

Analisis Persepsi Mahasiswa Terhadap Praktikum Bioenergi Alternatif: Pemahaman, Keunggulan dan Tantangan

Semuel Unwakoly^{1,2}, Liliasari^{1*}

¹ Program Studi Pendidikan IPA, Fakultas Pendidikan Matematika dan Ilmu Pengetahuan Alam, Universitas Pendidikan Indonesia, Jawa Barat, Indonesia

² Program Studi Pendidikan Kimia, Fakultas Keguruan dan Ilmu Pendidikan, Universitas Pattimura, Maluku, Indonesia

*Email: liliasari@upi.edu

Info Artikel	Abstrak
Diterima: 19 Maret 2025 Direvisi: 25 April 2025 Diterima untuk diterbitkan: 31 Mei 2025	Praktikum di laboratorium berperan penting dalam meningkatkan pemahaman mahasiswa terhadap konsep ilmiah dan keterampilan laboratorium. Penelitian ini bertujuan untuk menganalisis persepsi mahasiswa terhadap praktikum pembuatan <i>Dye-Sensitized Solar Cell</i> (DSSC) berbasis makroalga sebagai bioenergi alternatif. Metode penelitian yang digunakan adalah survei dengan pendekatan kuantitatif deskriptif melalui kuesioner dan wawancara terbuka untuk mengukur persepsi mahasiswa terhadap tiga aspek, yaitu pengetahuan sains, keunggulan dan tantangan praktikum pembuatan DSSC. Semua kuesioner yang digunakan telah divalidasi oleh ahli dan diukur validitas serta keandalan melalui pengujian statistik dengan nilai sig (2-tailed) < 0,05 dan nilai <i>Cronbach alpha</i> sebesar $\alpha=0,89$, $\alpha=0,90$ dan $\alpha=0,94$. Hasil penelitian menunjukkan bahwa persepsi mahasiswa terhadap praktikum bioenergi alternatif yang dikembangkan pada mata kuliah Biokimia untuk ketiga aspek sebagai berikut; 1) mahasiswa memahami konsep dasar sel surya yang mengadopsi mekanisme reaksi fotosintesis pada tumbuhan dan alga. 2) praktikum ini memiliki keunggulan dalam penguasaan keterampilan laboratorium melalui pengalaman langsung dalam membuat sampai mengukur efisiensi kinerja DSSC. 3) serta tantangan yang dapat diatasi mahasiswa dalam praktikum pembuatan bioenergi alternatif (DSSC). Penelitian ini memberikan wawasan bagi pengembangan metode pembelajaran berbasis eksperimen yang lebih efektif dalam pendidikan sains, biologi dan kimia.
Keywords: Bioenergi alternatif, DSSC, persepsi mahasiswa, laboratorium, energi terbarukan	

© 2025 Semuel Unwakoly. This is an open-access article under the CC-BY license (<https://creativecommons.org/licenses/by/4.0>)



PENDAHULUAN

Salah satu tantangan terbesar yang harus dihadapi oleh para ilmuwan di tahun-tahun mendatang adalah pengembangan energi bersih dan berkelanjutan (Smalley, 2005). Para ilmuwan ingin memecahkan masalah energi dengan cara mengembangkan energi terbarukan yang lebih menjanjikan untuk kelangsungan bumi (Chien, Su, Chou, & Wang, 2021). Energi terbarukan semakin menjadi perhatian utama dalam mengatasi krisis lingkungan secara global yang disebabkan oleh penggunaan bahan bakar fosil yang sangat besar. Salah satu teknologi yang menarik dari energi terbarukan yang menjadi perhatian saat ini adalah *Dye-Sensitized Solar Cell* (DSSC). DSSC merupakan jenis sel surya generasi ketiga yang memiliki potensi besar dalam efisiensi, ramah terhadap lingkungan serta biaya produksi yang lebih rendah dibandingkan dengan sel surya generasi sebelumnya seperti sel surya berbasis silikon (Cui *et al.*, 2021; Golshan, Osfour, Azin, & Jalali, 2020; Orona-Navar, Aguilar-Hernández, Nigam, Cerdán-Pasarán, & Ornelas-Soto, 2021; Prima, Nugroho, Refantero, Panatarani, & Yuliarto, 2020). DSSC bekerja dengan prinsip fotokimia di mana pewarna sebagai fotosensitizer berperan dalam menyerap cahaya matahari dan mengkonversinya menjadi energi listrik melalui reaksi elektrokimia (Calogero *et al.*, 2014; Richhariya, Kumar, Tekasakul, & Gupta, 2017).

Berbagai jenis teknologi bioenergi alternatif telah dikembangkan oleh universitas melalui kegiatan eksperimen dan penelitian di laboratorium seperti teknologi fotovoltaik DSSC. Jika teknologi DSSC ini dapat ditransformasikan ke dalam kegiatan belajar baik untuk siswa di sekolah menengah pada mata pelajaran IPA serta bagi mahasiswa pendidikan IPA, biologi, kimia dan fisika di perguruan tinggi, dapat meningkatkan antusiasme dalam belajar tentang energi surya melalui mekanisme reaksi fotosintesis pada tumbuhan maupun alga. Dengan menyederhanakan teknologi pembuatan DSSC ini menjadi sebuah proses eksperimen yang dapat dilakukan oleh siswa dan kemudian mengintegrasikan eksperimen ini ke dalam kurikulum yang sudah ada merupakan sebuah tantangan tersendiri bagi mahasiswa calon guru (Chien *et al.*, 2021). Untuk dapat melakukannya, maka mahasiswa perlu memahami secara mendalam tentang konsep dasar dari mekanisme reaksi fotosintesis dalam pembuatan DSSC. Dalam konteks pendidikan sains, biologi dan kimia, praktikum di laboratorium memainkan peran yang sangat krusial dalam meningkatkan pemahaman mahasiswa terhadap konsep teoritis.

Laboratorium sains, biologi dan kimia dalam dunia pendidikan merupakan tempat berlangsungnya proses belajar mengajar melalui metode demonstrasi atau praktikum yang dapat menghasilkan pengalaman belajar dimana siswa berinteraksi dengan berbagai alat dan bahan untuk mengamati perubahan-perubahan yang terjadi (Allanas, 2021). Kerja di laboratorium biologi, kimia maupun IPA biasanya melibatkan pelatihan keterampilan eksperimental dan pembelajaran pengetahuan sains. Percobaan langsung yang sesuai untuk siswa dapat meningkatkan motivasi belajar mereka, serta meningkatkan pengetahuan sains dan keterampilan eksperimental mereka (Nulngafan & Khoiri, 2021). Dohn dkk. menemukan bahwa hampir semua siswa melaporkan bahwa kerja laboratorium penting untuk mempelajari konsep-konsep yang sulit karena pengalaman langsung membuat konten pembelajaran menjadi lebih konkret dan lebih mudah diingat. Mereka juga menemukan bahwa kerja laboratorium dapat menginspirasi motivasi belajar siswa (Dohn, Fago, Overgaard, Madsen, & Malte, 2016). Selain itu, Hunsmann melaporkan bahwa motivasi memainkan peran kunci dalam pembelajaran berkelanjutan (Hansmann, 2010). Kegiatan praktikum di laboratorium memiliki potensi untuk merangsang motivasi belajar sains dan mengembangkan keterampilan dasar dalam melakukan eksperimen (Sari, Yulinda, & Zubaidah, 2023). Kegiatan eksperimen secara langsung dapat meningkatkan keterampilan berpikir kritis (Quattrucci, 2018), motivasi belajar, mempromosikan pembelajaran pengetahuan ilmiah dan keterampilan eksperimental, serta meningkatkan keterlibatan dalam pembelajaran berkelanjutan.

Beberapa penelitian sebelumnya menunjukkan bahwa kegiatan praktikum di laboratorium sains, biologi dan kimia dapat meningkatkan pemahaman konsep mahasiswa serta meningkatkan minat mereka dalam pembelajaran di bidang sains dan teknologi (Itzek-Greulich *et al.*, 2017). Kegiatan praktikum di laboratorium dapat memberikan pengalaman langsung tentang fenomena

pembelajaran sains, yang tidak dapat diperoleh jika pembelajaran hanya berpusat pada buku teks dan di kelas (Mellish, Ryan, Pearson, & Tuckey, 2019; Ramadhan & Suyanto, 2020). Praktikum merupakan wahana untuk mengembangkan keterampilan dasar dalam melakukan eksperimen dan penyelidikan ilmiah (Najemah, 2020). Kegiatan praktikum di laboratorium dapat meningkatkan keterampilan berpikir kritis, pemecahan masalah dan kreativitas mahasiswa (Quattrucci, 2018). Walaupun banyak laporan melalui publikasi ilmiah dan penelitian tentang praktikum yang dikembangkan untuk meningkatkan kualitas pembelajaran di kelas, namun evaluasi terhadap praktikum bioenergi alternatif khususnya pembuatan DSSC yang dikembangkan pada mata kuliah biokimia melalui analisis persepsi mahasiswa pada aspek pemahaman konsep, keunggulan dan tantangan belum dilaporkan sebelumnya. Sehingga, penelitian ini dilakukan dengan tujuan untuk mengetahui persepsi mahasiswa terhadap pemahaman konsep fotosintesis, keunggulan dan tantangan melalui praktikum bioenergi alternatif yang dikembangkan. Hasil penelitian ini diharapkan dapat memberikan wawasan bagi pengembangan metode pembelajaran yang lebih efektif dalam pendidikan sains, biologi, kimia dan fisika khususnya dalam penerapan eksperimen berbasis energi terbarukan.

METODE

Metode penelitian yang digunakan adalah survei dengan pendekatan kuantitatif deskriptif yang bertujuan untuk mendeskripsikan persepsi mahasiswa terhadap pelaksanaan praktikum di laboratorium dalam bentuk angka-angka yang bermakna (Nugroho *et al.*, 2022). Metode ini mengumpulkan informasi dari kelompok yang mewakili suatu populasi. Data kuantitatif diperoleh dengan menghitung skor kuesioner berdasarkan jawaban mahasiswa. Penelitian ini dilakukan pada semester genap tahun ajaran 2024-2025 yang melibatkan 32 mahasiswa semester 5 pada program studi pendidikan Kimia di salah satu Universitas Negeri di Provinsi Maluku.

Instrumen yang dikembangkan dalam penelitian ini terdiri dari kuesioner pilihan informasi terbuka untuk mengumpulkan tanggapan mahasiswa terhadap praktikum DSSC. Beberapa penelitian sebelumnya menunjukkan bahwa metode pengumpulan data ini dapat mensurvei opini publik tentang energi (de Best-Waldhober *et al.*, 2012; van Der Zwaan *et al.*, 2019). Kuesioner yang dikembangkan untuk mengumpulkan informasi mengenai persepsi mahasiswa terhadap pemahaman konsep DSSC dalam hal pengetahuan sains berjumlah 10 pernyataan, keterampilan eksperimen berjumlah 4 pernyataan, motivasi belajar berjumlah 6 pernyataan, dan sikap terhadap keberlanjutan berjumlah 3 pernyataan (Chien *et al.*, 2021; Swarat, Ortony, & Revelle, 2012; Unwakoly & Munawaroh, 2024), keunggulan praktikum DSSC berbentuk 2 jawaban terbuka serta kuesioner tantangan yang dihadapi dalam pembelajaran tentang energi terbarukan khususnya praktikum pembuatan DSSC berjumlah 6 item pernyataan. Kuesioner ini telah diperiksa dan divalidasi oleh 3 orang ahli yang sesuai dengan bidang keahlian pada pendidikan sains.

Tabel 1.

Indikator persepsi mahasiswa terhadap praktikum pembuatan DSSC

Aspek	Indikator
Persepsi mahasiswa terhadap pemahaman konsep DSSC	Pengetahuan sains, keterampilan eksperimen, motivasi belajar, dan sikap terhadap keberlanjutan
Persepsi mahasiswa terhadap keunggulan praktikum DSSC	Keunggulan praktikum DSSC menggunakan makroalga sebagai pewarna alami
Persepsi mahasiswa terhadap tantangan dalam pelaksanaan praktikum	Tantangan dalam pelaksanaan praktikum DSSC

Pengumpulan data dilakukan secara langsung dengan cara menyebarkan kuesioner kepada mahasiswa sebagai responden dan dilakukan analisis deskriptif yang terdiri dari klasifikasi jawaban dari setiap responden serta persentase persepsi mahasiswa terhadap pelaksanaan praktikum DSSC di laboratorium. Sedangkan, analisis data dilakukan dengan perhitungan statistik menggunakan

perangkat lunak SPSS versi 25. Kuesioner dalam penelitian ini diuji validitas (Sürücü & Maslakci, 2020) serta reliabilitas (Andersson, Boateng, & Abos, 2024) menggunakan Cronbach's alpha dan uji statistik deskriptif, meliputi perhitungan *mean* skor dan standar deviasi pada skala likert dengan skor rata-rata adalah 5 poin (5 = sangat setuju, 4 = setuju, 3 = netral, 2 = tidak setuju, 1 = sangat tidak setuju) (Joshi, Kale, Chandel, & Pal, 2015; Tanujaya, Prahmana, & Mumu, 2022).

Hasil validasi menunjukkan bahwa dari 23 item kuesioner untuk aspek persepsi mahasiswa terhadap pemahaman konsep dan 6 item kuesioner persepsi mahasiswa terhadap tantangan yang dihadapi selama kegiatan praktikum valid karena memiliki nilai *sig* (*2 tailed*) < 0,05, sedangkan pada aspek persepsi mahasiswa terhadap keunggulan praktikum yang terdiri dari 2 jawaban terbuka divalidasi oleh ahli dan dinyatakan valid, sehingga semua instrumen yang dikembangkan dapat digunakan dan selanjutnya diuji keandalan instrumen tersebut. Sedangkan, hasil pengukuran keandalan untuk ketiga aspek secara berturut-turut sebesar $\alpha=0,89$ dan $\alpha=0,94$. Kedua nilai koefisien alpha ini dianggap dapat diterima hingga baik, karena semakin dekat nilai alpha ke 1, maka semakin besar konsistensi internal item.

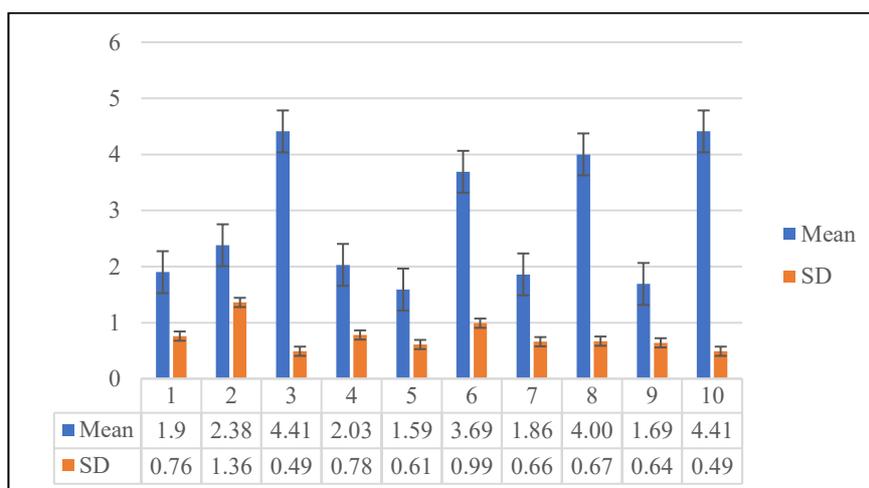
HASIL DAN PEMBAHASAN

Persepsi Mahasiswa terhadap Aspek Pemahaman Konsep

Praktikum pembuatan DSSC merupakan program praktikum yang dikembangkan pada mata kuliah biokimia bagi mahasiswa semester 5 yang telah mempelajari materi fotosintesis. Praktikum ini sangat penting untuk membantu pembentukan pemahaman konsep mahasiswa tentang reaksi fotosintesis melalui mekanisme kinerja DSSC. Hal ini disebabkan karena kinerja DSSC mengadopsi reaksi fotosintesis pada makhluk hidup terutama tumbuhan dan alga. Untuk mengetahui pemahaman konsep mahasiswa setelah pelaksanaan praktikum, maka dilakukan evaluasi melalui penyebaran kuesioner. Pada Gambar 1, menunjukkan nilai *Mean* (rata-rata) dan *SD* (standar deviasi) indikator pengetahuan sains dari aspek pemahaman konsep untuk 10 item pernyataan yang berbeda. Berdasarkan data yang diperoleh item pernyataan dengan nilai rata-rata (*Mean*) tertinggi adalah item nomor 3 dan 10, dengan nilai 4.41, diikuti oleh item pernyataan nomor 8 dan 6 dengan nilai 4,00 dan 3.69. Hal ini menunjukkan bahwa setelah pelaksanaan praktikum mahasiswa telah memiliki pemahaman yang lebih baik tentang pewarna (pigmen) pada tumbuhan sebagai fotosensitizer pada teknologi DSSC dan memahami prinsip dasar dari teknologi ini yaitu mengubah cahaya menjadi listrik melalui transfer elektron (Prima *et al.*, 2020; Unwakoly *et al.*, 2025). Sebaliknya, item pernyataan dengan nilai rata-rata terendah adalah item pernyataan nomor 1 (1.9) yang merupakan pernyataan negatif yang menunjukkan bahwa sebagian besar mahasiswa telah mengetahui fotosintesis namun belum memahami lebih jauh aplikasinya dalam teknologi pembuatan DSSC sedangkan item pernyataan nomor 5 (1,59), 8 (1,86) dan 9 (1.96), mengindikasikan bahwa pemahaman sains dalam aspek ini masih tergolong rendah, sehingga dibutuhkan penjelasan lebih mendalam tentang fotoelektroda dan peranan elektrolit dalam teknologi DSSC. Fotoelektroda dan elektrolit memainkan peran yang sangat penting karena memiliki fungsi yang berbeda namun saling berkesinambungan dalam teknologi fotovoltaik DSSC. Fotoelektroda berfungsi sebagai media transfer muatan elektron serta menyerap cahaya dan meninjak electron ke dalam zat warna yang digunakan. Sedangkan elektrolit, berperan dalam konversi energi cahaya menjadi energi listrik serta meregenerasi pewarna yang telah kehilangan electron (Hikmah & Prajitno, 2015; Prima, Yuliarto, Suendo, & Suyatman, 2014)

Hasil analisis persepsi mahasiswa pada aspek ini melalui standar deviasi (SD) menunjukkan seberapa besar variasi atau penyebaran data dari rata-rata setiap respon mahasiswa. Nilai SD tertinggi terdapat pada item pernyataan nomor 3 (1.36) dan item pernyataan nomor 6 (0.99), hasil ini menunjukkan bahwa jawaban responden pada kedua item pernyataan ini cukup bervariasi; ada yang memiliki pemahaman tinggi, tetapi ada juga yang masih rendah. Sebaliknya, item pernyataan nomor 3 dan 10 memiliki standar deviasi terendah yaitu masing sebesar 0.49, yang menunjukkan

bahwa jawaban responden pada indikator ini lebih seragam dan konsisten dibandingkan indikator lainnya

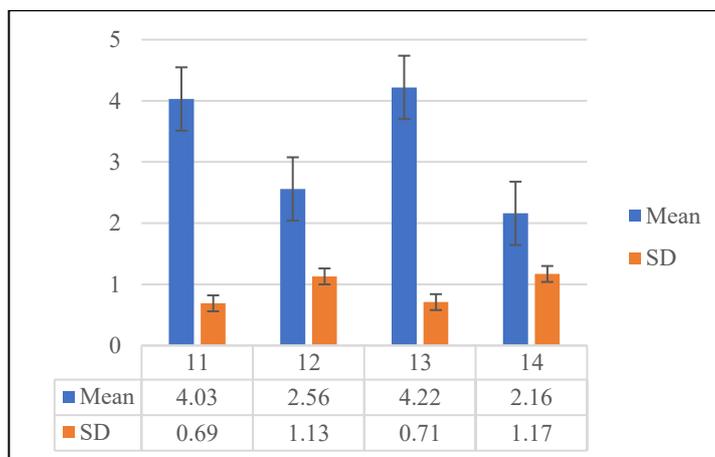


Gambar 1. Persepsi Mahasiswa pada Indikator Pengetahuan Sains

Secara keseluruhan, hasil yang diperoleh dapat memberikan gambaran mengenai kekuatan dan kelemahan indikator pengetahuan sains mahasiswa berdasarkan item pernyataan yang diukur. Indikator dengan mean tinggi dan SD rendah, seperti item pernyataan nomor 3 dan nomor 10, menunjukkan pemahaman yang baik dengan persebaran jawaban yang konsisten. Sementara itu, indikator dengan mean rendah dan SD tinggi, seperti item pernyataan nomor 1 dan 7, mengindikasikan bahwa ada sebagian responden yang memiliki pemahaman rendah dan perlu intervensi lebih lanjut melalui penguatan materi yang lebih mendalam. Sehingga, hasil yang diperoleh dapat digunakan sebagai dasar untuk merancang strategi peningkatan pada indikator pengetahuan sains. Item pernyataan dengan nilai rendah dapat menjadi fokus utama dalam pendalaman materi, sedangkan item pernyataan dengan nilai tinggi dapat dijadikan tolok ukur keberhasilan pelaksanaan praktikum telah dilakukan. Selain itu, variasi dalam standar deviasi dapat membantu mengidentifikasi bagian mana yang membutuhkan lebih banyak perhatian dalam upaya meningkatkan keseragaman pemahaman di antara para mahasiswa (Putra *et al.*, 2024).

Gambar 2 menunjukkan hasil analisis persepsi mahasiswa pada indikator keterampilan eksperimen dari 32 responden. Keempat item pernyataan 11, 12, 13, dan 14 memiliki nilai rata-rata (*Mean*) dan standar deviasi (*SD*) yang bervariasi. Item pernyataan nomor 13 menunjukkan indikator keterampilan eksperimen tertinggi dengan rata-rata 4,22, diikuti oleh item pernyataan nomor 11 dengan rata-rata 4,03. Sementara itu, item pernyataan nomor 12 dan 14 memiliki rata-rata yang lebih rendah, masing-masing 2,56 dan 2,16, menunjukkan bahwa keterampilan eksperimen pada kedua item ini kurang dikuasai dibandingkan item yang lainnya. Variasi data yang ditunjukkan oleh standar deviasi menunjukkan bahwa item pernyataan 12 dan 14 memiliki nilai SD yang lebih besar, yaitu 1,13 dan 1,17, yang menunjukkan adanya perbedaan cukup signifikan dalam penguasaan keterampilan eksperimen di antara responden. Sebaliknya, item pernyataan 11 dan 13 memiliki SD yang lebih kecil, yaitu 0,69 dan 0,71, yang menunjukkan bahwa data lebih terkonsentrasi di sekitar rata-rata dan lebih konsisten. Secara keseluruhan, hasil penelitian ini mengindikasikan bahwa mahasiswa lebih menguasai keterampilan eksperimen pada keselamatan kerja di laboratorium dengan mengikuti semua prosedur kerja selama persiapan maupun pelaksanaan praktikum. Selain itu melalui praktikum DSSC di laboratorium mahasiswa mampu memahami prinsip-prinsip dasar dari pembuatan DSSC yang meliputi pembuatan semikonduktor TiO_2 , elektrolit, elektroda balik dan mengekstrak pewarna alami serta karakterisasi (Adekanmbi *et al.*, 2024; Putra *et al.*, 2024). Sedangkan item pernyataan nomor 12 dan 14, cenderung lebih bervariasi dan memiliki tingkat penguasaan yang lebih rendah. Dalam pelaksanaan praktikum, mahasiswa lebih mandiri dalam

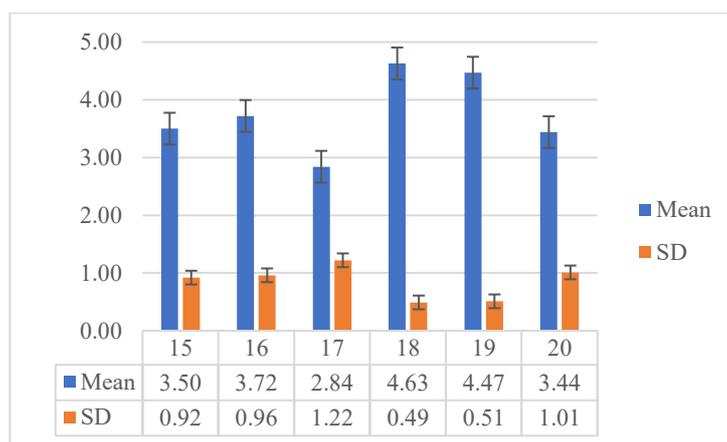
mengerjakan setiap langkah percobaan tanpa didampingi oleh asisten laboratorium, hal ini dapat membantu mahasiswa dalam penguasaan konsep DSSC. Hal ini dapat menjadi bahan evaluasi lebih lanjut untuk memahami faktor-faktor yang mempengaruhi perbedaan keterampilan eksperimen pada setiap indikator.



Gambar 2. Persepsi Mahasiswa pada Indikator Keterampilan Eksperimen

Perbedaan rata-rata dan variasi dalam indikator keterampilan eksperimen ini dapat disebabkan oleh berbagai faktor, seperti kompleksitas tugas dalam prosedur percobaan, pengalaman penguasaan laboratorium sebelumnya, atau efektivitas dalam menyelesaikan setiap langkah percobaan selama pelaksanaan praktikum. Item pernyataan nomor 12 dan 14 memiliki nilai rata-rata yang lebih rendah, hal ini dapat disebabkan karena pengetahuan awal mahasiswa masih rendah sehingga masalah yang dihadapi saat proses praktikum belum dapat diselesaikan dengan baik. Sementara itu, item pernyataan nomor 11 dan 13 memiliki nilai rata-rata yang tinggi dapat menunjukkan bahwa keterampilan tersebut lebih mudah dipraktikkan.

Gambar 3 menunjukkan nilai *Mean* (rata-rata) dan *SD* (standar deviasi) dari indikator motivasi belajar dari aspek pemahaman konsep untuk 6 item pernyataan yang berbeda. Item pernyataan nomor 18 dan 19 memiliki nilai rata-rata (*Mean*) masing-masing sebesar 4,63 dan 4,47. Nilai rata-rata dari kedua item pernyataan ini lebih tinggi dibandingkan dengan item pernyataan yang lainnya, sedangkan nilai rata-rata terendah ada pada item pernyataan nomor 17 sebesar 2,84. Hasil ini menunjukkan bahwa sebagian besar mahasiswa memiliki motivasi belajar yang tinggi untuk dapat menghasilkan kinerja DSSC yang lebih baik melalui pembuatan *sandwich* DSSC dan menguji kinerja menggunakan digital multimeter pada praktikum ini (Chien *et al.*, 2021). Jika dilihat dari nilai standar deviasi (*SD*) sebagian besar dari item pernyataan memiliki nilai yang tinggi dengan data yang bervariasi di setiap item pernyataannya. Seperti *SD* pada item nomor 17 dan 20 sebesar 1,22 dan 1,01 lebih tinggi menunjukkan adanya perbedaan persepsi yang lebih besar dari mahasiswa terhadap motivasi belajar. Sedangkan *SD* dari item pernyataan yang rendah menunjukkan keseragaman persepsi mahasiswa terhadap motivasi belajar, seperti pada item pernyataan nomor 18 dan 19 sebesar 0,49 dan 0,51. Hal ini sejalan dengan penelitian yang dilakukan oleh Chien Sen-I (2021) yang melaporkan bahwa nilai rata-rata yang tinggi dan standar deviasi yang rendah dari responden, memiliki kecenderungan motivasi belajar yang tinggi selama praktikum pembuatan DSSC untuk menghasilkan kinerja DSSC yang baik (Chien *et al.*, 2021; Rahmayumita *et al.*, 2024).

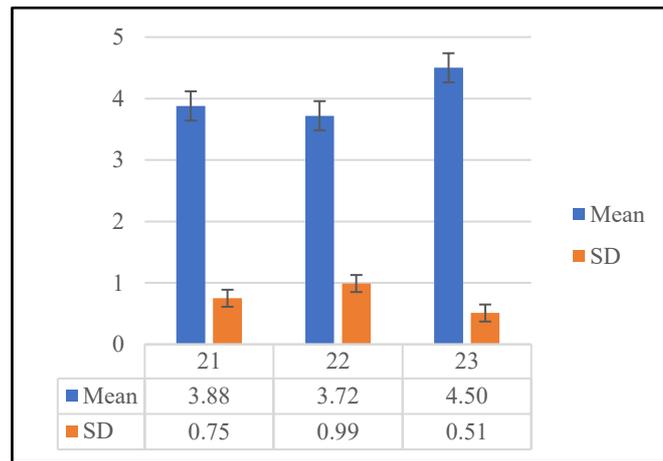


Gambar 3. Persepsi Mahasiswa pada Indikator Motivasi Belajar

Indikator motivasi belajar pada aspek pemahaman konsep dengan nilai mean tinggi dan standar deviasi rendah, seperti pada item pernyataan 18 dan 19, dapat menjadi fokus utama dalam strategi peningkatan motivasi belajar karena sudah terbukti efektif dan diterima secara luas oleh mahasiswa. Sementara itu, item pernyataan dengan nilai mean rendah dan standar deviasi tinggi, seperti item pernyataan nomor 17, perlu dievaluasi lebih lanjut untuk memahami faktor-faktor yang menyebabkan perbedaan persepsi yang signifikan. Secara keseluruhan, data ini menunjukkan bahwa beberapa item pernyataan pada indikator ini memiliki pengaruh yang lebih kuat dalam meningkatkan motivasi belajar dibandingkan yang lain. Stabilitas dan konsistensi respon mahasiswa terhadap item pernyataan tertentu juga menjadi faktor penting dalam menentukan efektivitas suatu indikator dalam mendorong motivasi belajar. Dengan memahami pola ini, strategi pendidikan dapat dirancang dengan lebih baik untuk meningkatkan keterlibatan dan motivasi siswa dalam proses pembelajaran (Muslimin *et al.*, 2023).

Gambar 4 menunjukkan nilai rata-rata (*Mean*) dan standar deviasi (*SD*) dari indikator sikap keberlanjutan pada item pernyataan nomor 21, 22, dan 23. Rata-rata menggambarkan tingkat sikap keberlanjutan pada masing-masing indikator, sedangkan standar deviasi mencerminkan sebaran data atau tingkat variasi dari nilai yang diamati. Item pernyataan nomor 21 memiliki nilai rata-rata sebesar 3,88 dengan standar deviasi 0,75. Data ini menunjukkan bahwa sikap keberlanjutan pada indikator ini cenderung tinggi, meskipun terdapat variasi yang relatif moderat dalam tanggapan seluruh mahasiswa sebagai responden. Item pernyataan nomor 22 memiliki nilai rata-rata yang sedikit lebih rendah, yaitu 3,72, dengan standar deviasi 0,99, yang menunjukkan tingkat variasi yang lebih besar dibandingkan indikator 21. Sementara itu, item pernyataan nomor 23 memiliki nilai rata-rata tertinggi, yaitu 4,50, dengan standar deviasi 0,51. Ini menunjukkan bahwa sikap keberlanjutan pada indikator ini lebih konsisten dengan variasi yang lebih kecil dibandingkan indikator lainnya.

Secara keseluruhan, hasil respon mahasiswa pada indikator ini mengindikasikan bahwa sikap keberlanjutan dalam pernyataan 23 paling kuat dan konsisten di antara ketiga indikator. Sikap yang mengedukasi masyarakat untuk hemat penggunaan energi bagi keberlanjutan planet ini mendapatkan respon yang sangat tinggi dari mahasiswa (Arbuthnott, 2009), sedangkan indikator 22 memiliki tingkat variasi tertinggi, menunjukkan adanya perbedaan yang lebih besar di antara responden dalam menilai sikap keberlanjutan pada pernyataan tersebut. Sikap untuk terlibat dalam mengkampanyekan penggunaan energi terbarukan masih bervariasi. Hal ini dapat menjadi bahan evaluasi lebih lanjut untuk memahami faktor-faktor yang menyebabkan variasi dan bagaimana meningkatkan konsistensi sikap keberlanjutan di semua pernyataan.



Gambar 4. Persepsi Mahasiswa pada Indikator Sikap Keberlanjutan

Persepsi Mahasiswa terhadap Keunggulan Praktikum Pembuatan DSSC

Praktikum pembuatan DSSC sebagai salah satu pengembangan bioenergi alternatif memberikan pengalaman langsung yang berharga bagi mahasiswa dalam bidang teknologi energi terbarukan sekaligus memperkuat konsep-konsep ilmiah terutama konsep fotosintesis (Machín, Cotto, Ducongé, & Márquez, 2023; Raturi & Fepuleai, 2010).

Berdasarkan hasil respons mahasiswa melalui 2 jawaban terbuka dari aspek keunggulan praktikum pembuatan DSSC dengan indikator pemahaman konsep, keterampilan laboratorium, serta relevansi dengan teknologi energi terbarukan, maka terdapat beberapa rangkuman respon mahasiswa seperti yang ditunjukkan dalam Tabel 2 di bawah ini.

Tabel 2.

Respon Mahasiswa terhadap aspek Keunggulan Praktikum DSSC

Responden	Deskripsi respon mahasiswa
Mahasiswa 1	Praktikum ini membantu saya dalam memahami prinsip kerja DSSC, termasuk peran zat pewarna, elektrolit, dan elektroda dalam konversi energi cahaya menjadi listrik.
Mahasiswa 2	Setelah mengikuti praktikum ini, saya mengetahui teknik pembuatan DSSC, seperti ekstraksi zat pewarna alami, pembuatan elektroda berbasis TiO ₂ , dan pengujian kinerja sel surya.
Mahasiswa 3	Praktikum ini memberikan pengalaman langsung kepada saya dalam teknik pengambilan sampel makroalga, merancang prosedur eksperimen dan mengevaluasi kinerja DSSC menggunakan digital multimeter.
Mahasiswa 4	Dengan menggunakan zat pewarna alami sebagai bahan fotosensitizer, praktikum ini memberikan pengetahuan dan pengalaman baru dalam memanfaatkan sumber daya alam yang lebih ramah lingkungan seperti makroalga dibandingkan sel surya berbasis silikon.
Mahasiswa 5	Praktikum ini mendorong minat saya dalam mempelajari tentang energi terbarukan di masa mendatang
Mahasiswa 6	Setelah mengikuti praktikum pembuatan DSSC, memberikan pengalaman yang menarik tentang kepedulian akan lingkungan dengan menggunakan energi terbarukan
Mahasiswa 7	Praktikum pembuatan DSSC melatih keterampilan proses dan pemecahan masalah saya.

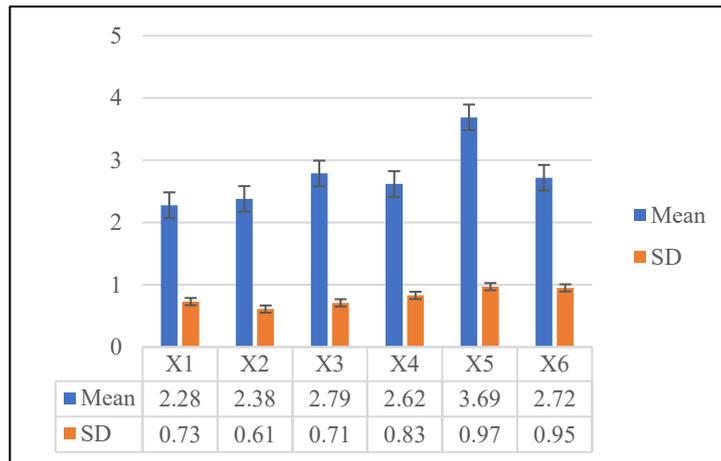
Melalui hasil respon mahasiswa terhadap praktikum ini, menunjukkan bahwa mahasiswa mendapatkan pemahaman yang lebih dalam tentang fungsi dari DSSC, terutama dalam mengubah energi matahari menjadi listrik menggunakan molekul pewarna, bahan semikonduktor seperti TiO₂, dan elektrolit. Perakitan dan pengujian kinerja DSSC secara langsung dapat membantu mengembangkan keterampilan laboratorium yang penting bagi mahasiswa, termasuk persiapan bahan, deposisi film tipis, dan analisis elektrokimia. Selain itu, praktikum ini menumbuhkan kesadaran akan solusi energi yang berkelanjutan dan ramah lingkungan, karena mahasiswa

mengeksplorasi penggunaan pewarna alami dari tanaman sebagai alternatif dari bahan sintetis yang mahal (Ferreira *et al.*, 2020; Rahman *et al.*, 2023). Dengan terlibat dalam pekerjaan eksperimental, mahasiswa didorong untuk berpikir kritis, menganalisis variasi efisiensi, dan memecahkan masalah tantangan fabrikasi, sehingga meningkatkan keterampilan pemecahan masalah mereka. Selain itu, praktikum ini menjembatani kesenjangan antara pengetahuan teoritis dan aplikasi dunia nyata, mempersiapkan mahasiswa untuk karir potensial atau penelitian dalam energi terbarukan, ilmu material, dan teknologi nano. Secara keseluruhan, praktikum DSSC menawarkan pengalaman belajar yang komprehensif yang meningkatkan keahlian teknis dan apresiasi terhadap solusi energi yang berkelanjutan.

Persepsi Mahasiswa terhadap Tantangan Praktikum Pembuatan DSSC

Praktikum pembuatan DSSC memberikan kesempatan yang sangat baik kepada mahasiswa untuk dapat mengeksplorasi teknologi energi terbarukan, namun praktikum ini sering kali menghadirkan berbagai tantangan yang dapat mempengaruhi proses praktikum dan hasil percobaan. Gambar 5 menunjukkan hasil analisis persepsi mahasiswa terhadap tantangan dalam praktikum pembuatan DSSC. Pada aspek ini terdapat 6 pernyataan yang diberikan kepada mahasiswa setelah menyelesaikan praktikum pembuatan DSSC. Dari Hasil yang ditampilkan terlihat bahwa pernyataan nomor 5 memiliki nilai rata-rata (*Mean*) sebesar 3,69 dan SD sebesar 0,97. Hal ini menunjukkan bahwa mayoritas mahasiswa berpendapat bahwa faktor lingkungan seperti pencahayaan dan suhu memberikan pengaruh terhadap hasil uji kinerja DSSC, walaupun terdapat beberapa variasi dalam persepsi mahasiswa. Selanjutnya, pernyataan nomor 3 memiliki nilai rata-rata (*mean*) sebesar 2,79 dengan SD sebesar 0,71, yang juga menunjukkan bahwa banyak mahasiswa berpendapat bahwa prosedur praktikum yang harus dirancang oleh mereka sendiri cukup sulit dibanding dengan prosedur percobaan yang disediakan oleh dosen. Misalnya prosedur pembuatan semikonduktor TiO₂ dan proses deposisi di atas kaca *Indium Tin Oxide* (ITO), mahasiswa harus membaca literatur untuk menentukan prosedur yang tepat dalam pembuatan semikonduktor TiO₂. Hal ini menyebabkan terdapat beberapa variasi bahan yang digunakan dalam pembuatan semikonduktor yang sangat berpengaruh pada kinerja DSSC yang dihasilkan.

Di sisi lain, pernyataan nomor 1 memiliki nilai rata-rata (*mean*) terendah, yaitu sebesar 2,28, dengan SD sebesar 0,73, yang mengindikasikan bahwa menguasai konsep dasar DSSC sebelum pelaksanaan praktikum memberikan tantangan yang menarik bagi mereka, hal ini dikarenakan secara mandiri mereka dapat memahami konsep dasar DSSC melalui bahan bacaan baik melalui artikel maupun buku teks. Walaupun terdapat beberapa mahasiswa yang merasa kesulitan, namun hal ini dapat mereka lakukan dengan baik. Pernyataan nomor 2 dan 4 memiliki nilai rata-rata (*mean*) yang hampir serupa, yaitu sebesar 2,38 dan 2,62, dengan SD masing-masing sebesar 0,61 dan 0,83, yang menunjukkan tingkat tantangan yang sedang dengan persepsi yang relatif konsisten di antara mahasiswa. Mahasiswa terbantuan dengan bahan-bahan praktikum yang telah tersedia serta peralatan yang digunakan dalam praktikum pembuatan DSSC. Selain itu, praktikum ini memberikan pengalaman secara langsung kepada mahasiswa dalam menguji kinerja DSSC yang mereka kerjakan. Sementara itu, pernyataan nomor 6 memiliki nilai rata-rata (*mean*) sebesar 2,72 dengan SD sebesar 0,95, yang menandakan bahwa tantangan ini cukup signifikan, tetapi dengan variasi persepsi yang cukup tinggi di antara mahasiswa. Sebagian besar mahasiswa berpendapat bahwa waktu yang diberikan dalam praktikum pembuatan DSSC harus lebih banyak, karena mulai pembuatan ekstrak pewarna sampai pengukuran kinerja DSSC sangat sulit dan membutuhkan ketelitian.



Gambar 5. Persepsi Mahasiswa terhadap Tantangan dalam Praktikum Pembuatan DSSC

Secara keseluruhan, hasil penelitian pada aspek persepsi mahasiswa terhadap tantangan dalam praktikum pembuatan DSSC menunjukkan bahwa kesulitan mahasiswa dalam menentukan prosedur kerja secara mandiri melalui penelusuran literatur, mengekstraksi dan menstabilkan pewarna, mendeposisikan TiO_2 pada kaca ITO, mengukur ketebalan hasil deposisi. Para mahasiswa sering mengalami kesulitan untuk mendapatkan lapisan yang seragam, karena lapisan yang tidak merata dapat menghambat transpor elektron, yang pada akhirnya mengurangi efisiensi sel surya.

KESIMPULAN

Penelitian ini mengungkap bahwa praktikum pembuatan *Dye-Sensitized Solar Cell* (DSSC) berbasis makroalga secara signifikan meningkatkan pemahaman mahasiswa terhadap konsep fotosintesis dan aplikasinya dalam teknologi energi terbarukan. Hasil analisis persepsi mahasiswa menunjukkan bahwa setelah mengikuti praktikum, terjadi peningkatan pemahaman dalam aspek pengetahuan sains, terutama terkait peran pigmen sebagai fotosensitizer dan prinsip dasar konversi energi cahaya menjadi listrik. Selain itu, mahasiswa juga mengalami peningkatan dalam keterampilan eksperimen, terutama dalam merancang prosedur percobaan pada eksperimen, fabrikasi elektroda, serta karakterisasi kinerja DSSC. Sedangkan, persepsi mahasiswa terhadap aspek keunggulan praktikum terletak pada kemampuan mahasiswa dalam memahami konsep dasar DSSC, pembuatan komponen-komponen penyusun DSSC seperti ekstraksi pewarna, pembuatan semikonduktor TiO_2 , elektrolit, elektroda balik sampai pada analisis kinerja DSSC. Meskipun demikian, beberapa tantangan masih dihadapi dalam pelaksanaan praktikum, seperti kesulitan dalam menstabilkan pewarna alami, menentukan prosedur kerja secara mandiri, serta keterbatasan waktu dalam eksperimen. Secara keseluruhan, penelitian ini memberikan wawasan penting bagi pengembangan kurikulum pendidikan sains berbasis eksperimen, khususnya dalam bidang bioenergi alternatif. Integrasi praktikum DSSC dalam pembelajaran diharapkan dapat meningkatkan minat dan motivasi mahasiswa dalam mengembangkan solusi energi yang ramah lingkungan dan berkelanjutan.

DAFTAR PUSTAKA

- Adekanmbi, A. O., Ninduwezuor-Ehiobu, N., Izuka, U., Abatan, A., Ani, E. C., & Obaigbena, A. (2024). Assessing the environmental health and safety risks of solar energy production. *World Journal of Biology Pharmacy and Health Sciences*, 17(2), 225-231.
- Allanas, E. (2021). *Analysis of student perceptions in the learning environment chemical laboratory*. Paper presented at the Journal of Physics: Conference Series.
- Andersson, M., Boateng, K., & Abos, P. (2024). *Validity and Reliability: The extent to which your research findings are accurate and consistent*.

- Arbuthnott, K. D. (2009). Education for sustainable development beyond attitude change. *International Journal of Sustainability in Higher Education*, 10(2), 152-163.
- Calogero, G., Citro, I., Di Marco, G., Minicante, S. A., Morabito, M., & Genovese, G. (2014). Brown seaweed pigment as a dye source for photoelectrochemical solar cells. *Spectrochimica Acta Part A: Molecular and Biomolecular Spectroscopy*, 117, 702-706.
- Chien, S.-I., Su, C., Chou, C.-C., & Wang, H.-H. (2021). Research insights and challenges of secondary school energy education: A dye-sensitized solar cells case study. *Sustainability*, 13(19), 10581.
- Cui, Y., Xu, Y., Yao, H., Bi, P., Hong, L., Zhang, J., . . . Ren, J. (2021). Single-junction organic photovoltaic cell with 19% efficiency. *Advanced Materials*, 33(41), 2102420.
- de Best-Waldhober, M., Daamen, D., Ramirez, A. R., Faaij, A., Hendriks, C., & de Visser, E. (2012). Informed public opinion in the Netherlands: Evaluation of CO₂ capture and storage technologies in comparison with other CO₂ mitigation options. *International Journal of Greenhouse Gas Control*, 10, 169-180.
- Dohn, N. B., Fago, A., Overgaard, J., Madsen, P. T., & Malte, H. (2016). Students' motivation toward laboratory work in physiology teaching. *Advances in physiology education*, 40(3), 313-318.
- Ferreira, F., Babu, R. S., de Barros, A., Raja, S., da Conceição, L., & Mattoso, L. (2020). Photoelectric performance evaluation of DSSCs using the dye extracted from different color petals of *Leucanthemum vulgare* flowers as novel sensitizers. *Spectrochimica Acta Part A: Molecular and Biomolecular Spectroscopy*, 233, 118198.
- Golshan, M., Osfouri, S., Azin, R., & Jalali, T. (2020). Fabrication of optimized eco-friendly dye-sensitized solar cells by extracting pigments from low-cost native wild plants. *Journal of Photochemistry and Photobiology A: Chemistry*, 388, 112191.
- Hansmann, R. (2010). "Sustainability learning": an introduction to the concept and its motivational aspects. *Sustainability*, 2(9), 2873-2897.
- Hikmah, I., & Prajitno, G. (2015). Pengaruh Penggunaan Gel-Electrolyte pada Prototipe Dye Sensitized Solar Cell (DSSC) berbasis TiO₂ Nanopartikel dengan Ekstrak Murbei (*Morus*) sebagai Dye Sensitizer pada Substrat Kaca ITO. *Jurnal Sains dan Seni ITS*, 4(1), B5-B10.
- Itzek-Greulich, H., Flunger, B., Vollmer, C., Nagengast, B., Rehm, M., & Trautwein, U. (2017). Effectiveness of lab-work learning environments in and out of school: A cluster randomized study. *Contemporary Educational Psychology*, 48, 98-115.
- Joshi, A., Kale, S., Chandel, S., & Pal, D. K. (2015). Likert scale: Explored and explained. *British journal of applied science & technology*, 7(4), 396.
- Machín, A., Cotto, M., Ducongé, J., & Márquez, F. (2023). Artificial photosynthesis: current advancements and future prospects. *Biomimetics*, 8(3), 298.
- Mellish, S., Ryan, J. C., Pearson, E. L., & Tuckey, M. R. (2019). Research methods and reporting practices in zoo and aquarium conservation-education evaluation. *Conservation Biology*, 33(1), 40-52.
- Muslimin, D., Majid, M. N., Effendi, N. I., Simarmata, N., Ristiyana, R., Langelo, W., & Januarsy, Y. (2023). Metodologi Penelitian Kuantitatif dan Kualitatif. *Pertama, Global Eksekutif Teknologi. Pertama. Edited by N. Mayasari. Padang.*
- Najemah, N. (2020). Pengelolaan Laboratorium IPA SMP Negeri 2 Muara Rupit Kabupaten Musi Rawas Utara Tahun 2020. *Silampari Jurnal Pendidikan Ilmu Fisika*, 2(1), 1-14.
- Nugroho, P. S., Khasanah, S. R. U., Jannah, A. M., Yolanda, V., Suhendra, H., & Rahmad, M. (2022). *EDUKATIF: JURNAL ILMU PENDIDIKAN.*
- Nulngafan, N., & Khoiri, A. (2021). Analisis kesiapan dan evaluasi pengelolaan laboratorium ipa berbasis teknologi di era revolusi industri 4.0. *Jurnal Penelitian Dan Pengabdian Kepada Masyarakat UNSIQ*, 8(1), 10-17.
- Orona-Navar, A., Aguilar-Hernández, I., Nigam, K., Cerdán-Pasarán, A., & Ornelas-Soto, N. (2021). Alternative sources of natural pigments for dye-sensitized solar cells: Algae,

- cyanobacteria, bacteria, archaea and fungi. *Journal of Biotechnology*, 332, 29-53.
- Prima, E. C., Nugroho, H. S., Refantero, G., Panatarani, C., & Yulianto, B. (2020). Performance of the dye-sensitized quasi-solid state solar cell with combined anthocyanin-ruthenium photosensitizer. *RSC advances*, 10(60), 36873-36886.
- Prima, E. C., Yulianto, B., Suendo, V., & Suyatman. (2014). Improving photochemical properties of *Ipomea pescaprae*, *Imperata cylindrica* (L.) Beauv, and *Paspalum conjugatum* Berg as photosensitizers for dye sensitized solar cells. *Journal of Materials Science: Materials in Electronics*, 25, 4603-4611.
- Putra, S., Tuerah, P. R., Mesra, R., Sukwika, T., Sarman, F., Nur, N. A., . . . Sari, M. N. (2024). Metode Penelitian Kuantitatif: Teori dan Panduan Praktis Analisis Data Kuantitatif. *Penerbit Mifandi Mandiri Digital*, 1(01).
- Quattrucci, J. G. (2018). Problem-based approach to teaching advanced chemistry laboratories and developing students' critical thinking skills. *Journal of Chemical Education*, 95(2), 259-266.
- Rahman, S., Haleem, A., Siddiq, M., Hussain, M. K., Qamar, S., Hameed, S., & Waris, M. (2023). Research on dye sensitized solar cells: recent advancement toward the various constituents of dye sensitized solar cells for efficiency enhancement and future prospects. *RSC advances*, 13(28), 19508-19529.
- Rahmayumita, R., Jannah, M., Novriandami, A., Kusumasari, A., Rahmad, M., & Linda, R. (2024). Science Laboratory: A Student's Perception of Practicum Implementation at Junior High School. *Asian Journal of Science Education*, 6(1), 1-10.
- Ramadhan, T., & Suyanto, S. (2020). Biology science practicum learning: An evaluation study in junior high school of Ngemplak-Indonesia. *JPBI (Jurnal Pendidikan Biologi Indonesia)*, 6(3), 361-366.
- Raturi, A., & Fepuleai, Y. (2010). Photosynthesis in a test tube-dye sensitized solar cells as a teaching tool. *Renewable Energy*, 35(5), 1010-1013.
- Richhariya, G., Kumar, A., Tekasakul, P., & Gupta, B. (2017). Natural dyes for dye sensitized solar cell: A review. *Renewable and Sustainable Energy Reviews*, 69, 705-718.
- Sari, M. M., Yulinda, R., & Zubaidah, S. (2023). Analysis of sciences process skills of science education students in microbiology practice. *Asian Journal of Science Education*, 5(1), 83-89.
- Smalley, R. E. (2005). Future global energy prosperity: the terawatt challenge. *Mrs Bulletin*, 30(6), 412-417.
- Sürücü, L., & Maslakci, A. (2020). Validity and reliability in quantitative research. *Business & Management Studies: An International Journal*, 8(3), 2694-2726.
- Swarat, S., Ortony, A., & Revelle, W. (2012). Activity matters: Understanding student interest in school science. *Journal of research in science teaching*, 49(4), 515-537.
- Tanujaya, B., Prahmana, R. C. I., & Mumu, J. (2022). Likert scale in social sciences research: Problems and difficulties. *FWU Journal of Social Sciences*, 16(4), 89-101.
- Unwakoly, S., Liliyasi, L., Hartati, S., Munawaroh, H. S. H., Arramel, A., Rusliani, P. F., & Prima, E. C. (2025). Natural pigment-based dye-sensitized solar cells utilizing *Caulerpa racemose* and *Gymnogongrus flabelliformis* as photosensitizers. *International Journal of Renewable Energy Development*, 14(3), 554-562.
- Unwakoly, S., & Munawaroh, H. S. (2024). Portraying Critical and Creative Thinking Skills of Chemistry Teachers Candidate in Biochemistry Laboratory Activity. *KnE Social Sciences*, 835-845-835-845.
- van Der Zwaan, B., Dalla Longa, F., de Boer, H., Johnson, F., Johnson, O., van Klaveren, M., . . . Straver, K. (2019). An expert elicitation of public acceptance of renewable energy in Kenya. *Challenges in Sustainability*, 7(1), 30-39.