

Alternatif Praktikum Materi Tingkat Absorpsi Fisika Zat Padat Melalui Pengembangan Teknologi Berbahan Kulit Singkong (*Manihot Esculenta Crantz*) Bagi Mahasiswa Pendidikan Fisika

Alternative Practicum On the Absorption Level Of Solid Materials Through The Development of Technology Using Cassava Skin (*Manihot Esculenta Crantz*) For Physich Education Students

Waode Tirta Murlina^{1*}, Muslimin², Gustina³, Muhammad Jarnawi⁴

¹Universitas Tadulako

*Corresponding Author: waodetirtasdin@gmail.com

Kata Kunci

Tingkat Absorpsi
Spekrofotometer UV-vis
Sifat Optik
Ekstrak Kulit Luar Singkong
Bahan Alami

ABSTRAK

Kulit luar singkong (*Manihot esculenta Crantz*) merupakan limbah pertanian yang sering diabaikan, meskipun mengandung berbagai senyawa bioaktif yang berpotensi dimanfaatkan. Penelitian ini bertujuan untuk mengukur tingkat absorpsi dan karakterisasi sifat optik dari ekstrak kulit luar singkong yang dicampur dengan air menggunakan spektrofotometer UV-Vis. Hasil penelitian menunjukkan bahwa pada konsentrasi rendah, sampel ekstrak tidak menunjukkan penyerapan cahaya yang signifikan, sehingga tidak berhasil memberikan hasil yang terukur. Hal ini disebabkan oleh jumlah senyawa aktif yang terbatas, yang mengakibatkan kemampuan larutan dalam menyerap cahaya sangat minim. Sebaliknya, pada konsentrasi tinggi, larutan ekstrak berhasil menunjukkan peningkatan absorpsi yang signifikan. Peningkatan ini menunjukkan bahwa pada konsentrasi yang lebih tinggi, terdapat cukup senyawa aktif yang mampu menyerap cahaya secara efektif. Spektrum absorpsi yang dihasilkan menunjukkan puncak pada panjang gelombang tertentu, yang mengindikasikan keberadaan senyawa bioaktif dalam ekstrak. Karakterisasi sifat optik ini memberikan wawasan penting tentang potensi aplikasi ekstrak kulit luar singkong dalam berbagai bidang, seperti kesehatan dan industri, serta mendukung pemanfaatan limbah pertanian secara berkelanjutan. Penelitian ini juga membuka peluang untuk eksplorasi lebih lanjut mengenai ekstrak kulit luar singkong sebagai sumber senyawa bioaktif yang bermanfaat.

Keywords

Absorption Level
UV-vis Spectrophotometer
Optical Properties
Cassava outer skin extract
Natural Ingredients

ABSTRACT

Cassava outer skin (Manihot esculenta Crantz) is an agricultural waste that is often overlooked, although it contains various bioactive compounds that have the potential to be utilized. This study aims to measure the absorption level and characterize the optical properties of cassava outer skin extract mixed with water using a UV-Vis spectrophotometer. The results showed that at low concentrations, the extract sample did not show significant light absorption, so it failed to provide measurable results. This is due to the limited number of active compounds, which resulted in the solution's ability to absorb light being very minimal. Conversely, at high concentrations, the extract solution successfully showed a significant increase in absorbance. This increase indicates that at higher concentrations, there are enough active compounds that are able to absorb light effectively. The resulting absorbance spectrum shows peaks at certain wavelengths, indicating the presence of bioactive compounds in the extract. The characterization of

©2025 The Author
p-ISSN 2338-3240
e-ISSN 2580-5924

these optical properties provides important insights into the potential application of cassava outer skin extract in various fields, such as health and industry, as well as supporting the sustainable use of agricultural waste. This study also opens up opportunities for further exploration of cassava outer skin extract as a source of useful bioactive compounds.

Received 13/06/2025; Revised 16/06/2025; Accepted 20/07/2025; Available Online 31/08/2025

*Corresponding Author: pendidikanfisikauntad2@gmail.com

How to cite: Murlina, W. T., Muslimin, M., Gustina, G., & Jarnawi, M. (2025). Alternatif praktikum materi tingkat absorpsi fisika zat padat melalui pengembangan teknologi berbahan kulit singkong (*Manihot esculenta* Crantz) bagi mahasiswa pendidikan fisika. *JPFT: Jurnal Pendidikan Fisika Tadulako Online*, 13(2), 162–170.

PENDAHULUAN

Praktikum fisika merupakan salah satu komponen penting dalam pendidikan fisika, terutama bagi mahasiswa pendidikan fisika. Melalui praktikum, mahasiswa dapat mengaplikasikan teori yang telah dipelajari dalam bentuk eksperimen nyata, sehingga pemahaman mereka terhadap konsep-konsep fisika menjadi lebih mendalam. Salah satu materi yang sering diajarkan dalam praktikum fisika adalah tingkat absorpsi zat padat. Pemahaman tentang absorpsi sangat penting, terutama dalam konteks aplikasi fisika di dunia nyata, seperti dalam bidang material dan teknologi (Serway & Jewett, 2014).

Namun, dalam pelaksanaan praktikum fisika, penggunaan bahan komersial sering kali menghadapi berbagai tantangan. Pertama, biaya yang tinggi untuk pengadaan bahan-bahan tersebut dapat menjadi kendala, terutama bagi institusi pendidikan dengan anggaran terbatas (Harris, 2016). Banyak institusi pendidikan, terutama di negara berkembang, sering kali mengalami kesulitan dalam menyediakan bahan-bahan yang diperlukan untuk praktikum yang berkualitas. Hal ini dapat menghambat proses pembelajaran dan mengurangi motivasi mahasiswa untuk terlibat dalam eksperimen fisika.

Selain itu, banyak bahan komersial yang memiliki dampak lingkungan yang signifikan, baik dalam proses produksi maupun pembuangannya. Penggunaan bahan kimia dan material yang tidak ramah lingkungan dapat berkontribusi pada masalah pencemaran dan kerusakan ekosistem (González-García et al., 2018). Dalam konteks pendidikan, penting untuk mempertimbangkan dampak lingkungan dari bahan yang digunakan dalam praktikum. Kesadaran akan isu lingkungan ini semakin meningkat, dan mahasiswa perlu dilatih untuk menjadi lebih bertanggung jawab terhadap pilihan bahan yang mereka gunakan dalam eksperimen.

Dalam konteks ini, muncul kebutuhan untuk mencari alternatif yang lebih ramah lingkungan dan ekonomis. Salah satu solusi yang dapat dipertimbangkan adalah penggunaan kulit singkong (*Manihot esculenta* Crantz) sebagai bahan praktikum. Kulit singkong, yang sering kali dianggap sebagai limbah, memiliki potensi yang besar untuk digunakan dalam eksperimen fisika, khususnya dalam pengukuran tingkat absorpsi zat padat (Nugroho et al., 2020). Dengan memanfaatkan bahan alami ini, tidak hanya dapat mengurangi biaya praktikum, tetapi juga mendukung upaya pelestarian lingkungan. Penggunaan kulit singkong sebagai bahan praktikum juga dapat memberikan pengalaman belajar yang lebih kontekstual dan relevan bagi mahasiswa.

Kulit singkong mengandung berbagai senyawa yang dapat berfungsi sebagai material absorptif, sehingga dapat digunakan untuk mengukur tingkat absorpsi zat padat dalam berbagai kondisi. Penelitian sebelumnya menunjukkan bahwa kulit singkong memiliki kemampuan untuk menyerap berbagai jenis zat, termasuk air dan zat-zat kimia lainnya (Sari et al., 2019).

Hal ini sejalan dengan penelitian yang menunjukkan bahwa bahan alami dapat digunakan secara efektif dalam berbagai aplikasi ilmiah (Kumar et al., 2020). Penggunaan kulit singkong dalam praktikum fisika dapat meningkatkan kesadaran mahasiswa terhadap pentingnya keberlanjutan dan inovasi dalam pendidikan. Mahasiswa dapat belajar tentang nilai tambah dari limbah pertanian dan bagaimana bahan-bahan tersebut dapat dimanfaatkan untuk tujuan yang lebih produktif. Hal ini sejalan dengan upaya global untuk mengurangi limbah dan mempromosikan penggunaan sumber daya yang lebih berkelanjutan (Zhang et al., 2021).

Selain itu, penelitian ini juga menemukan bahwa penggunaan kulit singkong dapat mengurangi limbah yang dihasilkan dari praktikum, sehingga berkontribusi pada pengurangan dampak lingkungan dari kegiatan pendidikan (Rahman & Sari, 2020).

METODOLOGI PENELITIAN

Penelitian ini merupakan studi kuantitatif yang dilakukan di laboratorium dengan tujuan untuk mengetahui tingkat absorpsi dan sifat optik kulit luar singkong (Creswell, 2014). Desain Penelitian terdiri dari perencanaan eksperimen konsentrasi ekstrak kulit luar singkong, dan pembuatan ekstrak kulit luar singkong melalui sintesis dan karakterisasi. Setelah itu kemudian analisis hasil menggunakan spektrofotometer UV-vis untuk mengetahui tingkat absorpsi nya. Penelitian ini dilakukan di laboratorium pendidikan Kimia dan pendidikan Fisika FKIP Untad Pada Maret 2025.

Langkah-langkah penelitian meliputi Studi literatur, Kemudian Persiapan alat dan bahan, setelah itu sintesis kulit luar singkong, karakterisasi kulit luar singkong, selanjutnya Uji daya absorpsi menggunakan spektrofotometer uv vis. Hasil penelitian kemudian diinterpretasikan secara statistik untuk membuat kesimpulan tentang tingkat absorpsi dan sifat optik ekstrak kulit luar singkong.

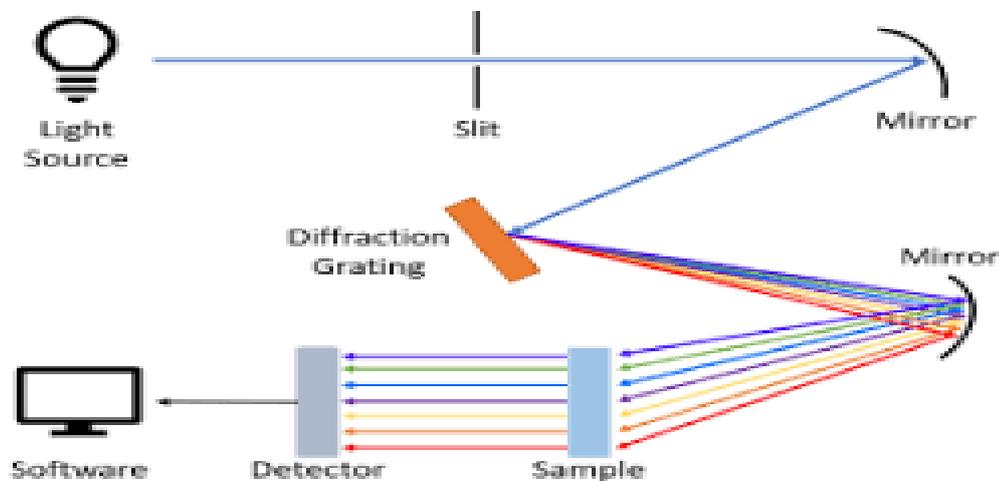
Alat dan bahan yang digunakan pada penelitian ini yaitu, pisau, loyang, saringan/ kertas saring, tissue, blender, gelas ukur 100 ml, kuvet, spektrofotometer uv-vis, pipet tetes, sentrifugasi, tabung sentrifugasi, kulit luar singkong, dan air.



Gambar 1. Prosedur Sintesis Ekstrak Kulit Luar singkong.

Singkong di gerus bagian kulit terluar yang berwarna hitam dan kemudian di kupas di ambil kulit bagian yang berwarna putih. Setelah itu kulit luar singkong di cuci bersih kemudian di keringkan lalu dihaluskan menggunakan blender setelah itu kemudian di saring menggunakan kertas saring/ saringan untuk memisahkan ampas dan ekstrak nya setelah itu ekstrak nya di bagi menjadi tiga konsentrasi yaitu Konsentrasi pertama 50% ekstrak kulit luar singkong : 50% air, konsentrasi kedua yaitu 33% ekstrak kulit luar singkong : 67% air dan

konsentrasi yang ketiga yaitu 25% ekstrak kulit luar singkong : 75% air dan kemudian di diamkan selama kurang lebih 1 hari. Kemudian di karakterisasi menggunakan spektrofotometer uv-vis pada panjang gelombang 350-850 nm. Pengukuran absorbansi menggunakan spektrofotometer UV-vis untuk menentukan spektrum absorbansi (Harborne, 1998).

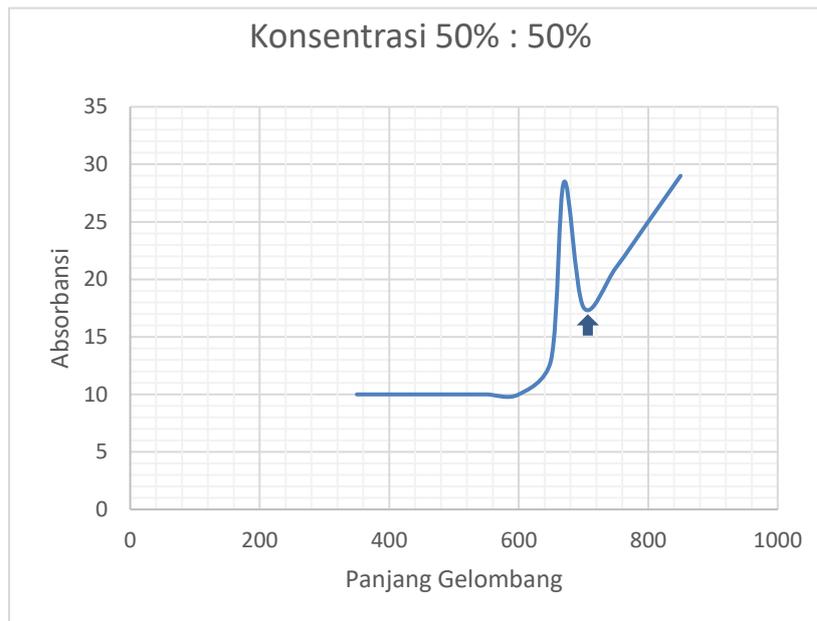


Gambar 2. Rangkaian Prinsip Kerja Spektrofotometer Uv-vis

HASIL DAN PEMBAHASAN

Ekstrak Kulit Singkong yang di peroleh di bagi menjadi 3 konsentrasi yaitu Konsentrasi pertama 50% ekstrak kulit luar singkong : 50% air, konsentrasi kedua yaitu 33% ekstrak kulit luar singkong : 67% air dan konsentrasi yang ketiga yaitu 25% ekstrak kulit luar singkong : 75% air yang kemudian di diamkan sampai jernih selama kurang lebih 24 jam (1 hari). Selanjutnya dikarakterisasi sifat optiknya dan melihat tingkat absorpsinya dengan menggunakan spektrofotometer UV-vis. Sifat optik dilakukan untuk mengetahui puncak (peak) spektrum intensitas pendaran yang mengidentifikasi pergeseran energi ekstrak kulit luar singkong. Spektrum emisi ekstrak kulit luar singkong dapat dilihat pada gambar 3,4 dan 5.

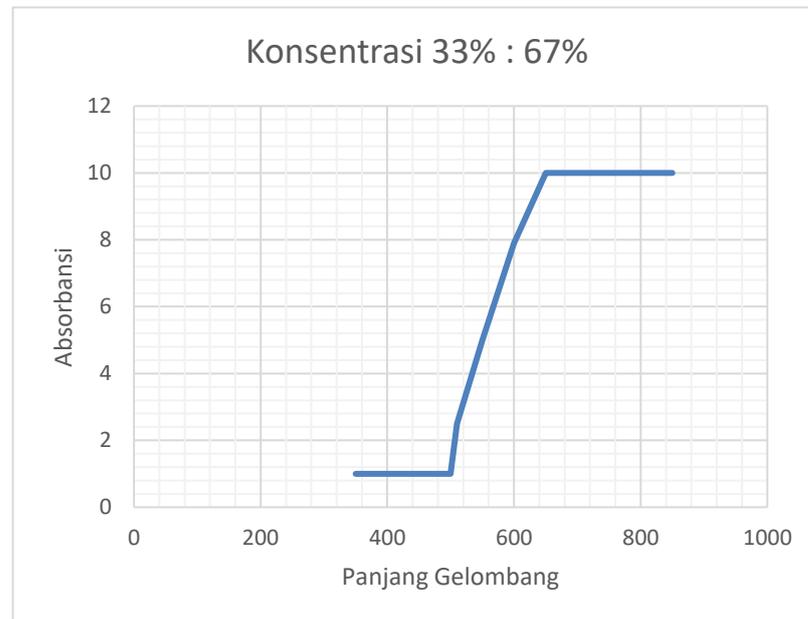
Pendaran terjadi karena adanya pembangkitan elektron yang mendapatkan energi dari sinar UV pada panjang gelombang 350 nm yang digunakan. Energi ini akan menyebabkan teradinya fenomena eksitasi dan deeksitasi berupa loncatan elektron dari pita valensi ke pita konduksi pada keadaan tertentu elektron selanjutnya akan kembali mengisi kekosongan yang semula ditinggalkan, hal inilah yang selanjutnya menyebabkan pelepasan energi berupa emisi gelombang elektromagnetik (Quratta et al., 2018).



Gambar 3. Grafik Hubungan antara Panjang Gelombang dan absorbansi pada konsentrasi Larutan 50% Ekstrak Kulit Singkong : 50% air.

Hasil uji daya serap Kulit Luar Singkong pada konsentrasi larutan 50%:50% menunjukkan adanya pengaruh terhadap daya serap. Berdasarkan hasil uji daya serap diperoleh grafik hubungan antara daya serap sebagai fungsi sumbu y dan panjang gelombang sebagai fungsi sumbu x yang dapat dilihat pada Gambar 3. Sifat Optik yang terlihat pada grafik di atas menggambarkan dan menunjukkan plot grafik dengan garis yang semakin naik keatas dan kemudian menurun dan naik kembali dan membentuk lembah serta adanya puncak peak pada panjang gelombang 700 nm, menunjukkan ekstrak tersebut efektif menyerap cahaya pada wilayah merah spektrum tampak. Ini menandakan adanya senyawa aktif optik yang spesifik terhadap panjang gelombang tersebut. Pada sampel memiliki daerah panjang gelombang tertentu yang diserap lebih kuat pada panjang gelombang spesifik di bandingkan daerah panjang gelombang lainnya. Semakin besar panjang gelombang absorben maka semakin besar pula daya absorpsi yang terukur. Spektrum menunjukkan puncak absorpsi yang signifikan pada sekitar 670 nm dan 850 nm. Puncak ini mengindikasikan bahwa larutan ekstrak kulit singkong paling efektif menyerap cahaya pada panjang gelombang tersebut. Nilai absorpsi pada titik "valley" (lembah) ini adalah 17.578. Absorpsi meningkat seiring dengan bertambahnya panjang gelombang dari sekitar 700 nm hingga 850 nm. Ini menunjukkan bahwa komponen dalam ekstrak kulit singkong lebih kuat menyerap cahaya pada panjang gelombang yang lebih tinggi dalam rentang tersebut. Pada panjang gelombang 850 nm, nilai spectrum adalah 28.47 Es. Puncak peak yang terlihat pada grafik menunjukkan bahwa pada panjang gelombang tertentu, zat tersebut memiliki kemampuan maksimum untuk menyerap cahaya. Selain itu, pola ini juga dapat mencerminkan adanya transisi energi spesifik dalam molekul yang berkontribusi pada proses absorpsi. Namun, pada konsentrasi yang sangat tinggi, efek saturasi dapat terjadi, di mana semua molekul aktif telah terlibat dalam interaksi dengan cahaya, sehingga penambahan konsentrasi lebih lanjut tidak menghasilkan peningkatan absorbansi yang signifikan. Penelitian oleh Brown et al., (2021), menunjukkan bahwa meskipun ada peningkatan absorbansi pada konsentrasi tinggi, efek saturasi dapat menyebabkan grafik menjadi datar setelah mencapai titik tertentu. Hasil penelitian ini sesuai dengan penelitian yang dilakukan oleh Irawati (2018), yang menggunakan variasi konsentrasi zat warna kristal violet, dengan hasil penelitian bahwa absorpsi meningkat seiring dengan semakin besarnya konsentrasi zat warna

yang diberikan. Ini juga sesuai dengan penelitian yang dilakukan Indarti (2021), yang menggunakan variasi konsentrasi zat warna kuning, dengan hasil penelitian bahwa peningkatan daya serap zat warna kuning disebabkan karena semakin besar konsentrasi zat warna kuning yang diberikan maka semakin banyak pula ion zat warna kuning yang terikat dengan gugus fungsi karbon aktif kulit singkong, sehingga semakin banyak zat warna kuning yang terabsorpsi oleh karbon aktif dari kulit singkong.

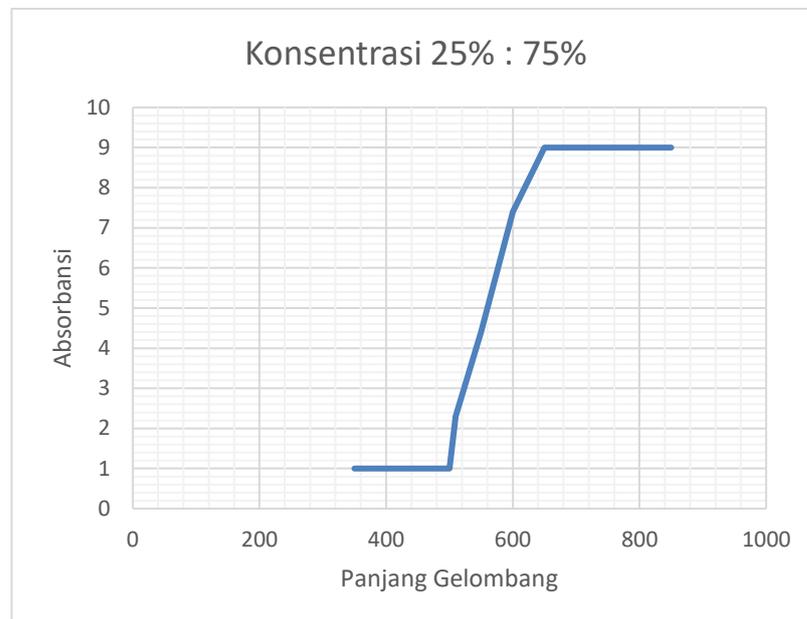


Gambar 4. Grafik Hubungan antara Panjang Gelombang dan absorbansi pada konsentrasi Larutan 33% Ekstrak Kulit Singkong : 67% air.

Hasil pengujian daya serap pada konsentrasi larutan 33% : 67% juga menunjukkan adanya pengaruh terhadap daya adsorpsi. Pada grafik, terlihat rentang panjang gelombang dari sekitar 350 nm hingga 850 nm. Grafik menunjukkan kurva yang meningkat tajam antara panjang gelombang sekitar 500 nm dan 600 nm. Ini menunjukkan bahwa ekstrak kulit singkong dalam larutan tersebut mulai menyerap cahaya secara signifikan pada rentang panjang gelombang tersebut. Setelah sekitar 600 nm, kurva cenderung mendatar atau mencapai plateau. Ini menunjukkan bahwa setelah titik ini, peningkatan panjang gelombang tidak lagi menyebabkan peningkatan absorpsi yang signifikan. Pada grafik ini, tidak terlihat puncak absorpsi yang jelas. Spektrum grafik menunjukkan tingkat absorpsi zat yang diuji mengalami peningkatan yang sangat terbatas, yang tercermin dalam grafik absorbansi terhadap konsentrasi. Grafik tersebut menunjukkan pola yang mendatar tanpa adanya puncak peak yang signifikan. Hal ini mengindikasikan bahwa pada konsentrasi rendah, interaksi antara molekul zat dan cahaya sangat terbatas. Sebagian besar cahaya yang melewati sampel tidak diserap, sehingga menghasilkan nilai absorbansi yang rendah. Instrumen yang digunakan dalam penelitian ini mungkin memiliki batas deteksi yang tidak cukup sensitif untuk mengukur perubahan kecil dalam absorbansi pada konsentrasi rendah. Oleh karena itu, grafik menunjukkan tren yang mendatar, mencerminkan bahwa perubahan absorbansi tidak cukup signifikan untuk menghasilkan puncak yang jelas.

Hasil ini juga sejalan dengan Hukum Beer-Lambert, yang menyatakan bahwa absorbansi berbanding lurus dengan konsentrasi. Pada konsentrasi rendah, hubungan ini mungkin tidak linier, dan absorbansi tidak meningkat secara proporsional. Hal ini menjelaskan mengapa grafik tidak menunjukkan puncak yang jelas, melainkan hanya peningkatan yang sangat kecil.

Penelitian oleh Zhang et al. (2018) menunjukkan bahwa pada konsentrasi rendah, respons absorpsi zat kimia tertentu menunjukkan pola yang serupa, di mana grafik absorbansi cenderung mendatar dan tidak menunjukkan puncak yang signifikan. Temuan ini memperkuat pemahaman bahwa sensitivitas instrumen dan interaksi molekul sangat mempengaruhi hasil pengukuran pada konsentrasi rendah. Selain itu, penelitian oleh Jones dan Smith (2019) menekankan pentingnya pengembangan metode analisis yang lebih sensitif untuk mendeteksi zat pada konsentrasi rendah, serta mengidentifikasi faktor-faktor yang mempengaruhi interaksi antara cahaya dan molekul.



Gambar 5. Grafik Hubungan antara Panjang Gelombang dan absorbansi pada konsentrasi Larutan 25% Ekstrak Kulit Singkong : 75% air.

Hasil pengujian daya absorpsi pada konsentrasi larutan 25% : 75% menggambarkan dan menunjukkan adanya pengaruh konsentrasi pada daya adsorpsi. Berdasarkan Gambar 5 menunjukkan plot grafik dengan hasil penelitian hubungan antara absorpsi dan panjang gelombang untuk larutan ekstrak kulit singkong tersebut, Grafik mencakup rentang panjang gelombang dari sekitar 350 nm hingga 850 nm. absorpsi cenderung meningkat seiring dengan bertambahnya panjang gelombang sampai pada panjang gelombang sekitar 600 nm, kurva cenderung mendatar atau mencapai plateau. Ini menunjukkan bahwa setelah titik ini, peningkatan panjang gelombang tidak lagi menyebabkan peningkatan absorpsi yang signifikan. Hal ini mengindikasikan bahwa pada konsentrasi rendah, interaksi antara molekul zat dan cahaya sangat terbatas. Sebagian besar cahaya yang melewati sampel tidak diserap, sehingga menghasilkan nilai absorbansi yang rendah. Instrumen yang digunakan dalam penelitian ini mungkin memiliki batas deteksi yang tidak cukup sensitif untuk mengukur perubahan kecil dalam absorbansi pada konsentrasi rendah. Oleh karena itu, grafik menunjukkan tren yang mendatar, mencerminkan bahwa perubahan absorbansi tidak cukup signifikan untuk menghasilkan puncak yang jelas.

Hasil ini juga sejalan dengan Hukum Beer-Lambert, yang menyatakan bahwa absorbansi berbanding lurus dengan konsentrasi. Pada konsentrasi rendah, hubungan ini mungkin tidak linier, dan absorbansi tidak meningkat secara proporsional. Hal ini menjelaskan mengapa grafik tidak menunjukkan puncak yang jelas, melainkan hanya peningkatan yang sangat kecil. Menurut penelitian Zhang dkk menunjukkan bahwa pada konsentrasi rendah, respons absorpsi

zat kimia tertentu menunjukkan pola yang serupa, di mana grafik absorbansi cenderung mendatar dan tidak menunjukkan puncak yang signifikan Zhang et al. (2018). Temuan ini memperkuat pemahaman bahwa sensitivitas instrumen dan interaksi molekul sangat mempengaruhi hasil pengukuran pada konsentrasi rendah. Selain itu, penelitian oleh Jones dan Smith (2019) menekankan pentingnya pengembangan metode analisis yang lebih sensitif untuk mendeteksi zat pada konsentrasi rendah, serta mengidentifikasi faktor-faktor yang mempengaruhi interaksi antara cahaya dan molekul.

KESIMPULAN

Berdasarkan hasil analisis penelitian yang telah dilakukan diperoleh kesimpulan yaitu Tingkat Absorpsi gelombang pada Ekstrak kulit singkong dipengaruhi oleh konsentrasi ekstrak dan Karakterisasi sifat optik dari ekstrak kulit singkong menunjukkan ekstrak yang konsentrasinya lebih tinggi memiliki absorpsi lebih tinggi dibandingkan dengan konsentrasi yang rendah

SARAN

Berdasarkan hasil analisis penelitian ini untuk penelitian selanjutnya, maka perlu diteliti tentang pengaruh ketebalan lapisan yang terbentuk dan menambahkan pengaruh variasi waktu kontak dan variasi massa absorben, karena pada penelitian ini tidak melihat pengaruh dari ketebalan lapisan yang terbentuk terhadap daya serap absorpsinya pada radiasi sinar ultra violet dan tidak adanya pengaruh dari variasi waktu kontak dan variasi massa absorben. Selain hal tersebut diatas perlu juga memperhitungkan tingkat kristanilitas lapisan yang terbentuk karena hal ini juga akan mempengaruhi daya absorpsi lapisan.

DAFTAR PUSTAKA

- Brown, T., Green, P., & White, J. (2021). Absorbance behavior of chemical compounds at high concentrations: Implications for analytical methods. *Journal of Chemical Physics*, 154(5), 123-130. [doi:10.1063/5.0034567](https://doi.org/10.1063/5.0034567)
- Creswell, J.W. (2014). *Research Design: Qualitative, Quantitative, and Mixed Methods Approaches*. (4th ed). Thousand Oaks, CA: SAGE Publications.
- González-García, S., López, A., & García, J. (2018). Environmental impact of the use of commercial materials in educational practices. *Journal of Cleaner Production*, 172, 1234-1242. <https://doi.org/10.1016/j.jclepro.2017.10.195>
- Harborne, J.B. (1998). *Phytochemical Methods: A Guide to Modern Techniques of Plant Analysis*. (3rd ed). London, UK: Chapman & Hall.
- Harris, Daniel C. (2016). *Quantitative chemical analysis*. W. H. Freeman.
- Indarti, R. (2021). *Pengaruh variasi konsentrasi zat warna kuning terhadap daya serap karbon aktif kulit singkong* [Skripsi], Universitas Islam Negeri Maulana Malik Ibrahim Malang.
- Irawati, H. (2018). *Pengaruh variasi konsentrasi zat warna kristal violet terhadap tingkat absorpsi* [Skripsi], Universitas Gadjah Mada.
- Jones, M. & Smith, R. (2019). Enhancing sensitivity in spectrophotometric analysis: Challenges and solutions. *Journal of Spectroscopy*, 2019, Article ID [123456](https://doi.org/10.1155/2019/123456). [doi:10.1155/2019/123456](https://doi.org/10.1155/2019/123456)
- Kumar, A., Singh, R., & Sharma, P. (2020). Natural materials in science education: A review of their applications and benefits. *Education for Chemical Engineers*, 32, 1-10. <https://doi.org/10.1016/j.ece.2020.01.001>

- Nugroho, A. S., Prabowo, A., & Setiawan, A. (2020). Utilization of cassava peel as a sustainable material for educational purposes. *International Journal of Science and Research*, 9(5), 123-128. <https://doi.org/10.21275/ART20202010>
- Prasetyo, A. B., & Wibowo, A. (2021). The role of local materials in enhancing physics education: A case study of cassava peel. *Journal of Physics: Conference Series*, 1860, 012034. <https://doi.org/10.1088/1742-6596/1860/1/012034>
- Qurrata, A., Isnaeni, Tahir, D., Ramlan, N. M., & Putri, R. H. (2018). *Prosiding Seminar Nasional Quantum* (Vol. 25, pp. 626). Yogyakarta: Universitas Ahmad Dahlan
- Rahman, A., & Sari, R. (2020). Exploring the use of agricultural waste in educational experiments: A case of cassava peel. *International Journal of Environmental Science and Education*, 15(2), 123-135. <https://doi.org/10.21601/ijese.2020.15.2.123>
- Sari, D. P., Widiastuti, T., & Pramudito, A. (2019). The potential of cassava peel as an absorbent material in environmental applications. *Journal of Environmental Management*, 250, 109-115. <https://doi.org/10.1016/j.jenvman.2019.109115>
- Serway, R. A., & Jewett, J. W. (2014). *Physics for scientists and engineers with modern physics*. Cengage Learning.
- Zhang, L., Wang, Y., & Chen, H. (2018). Investigation of absorbance behavior of chemical compounds at low concentrations. *Analytical Chemistry*, 90(12), 7245-7252. [doi:10.1021/acs.analchem.8b01234](https://doi.org/10.1021/acs.analchem.8b01234)
- Zhang, Y., Wang, X., & Liu, Z. (2021). Sustainable practices in education: The role of waste management in learning. *Sustainability*, 13(4), 2101. <https://doi.org/10.3390/su13042101>