuk menunjukkan bahwa sel PV tidak hanya ramah lingkungan, tetapi mereka menawarkan sumber energi listrik yang bersih, efisien, dan dapat diandalkan [5].

Sel surya berdasarkan perkembangan teknologi dan bahan pembuatannya dapat dibedakan menjadi tiga yaitu sel surya yang terbuat dari silikon tunggal dan silikon polikristal, sel surya tipe lapis tipis dan sel surya organik (*Dye Sensitized Solar Cell*). Sel surya konvensional memanfaatkan sambungan *p-n junction* pada bahan semikonduktor seperti silikon, membutuhkan teknologi yang canggih dan biaya proses pembuatan yang sangat tinggi [4].

Sedangkan perangkat DSSC menggunakan prinsip elektrokimia dengan menggunakan efek fotosintesis daun hijau yaitu proses penangkapan energi foton pada skala molekuler yang selanjutnya dikonversi menjadi energi listrik. DSSC tersusun atas sepasang elektroda dan counter elektroda. Elektroda terbuat dari substrat kaca konduktif yang telah dilapisi *Transparent Conductive Oxide (TCO)*. Selain itu dalam elektroda dilapisi *layer* oksida nanopartikel yang dilapisi oleh molekul pewarna (*dye*) sensitasi. Molekul *dye* berfungsi sebagai penangkap foton cahaya, sedangkan nanopartikel berfungsi menyerap dan meneruskan foton menjadi elektron [6].

Pada DSSC cahaya foton diserap oleh *dye* yang melekat pada permukaan partikel TiO_2 yang bertindak sebagai donor elektron dan berperan sebagai pompa fotoelektrokimia. Elektron-elektron dari level HOMO (*Highest Occupied Molecular Orbital*) dieksitasi ke tingkat energi yang lebih tinggi, LUMO (*Lowest Unoccupied Molecular Orbital*) ketika molekul *dye* menyerap foton dengan energi yang sesuai, mirip dengan fungsi klorofil pada proses fotosintesis tumbuhan. Sedangkan lapisan TiO_2 bertindak sebagai akseptor atau kolektor elektron yang ditransfer dari *dye* yang teroksidasi [7].



Gambar 1. Struktur DSSC [8]

Bahan dasar yang digunakan sebagai sensitasi dapat berupa *dye* sintesis maupun *dye* alami. *Dye* sintesis umumnya menggunakan organik logam yang tidak ramah lingkungan dan mahal. Sedangkan *dye* alami dapat diekstrak dari bagian-bagian tumbuhan seperti daun, bunga atau buah [9]. *Dye* dari buah-buahan yang biasa digunakan dalam pembuatan sel surya berbasis organik adalah *dye* antosianin. Antosianin untuk photosensitizer diperoleh dari ekstrak bunga, daun dan buah [10].

2. Metode Penelitian

2.1 Prosedur Penelitian

2.1.1 Penyiapan sampel

Dalam penelitian untuk mempersiapkan sampel, pertama-tama dilakukan pengambilan sampel daun kemiri dari Fohoea Kecamatan Nanaet Duabesi Kabupaten Belu, kemudian daun kemiri dipotong menjadi bagian-bagian kecil dan dijemur di bawah sinar matahari. Setelah itu daun kemiri dihaluskan dengan blender sehingga diperoleh sampel berukuran kecil dan halus.

2.1.2 Teknik ekstraksi daun kemiri

Serbuk daun kemiri yang sudah diblender, diekstraksi menggunakan proses maserasi, yakni diambil sampel daun kemiri yang telah dihaluskan kemudian diekstrak dengan menggunakan pelarut etanol. Kemudian diekstraksi kembali dengan menggunakan pelarut etanol yang sama. Selanjutnya cairan hasil ekstraksi ini dievaporasi dengan alat evaporator dan diperoleh ekstrak kental.

Ekstraksi berasal dari bahasa latin yaitu *extraction* yang berarti menarik keluar. Yang ditarik keluar adalah senyawa aktifnya. Cara menarik keluar dapat dilakukan penyaringan, diperas, atau dengan destilasi. Dalam mengekstraksi senyawa organik tersebut diperlukan pengeksrak yang cocok dengan bahan yang hendak diidentifikasi. Proses ekstraksi dapat berlangsung secara optimal apabila pelarut yang digunakan adalah pelarut yang memiliki sifat kepolaran sama dengan senyawa yang hendak diidentifikasi

Proses ekstrak maserasi, daun kemiri yang telah dihaluskan sebanyak 1 kg dilarutkan dengan pelarut etanol sebanyak 3000 ml. Jumlah ini disesuaikan dengan jumlah peralatan maserasi yang digunakan. Peralatan maserasi yang digunakan terdiri dari toples kaca dan kain flanel dan juga pelarut etanol 70%. Toples kaca yang digunakan sebanyak empat buah. Masing-masing toples diisi 250 gram daun kemiri halus dan 750 ml pelarut etanol. Proses ekstraksi berlangsung selama 24 jam. Proses ekstraksi terjadi ditandai dengan adanya perubahan cairan yang berada dalam toples kaca telah berubah dari warna bening menjadi hijau pekat yang menunjukkan bahwa komponen senyawa dari daun kemiri telah diperoleh. Setelah sampel direndam selama 24 jam, sampel diperas dan menghasilkan cairan kental yang berwarna hijau pekat. Cairan ekstraksi daun kemiri yang diperoleh sebanyak 1150 ml. Hasil ekstraksi ini berupa cairan daun kemiri.

2.1.3 Proses Evaporasi

Langkah-langkah proses evaporasi dalam penelitian ini adalah sebagai berikut:

1. Mengisi air pada *water bath*.
2. Sampel cairan hasil ekstraksi daun kemiri dimasukkan ke dalam labu alas built kemudian dijepit pada tempat yang tersedia.
3. Menghidupkan listrik, mengatur suhu pada *water bath* dan mengatur kecepatan rotasi pada speed rotavaporator.
4. Proses evaporator dilakukan selama selang waktu tertentu pada suhu tertentu.
5. Proses evaporator dilanjutkan dengan menggunakan alat *freeze drying* dengan tujuan agar didapatkan hasil ekstrak yang kental.

Cairan daun kemiri yang dihasilkan dari proses ekstraksi maserasi sebanyak 1150 ml. Cairan daun kemiri yang diperoleh dari hasil ekstraksi masih sangat encer karena masih mengandung pelarut etanol sehingga perlu dilakukan pemisahan lanjutan antara senyawa terlarut dan pelarutnya guna mendapatkan cairan murni hasil daun kemiri yang pekat yaitu melakukan proses evaporasi dengan titik didih yaitu 62°C. Proses evaporasi yang dilakukan berlangsung kurang lebih 6 jam. Sampel yang diperoleh dari hasil evaporasi sebanyak 200 ml. Sampel yang diperoleh lebih sedikit dan masih terlihat encer karena masih mengandung pelarut etanol sehingga dilakukan penguapan lanjutan dengan menggunakan alat *freeze drying* yang berfungsi untuk menghasilkan sampel yang kental. Sebelum sampel dimasukkan ke dalam *freeze drying*, sampel terlebih dahulu dimasukan dalam kulkas selama 24 jam.

Dalam proses penguapan menggunakan *freeze drying* dengan tekanan rendah 78,1 Pa dan suhu yang digunakan sebesar 50,3°C (gambar 3). Tekanan yang digunakan rendah dengan tujuan agar kandungan air dalam bentuk es langsung menguap. Suhu yang digunakan rendah dengan tujuan menghapus pelarut yang menguap di ruang vakum dengan mengubahnya kembali ke padat. Evaporasi lanjutan yang dilakukan berlangsung selama 3 jam dengan menggunakan

sampel yang dimasukkan kedalam tabung reaksi sebanyak 4 buah. Setelah sampel mengering, sampel ditimbang dan dianalisis dengan spektrofotometer Uv-Vis.

2.2 Analisis Spektrum Serapan Menggunakan Spektrofotometer UV-Vis

Sampel daun kemiri yang telah dievaporasi akan dianalisis spektrum serapannya menggunakan spektrofotometer UV-Vis. Sampel dibuat tiga perlakuan, yaitu 100ppm, 200ppm, dan 300ppm. Masing-masing sampel ini dianalisis dengan spektrofotometer UV-Vis.

1. Penentuan jangkauan serapan

Jangkauan serapan material dapat ditentukan berdasarkan spektrum serapan senyawa daun kemiri.

2. Penentuan celah energi

Celah energi senyawa ini dianalisis pada panjang gelombang ketika terjadi serapan maksimum dan tepi serapan dari spektrum serapannya menggunakan persamaan:

$$E_g = \frac{1240,6}{\lambda_c} (eV) \quad (1)$$

3. Penentuan koefisien serapan

Koefisien serapan ditentukan dengan menggunakan persamaan:

$$\alpha = \frac{2,303 \times A}{l} \quad (2)$$

4. Penentuan indeks bias riil

Indeks bias riil dihitung dengan persamaan:

$$n' = \frac{1}{\sqrt{2}} \sqrt{\left| \frac{\lambda_p^2}{\lambda_c^2} + 1 \right|} \quad (3)$$

5. Penentuan indeks bias imajiner

Indeks bias imajiner dihitung dengan persamaan:

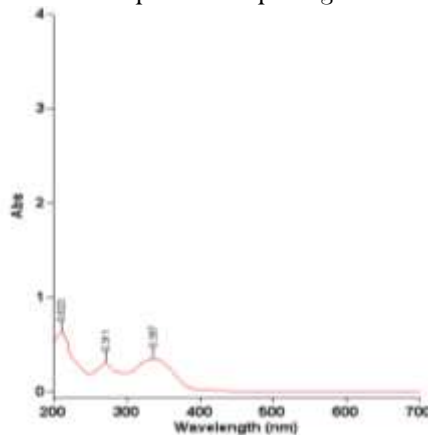
$$n'' = \frac{A_{maks} \lambda_p}{4\pi l \log l} = 2,303 \frac{A_{g_{maks}} \lambda_p}{4\pi l} \quad (4)$$

3. Hasil dan Pembahasan

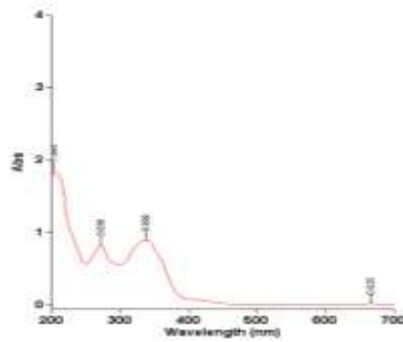
3.1 Analisis Spektrum Serapan Hasil Ekstraksi Daun Kemiri Asal Fohoeoka

Senyawa hasil ekstrak daun ini dianalisis dengan spektrofotometer Uv-Vis Carry series yang dianalisis di Laboratorium Terpadu Universitas Nusa Cendana Kupang dengan rentang panjang gelombang berkisar antara 200 nm-700 nm. Hasil *output* yang diperoleh dari spektrofotometer Uv-Vis Carry series berupa spektrum serapan senyawa dengan absorbansi sebagai fungsi panjang gelombang (λ).

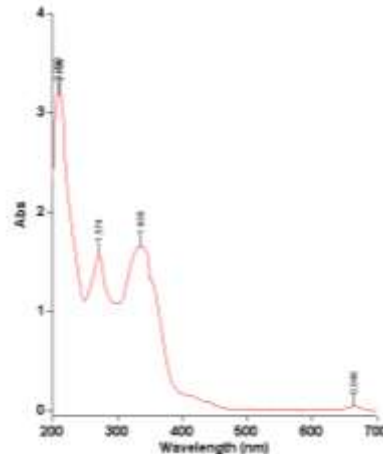
Berdasarkan gambar 4, spektrum serapan daun kemiri asal Fohoeoka menunjukkan bahwa nilai absorbansi yang tinggi pada konsentrasi 300 ppm dengan panjang gelombang 208 nm. Hal ini menunjukkan bahwa nilai absorbansi bergantung pada konsentrasi yaitu semakin besar konsentrasi maka nilai absorbansinya juga semakin besar. Hasil spektrum serapan senyawa hasil ekstrak daun kemiri dapat dilihat pada gambar di bawah ini.



Gambar 2. Spektrum Serapan Senyawa Hasil Ekstraksi Daun Kemiri dengan Konsentrasi 100 ppm



Gambar 3. Spektrum Serapan Senyawa Hasil Ekstraksi Daun Kemiri dengan Konsentrasi 200 ppm



Gambar 4. Spektrum Serapan Senyawa Hasil Ekstraksi Daun Kemiri dengan Konsentrasi 300 ppm

Berdasarkan spektrum serapan senyawa daun kemiri yang ditunjukkan pada gambar 4, jangkauan serapan senyawa daun kemiri asal Fohoea adalah 200 nm sampai 400 nm. Senyawa hasil ekstrak daun kemiri memiliki serapan yang tinggi dalam daerah ultraviolet dengan spektrum serapan gelombang elektromagnet. Pada konsentrasi 100 ppm, warna yang terlihat merupakan warna bening sehingga hanya sedikit senyawa yang diserap. Pada konsentrasi 200 ppm dan 300 ppm, warna yang terlihat pekat sehingga banyak senyawa yang diserap. Pada konsentrasi 300 ppm, terjadi nilai absorbansi maksimum disebabkan oleh senyawa larutan sangat pekat dan terjadi proses penyerapan sangat banyak. Jangkauan serapan hasil ekstrak senyawa daun kemiri mencakup daerah ultraviolet.

Berdasarkan gambar 3, spektrum serapan senyawa daun kemiri terdapat beberapa puncak serapan. Hal ini menunjukkan senyawa penyusun daun kemiri masih mengandung banyak senyawa. Semua konsentrasi memiliki panjang gelombang tepi serapan sama yaitu 380 nm. Tepi serapan terjadi saat tidak terjadi lagi proses penyerapan lagi dengan nilai absorbansinya mendekati nol. Tepi serapan senyawa yang digunakan untuk menghitung celah energi adalah tepi serapan pertama yang terjadi pada panjang gelombang 380 nm dengan puncak serapan terjadi pada panjang gelombang 211 nm.

3.2 Penentuan Celah Energi

Spektrum serapan senyawa hasil ekstraksi daun kemiri asal Fohoea yang ditunjukkan pada gambar 3 menunjukkan bahwa tepi serapan terjadi pada panjang gelombang 380 nm. Panjang gelombang ini memberikan celah energi daun kemiri asal Fohoea adalah 3,2 eV. Nilai ini dihitung dengan menggunakan persamaan:

Nilai celah energi dengan lebar lebih besar dari 3 eV termasuk dalam daerah ultraviolet. Nilai celah energi dengan lebar lebih besar dari 3 eV termasuk dalam daerah ultraviolet. Berdasarkan nilai celah energi ini, senyawa hasil ekstraksi daun kemiri asal Fohoea merupakan bahan isolator. Akan tetapi nilai celah energi dari hasil ekstraksi daun kemiri kemungkinan juga tergolong dalam bahan aktif semikonduktor. Hal ini disebabkan hasil ekstraksi daun kemiri yang diperoleh belum murni didapatkan senyawa flavonoid karena masih terdapat senyawa-senyawa lain.

3.3 Penentuan Koefisien Serapan

Penentuan koefisien serapan dari hasil ekstrak daun kemiri diperoleh dari nilai absorbansi maksimum. Setiap konsentrasi larutan memiliki nilai absorbansi berbeda pada panjang gelombang yang berbeda pula. Nilai absorbansi sendiri dipengaruhi oleh proses pengenceran tiap konsentrasi. Semakin besar nilai konsentrasi yang diberikan semakin besar pula nilai absorbansi [11].

Dari hasil spektrum serapan hasil ekstraksi senyawa daun kemiri dari ketiga konsentrasi, diambil nilai absorbansi maksimum yang terjadi pada konsentrasi 300 ppm dengan panjang gelombang maksimum pada 208 nm yaitu 3,20. Lebar kuvet yang digunakan adalah 1 cm atau 0,01 m. Perhitungan koefisien serapan ditentukan dengan menggunakan persamaan 2. Berdasarkan hasil perhitungan koefisien serapan senyawa hasil ekstraksi daun kemiri asal Fohoea adalah $793,3 \text{ m}^{-1}$. Besarnya nilai koefisien serapan menunjukkan bahwa hasil ekstrak daun kemiri memiliki tingkat penyerapan tinggi.

3.4 Penentuan Indeks Bias Riil

Indeks bias material merupakan salah satu sifat optik yang dapat ditentukan berdasarkan spektrum serapannya. Nilai indeks bias riil dihitung pada panjang gelombang ketika terjadi puncak serapan dan tepi serapan pada setiap konsentrasi yaitu 100 ppm, 200 ppm dan 300 ppm. Berdasarkan hasil perhitungan indeks bias riil senyawa hasil ekstraksi daun kemiri asal Fohoea pada masing-masing konsentrasi yaitu 100 ppm, 200 ppm dan 300 ppm adalah 0,8. Nilai indeks bias dari senyawa hasil ekstraksi daun kemiri pada setiap konsentrasi cenderung tidak berubah.

3.5 Penentuan Indeks Bias Imajiner

Nilai indeks bias imajiner dihitung pada panjang gelombang ketika terjadi puncak serapan, nilai absorbansi maksimum dan ketebalan material (d) = 0,01 m pada masing-masing konsentrasi yakni 100 ppm, 200 ppm dan 300 ppm. Berdasarkan hasil perhitungan indeks bias imajiner senyawa hasil ekstraksi daun kemiri asal Fohoea dari masing-masing konsentrasi yakni 100 ppm, 200 ppm dan 300 ppm adalah 1,22; 0,69 dan 0,24.

Indeks bias imajiner merupakan salah satu sifat optik yang banyak digunakan untuk mencirikan keadaan suatu material transparan. Semakin besar nilai absorbansi maka semakin besar nilai indeks bias imajiner suatu material sebaliknya semakin kecil nilai absorbansi semakin kecil nilai indeks bias imajiner material tersebut.

4. Kesimpulan

Berdasarkan hasil analisis data dan pembahasan dapat disimpulkan bahwa:

1. Jangkauan serapan senyawa hasil ekstraksi daun kemiri asal Fohoea Kecamatan Nanaet Duabesi Kabupaten Belu dengan konsentrasi 100 ppm, 200 ppm dan 300 ppm terjadi pada panjang gelombang 200 nm sampai dengan 400 nm.
2. Celah energi senyawa hasil ekstraksi daun kemiri asal Fohoea Kecamatan Nanaet Duabesi Kabupaten Belu 3,2 eV.
3. Koefisien serapan senyawa hasil ekstraksi daun kemiri asal Fohoea Kecamatan Nanaet Duabesi Kabupaten Belu $793,3 \text{ m}^{-1}$.
4. Indeks bias riil senyawa hasil ekstraksi daun kemiri asal Fohoea Kecamatan Nanaet Duabesi Kabupaten Belu masing-masing konsentrasi 100 ppm, 200 ppm dan 300 ppm adalah 0,8 serta nilai indeks bias imajinernya adalah 0,24; 0,69 dan 1,22.
5. Senyawa hasil ekstraksi daun kemiri yang diperoleh memiliki potensi yang digunakan sebagai bahan *dye* dalam pembuatan sel surya berbasis organik.

Daftar Pustaka

- [1] M. Mukhriani, A. Ismail, H. Haeria, S. Syakri, and N. Fadiyah, "Identifikasi Golongan Senyawa Antibakteri Fraksi Polar dan Non Polar Kulit Batang Kemiri (*Aleurites moluccana* L. Willd) dengan Metode Bioautografi Kontak," *J. Farm. UIN Alauddin Makassar*, vol. 6, no. 1, pp. 47-54, 2018, [Online]. Available: http://journal.uin-alauddin.ac.id/index.php/jurnal_farmasi/article/view/5272.
- [2] I. Trianiza, "Permukaan Semikonduktor," vol. 1, no. 2, pp. 39-41, 2018.
- [3] S. Produktivitas, "Aleurites moluccana (L.) Willd. : ekologi, silvikultur dan produktivitas."
- [4] S. Hadi, *Fabrikasi Dssc (Dye-Sensitized Solar Cell Berbasis Ekstrak Jantung Pisang Dengan Metode Spin Coating*

- Untuk Studi*, no. Jurusan Teknik Elektro. 2019.
- [5] A. Alimuddin, "Perbandingan Efisiensi Dye Sensitized Solar Cell (DSSC) dari Ekstrak daun Pacar Air, Bunga Pacar Air Merah dan Bunga Pacar Air Ungu (*Impatiens Balsamina* Linn) sebagai DYE Sensitizer," 2016.
- [6] T. Surya, D. I. Smk, and N. Magelang, "Media Pembelajaran Dalam Materi Ajar Pembangkit Listrik," vol. 3, no. 1, pp. 35-41, 2014.
- [7] K. Prototipe, "Variasi kecepatan putar dan waktu pemutaran spin coating dalam pelapisan TiO₂ untuk pembuatan dan karakterisasi," vol. 2, no. 1, 2013.
- [8] Hardani, "Dye-Sensitized Solar Cell : Teori dan Aplikasinya," *ResearchGate*, no. March 2019, 2019.
- [9] J. Widagdo, "Pemanfaatan Sumber Daya Alam sebagai Bahan Pewarna Jati," *J. DISPROTEK*, vol. 8, no. 1, pp. 67-80, 2017.
- [10] D. Pranowo, M. Herman, and Syafaruddin, "Potensi Pengembangan Kemiri Sunan (*Reutealis trisperma* (Blanco) Airy Shaw) di Lahan Terdegradasi the Multiple Benefits of Developing Kemiri Sunan (*Reutealis trisperma* (Blanco) Airy Shaw) In Degraded Land," *Perspektif*, vol. 14, no. 2, pp. 87-102, 2015.
- [11] R. Gusnedi, "Analisis Nilai Absorbansi dalam Penentuan Kadar Flavonoid untuk Berbagai Jenis Daun Tanaman Obat," *Pillar of Physics*, vol. 2, pp. 76-83, 2013.