

# **BAB I**

## **PENDAHULUAN**

### **A. Latar Belakang**

Kegiatan praktikum merupakan proses pembelajaran untuk menemukan dan menjelaskan prinsip-prinsip yang tidak dapat dijelaskan hanya melalui verbal agar menjadi nyata dan mudah dipahami (Sastria & Haryanto, 2020). Selain itu, kegiatan praktikum juga bertujuan untuk mengembangkan keterampilan-keterampilan proses, membuktikan teori, menumbuhkan minat belajar, mengembangkan kemampuan berpikir dalam menemukan konsep, memberikan pengalaman nyata dalam pembelajaran, dan mengembangkan keterampilan kinerja di laboratorium (Trihastuti dkk., 2019).

Kimia pemisahan mempelajari mengenai metode analisis kuantitatif dalam menentukan kadar suatu unsur atau senyawa pada sampel (Shivhare & Chincholikar, 2022) 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. Titrasi 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 (Mutiah dkk., 2022).

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 Kistiono, (2014) 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. Proses pembelajaran yang berlangsung hanya terpaku pada peran aktif praktikan (Mutiah dkk., 2022). Menurut Aji & Hudha, (2016) 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 (Ijirana dkk., 2022). Berdasarkan penelitian yang dilakukan oleh Sukarso dkk., (2023) mengenai efektivitas pembelajaran *authentic research project based laboratory* mengatakan bahwa melalui model tersebut dapat meningkatkan kemampuan berpikir kreatif, menanamkan sikap ilmiah, dan menumbuhkan kemampuan kinerja ilmiah mahasiswa. 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 (Sari & Wulanda, 2019)

Kinerja ilmiah merupakan keterampilan yang harus dikuasai dan dilatih sebelum menggunakan metode ilmiah (Widyaningrum & Wijayanti, 2019). Keterampilan ini dapat dikembangkan melalui pembelajaran berbasis proyek (Wijayanti & Fajriyah, 2018). Dalam mengembangkan keterampilan tersebut melalui model pembelajaran berbasis proyek dibutuhkan bahan ajar berupa lembar kerja untuk membantu mahasiswa dalam proses pembelajaran (Ernawati dkk., 2018). Lembar kerja merupakan instrumen yang berisi petunjuk dan langkah-langkah untuk menemukan konsep melalui sintaknya. Lembar kerja digunakan sebagai pedoman dalam kegiatan pembelajaran (Murni & Yasin, 2021)

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 (Mashadi dkk., 2018). Kandungan mineral terutama ion kalsium dan magnesium yang berlebih dalam bentuk garam karbonat pada air tanah akan menimbulkan kesadahan (Ngere dkk., 2023)

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*) (Maulana dkk., 2017). Welfare, (2022) 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 Pesyaratan 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 (Bindhu dkk., 2021). Pendapat tersebut diperkuat berdasarkan penelitian yang dilakukan oleh Aba dkk., (2022) 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 (Bindhu dkk., 2021).

Berdasarkan penelitian yang dilakukan oleh Marsidi, (2001) adsorben digunakan dalam penurunan kesadahan adalah zeolite akan tetapi adsorben ini tidak dapat digunakan pada air yang memiliki kekeruhan lebih dari 10 mg/L dan mempunyai kesadahan yang lebih dari 800 mg/L. 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 (Maulina dkk., 2022). 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 (Maulina dkk., 2022) 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 (Maulina dkk., 2022) berdasarkan jurnal Ferriansyah & Hadianoro, (2021); Foroutan dkk., (2021) kandungan tersebut merupakan penyusun senyawa hidroksiapatit. Senyawa tersebut dapat menyerap

dan menurunkan kadar beberapa ion logam dalam larutan seperti  $\text{Hg}^{2+}$ ,  $\text{Zn}^{2+}$ , dan  $\text{Pb}^{2+}$  (M. S. Negara & Simpen, 2018). Selain itu, dapat juga menyerap logam Cr(VI) (Selimin dkk., 2022). Penelitian yang dilakukan Amalia, Layyinah, dkk., (2017) Hidroksiapatit ( $\text{Ca}_{10}(\text{PO}_4)_6(\text{OH})_2$ ) yang terdapat dalam adsorben limbah tulang ayam dapat menyerap ion logam  $\text{Cu}^{2+}$  dan  $\text{Cd}^{2+}$  yang terkandung dalam limbah tekstil karena memiliki permukaan yang berpori. Berdasarkan kandungannya tersebut, limbah tulang ayam berpotensi sebagai adsorben penyerap ion logam (Foroutan dkk., 2021). 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 (Simões dkk., 2020) ion logam Ca dan Mg yang terkandung dalam air sadah baik sebelum maupun sesudah adsorpsi akan diukur kadarnya melalui titrasi tersebut.

Berdasarkan latar belakang yang telah diuraikan, peneliti bermaksud menerapkan lembar kerja berbasis proyek untuk mengembangkan kinerja ilmiah mahasiswa pada titrasi kompleksometri yang terintegrasi dengan permasalahan nyata dalam kehidupan seperti penentuan kesadahan air sumur beserta solusi penurunannya dengan adsorben limbah tulang ayam yang pemanfaatannya masih minim. Maka peneliti melakukan penelitian guna menerapkan lembar kerja tersebut dengan judul **“Penerapan Lembar kerja Berbasis Proyek Pada Penurunan Kesadahan Air Sumur Dengan Adsorben Limbah Tulang Ayam Untuk Mengembangkan Kinerja Ilmiah Mahasiswa”** agar mahasiswa dapat menerapkan konsep kimia pemisahan telah dipelajari dalam perkuliahan untuk diaplikasikan pada permasalahan yang nyata.

## **B. Rumusan Masalah**

Berdasarkan latar belakang yang telah diuraikan sebelumnya, maka rumusan masalah dari penelitian ini adalah sebagai berikut:

1. Bagaimana kemampuan dan aktivitas mahasiswa dalam mengerjakan lembar kerja berbasis proyek pada penurunan kesadahan air sumur dengan adsorben limbah tulang ayam?
2. Bagaimana keterampilan kinerja mahasiswa dalam penerapan lembar kerja berbasis proyek pada penurunan kesadahan air sumur dengan adsorben limbah tulang ayam?
3. Bagaimana kinerja ilmiah mahasiswa dalam penerapan lembar kerja berbasis proyek pada penurunan kesadahan air sumur dengan adsorben limbah tulang ayam?

### **C. Tujuan Penelitian**

Berdasarkan rumusan masalah yang telah dibuat, maka didapatkan tujuan penelitian sebagai berikut:

1. Mendeskripsikan kemampuan dan aktivitas mahasiswa dalam mengerjakan lembar kerja berbasis proyek pada penurunan kesadahan air sumur dengan adsorben limbah tulang ayam.
2. Mendeskripsikan keterampilan kinerja mahasiswa dalam penerapan lembar kerja berbasis proyek pada penurunan kesadahan air sumur dengan adsorben limbah tulang ayam.
3. Mendeskripsikan kinerja ilmiah mahasiswa dalam penerapan lembar kerja berbasis proyek pada penurunan kesadahan air sumur dengan adsorben limbah tulang ayam.

### **D. Manfaat Penelitian**

Hasil dari penelitian ini diharapkan dapat memberi manfaat diantaranya, sebagai berikut:

1. Diharapkan lembar kerja ini dapat meningkatkan aktivitas mahasiswa dalam praktikum dan mempermudah dalam memahami materi titrasi kompleksometri pada penurunan kesadahan air sumur melalui sintak pada lembar kerja tersebut.

2. Diharapkan, lembar kerja ini dapat mengembangkan kinerja ilmiah mahasiswa dalam penerapan lembar kerja berbasis proyek pada penurunan kesadahan air sumur dengan adsorben limbah tulang ayam.

### **E. Kerangka Berpikir**

*Project Based Learning* (Pembelajaran Berbasis Proyek) adalah model pembelajaran yang menggunakan proyek dalam kegiatan inti pembelajaran. Dengan model pembelajaran ini mahasiswa dapat mengeksplorasi, menilai, mengrepresentasi, dan bertukar informasi (Nelson & Tarigan, 2022). Metode pembelajaran ini mengacu pada filosofis konstruktivisme di mana penguasaan materi pada mahasiswa didapatkan dari konstruksi pengetahuan melalui kegiatan pembelajarannya yang meliputi keterampilan maupun sikap ilmiah (Sari & Wulanda, 2019). Sintak dari lembar kerja berbasis proyek adalah mengidentifikasi masalah, merancang desain, melaksanakan penelitian, Menyusun prototype produk, menilai dan memperbaiki produk, serta finalisasi dan publikasi produk (Tazqiyah dkk., 2021)

Kinerja ilmiah merujuk pada keterampilan kinerja seperti mengamati fenomena, merumuskan masalah, merancang hipotesis berdasarkan pengetahuan yang telah dipahami sebelumnya, merancang eksperimen termasuk dalam pengendalian dan manipulasi variabel, menyajikan data hasil percobaan, mengrepresentasi data, dan menarik kesimpulan berdasarkan hasil percobaan. (Widyaningrum & Wijayanti, 2019). Indikator kinerja ilmiah yang dikembangkan dalam penelitian ini meliputi mengamati permasalahan, merumuskan hipotesis, merancang hipotesis, merancang percobaan, mengumpulkan data, dan menarik kesimpulan (Aji & Hudha, 2016).

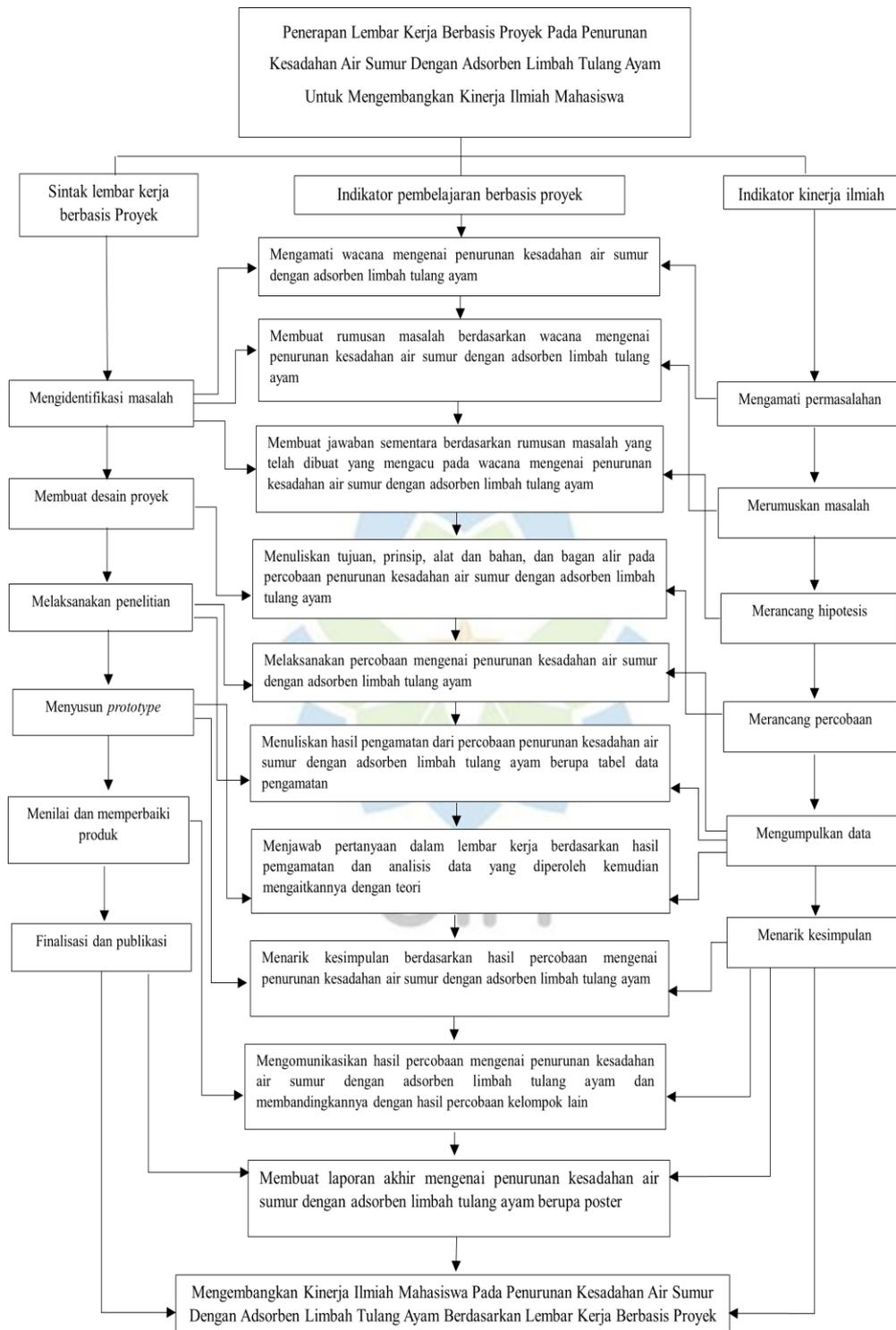
Lembar kerja berbasis proyek yang dirancang untuk mengembangkan kinerja ilmiah mahasiswa pada penurunan kesadahan air sumur dengan adsorben limbah tulang ayam memiliki beberapa tahapan yaitu mengidentifikasi masalah, membuat desain proyek, melaksanakan penelitian, Menyusun *prototype*, menilai dan memperbaiki produk, serta finalisasi dan publikasi. Tahap pertama mahasiswa mengamati wacana mengenai penurunan kesadahan air sumur dengan adsorben

limbah tulang ayam kemudian mengidentifikasi permasalahan yang ada dan membuat rumusan masalah yang dapat dijawab melalui percobaan berdasarkan masalah yang telah diidentifikasi dalam wacana. Selanjutnya, mahasiswa merancang jawaban sementara dari rumusan masalah yang telah dibuat.

Tahap kedua mahasiswa membuat desain proyek yang akan dilakukan dengan menentukan tujuan, prinsip, alat dan bahan yang akan digunakan, dan prosedur percobaan berupa bagan alir. Tahap ketiga mahasiswa melakukan percobaan untuk mengumpulkan data dari hasil percobaan dalam bentuk tabel pengamatan. Tahap keempat mahasiswa menyusun *prototype* dengan menjawab soal-soal yang berkaitan dengan hasil pengamatan dan analisis data dari hasil percobaan kemudian menarik kesimpulan yang relevan dengan rumusan masalah berdasarkan hasil percobaan.

Tahap kelima mahasiswa mempresentasikan hasil percobaan yang telah didapatkan kemudian menilai dan memperbaiki produk dengan membandingkannya dengan hasil percobaan kelompok lain. Tahap finalisasi dan publikasi mahasiswa menyusun tugas akhir berupa poster dengan format judul, tujuan percobaan, dasar teori, hasil dan pembahasan, kesimpulan, serta daftar Pustaka.

Secara sistematis, kerangka berpikir untuk pengembangan kinerja ilmiah mahasiswa berdasarkan lembar kerja berbasis proyek pada penurunan kesadahan air sumur dengan adsorben limbah tulang ayam dapat dilihat pada Gambar 1.1 berikut:



**Gambar 1. 1** Skema Kerangka Berpikir

## F. Hasil Penelitian yang Relevan

Berdasarkan hasil penelitian yang dilakukan oleh Wijayanti & Fajriyah, (2018) mengenai Implementasi *STEM Project Based Learning* untuk Meningkatkan Keterampilan Kenerja Ilmiah Mahasiswa Calon Guru SD, mengatakan bahwa model tersebut dapat memberikan pembelajaran yang akan diingat dalam jangka yang lama dan melatih keterampilan kinerja ilmiah melalui proyek berkaitan dengan bidang keilmuan lain seperti teknologi, Teknik dan matematik yang memberikan pengalaman kepada mahasiswa mengenai manfaat sains dalam kehidupan nyata. Hal tersebut ditunjukkan dari hasil penilaian terhadap kinerja ilmiah mahasiswa menghasilkan nilai rata-rata N-Gain sebesar 0,9 yang termasuk kategori tinggi. Nilai rata-rata tersebut didapatkan melalui penugasan proyek yang dapat meningkatkan kinerja ilmiahnya, khususnya dalam aspek komunikasi, penafsiran, dan merancang percobaan. Melalui model pembelajaran ini mahasiswa diberikan kesempatan untuk mengkonstruksi konsep sains dengan berlandaskan pengetahuan yang mendukung teknologi, Teknik, dan matematik (Wijayanti & Fajriyah, 2018).

Penerapan model pembelajaran *project based learning* terhadap kinerja ilmiah pada mata pelajaran kimia kelas VIII-IX di sekolah XYZ didapatkan bahwa nilai skor rata-rata variabel kinerja ilmiah siswa pada 36 sampel pengamatan memiliki nilai sebesar 93,36% yang berarti sangat baik. penerapan model pembelajaran ini dapat meningkatkan aktifitas siswa dalam proses pembelajaran (Hutasoit, 2021). Model pembelajaran *saintific approach project based learning* berbasis praktikum dapat meningkatkan aktivitas psikomotorik mahasiswa dalam kegiatan praktikum yang ditunjukkan melalui nilai rata-rata sebesar 83,5% dengan kriteria baik (Mulyani dkk., 2019).

Berdasarkan hasil penelitian yang dilakukan oleh Kakisako dkk., (2016) mengenai pembelajaran titrasi kompleksometri dalam menentukan kesadahan air menggunakan metode pembelajaran *stepwise inquiry* yang diterapkan pada siswa menengah atas, mengatakan bahwa melalui metode tersebut siswa dapat menerapkan pengetahuan dan pemahaman konseptual yang diperoleh melalui

sintaknya. Selain itu, siswa juga dapat mengembangkan prinsip-prinsip percobaan dasar titrasi kompleksometri dan menghitung kesadahan air secara mandiri. Terdapat beberapa sintak *stepwise inquiry* dalam menentukan kesadahan air yaitu tahap pertama membedahkan sampel air yang bersifat sadah, tahap kedua mempelajari cara kerja busa detergen dalam air, tahap ketiga menentukan molaritas  $\text{Ca}^{2+}$  secara semikuantitatif, tahap keempat menentukan kesadahan total, konsentrasi  $\text{Ca}^{2+}$  dan  $\text{Mg}^{2+}$  dalam sampel air sadah, dan tahap kelima menghitung kesadahan air. Dari kelima tahapan tersebut didapatkan persentase siswa menjawab secara tepat berturut-turut sebesar 100% , 76,7%, 80,0%, 73,3%, dan 66,7% (Kakisako dkk., 2016).

Berdasarkan hasil penelitian yang dilakukan oleh Herdini dkk., (2023) Uji kualitatif terhadap kandungan kalsium dan magnesium dalam air sadah dilakukan dengan mereaksikan sampel tersebut dengan reagen tertentu. Uji Kalsium dilakukan dengan mereaksikan sampel dengan larutan  $\text{H}_2\text{SO}_4$ , hasil positifnya akan membentuk endapan putih. Uji Magnesium dilakukan dengan mereaksikan sampel dengan larutan  $\text{Na}_2\text{CO}_3$ , hasil positifnya akan membentuk endapan putih yang tidak larut. Hasil pengukuran kesadahan total terhadap air sumur di daerah Cilincing Sunter, dan Pluit dengan metode titrasi kompleksometri secara berurutan adalah 500 mg/L, 200 mg/L, dan 150 mg/L. Penurunan kesadahan total dengan adsorben Zeolit pada sampel daerah Cilincing sebesar 56%, daerah Sunter mencapai 57,19% , dan daerah Pluit mencapai 58.18% (Herdini dkk., 2023)

Berdasarkan hasil penelitian Amalia dkk., (2017) mengatakan bahwa semakin besar ukuran partikel adsorben maka daya serap dan kapasitas adsorpsinya akan semakin besar. Hal tersebut ditunjukkan dari hasil percobaan bahwa efisiensi maksimum penyerapan arang aktif tulang ayam terhadap logam Cd dengan ukuran partikel 120 lebih besar yaitu 99,37% dengan kapasitas adsorpsi 0,190 mg/g dibandingkan dengan adsorben yang berukuran 80 mesh dan 100 mesh. Begitupula dengan hasil percobaan terhadap penyerapan logam Cu, adsorben tulang ayam dengan ukuran partikel 120 mesh lebih besar efisiensinya dibandingkan dengan adsorben yang berukuran 80 dan 100 mesh yaitu sebesar

93,87% dengan kapasitas adsorpsi 0,0704 mg/g. Hasil analisis menggunakan Spektrofotometer Inframerah terhadap senyawa yang terkandung dalam adsorben tersebut didapatkan adanya gugus  $\text{Ca}^{2+}$  dan  $-\text{PO}_4^{3-}$  pada bilangan gelombang 500-610  $\text{cm}^{-1}$  dan 1000-1100  $\text{cm}^{-1}$ . Gugus tersebut merupakan penyusun senyawa kristal heksagonal kalsium fosfat hidroksiapatit ( $\text{Ca}_{10}(\text{PO}_4)_6(\text{OH})_2$ ) yang memiliki permukaan berpori. Dari hasil uji morfologi melalui SEM (*Scanning Electron Microscopy*) terhadap adsorben tersebut menunjukkan adanya pori-pori pada permukaan adsorben tersebut. Logam Cu maupun Cd dapat terserap kedalam pori-pori tersebut melalui proses adsorpsi (Amalia, Layyinah, dkk., 2017)

Hidroksiapatit dapat menyerap ion-ion logam, berdasarkan hasil penelitian (Selimin dkk., 2022) efisiensi adsorpsi Hidroksiapatit yang disintesis dari sisik ikan nila hitam terhadap logam kromium (VI) adalah 61,43% selama 60 menit dengan massa adsorben 6 g. Hasil penelitian, yang dilakukan oleh Ferriansyah & Hadianoro, (2021) terhadap penggunaan serbuk tulang ayam dengan aktivator NaOH sebagai adsorben ion kromium menunjukkan bahwa efektivitas adsorpsi terbesarnya adalah 62%, sedangkan dengan activator HCl sebesar 87%. Hasil penelitian yang dilakukan oleh Olaoye dkk., (2020) terhadap efisiensi penyisihan maksimum adsorben tulang sapi yang mengandung Hidroksiapatit (Afifah & Cahyaningrum, 2020) terhadap logam  $\text{Fe}^{2+}$ ,  $\text{Zn}^{2+}$ ,  $\text{Pb}^{2+}$ , dan  $\text{Mn}^{2+}$  dari air limbah singkong berturut-turut adalah 99%, 97%, 93%, dan 98% (Olaoye dkk., 2020).