



Program Kemitraan Masyarakat: Menumbuhkan Kemampuan Berfikir Kritis dan *Problem Solving Skills* Mahasiswa Melalui Proses Pembuatan Dan Pemurnian Bioetanol

¹Hulyadi, ¹Muhali, ¹Muhammad Roil Bilad, ¹Yusril Anwar, ²Taufik Samsuri, ²Delila Idsa Amara Raymanda, ³Gargazi, ⁴Faizul Bayani

¹Program Studi Pendidikan Kimia Universitas Pendidikan Mandalika Mataram. Jl. Pemuda No. 59A, Mataram, Indonesia. Postal code: 83125.

²Program Studi Pendidikan Biologi Universitas Pendidikan Mandalika Mataram. Jl. Pemuda No. 59A, Mataram, Indonesia. Postal code: 83125.

³Program Studi Pendidikan Teknologi Infomatika Universitas Pendidikan Mandalika Mataram. Jl. Pemuda No. 59A, Mataram, Indonesia. Postal code: 83125.

⁴Program Studi Parmasi, Universitas Qamarul Huda Badaruddin Bagu, Jl. H. Badaruddin Desa Bagu 83562, Indonesia

*Corresponding Author e-mail: faizulbayani@uniqba.ac.id

Diterima: April 2023; Revisi: April 2023; Diterbitkan: Mei 2023

Abstrak: Mitra pengabdian ini adalah program studi pendidikan kimia. Kurikulum merdeka belajar menekankan pada integrasi antara pengetahuan dan keterampilan yang diperoleh melalui pembelajaran dengan pendekatan saintifik. Mengacu pada implementasi kurikulum merdeka belajar program studi pendidikan kimia diharapkan mampu melahirkan tenaga pendidik yang kreatif, inovatif dan memiliki keterampilan memecahkan masalah dalam menjawab tuntutan pendidikan abad 21. Keterampilan memecahkan masalah mutlak dimiliki oleh tenaga pendidik dalam mendesain pembelajaran yang kreatif, inovatif dan kontekstual. Pendekatan kontekstual khususnya berkaitan dengan lingkungan sangat diperlukan untuk melahirkan pembelajaran yang lebih bermakna. Tujuan dari kegiatan ini adalah menumbuhkan keterampilan memecahkan masalah mahasiswa melalui sintesis dan pemurnian bioetanol dari limbah organik. Kegiatan ini dilakukan dilaboratorium Kimia Universitas Pendidikan Mandalika. Metode yang digunakan dalam kegiatan ini adalah gelar teknologi. Keterampilan memecahkan masalah mahasiswa diukur menggunakan instrumen test urain. Data yang diperoleh selanjutnya didesripsikan dalam bentuk tabel dan gambar. Hasil kegiatan menghasilkan keterampilan memecahkan masalah mahasiswa mengalami peningkatan secara perlahan. Belum terbiasanya mahasiswa merumuskan masalah dan memberikan solusi alternatif dari permasalahan yang diberikan membuat keterampilan mahasiswa dalam menyelesaikan masalah masih rendah. Keterampilan mahasiswa mulai meningkat setelah tim pengabdian memberikan bimbingan dan arahan terkait proyek yang dilakukan dilaboratorium. Kreativitas mahasiswa mengalami peningkatan. Hal ini terlihat dari kemampuan mahasiswa merangkai alat dan memodifikasi alat destilasi yang digunakan dalam pemurnian bioetanol. Berdasarkan temuan kegiatan ini terbukti mampu menumbuhkan keterampilan pemecahan masalah mahasiswa.

Kata Kunci: Keterampilan Memecahkan Masalah, Limbah Organik.

Community Partnership Program: Growing Students' Critical Thinking and Problem Solving Skills through Bioethanol Manufacturing and Purification Process

Abstract: This service partner is a chemistry education study program. The independent learning curriculum emphasizes the integration of knowledge and skills obtained through learning with a scientific approach. Referring to the implementation of the independent learning curriculum, the chemistry education study program is expected to be able to produce educators who are creative, innovative and have problem-solving skills in responding to the demands of 21st century education. Problem-solving skills are absolutely owned by educators in designing creative, innovative and contextual learning. A contextual approach, especially with regard to the environment, is needed to produce more meaningful learning. The purpose of this activity is to develop students' problem-solving skills through the synthesis and purification of bioethanol from organic waste. This activity was carried out in the Chemistry Laboratory of the Mandalika Education University. The method used in this activity

is a technology degree. Students' problem solving skills are measured using a urine test instrument. The data obtained is then described in the form of tables and figures. The results of the activity resulted in students' problem-solving skills increasing slowly. Students who are not used to formulating problems and providing alternative solutions to the problems given make students' skills in solving problems still low. Student skills began to increase after the service team provided guidance and direction regarding projects carried out in the laboratory. Student creativity has increased. This can be seen from the ability of students to assemble tools and modify distillation equipment used in bioethanol purification. Based on the findings of this activity it is proven to be able to foster students' problem solving skills.

Keywords: Problem Solving Skills, Organic Waste

How to Cite: Hulyadi, H., Muhali, M., Bilad, M. R., Anwar, Y., Samsuri, T., Raymanda, D. I. A., Gargazi, G., & Bayani, F. (2023). Program Kemitraan Masyarakat: Menumbuhkan Kemampuan Berfikir Kritis dan Problem Solving Skills Mahasiswa Melalui Proses Pembuatan Dan Pemurnian Bioetanol. *Sasambo: Jurnal Abdimas (Journal of Community Service)*, 5(2), 400–411. <https://doi.org/10.36312/sasambo.v5i2.1184>



<https://doi.org/10.36312/sasambo.v5i2.1184>

Copyright© 2023, Hulyadi et al

This is an open-access article under the [CC-BY-SA](#) License.



PENDAHULUAN

Dunia saat ini sedang dihadapkan pada masalah lingkungan yang telah dicemari oleh emisi gas rumah kaca dari penggunaan bahan bakar fosil. Tanah telah tercemari penggunaan pupuk kimia yang tidak terkendali. Air telah banyak terkontaminasi oleh pembuangan limbah organik dan logam yang menyebabkan BOD dan COD meningkat. Masalah ini hampir merata terjadi diseluruh bagian dunia. Jika masalah ini tidak segera diatasi kerusakan lingkungan secara masip tidak dapat kita hindari. Anomali cuaca, pemanasan global, krisis energi dan kesehatan merupakan serangkain dampak dari menurunnya kualitas lingkungan (Bonds, 2016; Leggett & Ball, 2012; Yin et al, 2016). Transisi energi menjadi langkah yang paling banyak dipilih banyak negara untuk mengurangi penggunaan bahan bakar yang bersumber dari fosil.

Energi menjadi masalah utama yang dihadapi dunia saat ini. Energi fosil yang menjadi energi utama dunia saat ini sudah mulai digeser dengan energi terbarukan seperti biodisel, energi hijau yang bersumber dari panas bumi, baterai, matahari, air dan banyak energi alam lainnya. Biodiesel merupakan energi terbarukan yang berasal dari bahan hayati (Atadashi et al., 2011; Doyle et al., 2016; Fonseca et al, 2019). Minyak atau lipida hewan dan tumbuhan menjadi bahan utama dalam pembuatan biodisel (Fonseca et al, 2019). Selain itu alkohol menjadi bahan yang sangat penting dalam reaksi esterifikasi pembuatan biodisel. Alkohol biasa dibuat dari limbah pengolahan gula dan fermentasi karbohidrat.

Fermentasi karbohidrat menggunakan jamur *Saccharomyces cerevisiae*. Jamur mereduksi polimer karbohidrat menjadi karbohidrat yang lebih sederhana dengan bantuan air. karbohidrat yang lebih sederhana ini selanjutnya diubah menjadi pirupat. Pirupat selanjutnya berubah menjadi asetaldehid. Tahap terakhir adalah perubahan asetaldehid menjadi etanol yang kita kenal dengan nama bioetanol (Baptista et al., 2021; Eliodório, et al., 2019; Lopes et al., 2019). Jamur menghasilkan enzim sehingga terjadi proses biokimia dalam proses penguraian polimer karbohidrat menjadi bioetanol. Selain itu air memberikan kontribusi cukup vital dalam proses reduksi polimer karbohidrat. Air sangat vital perannya dalam proses

hidrolisis polimer karbohidrat terurai menjadi karbohidrat yang lebih sederhana (Lauren et al., 2021; Yang et al., 2009; Zhou et al, 2021).

Bioethanol banyak digunakan dalam dunia kesehatan terutama dalam bidang farmasi sebagai pelarut. Kemampuannya melarutkan bahan organik dan anorganik mengakibatkan alkohol banyak digunakan dalam beragam bidang. Bioethanol juga menjawab keresahan dunia mengenai krisis energi (John et al, 2017; Shah & Sen, 2011; Tan et al., 2008). (Bezanilla et al., 2019) Bioetanol merupakan bahan utama pembuatan biodiesel. Melihat begitu banyak aplikasi bioethanol dalam banyak sektor sintesis bioatanol dari limbah organik perlu terus dikembangkan. Indonesia kaya akan sumber karbohidrat yang melimpah dari sabang sampai meroke. Keahlian mahasiswa dalam membuat bioethanol perlu terus dilatih untuk menghasilkan generasi yang responsip terhadap isu global dan lokal pada daerahnya masing-masing. Skill melihat masalah menjadi solusi kehidupan perlu terus dihadirkan dalam mencetak generasi penerus yang responsip karena masalah akan terus berkembang seiring kemajuan zaman (Bezanilla et al., 2019; Fitriani, et al., 2020; Valdez & Bungihan, 2019). Keahlian dalam memecahkan masalah membutuhkan kemampuan berfikir kritis dalam melihat setiap fenomena lingkungan sekitar, perubahan fisika kimia dalam kegiatan praktikum (Amin et al., 2020; Babakr et. al, 2019; Bernadetha Nadeak & Lamhot Naibaho, 2020). Pembelajaran yang menekankan pada masalah yang sesuai dengan konteks disekitar mahasiswa perlu terus dihadirkan untuk melatih keterampilan memecahkan masalah dan keterampilan berfikir kritis (Bengi BİRGİLİ, 2020; Bernadetha Nadeak & Lamhot Naibaho, 2020; Fadilla N., et. al, 2021; Muhali, 2019; Nurwahidah et al., 2021).

(Suparman et al., 2021; Yuberti et al., 2019) menyatakan model pembelajaran PBL berpengaruh secara signifikan terhadap kemampuan memecahkan masalah jika dibandingkan model pembelajaran konvensional. Salah satu aspek yang mempengaruhi kemampuan memecahkan masalah adalah konteks dan isu yang relevan dalam pembelajaran berbasis masalah. Pembelajaran berbasis masalah mampu menghadirkan pembelajaran bermakna (Agra, et al, 2019). Pembelajaran dengan pendekatan saintifik harus terus dibiasakan untuk menyiapkan generasi penerus yang responsip dan adaptif terhadap setiap perubahan keadaan yang begitu dinamis (Sari et al., 2021; Suastra et al., 2019). Generasi yang responsip dan adaptif dapat lahir dari siswa yang memiliki keterampilan berfikir kritis, kreatif dan metakognitif yang tinggi (Ahdhianto et al., 2020; Fadilla N., et. al, 2021; Kani Ulger, 2018; Miterianifa et al., 2019; Sholihah & Lastariwati, 2020; Sugano & Nabua, 2020). Melatih mahasiswa terbiasa menyelesaikan masalah menjadi penting untuk dilakukan oleh seorang guru dalam menghadapi tuntutan kompetensi revolusi industri 4.0. Pembelajaran yang menekankan pada masalah dengan menyajikan permasalahan yang relevan dengan keseharian mahasiswa menjadi solusi ditengah rendahnya kemampuan mahasiswa dalam menyelesaikan masalah terkait kondisi lingkungan sekitar.

Universitas pendidikan Mandalika yang melahirkan guru-guru profesional perlu terus melatih kemampuan mahasiswa dalam melihat masalah dan memberikan solusi yang efektif dalam setiap proses

pembelajaran. Skill melihat masalah merupakan bagian utama yang harus dimiliki guru. Guru yang memiliki keahlian ini biasanya menghadirkan pembelajaran yang lebih kontekstual bukan tekstual. Guru harus kreatif bukan primitif. Kemampuan guru melihat setiap masalah dalam proses belajar akan mampu menghadirkan pembelajaran yang lebih bermakna.

METODE PELAKSANAAN

Pendekatan yang digunakan dalam pelatihan ini adalah gelar teknologi. Gelar teknologi artinya pelatihan langsung praktik tentang teknik pembuatan bioethanol dari limbah kulit nanas dan ampas tebu. Gelar teknologi dilakukan untuk meningkatkan skill dan sensitivitas calon guru kimia dalam melihat sumber daya serta masalah lingkungan disekitarnya. Kemampuan guru dalam mengidentifikasi masalah dan memberikan solusi dari masalah disekitarnya perlu terus dilatih dan dikembangkan. Berikut sitematika PKM yang akan dilaksanakan di Kampus Universitas Pendidikan Mandalika



Gambar 1. Skema kegiatan PKM

1. **Survei dan analisis lokasi mitra PKM;** kegiatan ini diperlukan untuk mendapatkan informasi tentang kondisi. Bagaimana praktikum dilaksanakan, metode pembelajaran yang digunakan, masalah yang dihadapi mahasiswa selama proses pembelajaran. Informasi ini sangat diperlukan untuk merancang pelaksanaan program PKM yang efisien dan efektif.
2. **Persiapan alat dan bahan;** Tim PKM dan anggota mitra secara bersama-sama mempersiapkan semua bahan dan peralatan yang diperlukan selama pelaksanaan program PKM.
3. **Penyuluhan;** kegiatan ini akan memberikan penjelasan yang komprehensif tentang (1) teknik pembuatan bioethanol yang efektif dan efisien, (2) pengaruh penambahan asam dan suhu hidrolisis, (3) pembuatan karbon aktif dan aktivasi zeolit. Penyuluhan dilaksanakan sebanyak 2 kali dengan melakukan gelar teknologi langsung kepada mahasiswa.
4. **Pendampingan; kegiatan ini dilakukan untuk meningkatkan keterampilan dan kemandirian mahasiswa dalam membuat bioethanol dan melakukan pemurnian etanol yang telah diperoleh.**
5. **Evaluasi;** kegiatan ini dilakukan dua kali yaitu (1) pertengahan untuk mengetahui tingkat perkembangan pengetahuan dan keterampilan mahasiswa dalam membuat bioethanol. Evaluasi ini dilakukan untuk mengevaluasi sejauh mana mahasiswa mampu menerapkan solusi alternatif yang telah mereka buat. (2) evaluasi kedua dilakukan untuk mengidentifikasi sejauh mana mahasiswa mampu memberikan solusi alternatif dari permasalahan pemurnian alkohol tahap kedua.

Metode Pemecahan Masalah

Rangkain kegiatan pelatihan media tanam jamur merang dapat dilihat pada Tabel 1 sebagai berikut.

Tabel 1 Metode Pemecahan Masalah

Solusi	Metode	Materi	Penyaji
Bioetanol	Diskusi	Kesulitan belajar yang dihadapi mahasiswa. Analisis Masalah pembuatan bioetanol	Tim Pengabdian
	Presentasi Tanya Jawab	Bahan, metode pembuatan dan pemurnian bioetanol • Analisa bahan organik yang ada disekitar lingkungan kampus yang dapat diolah menjadi bioetanol • Teknik pemilihan limbah organik • Teknik Pemurnian bioetanol	

HASIL DAN DISKUSI

Kegiatan PkM telah dilaksanakan di Universitas Pendidikan Mandalika, dengan tema “Melatih *problem solving skills* mahasiswa melalui kegiatan pembuatan bioetanol dari limbah organik”. Kegiatan ini bertujuan menumbuhkan *problem solving skills* mahasiswa yang menjadi tuntutan keterampilan abad-21. Kegiatan ini juga dilakukan dalam mencetak calon guru kimia yang mampu menjawab tantangan pendidikan dimasa depan. Kemampuan guru dalam melihat masalah pendidikan dan lingkungan sekitarnya akan mampu menghadirkan pembelajaran yang lebih kontekstual (Haeriah & Syarifuddin, 2022; Hulyadi et al, 2021; Kim et al., 2018; Muliadi et al., 2021; Simamora et al., 2019; Sukaisih et al., 2020). Kemampuan mahasiswa dalam melihat masalah limbah organik dan potensinya sebagai energi alternatif masih sangat rendah. Hal ini dibuktikan dari studi pendahuluan sebelum dilakukan proses pelatihan ini. Studi pendahuluan dilakukan dengan memberikan pertanyaan terkait masalah yang akan dikaji yaitu tentang tantangan krisis energi kedepan dan solusi yang bisa ditawarkan berdasarkan kompetensi yang telah mahasiswa miliki. Hasilnya dapat dilihat pada tabel 1.

Tabel 2. Uji Pendahuluan kemampuan mahasiswa memecahkan masalah

Indikator	Kategori
Membuat rumusan masalah	Rendah
Membuat solusi permasalahan	Rendah
Merancang kegiatan ilmiah berdasarkan solusi yang telah ditawarkan	Sedang
Produk bioetanol	Rendah

Hasil penelitian pendahuluan menunjukkan mahasiswa belum mampu melihat masalah limbah organik dan memberikan solusi dari permasalahan limbah organik. Hasil wawancara dengan mahasiswa menemukan kurangnya konsep yang menjadi dasar memahami masalah lingkungan masih rendah. Mahasiswa belum terbiasa melakukan pembelajaran berbasis masalah yang diangkat dari masalah disekitar kita menjadi salah faktor penyebab keterampilan mahasiswa dalam melihat masalah masih rendah. (Khoiriyah & Husamah, 2018) menyatakan *problem solving skills* harus dimiliki oleh guru abad-21. *Problem solving skills* dapat dilatih melalui pembelajaran berbasis masalah dengan menghadirkan masalah yang kontekstual (Sujarvanto et al., 2020; Surya et al., 2017; Suryawati et al., 2010)

Kegiatan pengabdian diawali dengan melihat masalah lingkungan sekitar kampus yang diakibatkan oleh limbah organik. TIM pengabdian memberi penugasan pada mahasiswa untuk melakukan wawancara kepada para pelaku UMKM yang menggunakan nanas sebagai bahan dasar makanan dan minuman yang mereka olah. Berdasarkan hasil wawancara mahasiswa kemudian membuat kajian masalah yang dapat ditimbulkan jika limbah organik terbuang kelingkungan. Hasil kajian ini diharapkan mampu menanamkan kepedulian mahasiswa terhadap lingkungan dan mampu memberikan solusi alternatif dari masalah yang ditemukan disekitarnya (Ahdhianto et al., 2020; Sharma et al., 2019; Yu et al., 2014). TIM pengabdian selanjutnya memberikan bimbingan teknik mahasiswa menyelesaikan masalah yang telah mereka temukan. TIM pengabdian mengingatkan kembali kepada mahasiswa tentang tema besar dari pembelajaran awal yaitu tentang krisis energi. TIM menggiring mahasiswa untuk memikirkan teknik mengolah limbah nanas menjadi bahan yang dapat dimanfaatkan sebagai salah satu energi terbarukan dimasa transisi energi dunia saat ini. Fermentasi limbah kulit nanas menjadi bioethanol dipilih oleh mahasiswa untuk dapat memanfaatkan limbah kulit nanas seperti pada gambar 1 dibawah ini.

**Garmbar 1.** Fermentasi kulit nanas menjadi bioetanol

Gambar 1. Mendeskripsikan secara langsung bagaimana peristiwa proses fermentasi bioetanol terjadi. TIM pengabdian memberikan arahan kepada mahasiswa untuk sensitif terhadap setiap perubahan fisika dan biokimia yang terjadi pada media fermentasi selama prosesnya. Melalui peristiwa ini mahasiswa dilatih kritis dalam melihat setiap peristiwa. Kemampuan mengamati dan menganalisa perubahan fisika dan kimia pada media fermentasi dapat melatih kemampuan mahasiswa dalam menumbuhkan keterampilan memecahkan masalah (Ahdhianto et al., 2020; Yu et al., 2014). Mahasiswa lebih tertantang untuk berfikir melalui pembelajaran yang lebih kontekstual. Kajian biokimia yang abstrak perlu dikongkritkan melalui kerja ilmiah yang dapat teramati secara nyata. Perbedaan perlakuan selama proses pelatihan mampu menumbuhkan kemampuan berfikir tingkat tinggi yang berkorelasi positif dengan keterampilan memecahkan masalah. Hal ini dapat dibuktikan melalui peningkatan keterampilan dalam menawarkan solusi pemurnian bioetanol seperti yang terlihat pada gambar 2.

Gambar 2. Tim memberikan penekanan solusi yang diberikan mahasiswa terkait proses pemurnian bioetanol.



Gambar 2. Alat Hasil Rancangan Mahasiswa

Berdasarkan gambar 2 diatas mahasiswa telah mampu merancang alat destilasi yang digunakan sebagai instrument pemurnian alkohol. Tim pengabdian memberi pengarahan kelemahan teknik pemurnian yang telah dipilih oleh mahasiswa. Tim mengingatkan tentang teknik merangkai alat destilasi. Kesalahan dalam merangkai akan berdampak signifikan terhadap tinggi rendahnya persentase bioetanol yang didapatkan (Lou et al., 2015; Pacheco-Basulto et al., 2012). Pengarahan bertujuan meningkatkan keterampilan mahasiswa dalam memurnikan bioetanol sehingga persentase kemurnian alkohol yang diperoleh lebih tinggi. Kritis yang dilakukan berdampak positif terhadap keterampilan mahasiswa dalam memecahkan masalah. Hal ini dibuktikan kemampuan mahasiswa dalam menawarkan solusi yang terus meningkat. Mahasiswa mampu merancang alat destilasi yang dilengkapi dengan filter destilat dengan memanfaatkan zeolite alam lombok pada bagian ujung kondensor. Meningkatnya kemampuan mahasiswa menawarkan solusi dan merakit alat destilasi yang dilengkapi filter menunjukkan keterampilan memecahkan masalah terus meningkat (Yuberti et al., 2019).

KESIMPULAN

Hasil capaian dari program pengabdian adalah meningkatnya keterampilan mahasiswa dalam memecahkan masalah melalui serangkaian kegiatan ilmiah pembuatan dan pemurnian bioethanol dari limbah organik.

REKOMENDASI

Keterampilan memecahkan masalah perlu terus ditingkatkan melalui pelatihan pemurnian bioethanol dengan merancang alat yang memiliki kemampuan meningkat persentase alkohol lebih tinggi lagi dengan mendesain alat yang lebih vakum. Vakum berarti kondisi fermentasi dan alat destilasi dijadikan dalam satu rangkaian alat yang hampa udara. Kondisi ini didesain dengan tujuan alkohol dapat menguap pada suhu kamar sehingga proses fermentasi tetap berjalan selama karbohidratnya yang akan diubah menjadi bioethanol masih tersedia.

REFERENCES

- Agra, et al. (2019). SciELO - Brazil—Analysis of the concept of Meaningful Learning in light of the Ausubel's Theory Analysis of the concept of Meaningful Learning in light of the Ausubel's Theory. <https://www.scielo.br/j/reben/a/GDNMjLJgvzSJKtWd9fdDs3t/abstract/?lang=en>
- Ahdhianto, E., Marsigit, Haryanto, & Santi, N. N. (2020). The Effect of Metacognitive-Based Contextual Learning Model on Fifth-Grade Students' Problem-Solving and Mathematical Communication Skills. *European Journal of Educational Research*, 9(2), 753–764.
- Amin, S., Utaya, S., Bachri, S., Sumarmi, S., & Susilo, S. (2020). Effect of Problem Based Learning on Critical Thinking Skill and Environmental Attitude. *Journal for the Education of Gifted Young Scientists*, 8(2), Article 2. <https://doi.org/10.17478/jegys.650344>
- Atadashi et al. (2011). Biodiesel separation and purification: A review—ScienceDirect. <https://www.sciencedirect.com/science/article/abs/pii/S0960148110003435>
- Babakr et. al. (2019). Piaget's Cognitive Developmental Theory: Critical Review by Zana Babakr, Pakistan Mohamedamin, Karwan Kakamad: SSRN. https://papers.ssrn.com/sol3/papers.cfm?abstract_id=3437574
- Baptista, S. L., Costa, C. E., Cunha, J. T., Soares, P. O., & Domingues, L. (2021). Metabolic engineering of *Saccharomyces cerevisiae* for the production of top value chemicals from biorefinery carbohydrates. *Biotechnology Advances*, 47, 107697. <https://doi.org/10.1016/j.biotechadv.2021.107697>
- Bengi BİRGİLİ. (2020). Journal of Gifted Education and Creativity » Submission » Creative and Critical Thinking Skills in Problem-based Learning Environments. <https://dergipark.org.tr/en/pub/jgedc/issue/38680/449365>
- Bernadetha Nadeak & Lamhot Naibaho. (2020). THE EFFECTIVENESS OF PROBLEM-BASED LEARNING ON STUDENTS' CRITICAL THINKING |

- Jurnal Dinamika Pendidikan.
<http://ejournal.uki.ac.id/index.php/jdp/article/view/1393>
- Bezanilla, M. J., Fernández-Nogueira, D., Poblete, M., & Galindo-Domínguez, H. (2019). Methodologies for teaching-learning critical thinking in higher education: The teacher's view. *Thinking Skills and Creativity*, 33, 100584. <https://doi.org/10.1016/j.tsc.2019.100584>
- Bonds. (2016). Upending climate violence research: Fossil fuel corporations and the structural violence of climate change | *Human Ecology Review*.
<https://search.informit.org/doi/abs/10.3316/INFORMIT.324306883375423>
- Doyle et al. (2016). Biodiesel production by esterification of oleic acid over zeolite Y prepared from kaolin—*ScienceDirect*.
<https://www.sciencedirect.com/science/article/abs/pii/S0960148116304773>
- Eliodório, et al. (2019). Advances in yeast alcoholic fermentations for the production of bioethanol, beer and wine—*ScienceDirect*.
<https://www.sciencedirect.com/science/article/abs/pii/S0065216419300383>
- Fadilla N., et. al. (2021). Effect of problem-based learning on critical thinking skills—IOPscience.
<https://iopscience.iop.org/article/10.1088/1742-6596/1810/1/012060/meta>
- Fitriani, et al. (2020). Eurasian Journal of Educational Research » Submission » The Effects of Integrated Problem-Based Learning, Predict, Observe, Explain on Problem-Solving Skills and Self-Efficacy. <https://dergipark.org.tr/en/pub/ejer/issue/52308/684972>
- Fonseca et al. (2019). Biodiesel from waste frying oils: Methods of production and purification—*ScienceDirect*.
<https://www.sciencedirect.com/science/article/abs/pii/S0196890419301074>
- Haeriah, H., & Syarifuddin, S. (2022). Analisis Kemampuan Pemecahan Masalah Matematika Siswa Menggunakan Langkah-langkah IDEAL. *Empiricism Journal*, 3(1), Article 1.
<https://doi.org/10.36312/ej.v3i1.734>
- Hulyadi et al. (2021). Increase In Macro Nutrients By Adding Banana Waste To Liquid Organic Fertilizer | Hendrawani | *Jurnal Ilmiah Mandala Education*.
<https://ejournal.mandalanursa.org/index.php/JIME/article/view/2345>
- John et al. (2017). A review on the potential of citrus waste for D-Limonene, pectin, and bioethanol production: *International Journal of Green Energy*: Vol 14, No 7.
<https://www.tandfonline.com/doi/abs/10.1080/15435075.2017.1307753>
- Kani Ulger. (2018). The Effect of Problem-Based Learning on the Creative Thinking and Critical Thinking Disposition of Students in Visual Arts Education | *Interdisciplinary Journal of Problem-Based Learning*.

- <https://scholarworks.iu.edu/journals/index.php/ijpbl/article/view/28166>
- Khoiriyah & Husamah. (2018). Problem-based learning: Creative thinking skills, problem-solving skills, and learning outcome of seventh grade students | JPBI (Jurnal Pendidikan Biologi Indonesia). <https://ejournal.umm.ac.id/index.php/jpbi/article/view/5804>
- Kim, J. Y., Choi, D. S., Sung, C.-S., & Park, J. Y. (2018). The role of problem solving ability on innovative behavior and opportunity recognition in university students. *Journal of Open Innovation: Technology, Market, and Complexity*, 4(1), Article 1. <https://doi.org/10.1186/s40852-018-0085-4>
- Lauren et al. (2021). Polysaccharide degradation by the Bacteroidetes: Mechanisms and nomenclature—McKee—2021—Environmental Microbiology Reports—Wiley Online Library. <https://ami-journals.onlinelibrary.wiley.com/doi/full/10.1111/1758-2229.12980>
- Leggett, L. M. W., & Ball, D. A. (2012). The implication for climate change and peak fossil fuel of the continuation of the current trend in wind and solar energy production. *Energy Policy*, 41, 610–617. <https://doi.org/10.1016/j.enpol.2011.11.022>
- Lopes, A. C. A., Eda, S. H., Andrade, R. P., Amorim, J. C., & Duarte, W. F. (2019). 14—New Alcoholic Fermented Beverages—Potentials and Challenges. In A. M. Grumezescu & A. M. Holban (Eds.), *Fermented Beverages* (pp. 577–603). Woodhead Publishing. <https://doi.org/10.1016/B978-0-12-815271-3.00014-2>
- Lou et al. (2015). Novel Heat-Pump-Assisted Extractive Distillation for Bioethanol Purification | Industrial & Engineering Chemistry Research. <https://pubs.acs.org/doi/abs/10.1021/ie504459c>
- Miterianifa, Trisnayanti, Y., Khoiri, A., & Ayu, H. D. (2019). Meta-analysis: The effect of problem-based learning on students' critical thinking skills. *AIP Conference Proceedings*, 2194(1), 020064. <https://doi.org/10.1063/1.5139796>
- Muhali, M. (2019). Pembelajaran Inovatif Abad Ke-21. *Jurnal Penelitian Dan Pengkajian Ilmu Pendidikan: E-Saintika*, 3(2), Article 2. <https://doi.org/10.36312/e-saintika.v3i2.126>
- Muliadi, A., Subagio, S., Hulyadi, H., Imran, A., Sutarto, S., & Hastuti, I. D. (2021). Pengembangan Keterampilan Bioentrepreneurship Melalui Pelatihan Pembuatan Nata de Soya. *INTAN CENDEKIA: Jurnal Pengabdian Masyarakat*, 2(1), Article 1. <https://doi.org/10.47165/intancendekia.v2i1.146>
- Nurwahidah, N., Samsuri, T., Mirawati, B., & Indriati, I. (2021). Meningkatkan Keterampilan Kolaborasi Siswa Menggunakan Lembar Kerja Siswa Berbasis Saintifik. *Reflection Journal*, 1(2), Article 2. <https://doi.org/10.36312/rj.v1i2.556>
- Pacheco-Basulto, J. Á., Hernández-McConville, D., Barroso-Muñoz, F. O., Hernández, S., Segovia-Hernández, J. G., Castro-Montoya, A. J., & Bonilla-Petriciolet, A. (2012). Purification of bioethanol using extractive batch distillation: Simulation and experimental studies. *Chemical Engineering and Processing: Process Intensification*, 61, 30–35. <https://doi.org/10.1016/j.cep.2012.06.015>

- Sari, Y. I., Sumarmi, Utomo, D. H., & Astina, I. K. (2021). The Effect of Problem Based Learning on Problem Solving and Scientific Writing Skills. *International Journal of Instruction*, 14(2), 11–26.
- Shah & Sen. (2011). Bioalcohol As Green Energy -A review | Request PDF. https://www.researchgate.net/publication/215487282_Bioalcohol_As_Green_Energy_-A_review
- Sharma et al. (2019). Recycling of Organic Wastes in Agriculture: An Environmental Perspective | SpringerLink. <https://link.springer.com/article/10.1007/s41742-019-00175-y>
- Sholihah, T. M., & Lastariwati, B. (2020). Problem Based Learning to Increase Competence of Critical Thinking and Problem Solving. *Journal of Education and Learning (EduLearn)*, 14(1), 148–154.
- Simamora, R. E., Saragih, S., & Hasratuddin. (2019). Improving Students' Mathematical Problem Solving Ability and Self-Efficacy through Guided Discovery Learning in Local Culture Context. *International Electronic Journal of Mathematics Education*, 14(1), 61–72.
- Suastra, I. W., Ristiati, N. P., Adnyana, P. P. B., & Kanca, N. (2019). The effectiveness of Problem Based Learning—Physics module with authentic assessment for enhancing senior high school students' physics problem solving ability and critical thinking ability. *Journal of Physics: Conference Series*, 1171, 012027. <https://doi.org/10.1088/1742-6596/1171/1/012027>
- Sugano, S. G. C., & Nabua, E. B. (2020). Meta-Analysis on the Effects of Teaching Methods on Academic Performance in Chemistry. *International Journal of Instruction*, 13(2), 881–894.
- Sujarvanto et al. (2020). INNOVATIVE METHODS OF PROFESSIONAL TRAINING. https://www.researchgate.net/publication/339319060_INNOVATIVE_METHODS_OF_PROFESSIONAL_TRAINING
- Sukaisih, R., Muhali, M., & Asy'ari, M. (2020). Meningkatkan keterampilan metakognisi dan berpikir kritis siswa melalui pembelajaran model pemecahan masalah dengan strategi konflik-kognitif. *Empiricism Journal*, 1(1), Article 1. <https://doi.org/10.36312/ej.v1i1.329>
- Suparman, Juandi, D., & Tamur, M. (2021). Review of problem-based learning trends in 2010-2020: A meta-analysis study of the effect of problem-based learning in enhancing mathematical problem-solving skills of Indonesian students. *Journal of Physics: Conference Series*, 1722(1), 012103. <https://doi.org/10.1088/1742-6596/1722/1/012103>
- Surya, E., Putri, F. A., & Mukhtar. (2017). Improving Mathematical Problem-Solving Ability and Self-Confidence of High School Students through Contextual Learning Model. *Journal on Mathematics Education*, 8(1), 85–94.
- Suryawati et al. (2010). The effectiveness of RANGKA contextual teaching and learning on students' problem solving skills and scientific attitude—ScienceDirect. <https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S1877042810024948>

- Tan, K. T., Lee, K. T., & Mohamed, A. R. (2008). Role of energy policy in renewable energy accomplishment: The case of second-generation bioethanol. *Energy Policy*, 36(9), 3360–3365. <https://doi.org/10.1016/j.enpol.2008.05.016>
- Valdez, J. E., & Bungihan, M. E. (2019). Problem-based learning approach enhances the problem solving skills in Chemistry of high school students. *JOTSE*, 9(3), 282–294.
- Yang, B., Yu, G., Zhao, X., Jiao, G., Ren, S., & Chai, W. (2009). Mechanism of mild acid hydrolysis of galactan polysaccharides with highly ordered disaccharide repeats leading to a complete series of exclusively odd-numbered oligosaccharides. *The FEBS Journal*, 276(7), 2125–2137. <https://doi.org/10.1111/j.1742-4658.2009.06947.x>
- Yin et al. (2016). Variability of fire carbon emissions in equatorial Asia and its nonlinear sensitivity to El Niño—Yin—2016—Geophysical Research Letters—Wiley Online Library. <https://agupubs.onlinelibrary.wiley.com/doi/full/10.1002/2016GL070971>
- Yu et al. (2014). ENHANCING STUDENTS' PROBLEM-SOLVING SKILLS THROUGH CONTEXT-BASED LEARNING | SpringerLink. <https://link.springer.com/article/10.1007/s10763-014-9567-4>
- Yuberti, Latifah, S., Anugrah, A., Saregar, A., Misbah, & Jermisittiparsert*, K. (2019). Approaching Problem-Solving Skills of Momentum and Impulse Phenomena Using Context and Problem-Based Learning. *Approaching Problem-Solving Skills of Momentum and Impulse Phenomena Using Context and Problem-Based Learning*, 8(4), 1217–1227.
- Zhou et al. (2021). Conversion of lignocellulose to biofuels and chemicals via sugar platform: An updated review on chemistry and mechanisms of acid hydrolysis of lignocellulose—ScienceDirect. <https://www.sciencedirect.com/science/article/abs/pii/S1364032121004585>