

Upaya Peningkatan Kinerja Ilmiah Mahasiswa Dengan Lembar Kerja Berbasis Proyek Pada Penurunan Kesadahan Dengan Adsorben Tulang Ayam

Nadia Tsalisa, Yulia Sukmawardani ✉, Imelda Helsy

Universitas Islam Negeri Sunan Gunung Djati Bandung

Jalan AH Nasution No. 105, Cipadung, Kecamatan Cibiru, Kota Bandung, Jawa Barat
yulia.sukmawardani@uinsgd.ac.id ✉ | DOI : <https://doi.org/10.37729/jips.v6i1.5072> |

Article Info

Submitted

13/06/2024

Revised

16/01/2025

Accepted

18/05/2025

Abstrak – Penelitian ini bertujuan untuk mendeskripsikan aktivitas dan kinerja ilmiah mahasiswa pada penerapan lembar kerja berbasis proyek untuk mengembangkan kinerja ilmiah pada penurunan kesadahan air sumur dengan adsorben limbah tulang ayam. Penelitian ini menggunakan metode pre-eksperimen dengan desain one shot case study. Subjek dari penelitian ini adalah mahasiswa semester VI prodi pendidikan kimia UIN Sunan Gunung Djati Bandung yang mengikuti mata kuliah kimia pemisahan. Hasil penelitian ini menunjukkan bahwa berdasarkan hasil penilaian lembar kerja didapatkan secara keseluruhan nilai rata-rata kemampuan mahasiswa dalam mengerjakan lembar kerja adalah 87 yang dikategorikan sangat baik, hasil observasi nilai rata-rata aktivitas mahasiswa secara keseluruhan yaitu 88 yang dikategorikan sangat baik, hasil penilaian terhadap keterampilan kinerja mahasiswa secara keseluruhan adalah 84 yang dikategorikan sangat baik, dan nilai rata-rata pada kinerja ilmiah setelah dianalisis secara keseluruhan mendapatkan nilai 86 yang dikategorikan sangat baik. Hasil penelitian ini menunjukkan bahwa lembar kerja berbasis proyek pada penurunan kesadahan air sumur dengan adsorben limbah tulang ayam dapat mengembangkan kinerja ilmiah mahasiswa.

Kata kunci: Kinerja ilmiah, Lembar kerja, Berbasis proyek, Penurunan kesadahan

Abstract – This research aims to describe the activity and scientific performance of students' scientific performance on the application of project-based worksheets to develop scientific performance on reducing hardness of well water with chicken bone waste adsorbent. This research uses the method of pre-experiment method with one shot case study design. The subjects of this research is study were VI semester students of chemistry education study program of UIN Sunan Gunung Djati Bandung who took the separation chemistry course. The results of this study showed that based on the results of the worksheet assessment, it was found that the overall the average value of students' ability to work on worksheets is 87 which is categorized as very good, the average value of observation results overall student activity is 88 which is categorized as very good, the results of the assessment of overall student performance skills is 84 which is categorized as very good, and the average value on scientific performance after being analyzed as a whole gets a score of 86 categorized as very good. The results of this study indicate that the project-based worksheet on reducing well water hardness with chicken bone waste adsorbent can develop students' scientific performance.



Keywords: Scientific performance, Project based worksheet, Hardness reduction

1. Pendahuluan

Kimia pemisahan mempelajari mengenai metode analisis kuantitatif dalam menentukan kadar suatu unsur atau senyawa pada sampel [1] melalui metode volumetri, gravimetri, elektroanalisis, dan kromatografi yang membangun kemampuan mahasiswa dalam memahami dan menerapkan teknik-teknik fundamental seperti analisis kimia gravimetri, titrasi asam-basa, titrasi redoks, titrasi pengendapan, titrasi kompleksometri, analisis gas, dan metode titrasi kering.

Titration kompleksometri merupakan salah satu konsep yang dikatakan cukup rumit tetapi di dalamnya banyak berkaitan dengan permasalahan nyata. Saat ini, untuk mencapai tujuan pembelajaran pada pelaksanaan praktikum kimia pemisahan hanya berfokus pada merangkai alat dan mengumpulkan data hasil percobaan yang mengikuti prosedur yang sudah tertera dalam modul praktikum. Hal tersebut dapat dikatakan mengurangi esensi laboratorium sebagai sumber belajar untuk menerapkan konsep dan mengembangkan keterampilan dari konsep yang sudah dipelajari di perkuliahan [2]

Berdasarkan hasil pengamatan selama pelaksanaan praktikum, tak jarang ditemukan mahasiswa tidak memahami praktikum yang sedang dilakukan. Hal ini disebabkan pelaksanaan praktikum yang tidak sejalan dengan yang dijelaskan diperkuliahan dan mahasiswa kurang dapat mengaplikasikan teori yang sudah dipelajari untuk mengatasi permasalahan yang nyata disekitarnya. Berdasarkan pendapat [3] mengatakan bahwa praktikum ekspositori kurang mampu meningkatkan keterampilan berpikir tingkat tinggi, tidak memberi keleluasaan untuk mengeksplorasi masalah, membuat hipotesis, merencanakan dan menggunakan berbagai strategi pemecahan masalah. Menurut [4] alternatif yang dapat digunakan untuk mengatasi permasalahan tersebut adalah menggunakan model pembelajaran berbasis konstruktivistik yang dapat mengembangkan kinerja ilmiah mahasiswa.

Model pembelajaran *project based learning* merupakan salah satu model yang dinilai dapat meningkatkan kualitas pembelajaran. Melalui sintaknya peserta didik dapat mengeksplorasi dalam memecahkan permasalahan yang nyata, membangun pengetahuan yang menuntun mahasiswa untuk menghadapi masalah tersebut, dan menjawab pertanyaan yang relevan dengan topik pembelajaran [5]. Berdasarkan penelitian yang dilakukan oleh [6] Pembelajaran ini bersifat student centered sehingga mahasiswa dapat terlibat aktif dalam penyelesaian proyek secara mandiri maupun kerjasama tim dan mengintegrasikan pengetahuannya pada penyelesaian masalah yang nyata dan praktis [7].

Kinerja ilmiah merupakan keterampilan yang harus dikuasai dan dilatih sebelum menggunakan metode ilmiah [8]. Keterampilan ini dapat dikembangkan melalui pembelajaran berbasis proyek [9]. Dalam mengembangkan keterampilan tersebut melalui model pembelajaran berbasis proyek dibutuhkan bahan ajar berupa lembar kerja untuk membantu mahasiswa dalam proses pembelajaran [10]. Lembar kerja merupakan instrumen yang berisi petunjuk dan langkah-langkah untuk menemukan konsep melalui sintaknya. Lembar kerja digunakan sebagai pedoman dalam kegiatan pembelajaran [11].

Air tanah merupakan sebagian air hujan yang diserap oleh lapisan tanah kemudian menjadi sumber mata air. Air hujan yang meresap akan menembus beberapa lapisan tanah dan menyebabkan air mengandung zat-zat mineral dalam konsentrasi tertentu. Zat-zat mineral tersebut, antara lain kalsium, magnesium dan logam berat seperti besi [12]. Kandungan mineral terutama ion kalsium dan magnesium yang berlebih dalam bentuk garam karbonat pada air tanah akan menimbulkan kesadahan [13]. Dampak dari penggunaan air sadah terhadap kegiatan rumah tangga mengakibatkan konsumsi sabun yang lebih banyak karena air tersebut sulit berbuih. Menurut WHO (*World Health Organization*) air yang memiliki kesadahan tinggi akan berdampak pada kesehatan seperti penyumbatan pembuluh darah jantung (*Cardiovascular Disease*) dan batu ginjal (*Urolithiasis*) [14] [15] menyatakan bahwa mineral yang ada dalam air sadah bereaksi dengan sabun untuk membentuk zat seperti buih yang dapat menyumbat pori-pori dan mengakibatkan kulit kering, eksim, ketombe, serta menyebabkan rambut rusak. Menurut Permenkes RI No. 32 (2017) tentang standar baku mutu kesehatan lingkungan dan persyaratan kesehatan air untuk keperluan *hygiene* sanitasi menyatakan bahwa standar baku mutu kesadahan air adalah 500 mg/L.

Air sumur bor digunakan sebagai sumber air untuk memenuhi keperluan *hygiene* dan sanitasi oleh masyarakat desa Wanajaya, kecamatan Tambakdahan, kabupaten Subang. Akan tetapi, air tersebut memiliki karakteristik sulit berbuih, menimbulkan kerak yang sulit dihilangkan pada lantai kamar mandi, dan terdapat endapan coklat pada dasar baknya. Setelah dilakukan uji kandungan kalsium menggunakan larutan H_2SO_4 dan kandungan magnesium dengan Na_2CO_3 secara kualitatif menghasilkan endapan putih yang menandakan bahwa air tersebut bersifat sadah.

Metode penurunan kesadahan air seperti *nanofiltration*, *electro dialysis*, pengendapan secara kimia, *reverse osmosis*, *lime soda*, dan penukaran ion membutuhkan biaya operasional yang cukup tinggi [17]. Pendapat tersebut diperkuat berdasarkan penelitian yang dilakukan oleh [18] proses penurunan kesadahan dengan cara pengendapan melalui proses pemanasan hingga terbentuk endapan membutuhkan bahan bakar yang lebih banyak sehingga tidak ekonomis. Penggunaan resin penukar kation untuk proses demineralisasi ion Ca dan Mg dalam pengolahan air sadah cepat mengalami kejenuhan dalam hitungan beberapa hari. Salah satu solusi lain yang ekonomis dalam penurunan kesadahan air adalah metode adsorpsi [17]. Berdasarkan penelitian yang dilakukan oleh [19] adsorben digunakan dalam penurunan kesadahan adalah zeolite akan tetapi adsorben ini tidak dapat digunakan pada air yang memiliki kekeruhan lebih dari 10 mg/liter dan mempunyai kesadahan yang lebih dari 800 mg/liter. Penggunaan adsorben alami yang dapat digunakan sebagai alternatif untuk menurunkan kesadahan air salah satunya adalah adsorben limbah tulang ayam.

Konsumsi masyarakat akan daging ayam meningkat seiring dengan banyaknya penjual makanan yang menyediakan menu makanan siap saji dengan bahan utama berupa ayam dengan berbagai variasi olahan. Meningkatnya konsumsi tersebut menyebabkan semakin bertambahnya tulang ayam yang dihasilkan. Tulang ayam merupakan sisa bahan makanan yang tidak dapat dikonsumsi kembali karena sifatnya yang keras sehingga dianggap sebagai sampah dan pemafaatannya masih sangat minim [20]. Padahal, sisa makanan ini menjadi limbah yang akan menjadi bermanfaat jika dilakukan pengolahan lebih lanjut. Tak jarang ditemukan bahwa penjual makanan disekitar Kampus UIN Sunan Gunung Djati Bandung membuang tulang ayam sisa makanan pembeli ke tempat pembuangan sampah tanpa dilakukan pengolahan terlebih dahulu padahal proses penguraian tulang ayam oleh tanah membutuhkan waktu yang lama [20] dan biasanya penjual membuang tulang tersebut dalam kemasan plastik dan bertumpuk dengan sampah plastik lainnya sehingga penguraiannya akan memakan waktu yang lebih lama lagi. Maka dari itu, dibutuhkan alternatif untuk mengolah limbah tulang ayam tersebut agar menjadi bermanfaat

Tulang ayam mengandung 85% garam mineral kalsium fosfat, 14% kalsium karbonat, dan 1% magnesium [20] berdasarkan jurnal [21] [21], [22] kandungan tersebut merupakan penyusun senyawa hidroksiapatit. Senyawa tersebut dapat menyerap dan menurunkan kadar beberapa ion logam dalam larutan seperti Hg^{2+} , Zn^{2+} , dan Pb^{2+} [23]. Selain itu, dapat juga menyerap logam Cr(VI) [24]. Penelitian yang dilakukan [25] Hidroksiapatit ($Ca_{10}(PO_4)_6(OH)_2$) yang terdapat dalam adsorben limbah tulang ayam dapat menyerap ion logam Cu^{2+} dan Cd^{2+} yang terkandung dalam limbah tekstil karena memiliki permukaan yang berpori. Berdasarkan kandungannya tersebut, limbah tulang ayam berpotensi sebagai adsorben penyerap ion logam [22]. Dari penelitian sebelumnya belum ditemukan penelitian yang meneliti mengenai penurunan kesadahan dengan cara adsorpsi ion logam Ca dan Mg menggunakan adsorben limbah tulang ayam. Kesadahan air ditentukan dengan analisis kuantitatif melalui titrasi kompleksometri. Titrasi ini digunakan dalam pengukuran ion logam dalam sampel [26] ion logam Ca dan Mg yang terkandung dalam air sadah baik sebelum maupun sesudah adsorpsi akan diukur kadarnya melalui titrasi tersebut.

2. Metode

Penelitian ini menggunakan metode *Pre-experiment* dengan desain *One Shot Case Study*. Metode tersebut dipilih karena penelitian ini tidak ada kelompok kontrol. Perlakuan diberikan terhadap subjek penelitian dan selanjutnya akan diobservasi hasilnya. Perlakuan berupa lembar kerja berbasis proyek sebagai variable independen dan kinerja ilmiah sebagai variable dependen [5]. Terdapat tiga tahap penelitian yaitu tahap pertama dilakukan analisis silabus kimia pemisahan, analisis jurnal yang relevan, uji pendahuluan, analisis lembar kerja berbasis proyek, analisis KI (Kompetensi Inti) dan KD (Kompetensi Dasar), dan analisis materi kimia pemisahan pada modul titrasi kompleksometri.

Setelah didapatkan permasalahan yang akan diteliti, kemudian dilakukan penentuan judul penelitian, desain penelitian, dan penyusunan instrumen berupa lembar observasi aktivitas mahasiswa, lembar kerja berbasis proyek, lembar penilaian kinerja ilmiah mahasiswa, lembar penilaian presentasi, dan lembar validasi instrumen. Selanjutnya dilakukan validasi instrumen kepada dosen ahli sebagai validator.

Tahap kedua merupakan pelaksanaan penerapan lembar kerja berbasis proyek yang telah divalidasi. Dalam kegiatan ini mahasiswa melakukan praktikum berdasarkan petunjuk dalam lembar kerja sedangkan peneliti mengukur aktivitas mahasiswa dan kinerja ilmiahnya. Data yang dihasilkan akan diolah menggunakan instrumen penilaian yang telah divalidasi. Pada tahap ketiga dilakukan pengolahan data dan analisis data. Dari hasil dan pembahasan, kemudian ditarik kesimpulan untuk menjawab rumusan masalah.

3. Hasil dan Pembahasan

Aktivitas mahasiswa pada penerapan lembar kerja berbasis proyek merujuk pada deskripsi pembelajaran yang telah disesuaikan dengan sintak pembelajaran berbasis proyek, yaitu mengidentifikasi masalah, membuat desain proyek, melakukan penelitian, menyusun prototype, serta finalisasi dan publikasi. Penerapan lembar kerja berbasis proyek ini dilaksanakan pada 30 Mei 2023 dengan subyek penelitian mahasiswa semester VI yang mengikuti mata kuliah praktikum kimia pemisahan Program Studi Pendidikan Kimia UIN Sunan Gunung Djati Bandung. Berikut adalah aktivitas mahasiswa saat penerapan lembar kerja berbasis proyek pada penurunan kesadahan air sumur dengan adsorben limbah tulang ayam. Kegiatan ini diawali dengan salam pembuka, kemudian membacakan doa yang dipimpin oleh perwakilan mahasiswa. Kegiatan selanjutnya adalah apersepsi untuk membangun keingintahuan mahasiswa dan memberikan gambaran terkait percobaan yang akan dilakukan yaitu mengenai penurunan kesadahan dengan adsorben limbah tulang ayam. Apersepsi yang dilakukan berupa demonstrasi terkait uji kualitatif terhadap kandungan logam Ca dan Mg yang terkandung dalam air sumur. Hasil uji membentuk endapan putih yang menandakan bahwa sampel mengandung kedua logam tersebut yang menyebabkan air bersifat sadah.

Kegiatan inti telah terlaksana sesuai dengan tahapan pembelajaran berbasis proyek. Berdasarkan hasil kegiatan penerapan lembar kerja berbasis proyek pada penurunan kesadahan, dapat dikatakan berjalan dengan baik yang dibuktikan dari hasil penilaian lembar observasi, lembar kerja, dan keterampilan kinerja yang telah diolah dan dianalisis. Berikut adalah analisis secara deskriptif dari setiap sintak pembelajaran berbasis proyek berdasarkan hasil yang diperoleh dari setiap kelompok. Pada tahapan mengidentifikasi masalah, mahasiswa diarahkan untuk mengidentifikasi masalah berdasarkan wacana mengenai penurunan kesadahan air sumur dengan adsorben limbah tulang ayam yang disajikan dalam lembar kerja. Tahap ini merupakan pengantar untuk melaksanakan proyek dan memberikan kesempatan pada mahasiswa untuk mengeksplorasi masalah yang nyata dalam kehidupan beserta solusinya seperti penurunan kesadahan air sumur dengan adsorben limbah tulang ayam. Setelah itu, mahasiswa diminta untuk membuat rumusan masalah berdasarkan permasalahan yang diidentifikasi dalam wacana untuk membatasi permasalahan yang akan diteliti. Berdasarkan rumusan masalah yang telah dibuat, mahasiswa diarahkan untuk membuat hipotesis sebagai jawaban sementara agar percobaan memiliki tujuan yang jelas. Hasil analisis dan pengolahan data penilaian lembar kerja pada tahap mengidentifikasi masalah dibagi menjadi dua aspek yaitu perumusan masalah berdasarkan wacana memperoleh skor 100 dengan kriteria sangat baik dan menyusun hipotesis dengan skor 92 pada kriteria sangat baik. Berdasarkan hasil analisis dan olah data lembar observasi aktivitas mahasiswa diketahui bahwa setiap kelompok dikategorikan baik dalam aktivitas mengerjakan tahap ini seperti membaca wacana yang terdapat dalam lembar kerja dengan skor 69, merumuskan masalah memperoleh skor 75, dan membuat hipotesis berdasarkan permasalahan yang ditemukan pada skor 75; sehingga diperoleh rerata sebesar 75 pada kategori baik.

Pada tahap pembuatan desain proyek, mahasiswa merancang desain proyek yang akan dilakukan. Melalui pertanyaan-pertanyaan yang terdapat pada tahap ini membantu mahasiswa dalam membuat tujuan percobaan, menyusun prinsip percobaan, menentukan alat dan bahan yang akan digunakan, serta membuat prosedur percobaan yang akan dilakukan. Adapun hasil analisis pada tahap merancang desain dan menyusun desain proyek dapat disajikan pada [Tabel 1](#).

Tabel 1. Hasil Penilaian Lembar Kerja Tahap Merancang dan Desain Proyek

Aspek yang diamati	Tahap Merancang Desain Proyek		Tahap Menyusun Desain Proyek	
	Skor	Kriteria	Skor	Kriteria
Membuat tujuan percobaan	100	Sangat baik	100	Sangat baik
Menyusun prinsip percobaan	83	Sangat baik	94	Sangat baik
Menentukan alat dan bahan yang akan digunakan	56	Cukup	100	Sangat baik
Membuat prosedur percobaan berupa diagram alir	79	Baik	100	Sangat baik
Rerata	80	Sangat baik	99	Sangat baik

Dari hasil penilaian lembar observasi didapatkan bahwa aktivitas mahasiswa dalam merancang desain proyek dikategorikan sangat baik. Dalam penyusunannya, setiap kelompok membagi anggotanya dalam menjawab setiap soal dalam tahap ini sehingga tidak ditemukan aktivitas dalam berdiskusi.

Tahap prosedur melaksanakan proyek cukup banyak dan memakan waktu yang lama, maka dari itu dilakukan pembagian prosedur percobaan. Tahap standarisasi dilakukan oleh setiap kelompok, titrasi penentuan kesadahan total inlet dilakukan oleh kelompok 1 dan 3, titrasi penentuan kadar kalsium inlet dilakukan oleh kelompok 2 dan 4, proses adsorpsi penurunan kesadahan air sumur dengan adsorben limbah tulang ayam dilakukan oleh setiap kelompok tetapi menggunakan adsorben yang berbeda ukuran partikelnya. Kelompok 1 dan 2 mengadsorpsi dengan adsorben berukuran 80 mesh, kelompok 2 dan 4 mengadsorpsi dengan adsorben berukuran 120 mesh. Sampel hasil adsorpsi dititrasi untuk mengetahui kesadahan total beserta kadar kalsiumnya. Skor yang dihasilkan secara berturut-turut dari kelompok 1 adalah 100, 61, 83, dan 100. Penilaian tahap melaksanakan percobaan untuk kelompok 1, 3, dan 4 dikategorikan sangat baik sedangkan kelompok 2 dikategorikan cukup. Dari pengamatan lembar kerja yang telah diisi terdapat hal yang seharusnya ditulis tetapi tidak dimuat dalam lembar kerja dan sebaliknya hal tersebut disebabkan karena pertukaran data antar kelompok yang membingungkan. Secara keseluruhan kemampuan mahasiswa dalam melaksanakan proyek dikategorikan sangat baik dengan skor 86.

Berdasarkan pengamatan peneliti selama kegiatan praktikum, ditemukan bahwa dalam melakukan percobaan ini masih banyak mahasiswa yang belum memahami prosedur percobaan yang sedang dilakukan, salah satu faktornya adalah prosedurnya yang banyak, variabel yang membingungkan seperti penggunaan indikator yang berbeda dalam titrasi penentuan kesadahan total dengan penentuan kadar kalsium, pembagian prosedur percobaan yang membingungkan sehingga tak jarang ditemukan mahasiswa miskomunikasi karena kebingungan dalam prosedur yang dilakukan dan yang tidak dilakukan sehingga berpengaruh terhadap pengisian lembar kerja karena mahasiswa tidak menjawab secara lengkap dan terdapat jawaban yang tidak relevan yang disebabkan oleh pertukaran data yang membingungkan sehingga tak jarang ditemukan mahasiswa tidak mencantumkan poin yang seharusnya dimuat dalam jawaban dan terdapat pula jawaban yang tidak relevan. Secara kuantitatif aktivitas mahasiswa dalam mengerjakan tahap melaksanakan proyek dikategorikan sangat baik dengan skor 100 yang didapatkan dari penilaian lembar observasi.

Tabel 2. Hasil Analisis dan Pengolahan Data Pada Tahap Menyusun Draft/ Prototype Produk

Aspek yang diamati	Nilai	Interpretasi
Menjelaskan senyawa kompleks yang terbentuk diakhir titrasi	100	Sangat baik
Menjelaskan zat yang terkandung dalam adsorben	67	Baik
Mengolah data hasil percobaan	42	Kurang
Menjelaskan pengaruh ukuran partikel terhadap daya serapnya berdasarkan hasil percobaan	67	Baik
Membandingkan air sumur hasil adsorpsi dengan baku mutu kesadahan total	75	Baik
Menarik kesimpulan berdasarkan rumusan masalah	67	Baik
Menyusun laporan data observasi dalam bentuk tabel secara rinci	94	Sangat baik
Mengolah data hasil percobaan dengan tepat	94	Sangat baik
Rata-rata	92	Sangat baik

Tahap penyusunan *draft/prototype* produk mahasiswa melakukan uji kualitas terhadap produk yang dihasilkan dan mencari literatur yang berkaitan dengan hasil percobaan. Pengujian produk pada tahap ini dilakukan melalui pertanyaan-pertanyaan yang terintegrasi dengan hasil percobaan. Berdasarkan penilaian lembar observasi aktivitas mahasiswa pada [Tabel 2](#), dapat dikatakan bahwa aktivitas mahasiswa selama melaksanakan tahap menyusun *draft/prototype* produk dikategorikan sangat baik.

Pada tahap menilai dan memperbaiki produk, mahasiswa menilai kualitas produk berdasarkan rubrik penilaian yang disajikan. Penilaian tersebut berupa daftar ceklis dari rentang 3-1. Produk yang dinilai kualitasnya adalah air sumur hasil adsorpsi dengan adsorben limbah tulang ayam. Berdasarkan hasil penilaian lembar penilaian produk, setiap kelompok memberikan nilai 3 terhadap setiap poin kecuali pada poin daya serap adsorben yang sesuai dengan teori. Pada poin tersebut setiap kelompok memberikan nilai 1 dikarenakan kadar Mg dalam air sumur yang telah diadsorpsi dengan dengan ukuran 120 mesh lebih tinggi dibandingkan dengan hasil adsorpsi menggunakan adsorben berukuran 80 mesh, hal tersebut tidak sesuai dengan teorinya. Kecepatan pengadukan optimum pada proses adsorpsi dengan adsorben limbah tulang ayam adalah 150 rpm. Sedangkan, *hotplate* yang digunakan untuk mengadsorpsi tidak tertera kecepatan pengadukan yang spesifik melainkan hanya ditandai dengan garis dari tipis ke tebal sehingga proses pengadukan diduga terlalu kencang dan mengakibatkan adsorben melebihi kondisi optimum. Kondisi tersebut menyebabkan adsorben dengan ukuran 120 mesh mengalami kejenuhan dan kerusakan sehingga kurang optimal dalam mengadsorpsi. Berdasarkan hasil penilaian lembar observasi aktivitas mahasiswa pada tahap menilai dan memperbaiki produk didapatkan nilai rata-rata sebesar 91 dengan interpretasi sangat baik.

Tabel 3. Hasil Analisis dan Pengolahan Data Aktivitas Mahasiswa Pada Tahap Menilai dan Memperbaiki Produk

Kriteria Produk	Nilai	Interpretasi
Nilai kesadahan total yang telah diadsorpsi dibawah baku mutu yaitu < 500	100	Sangat baik
Adsorben limbah tulang ayam dapat menyerap logam Ca	100	Sangat baik
Adsorben limbah tulang ayam dapat menyerap logam Mg	100	Sangat baik
Daya serap adsorben 120 mesh lebih baik dari 80 mesh sesuai teori	33	Sangat kurang
Mengamati produk hasil percobaan dan berdiskusi	81	Sangat baik
Mengisi lembar penilaian produk	100	Sangat baik
Rata-rata	86	Sangat baik

Tabel 4. Hasil Observasi Aktivitas Pada Tahap Finalisasi dan Publikasi

Aspek yang diamati	Skor	Interpretasi
Menarik kesimpulan	100	Sangat baik
Mempresentasikan hasil percobaan	88	Sangat baik
Memberi tanggapan terhadap kelompok lain	25	Sangat kurang
Mempresentasikan hasil percobaan	84	Sangat baik
Membuat poster	87	Sangat baik
Rata-rata	78	Baik

Pada tahap finalisasi dan publikasi mahasiswa mempresentasikan hasil percobaannya yang dilakukan oleh perwakilan setiap kelompok, sedangkan peserta lainnya memberikan tanggapan terhadap hasil percobaan dari kelompok presenter. Berdasarkan pengamatan peneliti, mahasiswa dari kelompok lain tidak ada yang menanggapi presenter sehingga dapat dikatakan kegiatan mengkomunikasikan ini berjalan secara pasif. Secara kuantitatif aktivitas mahasiswa dalam tahap ini dikategorikan baik. Secara keseluruhan kemampuan mahasiswa dalam mengerjakan lembar kerja berbasis proyek pada penurunan kesadahan air sumur dikategorikan sangat baik dengan skor 87. Data pengamatan terhadap aktivitas mahasiswa pada tahap finalisasi dapat ditunjukkan pada Tabel 4.

Hasil analisis kemampuan mahasiswa dalam mengerjakan lembar kerja dapat ditinjau dari kemampuan mengidentifikasi masalah dengan skor 96, menyusun desain proyek dengan skor 80, melaksanakan percobaan pada skor 86, menyusun prototipe skor 90, menilai dan memperbaiki produk berada pada skor 83, finalisasi dan publikasi pada skor 87 sehingga diperoleh rerata 87 dengan kriteria sangat baik. Kegiatan penutup dilakukan dengan memberikan apresiasi terhadap seluruh mahasiswa karena sudah menyelesaikan kegiatan praktikum dengan baik. Peneliti memberikan refleksi mengenai kegiatan yang telah dilakukan dan memberikan kesempatan pada mahasiswa untuk bertanya jika masih terdapat hal yang belum dipahami. Selanjutnya, peneliti memberikan kesimpulan terhadap penelitian yang telah dilaksanakan, kemudian kegiatan ditutup dengan mengucapkan hamdalah dan salam.

Penilaian terhadap kinerja ilmiah mahasiswa dalam penerapan lembar kerja berbasis proyek pada penurunan kesadahan air sumur dengan adsorben limbah tulang ayam didapatkan dari lembar penilaian kinerja. Kinerja mahasiswa pada saat melakukan praktikum diamati oleh observer. Penilaian kinerja bertujuan untuk mengetahui keterampilan mahasiswa dalam melakukan percobaan secara terperinci. Terdapat beberapa tahapan dalam percobaan ini, yaitu: (1) Pada tahap awal aspek yang dinilai pada tahap ini adalah kedisiplinan mahasiswa dalam kehadiran, penggunaan jas laboratorium sebagai SOP (Standar Operasional Prosedur) dalam melakukan kegiatan praktikum, dan membawa kelengkapan alat laboratorium pribadi. (2) Tahap persiapan alat dan bahan mahasiswa sangat baik dalam mempersiapkan alat dan bahan seperti membilas buret dan menuangkan larutan baku sekunder ke dalam buret. (3) Tahap standarisasi larutan baku sekunder mahasiswa melakukan standarisasi untuk menentukan konsentrasi larutan baku sekunder yang akan digunakan dalam titrasi sampel. Kinerja pada tahap titrasi ini dikategorikan cukup. Dari pengamatan peneliti, didapatkan bahwa mahasiswa masih kebingungan dalam menentukan warna larutan pada titik akhir titrasi, pengadukan larutan pada saat titrasi dilakukan secara lambat dan tidak stabil sehingga mempengaruhi terhadap volume hasil titrasi. (4) Tahap titrasi inlet dilakukan pada sampel sebelum dilakukan proses adsorpsi untuk menentukan nilai kesadahan totalnya, kadar kalsium dan magnesium yang terkandung dalam air sumur tersebut. Kinerja pada tahap ini dikategorikan cukup. (5) Tahap adsorpsi sampel setiap kelompok melakukan setiap prosedur dengan baik dan benar tetapi terdapat beberapa yang dilakukan secara tidak sesuai dengan semestinya seperti penimbangan adsorben yang kurang berhati-hati sehingga berceceran disekitar neraca analitik. Nilai rata-rata dari aspek penilaian kinerja pada tahap ini dikategorikan sangat baik. (6) Tahap *titrasi outlet*, dilakukan titrasi terhadap air sumur yang sudah diadsorpsi dengan variasi ukuran adsorben limbah tulang ayam yang berbeda untuk ditentukan kembali kesadahan total, kadar kalsium, dan magnesiumnya. Dari hasil analisis dan pengolahan data, dapat dikatakan bahwa kinerja mahasiswa dikategorikan cukup.

(7) Tahap akhir dilakukan penilaian setiap aspek pada tahap akhir, didapatkan bahwa kinerja ilmiah mahasiswa dikategorikan sangat baik dengan nilai 100. Kegiatan yang dilakukan pada tahap ini adalah mencuci alat yang telah digunakan, mengeringkannya serta merapihkannya kembali. Secara keseluruhan dari kinerja mahasiswa dalam melaksanakan praktikum penurunan kesadahan air sumur dengan adsorben limbah tulang ayam dapat dikategorikan sangat baik.

Tabel 5. Kinerja Mahasiswa Dalam Melakukan Praktikum dan Kinerja Ilmiah

Penilaian Kinerja/ Praktikum	Skor	Interpretasi
Penilaian Kinerja		
Awal	100	Sangat baik
Persiapan alat dan bahan	100	Sangat baik
Standarisasi larutan baku sekunder	63	Cukup
Titration inlet	73	Baik
Adsorpsi sampel	84	Sangat baik
Titration outlet	70	Baik
Tahap akhir	100	Sangat baik
Rata-rata	84	Sangat baik
Penilaian Praktikum		
Kemampuan mengerjakan lembar kerja	87	Sangat baik
Aktivitas mahasiswa	88	Sangat baik
Kinerja dalam praktikum	84	Sangat baik
Rata-rata	86	Sangat baik

Hasil penilaian dari lembar kerja, aktivitas mahasiswa, dan kinerja dalam praktikum (Tabel 5) diperoleh nilai kinerja ilmiah dengan merata-ratakan nilai-nilai yang diperoleh dari masing-masing kelompok kemudian diinterpretasikan. Secara keseluruhan kinerja ilmiah mahasiswa dalam penurunan kesadahan air sumur dengan adsorben limbah tulang ayam dikategorikan sangat baik. Kinerja ilmiah melatih peserta didik dalam membangun pengetahuan melalui pembuktiannya yang dilakukan melalui kegiatan praktikum sehingga peserta didik tidak hanya menerima konsep saja melainkan menemukan juga cara untuk menemukan konsep tersebut. Dengan melatih kinerja ilmiah dapat meningkatkan kemampuan dalam menganalisis [27]. Indikator kinerja ilmiah yang dikembangkan dalam penelitian ini meliputi mengamati permasalahan, merumuskan hipotesis, merancang hipotesis, merancang percobaan, mengumpulkan data, dan menarik kesimpulan [4]. Dalam mengembangkan indikator tersebut melalui model pembelajaran berbasis proyek dibutuhkan media seperti lembar kerja untuk membantu mahasiswa dalam menemukan konsep melalui sintaknya sebagai pedoman kegiatan pembelajaran [11].

Pada tahap mengidentifikasi masalah indikator kinerja ilmiah yang dikembangkan adalah mengamati permasalahan melalui wacana yang disajikan dalam lembar kerja, kemudian merumuskan masalah tersebut dalam bentuk pertanyaan yang dapat dijawab melalui percobaan, dan merancang hipotesis berdasarkan rumusan masalah yang telah dibuat agar percobaan memiliki tujuan yang jelas. secara keseluruhan mahasiswa dapat mengidentifikasi masalah yang terdapat dalam wacana, kemudian dapat merumuskannya secara relevan dengan permasalahan yang ditemukan berupa pertanyaan yang dapat dijawab melalui percobaan, serta dapat membuat hipotesis yang relevan dengan rumusan masalah tersebut sehingga tujuan percobaan ini dapat diketahui dengan jelas. Menurut [28] mengatakan bahwa kemampuan pemecahan masalah sangat penting untuk dikembangkan karena berpengaruh terhadap keterampilan proses sains. Maka dari itu, tahap mengidentifikasi masalah dapat dikatakan mampu mengembangkan indikator menganalisis masalah, merumuskan masalah, dan merancang hipotesis sebagai tahap awal dalam memecahkan masalah.

Pada tahap merancang desain proyek indikator kinerja ilmiah yang dikembangkan adalah merancang percobaan. Tahap tersebut relevan dengan indikator kinerja ilmiah yang dikembangkan, karena menurut [29] kinerja ilmiah merupakan kemampuan yang relevan dengan kegiatan merancang penelitian, melakukan penelitian ilmiah, serta mengkomunikasikannya. Tahap ini menuntun mahasiswa untuk membuat tujuan percobaan yang relevan berdasarkan rumusan masalah, menyusun prinsip percobaan yang akan dilakukan, menentukan alat dan bahan yang akan digunakan, serta membuat prosedur percobaan berupa bagan alir. Kemampuan mahasiswa dalam merancang percobaan dikategorikan sangat baik.

Indikator mengumpulkan data dikembangkan melalui tahap melakukan percobaan, menyusun *draft/ prototype* produk, menilai dan memperbaiki produk. Tahap melakukan percobaan peneliti melakukan penilaian terhadap keterampilan kinerja mahasiswa dalam melakukan percobaan. Mahasiswa mengumpulkan data hasil percobaan melalui tabel data pengamatan yang disajikan dalam lembar kerja. Kemampuan mahasiswa dalam mengumpulkan data dikategorikan sangat baik. Pada tahap menyusun *draft/ prototype* produk mahasiswa disajikan pertanyaan-pertanyaan yang berkaitan dengan pengolahan data hasil percobaan menguji kualitas produk yang dihasilkan dari hasil percobaan tersebut yaitu air sumur yang telah diadsorpsi dengan adsorben limbah tulang ayam. Kemampuan mahasiswa dalam menyelesaikan tahap ini dikategorikan sangat baik. Pada tahap menilai dan memperbaiki produk mahasiswa menilai produk yang dihasilkan dari percobaan yaitu air yang telah diadsorpsi dengan adsorben limbah tulang ayam dan mencari kekurangannya [30]. Melalui tahap ini mahasiswa mengumpulkan data terkait standar kualitas air dengan parameter kesadahan dan pengaruh ukuran partikel terhadap daya serapnya. Penyerapan logam Mg dengan adsorben limbah tulang ayam yang berukuran 80 mesh lebih baik daripada adsorben yang berukuran 120 mesh. Hal tersebut bertentangan dengan teori yang mengatakan bahwa semakin kecil ukuran partikel, maka daya serapnya akan semakin baik [25]. Berdasarkan teori tersebut, semestinya penyerapan dengan adsorben berukuran 120 mesh lebih baik dari 80 mesh. Diduga pori-pori adsorben berukuran 120 mesh mengalami kejenuhan sehingga penyerapannya melebihi batas maksimum. Kondisi tersebut disebabkan oleh proses adsorpsi yang terlalu kencang melebihi kecepatan optimumnya yaitu 150 rpm sehingga penyerapan adsorben tersebut kurang optimal karena mengalami kerusakan [20]. Kemampuan mahasiswa dalam menilai produknya masing-masing dapat dikategorikan sangat baik.

Tahap finalisasi dan publikasi adalah tahap akhir dalam pembelajaran berbasis proyek. Pada tahap ini, indikator kinerja ilmiah yang ditingkatkan adalah menarik kesimpulan. Indikator tersebut dinilai berdasarkan kemampuan mahasiswa dalam menyimpulkan hasil percobaan melalui presentasi dan poster. Kemampuan mahasiswa dalam menyampaikan materi dan menyimpulkannya dikategorikan sangat baik. Sedangkan berdasarkan hasil penilaian poster dikategorikan sangat. Berdasarkan penelitian [31] pembelajaran berbasis proyek dapat meningkatkan kreatifitas mahasiswa. Melalui tugas poster tersebut dapat melatih kreatifitas mahasiswa. Kemampuan mahasiswa dalam menyelesaikan tahap ini dikategorikan sangat baik. Kinerja ilmiah diukur melalui penguasaan keterampilan proses ilmiah selama kegiatan praktikum berlangsung [29]. Oleh karena itu, kinerja ilmiah ditinjau dari aspek psikomotorik dan kognitif [32]. Aspek psikomotorik berupa aktivitas mahasiswa dalam mengerjakan lembar kerja dan keterampilan kinerja mahasiswa dalam melakukan praktikum penurunan kesadahan air sumur dengan adsorben limbah tulang ayam. Sedangkan, aspek kognitif ditinjau dari kemampuan mahasiswa dalam menyelesaikan lembar kerja. Aspek psikomotorik dinilai oleh observer selama kegiatan praktikum berlangsung, sedangkan aspek kognitif dinilai oleh peneliti di luar kegiatan praktikum.

Berdasarkan hasil observasi terhadap aktivitas mahasiswa dari keenam tahapan pembelajaran berbasis proyek adalah 88 yang Diinterpretasikan sangat baik. Nilai aktivitas mahasiswa tertinggi yaitu pada tahap melaksanakan penelitian dengan nilai 100. pada tahap ini mahasiswa berperan aktif dalam melaksanakan praktikum. Dapat dikatakan bahwa penerapan lembar kerja berbasis proyek pada kegiatan praktikum dapat mengembangkan aktivitas mahasiswa. Hal tersebut sejalan dengan penelitian yang dilakukan oleh [33] bahwa model pembelajaran berbasis proyek dapat meningkatkan aktivitas mahasiswa.

Hal tersebut disebabkan karena model pembelajaran ini bersifat *student center* sehingga menuntun mahasiswa untuk berperan aktif dalam kegiatan pembelajaran [7]. Nilai aktivitas mahasiswa terendah yaitu pada tahap finalisasi dan publikasi dengan nilai 71 yang dikategorikan baik. Pada tahap ini setiap kelompok tidak menanggapi presentasi hasil percobaan yang dilakukan oleh kelompok presenter sehingga tidak adanya diskusi secara aktif dalam pembelajaran. Permasalahan tersebut juga ditemukan oleh [34] bahwa diskusi pada tahap ini berjalan secara pasif. Hal tersebut dapat diatasi dengan keterampilan pengajar dalam memberikan motivasi dan suasana dalam proses pembelajaran.

Berdasarkan hasil analisis dan pengolahan data dari kemampuan mahasiswa dalam menyelesaikan lembar kerja didapatkan nilai rata-rata keseluruhan dari setiap tahapnya adalah 87. Dengan nilai tersebut, kemampuan mahasiswa dapat dikatakan sangat baik dalam menyelesaikan lembar kerja. Nilai tertinggi pada aspek ini terdapat pada tahap mengidentifikasi masalah yaitu dengan nilai 96, nilai tersebut dikategori sangat baik. Hal ini dibuktikan, pada tahap ini mahasiswa dapat membuat rumusan masalah beserta hipotesisnya dengan benar. Hasil penelitian tersebut diperkuat oleh [5] yang mengatakan bahwa pembelajaran berbasis proyek dapat membantu mahasiswa dalam mengeksplorasi masalah. Berdasarkan hasil penilaian aspek keterampilan kinerja mahasiswa pada kegiatan praktikum didapatkan nilai rata-rata secara keseluruhan adalah 84 dengan kategori sangat baik. Nilai tertinggi pada aspek ini yaitu pada tahap awal dan akhir titrasi dengan nilai masing-masing 100. Tahap awal dan akhir ini merupakan kegiatan rutin yang selalu dilakukan oleh mahasiswa setiap melaksanakan praktikum yaitu seperti datang tepat waktu, menggunakan jas lab, membawa perlengkapan kit pribadi, kemudian pada tahap akhir yaitu mencuci alat yang telah digunakan, mengeringkannya, dan merapihkannya kembali sehingga pada tahap ini mahasiswa sudah terbiasa melakukannya. Kegiatan tersebut dibentuk melalui pembiasaan yang selalu dilakukan setiap kegiatan praktikum dimulai dan diakhiri [35]. Skor tertinggi dari aspek keterampilan kinerja pada tahap praktikum yaitu pada adsorpsi sampel dengan nilai 84 yang dikategorikan sangat baik. Pada tahap ini mahasiswa melakukan setiap tahapannya dengan tepat tetapi terdapat beberapa prosedur yang tidak memenuhi kriteria seperti proses penimbangan adsorben yang masih berceceran disekitar neraca analitik.

Skor terendah dari aspek keterampilan kinerja mahasiswa yaitu pada tahap standarisasi larutan baku sekunder dengan nilai rata-rata 63 yang dikategorikan cukup. Pada tahap ini masih terdapat mahasiswa yang kebingungan dalam menentukan titik akhir titrasi. Pada proses titrasi, posisi tangan dan cara mengaduk larutan belum dilakukan dengan semestinya seperti saat menggoyangkan erlenmeyer yang tidak memutar sehingga titran dan titrat tidak teraduk secara stabil dan berpengaruh terhadap titik akhir titrasi. Berdasarkan penelitian yang dilakukan oleh [36] mengatakan bahwa lembar kerja berbasis proyek dapat meningkatkan kemampuan analitik. Tetapi pada tahap ini kemampuan tersebut belum tercapai karena kurangnya keterampilan dan ketelitian dalam menentukan titik akhir titrasi. Kinerja ilmiah tidak dapat dikuasai secara langsung, tetapi dibutuhkan latihan untuk menguasainya [4], maka dari itu dibutuhkan pembiasaan untuk melatih keterampilan tersebut.

Setiap nilai yang didapatkan dari setiap aspek dirata-ratakan untuk mengetahui nilai kinerja ilmiah secara keseluruhan nilai rata-rata yang didapatkan adalah 86 dengan kategori sangat baik. Dengan kategori tersebut, kinerja ilmiah yang dimiliki mahasiswa dikatakan tinggi, karena berdasarkan hasil pengamatan yang dilakukan oleh [27] peserta didik yang memiliki kinerja ilmiah yang tinggi cenderung lebih mudah dalam memecahkan masalah dan mampu melaksanakan kegiatan praktikum secara sistematis.

4. Kesimpulan

Kemampuan mahasiswa dalam mengerjakan lembar kerja berbasis proyek pada penurunan kesadahan air sumur dengan adsorben limbah tulang ayam adalah 87 yang dikategorikan sangat baik. Sedangkan aktivitas mahasiswa dalam mengerjakan lembar kerja secara keseluruhan yaitu 88 yang dikategorikan sangat baik. Keterampilan kinerja mahasiswa secara keseluruhan adalah 84 dengan interpretasi sangat baik. Kinerja ilmiah mahasiswa berdasarkan ketiga aspek tersebut didapatkan nilai rata-rata secara keseluruhan yaitu 86 yang dikategorikan sangat baik.

Daftar Pustaka

- [1] H. Shivhare dan P. Chincholikar, "Analytical Chemistry: Overview (Techniques & Applications)," *J Pharm Negat Results*, vol. 13, no. 4, hlm. 1364–1373, 2022, Diakses: 8 Agustus 2023. [Daring]. Tersedia pada: <https://www.pnrjournal.com/index.php/home/article/view/1283/1059>
- [2] M. Mutiah dkk., "Penerapan Model Praktikum Terintegrasi Problem Based Learning (PTPBL) Untuk Meningkatkan Kualitas Pelaksanaan Praktikum Pemisahan Analitik," *Jurnal Ilmiah Profesi Pendidikan*, vol. 7, no. 4, Des 2022, doi: 10.29303/jipp.v7i4.950.
- [3] Kistiono, "Pengembangan Model Praktikum Kontekstual Pada Praktikum Fisika Dasar Untuk Meningkatkan Keterampilan Generik Sains Dan Pemahaman Konsep," Thesis, Universitas Pendidikan Indonesia, Bandung, 2014. Diakses: 22 Juli 2023. [Daring]. Tersedia pada: <http://repository.upi.edu/id/eprint/12314>
- [4] S. Aji dan M. Hudha, "Kerja Ilmiah Siswa SMP Dan SMA Melalui Authentic Problem Based Learning (APBL)," *Jurnal Inspirasi Pendidikan*, vol. 6, no. 1, hlm. 835–841, 2016, doi: <https://doi.org/10.21067/jip.v6i1.1089>.
- [5] Ijirana dkk., "Critical Thinking Skills Of Chemistry Education Students In Team Project-Based Stem-Metacognitive Skills Learning During The Covid-19 Pandemic," *Journal Of Technology and Science Education*, vol. 12, no. 2, hlm. 397–409, 2022, doi: 10.3926/jotse.1697.
- [6] A. Sukarso dkk., "Investigating the Effect of Authentic Research Project-Based Laboratory Work on Creative Thinking, Attitudes and Scientific Work Skills of High School Students," 2023, hlm. 3–12. doi: 10.2991/978-2-38476-012-1_2.
- [7] D. Sari dan M. Wulanda, "Pengembangan lembar kerja mahasiswa berbasis proyek dalam meningkatkan kemampuan berfikir kreatif mahasiswa," *Natural: Jurnal Ilmiah Pendidikan IPA*, vol. 6, no. 1, hlm. 20–33, 2019, doi: <https://doi.org/10.30738/natural.v6i1.4073>.
- [8] D. Widyaningrum dan T. Wijayanti, "Implementasi buku petunjuk praktikum biokimia berbasis inkuiri terbimbing untuk meningkatkan kemampuan kerja ilmiah," *Edubiotik: Jurnal Pendidikan, Biologi dan Terapan*, vol. 4, no. 02, hlm. 58–67, Sep 2019, doi: 10.33503/ebio.v4i02.437.
- [9] A. Wijayanti dan K. Fajriyah, "Implementasi Stem Project Based Learning Untuk Meningkatkan Keterampilan Kerja Ilmiah Mahasiswa Calon Guru SD," *Jurnal Pendidikan Sains (JPS)*, vol. 06, no. 02, hlm. 69–69, 2018, doi: 10.26714.
- [10] M. Ernawati dkk., "Pengembangan Lembar Kerja Peserta Didik Elektronik Berbasis Proyek pada Materi Termokimia di Kelas XI SMA," *Journal of The Indonesian Society of Integrated Chemistry*, vol. 10, no. 1, hlm. 9–16, Jul 2018, doi: 10.22437/jisic.v10i1.5306.
- [11] A. Murni dan F. Yasin, "Pengembangan Lembar Kerja Peserta Didik (LKPD) Berbasis Proyek pada Materi Siklus Air Kelas V Sekolah Dasar," *Jurnal Basicedu*, vol. 5, no. 6, hlm. 6196–6210, Nov 2021, doi: 10.31004/basicedu.v5i6.1696.
- [12] A. Mashadi dkk., "Peningkatan Kualitas pH, Fe dan Kekeruhan dari Air Sumur Gali Dengan Metode Filtrasi," *Jurnal Riset Rekayasa Sipil*, vol. 1, no. 2, 2018.
- [13] K. Ngere dkk., "Analisis Penurunan Kesadahan Pada Air Sadah Sintetis (CaCl₂) Oleh Zeolit Alam Ende," *Jurnal Teknol*, vol. 17, no. 1, hlm. 27–31, 2023, Diakses: 24 Juli 2023. [Daring]. Tersedia pada: https://ejurnal.undana.ac.id/index.php/jurnal_teknologi/article/view/11334
- [14] I. Maulana dkk., "Pemanfaatan Ampas Teh Sebagai Adsorben Ion Kalsium (Ca²⁺) dan Ion Magnesium (Mg²⁺) Dalam Air Sadah," 2017.
- [15] Welfare, "A Study On Effects Of Hard Water On Human Health A Study On Effects Of Hard Water," *Research Ambition: An International Multidisciplinary e-Journal*, vol. 6, no. 4, hlm. 15–19, 2022, doi: 10.53724/ambition/v6n4.06Received10thFeb.2022.

- [16] MENTERI KESEHATAN REPUBLIK INDONESIA, *PERATURAN MENTERI KESEHATAN REPUBLIK INDONESIA NOMOR 32 TAHUN 2017*. 2017, hlm. 10–11.
- [17] B. Bindhu dkk., "Removal of total hardness using low cost adsorbents," *IOP Conf Ser Mater Sci Eng*, vol. 1114, no. 1, hlm. 2–8, Mar 2021, doi: 10.1088/1757-899x/1114/1/012089.
- [18] L. Aba dkk., "Bimbingan teknis penurunan kesadahan air sumur menggunakan filter resin penukaran bagi masyarakat Kelurahan Kambu Kecamatan Kambu Kota Kendari," *Jurnal Pengabdian Kepada Masyarakat(JAPIMAS)*, vol. 1, no. 2, hlm. 25–28, 2022, [Daring]. Tersedia pada: <https://japimas.uho.ac.id/index.php/journal>
- [19] R. Marsidi, "Zeolit Untuk Mengurangi Kesadahan Air," *Jurnal Teknologi Lingkungan*, vol. 2, no. 1, hlm. 1–10, 2001, doi: <https://doi.org/10.29122/jtl.v2i1.193>.
- [20] Maulina dkk., "Pemanfaatan Tulang Ayam Sebagai Adsorben Methylene Blue," *Jurnal Zarah*, vol. 10, no. 2, hlm. 73–79, 2022, Diakses: 5 September 2023. [Daring]. Tersedia pada: ojs.umrah.ac.id/index.php/zarah
- [21] R. Ferriansyah dan S. Hadianoro, "Penggunaan Serbuk Tulang Ayam Sebagai Adsorben Dengan Aktivator HCl dan NaOH Untuk Mengurangi Ion Logam Kromium," *Distilat Jurnal Teknologi Separasi*, vol. 7, no. 2, hlm. 494–499, 2021, doi: <https://doi.org/10.33795/distilat.v7i2.292>.
- [22] R. Foroutan dkk., "Hydroxyapatite Biomaterial Production From Chicken (Femur And Beak) And Fishbone Waste Through A Chemical Less Method For Cd²⁺ Removal From Shipbuilding Wastewater," *J Hazard Mater*, vol. 413, Jul 2021, doi: 10.1016/j.jhazmat.2021.125428.
- [23] M. Negara dan I. Simpen, "Karakteristik Hidroksiapatit Hasil Ekstraksi Termal dari Tulang Limbah dan Aplikasinya Untuk Adsorpsi Ion Selektif Biru Metilen," *Cakra Kimia (Indonesian E-Journal of Applied Chemistry)*, vol. 6, no. 2, hlm. 123–130, 2018, Diakses: 2 Juli 2023. [Daring]. Tersedia pada: <https://ojs.unud.ac.id/index.php/cakra/article/view/46704>
- [24] M. Selimin dkk., "Adsorption Efficiency Of Hydroxyapatite Synthesised From Black Tilapia Fish Scales For Chromium (VI) Removal," *Mater Today Proc*, vol. 57, hlm. 1142–1146, Jan 2022, doi: 10.1016/j.matpr.2021.10.008.
- [25] V. Amalia dkk., "Potensi Pemanfaatan Arang Tulang Ayam Sebagai Adsorben Logam Berat Cu dan Cd," *al-Kimiya*, vol. 4, no. 1, hlm. 31–37, 2017.
- [26] G. Simões dkk., "Determination of Zinc Oxide in Pharmaceutical Preparations by EDTA Titration: A Practical Class for a Quantitative Analysis Course," *Journal Of Chemical Education*, vol. 97, no. 2, hlm. 522–527, Feb 2020, doi: 10.1021/acs.jchemed.9b00939.
- [27] I. Trihastuti dkk., "Dampak Penerapan Model Problem Based Learning (PBL) Terhadap Penguasaan Konsep dan Kerja Ilmiah Siswa SMP Pada Materi Tekanan Zat Cair," *Jurnal Terapan Sains & Teknologi (RAINSTEK)*, vol. 1, no. 2, hlm. 73–81, 2019, doi: <https://doi.org/10.21067/jtst.v1i2.3550>.
- [28] W. Hadi, "Identifikasi Kemampuan Pemecahan Masalah Mahasiswa Calon Guru Ipa Pada Penyelesaian Soal Titrasi," *Jurnal Pembelajaran Kimia OJS*, vol. 4, no. 2, hlm. 100–105, 2019, doi: <http://dx.doi.org/10.17977/um026v4i22019p100>.
- [29] S. Hutasoit, "Pembelajaran Teacher Centered Learning (TCL) dan Project Based Learning (Pbl) Dalam Pengembangan Kinerja Ilmiah Dan Peninjauan Karakter Siswa," *Jurnal Pendidikan Indonesia (Japendi)*, vol. 2, no. 10, hlm. 1776–1799, 2021, doi: <https://doi.org/10.59141/japendi.v2i10.294>.
- [30] A. Umar, "Penerapan Pendekatan Saintifik dengan Menggunakan Metode Pembelajaran Berbasis Proyek (Project-Based Learning) pada Mata Pelajaran Kimia," *Jurnal Entropi*, vol. 11, no. 2, hlm. 132–138, 2016, doi: <https://ejurnal.ung.ac.id/index.php/jjec/index>.
- [31] N. Rati dkk., "Model Pembelajaran Berbasis Proyek, Kreativitas Dan Hasil Belajar Mahasiswa," *Jurnal Pendidikan Indonesia*, vol. 6, no. 1, hlm. 60–71, 2017, Diakses: 21 Agustus 2023. [Daring]. Tersedia pada: <https://doi.org/10.23887/jpi-undiksha.v6i1.9059>
- [32] A. Emda, "Laboratorium Sebagai Sarana Pembelajaran Kimia Dalam Meningkatkan Pengetahuan Dan Ketrampilan Kerja Ilmiah," *Lantanida Journal*, vol. 5, no. 1, 2017, doi: <http://dx.doi.org/10.22373/lj.v5i1.2061>.

- [33] M. Zainudin dan B. Irhadtanto, "Efektivitas Pembelajaran Laboratorium Berbasis Proyek (PLBP) Terhadap Kreativitas Mahasiswa," *Jurnal Pendidikan Matematika*, vol. 5, no. 1, hlm. 33–42, 2016, doi: <http://doi.org/10.25273/jipm.v5i1.853>.
- [34] I. Negara, "Penerapan Model Pembelajaran Berbasis Proyek Dapat Meningkatkan Hasil Belajar Teknik Pengambilan Gambar Siswa Kelas XII SMK N 1, MAS Ubud Semester Ganjil Tahun Pelajaran 2017/2018," *Widyadari*, vol. 21, no. 1, hlm. 81–91, 2020, doi: 10.5281/zenodo.3742515.
- [35] S. Dachmiati, "Program Bimbingan Kelompok Untuk Mengembangkan Sikap dan Kebiasaan Belajar Siswa," *Faktor Jurnal Ilmu Kependidikan*, vol. 2, no. 1, hlm. 10–21, 2015, doi: <http://dx.doi.org/10.30998/fjik.v2i1.371.g356>.
- [36] A. Budiman dkk., "Journal of Vocational and Career Education Pengembangan Lembar Kerja Praktik Analitik bagi Calon Guru SMK Otomotif," *JVCE*, vol. 2, no. 1, 2017, doi: <http://journal.unnes.ac.id/sju/index.php/jvce>.
- [37] Sukmawardani, Y., & Amalia, V. (2019). Chemical Laboratory Liquid Waste Treatment Using Electrocoagulation Method. *Jurnal Kartika Kimia*, 2(2), 100-106.