MASALIQ
Jurnal Pendidikan dan Sains

e-ISSN: 2808-8115
p-ISSN: 2809-1051

Terindeks: Sinta 5, Copernicus, Dimensions, Scilit, Lens, Crossref, Garuda, Google Scholar, Base, etc

https://doi.org/10.58578/masaliq.v5i5.7512

PENGARUH PH DAN KONSENTRASI LARUTAN TERHADAP PENYERAPAN ION Pb^{2+} PADA TANAH NAPA PESISIR SELATAN DENGAN METODE KOLOM

Effect of pH and Solution Concentration on Pb^{2+} Ion Adsorption in Napa Soil, South Coastal Region, Using the Column Method

Shintia Ayu Alhadina & Mawardi Mawardi
Universitas Negeri Padang
sintiaalhadina0@gmail.com; mawardianwar@fmipa.unp.ac.id

Article Info:

Submitted:	Revised:	Accepted:	Published:
Aug 19, 2025	Sep 12, 2025	Sep 24, 2025	Sep 29, 2025

Abstract

The rapid development of industry, driven by advances in technology and science, has brought economic benefits but also generated waste with the potential to pollute the environment, particularly aquatic systems. One contaminant of concern is the Pb^{2+} metal ion, known for its toxicity. This study aims to utilize *tanah napa* from Balai Selasa, Ranah Pesisir, Pesisir Selatan Regency as an adsorbent for Pb^{2+} ions in wastewater. *Tanah napa* was selected due to its high silica and alumina content, porous structure, and the presence of active groups such as silanol (Si–OH), silica (Si–O), and siloxane (Si–O–Si). Characterization of the material was conducted using Fourier Transform Infrared Spectroscopy (FTIR). Adsorption tests were performed continuously using the column method with variations in concentration and pH. The reduction of Pb^{2+} levels was analyzed using Atomic Absorption Spectrometry (AAS). Results indicated that optimal conditions occurred at a concentration of 250 ppm and pH 4. The adsorption process followed the Langmuir isotherm model with a correlation coefficient of R^2 = 0.9862 and a maximum adsorption capacity of 3.3467 mg/g. The study concludes that

Masaliq Journal is licensed under a Creative Commons Attribution-NonCommercial-ShareAlike 4.0 International License

tanah napa has significant potential as a cost-effective and efficient adsorbent for Pb^{2+} ions, offering an alternative solution for industrial wastewater treatment at both laboratory and field application scales.

Keywords: *Tanah Napa*; Adsorption; Pb^{2+} Metal Ion; Column Method; Langmuir Isotherm.

Abstrak: Perkembangan industri yang pesat sebagai dampak kemajuan teknologi dan ilmu pengetahuan membawa manfaat ekonomi, namun juga menghasilkan limbah yang berpotensi mencemari lingkungan, khususnya perairan. Salah satu kontaminan yang menjadi perhatian adalah ion logam Pb^{2+}, yang bersifat toksik. Penelitian ini bertujuan untuk memanfaatkan tanah napa dari Balai Selasa, Ranah Pesisir, Kabupaten Pesisir Selatan sebagai adsorben ion logam Pb^{2+} dalam air limbah. Tanah napa dipilih karena kandungan silika dan alumina yang tinggi, struktur berpori, serta keberadaan gugus aktif seperti silanol (Si–OH), silika (Si–O), dan siloksan (Si–O–Si). Karakterisasi tanah dilakukan menggunakan *Fourier Transform Infrared Spectroscopy* (FTIR). Uji adsorpsi dilakukan secara kontinyu menggunakan metode kolom, dengan variasi konsentrasi dan pH. Penurunan kadar Pb^{2+} dianalisis menggunakan *Spektrometri Serapan Atom* (SSA). Hasil menunjukkan bahwa kondisi optimum terjadi pada konsentrasi 250 ppm dan pH 4. Proses adsorpsi mengikuti model isoterm Langmuir dengan koefisien korelasi $R^2 = 0{,}9862$ dan kapasitas adsorpsi maksimum sebesar 3,3467 mg/g. Penelitian ini menyimpulkan bahwa tanah napa memiliki potensi besar sebagai adsorben ion logam Pb^{2+} yang ekonomis dan efektif, sehingga dapat menjadi alternatif solusi untuk pengolahan limbah industri berskala laboratorium maupun aplikatif di lapangan.

Kata Kunci: Tanah Napa; Adsorpsi; Ion Logam Pb^{2+}; Metode Kolom; Isoterm Langmuir.

PENDAHULUAN

Perkembangan industri saat ini sangat cepat karena didorong oleh kemajuan teknologi dan ilmu pengetahuan. Kegiatan industri ini menghasilkan dampak positif seperti peningkatan ekonomi masyarakat dan bisa menciptakan lapangan kerja namun juga menimbulkan dampak negatif seperti peningkatan jumlah limbah industri yang bisa mencemari perairan. Limbah industri yang merupakan hasil samping proses produksi bisa mencemari perairan karena sering kali mengandung logam berat (Ifa et al., 2020), unsur-unsur seperti Arsen (As), timbal (Pb), seng (Zn), selenium (Se), kobalt (Co), kromium (Cr), nikel (Ni), merkuri (Hg), cadmium (Cd), tembaga (Cu), dan magnesium (Mg) adalah beberapa contoh logam berat, logam-logam ini dapat merusak habitat dan ekosistem perairan, bersifat karsinogenik dan berbahaya bagi lingkungan (Fathollahi et al., 2021).

Ion logam Pb^{2+} yang juga dikenal sebagai timah hitam atau timbal diklasifikasi sebagai polutan berbahaya dengan tingkat toksisitas tinggi (Wardani & Wulandari, 2018). Ion Pb^{2+}

merupakan salah satu logam berat yang berpotensi merusak aktivitas metabolisme serta membahayakan kesehatan hewan dan manusia, paparan timbal dalam tubuh manusia berisiko mengakibatkan kerusakan pada jantung, ginjal, sistem reproduksi, dan saraf (Teng et al., 2019). Mengacu pada Peraturan Menteri Lingkungan Hidup RI No. 5 Tahun 2014 tentang Baku Mutu Air Limbah, batas konsentrasi maksimal ion logam Pb^{2+} (timbal) yang diizinkan dalam limbah cair yang dibuang ke lingkungan adalah 0,1 mg/L. Ketentuan ini penting untuk mencegah agar pencemaran logam berat, khususnya timbal, tidak melebihi ambang batas yang bisa merusak ekosistem dan membahayakan kesehatan manusia.

Kenaikan konsentrasi ion Pb^{2+} yang melebihi nilai ambang yang ditetapkan dapat mengganggu makhluk hidup dan ekosistem. Bagi manusia, sifat toksik ion logam Pb^{2+} dapat menghambat fungsi enzim dan ion dalam pembentukan hemoglobin darah, yang berhubungan dengan munculnya anemia akibat keracunan timbal. Selain itu, paparan ion Pb^{2+} ke dalam tubuh juga berpotensi menimbulkan dampak berbahaya pada sistem hematologi, sistem saraf, dan fungsi ginjal. (Gonzalez-Villalva et al., 2025).

Pelepasan ion Pb^{2+} ke lingkungan khususnya perairan terjadi akibat proses penambangan, peleburan, galvanisasi, dan metalurgi industri serta dari baterai, cat, keramik, amunisi, pipa timah, dan sebagainya (Alguacil et al., 2018). Telah diketahui bahwa total ion Pb^{2+} yang melebihi tingkat batas yang dianjurkan dapat menganggu sistem kekebalan antioksidan, menimbulkan dampak kronis dan menahun yang serius. Transmisi ion Pb^{2+} terutama berasal dari limbah pertambangan dan industri (Afraz et al., 2020).

Beragam metode telah dikembangkan untuk mengatasi pencemaran tersebut. Diantara metode yang lazim digunakan seperti teknik pengendapan logam berat sebagai hidroksidanya (Kristyaka, 2018), pertukaran ion (Panikorovskii et al., 2022), penggunaan teknologi membran seperti osmosis terbalik (Ezugbe & Rathilal, 2020), dan proses elektrokimia (Alkhadra et al., 2022). Meski demikian metode adsorpsi tetap menjadi metode alternatif yang lebih hemat biaya (Renu & Sithole, 2024).

Adsorpsi dianggap sebagai metode yang sangat efektif. Adsorpsi pada zat padat dibagi menjadi dua jenis yaitu adsorpsi fisika terdapat pada permukaan dengan ikatan yang lemah karena adanya *gaya van der waals* dan pada suhu yang rendah. Sedangkan adsorpsi kimia melibatkan pemutusan dan pembentukan ikatan kimia. Ada banyak cara untuk melakukan adsorpsi seperti menggunakan karbon aktif, elektrodialisis, osmosis balik, dan padatan anorganik. Metode adsorpsi terutama menggunakan adsorben padatan anorganik yang murah

seperti material lempung, limbah pertanian, gambut dan residu pengolahan pangan. Padatan anorganik ini umumnya memiliki gugus aktif pada permukaannya misalnya gugus silanol (-SiOH), siloksan (-Si-O-Si), dan aluminol [-Al (OH)] (Mawardi, Bahrizal, et al., 2021).

Tanah sebagai material alam dapat digunakan sebagai adsorben karena mengandung berbagai unsur misalnya Aluminium, Magnesium, besi, Silikon, *Calsium*, Natrium, Kalium, dan Oksigen. Unsur-unsur ini mampu membentuk mineral anorganik, contohnya *magnetit*, kuarsa, tanah napa, *orthoclase*, dan *albite*. Khusus tanah napa merupakan material lempung berpori dengan kadar silika dan alumina yang tinggi mirip dengan zeolite alam dari segi struktur berpori yang terbentuk oleh alumina dan silika, keberadaan ikatan antara oksida silika (SiO_4) dengan oksida alumina (AlO_4) juga berperan dalam pembentukan struktur berongga pada tanah napa (Mawardi, Isa, et al., 2021).

Tanah napa adalah sebutan untuk mineral yang berasal dari provinsi Sumatera Barat dan secara tradisional digunakan sebagai obat sakit perut dan diare. Mineral utama dalam tanah Napa tergolong dalam kelompok mineral aluminosilikat.Tanah Napa memiliki potensi besar sebagai adsorben dengan struktur permukaan yang spesifik, ketersediaan luas, dan stabilitas tinggi.(Mawardi, Bahrizal, et al., 2021). Tanah Napa merupakan material lempung berpori yang kaya akan silika dan alumina (Ilmi & Mawardi, 2023) sehingga tanah napa berpotensi untuk dimanfaatkan sebagai adsorben dalam proses adsorpsi ion Pb^{2+}.

Penelitian terdahulu telah menunjukkan tentang adsorpsi menggunakan tanah napa yang berasal dari daerah Situjuah untuk menyerap ion logam Pb^{2+} (Melan & Mawardi, 2024), congo red (Mawardi, Bahrizal, et al., 2021), metilen biru (Firman & Mawardi, 2024), dan penyerapan logam krom dalam air limbah laboratorium kimia menggunakan adsorben tanah napa kabupaten Solok (Sanjaya et al., 2013).

Berdasarkan uraian sebelumnya, penelitian ini berfokus pada pemanfaatan tanah napa yang berasal dari Balai Selasa, Ranah Pesisir, Pesisir Selatan sebagai adsorben ion logam Pb^{2+} dalam limbah cair. Proses karakteristik adsorbennya dianalisis dengan *Fourier Transform Infra Red (FTIR).* Pengaruh adsorpsi ion logam Pb^{2+} menggunakan adsorben tanah napa diuji dengan berbagai parameter seperti pH, konsentrasi, laju alir dan penerapan pada sampel limbah *real,* dianalisis dengan menggunakan *Atomic Absorption Spectrophotometer (AAS).* Pada penelitian ini menggunakan kolom dengan metode kontiniu.

METODE

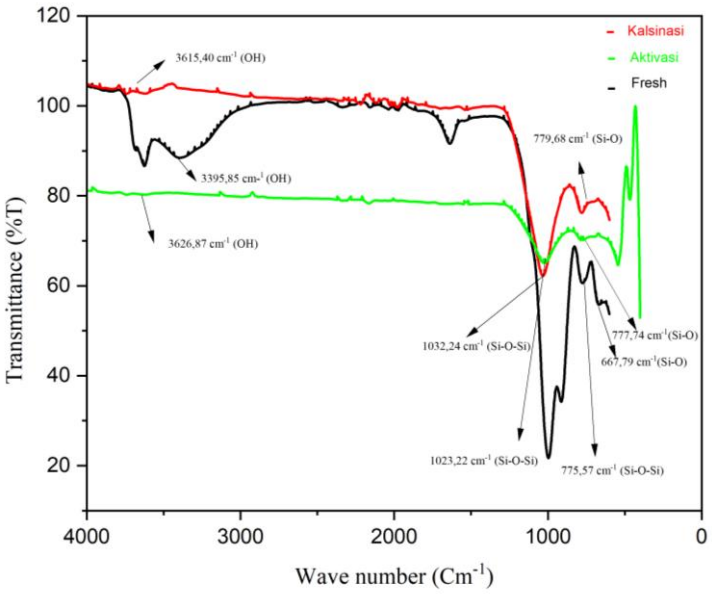
Penelitian ini telah dilakukan dari bulan Juni 2024-Agustus 2025 dengan metode eksperimen di Laboratorium Kimia FMIPA UNP serta pengujian instrument AAS di LLDIKTI wilayah X. Sampel diambil di daerah yang mengandung tanah napa. Pada penelitian ini pengambilan sampel dilakukan di Balai Selasa, Pesisir Selatan. Tanah napa dalam bentuk butiran dicuci dengan aquades, dikeringkan dengan oven, digiling dan diayak menggunakan ayakan dengan ukuran partikel tertentu (Mawardi et al., 2013). Kemudian dikalsinasi pada suhu 750ºC selama 4 jam guna memperbesar luas permukaan pori-pori, selanjutnya diaktivasi melalui metode sedimentasi dengan penambahan larutan KOH 1 M guna menghilangkan residu bahan organik. Adsorben yang telah siap digunakan kemudian diuji kemampuannya dalam mengadsorpsi ion Pb^{2+} menggunakan sistem kolom. Untuk menenetukan pengaruh konsentrasi larutan, larutan Pb^{2+} disiapkan pada konsentrasi 50, 100, 150, 200, 250, dan 300 mg/L dengan volume masing-masing 15 mL, lalu dialirkan melalui kolom yang berisi 1 gram adsorben tanah napa. Selain itu, pengaruh pH terhadap efisiensi adsorpsi diuji dengan menyiapkan larutan Pb^{2+} sebanyak 15 mL pada konsentrasi optimum, kemudian memvariasikan pH dari 1 sampai 6. Pengaturan pH dilakukan menggunakan HNO_3 1% untuk kondisi asam dan NH_3 5% untuk kondisi basa sehingga mencapai rentang pH yang diinginkan. Semua eluat dikumpulkan lalu dianalisis menggunakan *Atomic Absorption Spectrophotometer (AAS)* Pada sistem kontinu dengan bahan bakar udara asetilen pada panjang gelombang yang sesuai untuk menentukan konsentrasi Pb^{2+} sebelum dan setelah melalui kolom (Mawardi et al., 2013). Kapasitas adsorpsi tanah napa dihitung dari selisih antara konsentrasi awal dan konsentrasi pada saat setimbang, sehingga diperoleh informasi mengenai pengaruh masing-masing variabel terhadap kemampuan adsorben dalam menurunkan konsentrasi ion Pb^{2+}. Data yang diperoleh dianalisis secara kuantitatif untuk menilai keterkaitan antara konsentrasi larutan dan pH dengan efisiensi penyerapan Pb^{2+}, serta untuk mengidentifikasi kondisi optimum yang menghasilkan kapasitas adsorpsi maksimum.

HASIL

Karakterisasi FTIR

Karakterisasi sampel dengan instrumen FTIR dilakukan untuk mengidentifikasi karakterisasi gugus fungsi yang ada dalam adsorben yang dihasilkan, baik pada tanah napa

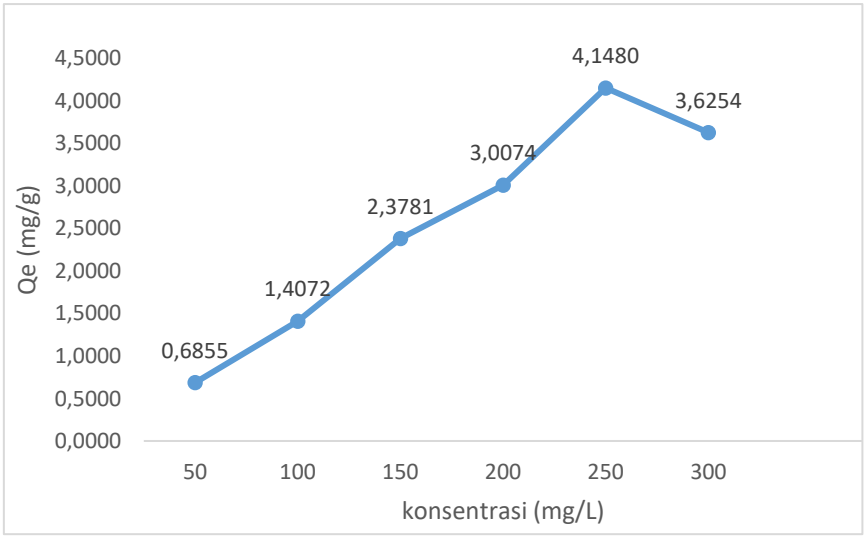
dalam kondisi sebelum dan setelah kalsinasi (Wang et al., 2021) dan kalsinasi (Hafizuddin et al., 2021). Dalam penelitian ini digunakan rentang bilangan gelombang 4000-600 cm^{-1}.



Gambar 1. Karakterisasi FTIR tanah napa

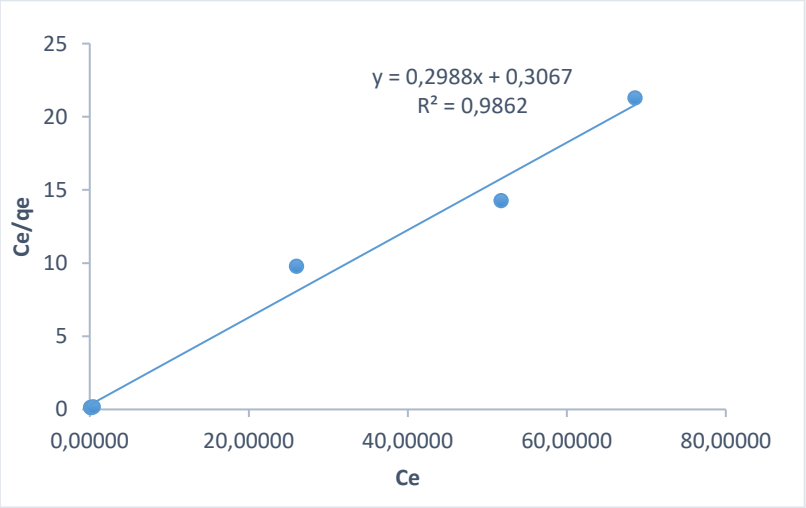
Pengaruh Konsentrasi

Penentuan konsentrasi optimum penyerapan larutan ion Pb^{2+} oleh adsorben tanah napa dilakukan pada berbagai konsentrasi 50, 100, 150, 200, 250 dan 300 ppm. Pengaruh konsentrasi terhadap adsorpsi ion logam Pb^{2+} dapat dilihat pada gambar berikut:



Gambar 2. Pengaruh konsentrasi awal larutan Pb^{2+} terhadap adsorpsi tanah napa (1 gram tanah napa, 15 mL larutan Pb^{2+})

Berdasarkan pengaruh konsentrasi untuk penelitian ini didapatkan Kurva Isoterm langmuir yang ditunjukkan pada gambar berikut.

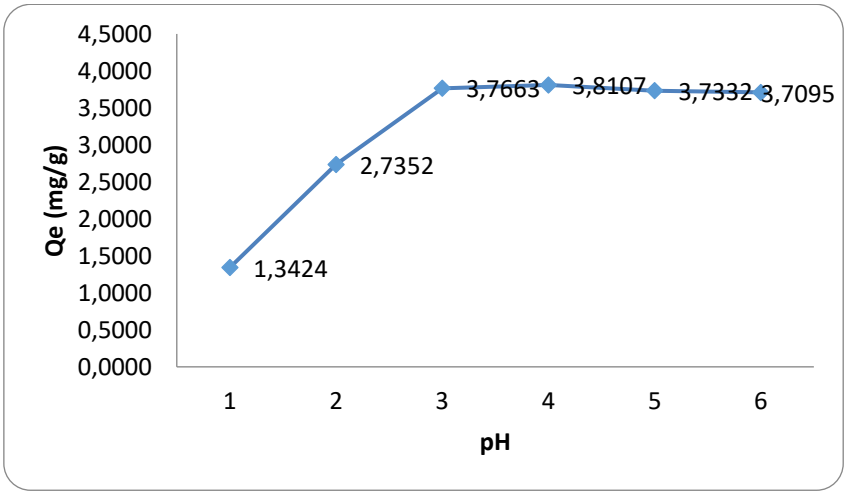


Gambar 3. Kurva isoterm langmuir

Pengaruh pH

Pengaruh pH larutan terhadap penyerapan ion logam Pb^{2+} dalam adsorben tanah napa dilakukan dengan variasi pH larutan adalah 1 sampai 6 pada konsentrasi optimum larutan 250 mg/L.

Pengaruh pH dalam mengadsorpsi ion logam Pb^{2+} ditunjukkan pada gambar berikut:.



PEMBAHASAN

Karakterisasi FTIR

Pengujian awal pada tanah napa sebelum kalsinasi ditemukan gugus O-H yang muncul di rentang bilangan gelombang 3395,85 cm^{-1} dengan nilai transmitan adalah 88,45 %T. Gugus Si-O muncul pada bilangan gelombang 667,79 cm^{-1} dengan nilai transmitan sebesar 55,80 %T. Sedangkan gugus siloksan (Si-O-Si) muncul pada panjang gelombang 775,57 cm^{-1} dengan dengan nilai transmitan 60,60 %T.

Pengujian kedua bertujuan untuk menganalisis gugus fungsi tanah napa yang telah dikalsinasi. Pada tahap ini sangat berdampak pada gugus fungsi permukaan adsorben, karena pada proses pembentukan adsorben dilakukan pemanasan pada suhu tinggi sehingga memicu penguapan terhadap zat-zat yang bersifat volatil, kondisi tersebut mengakibatkan pergeseran panjang gelombang dari masing-masing gugus fungsi. Adanya gugus fungsi O-H terjadi pergeseran bilangan gelombang 3615,40 cm^{-1} dengan nilai transmitan 102,73 %T. Kemunculan gugus Si-O pada bilangan gelombang 779,68 cm^{-1} dengan nilai transmitan sebesar 76,21 %T. Sedangkan gugus siloksan (Si-O-Si) muncul pada panjang gelombang 1032,24 cm^{-1} dengan dengan nilai transmitan 62,22 %T.

Pengujian ketiga berfokus pada analisis pengaruh adsorben yang telah diaktivasi, dimana aktivasi ini bertujuan untuk menghilangkan residu yang tertinggal setelah kalsinasi sehingga akan memperluas pori-pori permukaan adsorben. Proses aktivasi pada adsorben menyebabkan perubahan gugus fungsional terlihat dari pergeseran bilangan gelombang. Secara spesifik pada gugus O-H mengalami pergeseran bilangan gelombang yaitu 3626,87 cm^{-1} dengan nilai transmitan 80,24 %T. Gugus Si-O muncul pada bilangan gelombang 777,74 cm^{-1} dengan nilai transmitan sebesar 70,03 %T. Sedangkan gugus siloksan (Si-O-Si) muncul pada panjang gelombang 1023,22 cm^{-1} dengan dengan nilai transmitan 65,06 %T.

Penurunan transmitan pada tanah napa aktivasi menunjukkan semakin kuatnya ikatan dan semakin besarnya interaksi cahaya infra merah dengan gugus fungsi pada permukaan adsorben, yang berarti jumlah gugus aktif bertambah dan pori-pori semakin terbuka setelah residu terbuang. Dengan demikian, penurunan transmitan menjadi indikator meningkatnya aktivitas permukaan adsorben (Pranoto et al., 2020). Hubungan % T berbanding terbalik dengan kapasitas serapan, jika % T besar maka kapasitas serapan yang dihasilkan kecil begitu juga sebaliknya (Sedyanto, 2018). Sehingga proses aktivasi menjadikan tanah napa lebih efektif digunakan untuk proses adsorpsi dibandingkan sebelum aktivasi. Dengan demikian,

tanah napa yang telah diaktivasi memiliki potensi sebagai adsorben ion logam. Namun, penelitian ini memiliki keterbatasan, yaitu variasi suhu kalsinasi, waktu aktivasi, dan kemungkinan perubahan sifat adsorben pada kondisi lingkungan yang berbeda tidak dianalisis. Penelitian lebih lanjut diperlukan untuk mengevaluasi pengaruh faktor-faktor tersebut dan uji adsorpsi terhadap logam lain atau limbah campuran untuk memperluas aplikasi praktis.

Pengaruh konsentrasi

Pengaruh konsentrasi awal larutan Pb^{2+} terhadap adsorpsi tanah napa 1 gram, 15 mL larutan Pb^{2+} menunjukkan bahwa kondisi penyerapan optimum ion Pb^{2+} mencapai pada konsentrasi 250 ppm dengan jumlah ion Pb^{2+} yang teradsorpsi adalah 4,1480 mg/g. Pada rentang konsentrasi 50-250 ppm menyebabkan peningkatan nilai kapasitas serapan, hal ini disebabkan karena situs aktif dalam adsorben yang sudah diadsorpsi belum jenuh akibatnya masih mampu untuk mengikat ion Pb^{2+}. Sebaliknya jika situs aktif pada adsorben yang sudah diadsorpsi telah jenuh, peningkatan konsentrasi tidak lagi meningkatkan nilai kapasitas serapan, hal ini terbukti pada konsentrasi 300 ppm.

Penurunan penyerapan pada konsentrasi 300 ppm disebabkan oleh peningkatan konsentrasi larutan Pb^{2+} yang menyebabkan kejenuhan adsorben dalam mengikat ion logam, akibatnya kemampuan adsorben dalam menyerap ion Pb^{2+} menjadi berkurang. Oleh karena itu peningkatan konsentrasi selanjutnya tidak akan lagi memengaruhi kapasitas penyerapan ion Pb^{2+}(Melan & Mawardi, 2024)

Penelitian sebelumnya oleh Dwi Arif dan Mawardi (2020) menunjukkan bahwa penyerapan ion logam Cr^{+6} oleh biomassa alga hijau Mougeotia sp yang diimobilisasi dengan natrium silika meningkat seiring dengan penambahan konsentrasi awal larutan dari 100 mg/L hingga 250 mg/L. Pada konsentrasi 250 mg/L terjadi titik optimum penyerapan, di mana kapasitas adsorpsi mencapai maksimum. Namun, pada konsentrasi 300 mg/L terjadi penurunan penyerapan karena situs aktif pada permukaan biomassa sudah jenuh berikatan dengan ion logam, sehingga tidak terjadi peningkatan lebih lanjut. Selain itu, peningkatan konsentrasi adsorbat mengakibatkan efisiensi penyerapan mengalami penurunan karena kemampuan adsorben sudah mencapai kapasitas maksimum. Ketidakseimbangan jumlah adsorbat dengan jumlah partikel adsorben yang tersedia mengakibatkan kejenuhan permukaan adsorben dan efisiensi penyerapannya menjadi berkurang (Arif & Mawardi, 2020).

Berdasarkan grafik isoterm langmuir membuktikan bahwa nilai R^2 pada persamaan isotherm Langmuir adalah 0,9862 serta dari nilai y=0,2988 x + 0,3067 di dapat nilai kapasitas adsorpsi maksimum (Qmaks) dari ion logam Pb^{2+} yang dapat diserap adalah 3,3467 mg/g. Konstanta kesetimbangan isotherm (KI) didapat adalah 0,9746 L/g. Kenaikan nilai KI menunjukkan afinitas adsorben yang lebih tinggi terhadap logam berat. Persamaan isoterm adsorpsi yang didapat dari hasil penelitian ini didapatkan nilai koefisien korelasinya (R^2) mendekati 1 yang berarti mengikuti persaamaan Langmuir. Persamaan isotherm langmuir didasarkan pada permukaan adsorben yang homogen melalui interaksi situs aktif adsorben dan zat teradsorpsi dimana interaksinya hanya terjadi pada lapisan permukaan tunggal (monolayer) (Zein et al., 2023).

Penelitian ini memperkuat potensi tanah napa sebagai adsorben yang efektif dalam mengurangi pencemaran Pb^{2+} pada air limbah. Nilai Qmaks dan KI yang diperoleh menunjukkan bahwa tanah napa memiliki afinitas yang cukup baik terhadap ion logam Pb^{2+}. Penelitian ini masih terbatas pada variasi konsentrasi larutan Pb^{2+} dan analisis isoterm Langmuir. Faktor lain seperti ukuran partikel adsorben, pemanasan adsorben, laju alir dan kondisi air limbah nyata belum diteliti lebih lanjut. Selain itu, penelitian hanya membahas satu jenis logam berat (Pb^{2+}), sehingga perlu kajian lebih luas untuk mengetahui kapasitas penyerapan tanah napa terhadap logam berat lainnya.

Pengaruh pH

Hasil penelitian yang sudah dilakukan menunjukkan bahwa jumlah ion Pb^{2+} yang diserap oleh adsorben tanah napa pada larutan pH 1 sebesar 1,3423 mg/g, kemudian pH 2 jumlah ion Pb^{2+} meningkat menjadi 2,7352 mg/g, sementara itu pada pH 3, 4, 5 dan 6 jumlah Pb^{2+} yang terserap berturut-turut adalah 3,7663 mg/g, 3,8019 mg/g, 3,7244 mg/g dan 3,7094 mg/g.

Kondisi pH larutan sangat memengaruhi kemampuan tanah napa dalam menyerap ion logam, di mana penyerapan maksimum tercapai pada kondisi pH 4 dan setelah nya terjadi penurunan yang tidak signifikan, hal ini disebabkan oleh kompetisi dengan ion OH^- pada situs aktif permukaan adsorben (Melan & Mawardi, 2024). Hal ini dibuktikan pada penelitian ini penyerapan mencapai kondisi optimum pada pH 4, peningkatan derajat keasaman akan mendorong pengionan yang lebih besar, dan hubungan antara ion logam dengan gugus fungsional dalam adsorben tanah napa meningkat sehingga kemampuan penyerapan adsorpsi semakin meningkat.

Sebaliknya pH 5 penyerapan menurun menjadi 3,7244 mg/g dan pH 6 menurun menjadi 3,7094 mg/g. Ketika pH mendekati netral, adsorpsi mengalami penurunan. Hal ini disebabkan karena pada pH netral, ion logam dapat mengalami reaksi hidrolisis dalam larutan sehingga tidak stabil dalam bentuk ion logam,sehingga kemampuan tanah napa untuk menyerap ion logam menurun. Sedangkan pada pH basa, ion logam dapat membentuk endapan hidroksida sehingga efisiensi penyerapan sulit untuk ditentukan (Ningsih et al., 2013). Hal ini karena adanya penambahan ion OH^- saat mengatur pH yang memicu terjadinya hidrolisis antara ion Pb^{2+} dengan ion OH^- akibatnya kemampuan penyerapan tanah napa jadi menurun, sedangkan pada pH basa akan terbentuk endapan ion-ion logam sehingga berkontribusi menurunkan kemampuan penyerapan (Ghasemi et al., 2014). Sehingga variasi pH 7 tidak dilakukan karena pengendapan logam terjadi diatas pH 6 (Lestari et al., 2020).

Penelitian sebelumnya juga menunjukkan bahwa kemampuan penyerapan ion logam oleh tanah napa sangat dipengaruhi oleh nilai pH larutan. Melan, dan Mawardi (2024) melaporkan bahwa penyerapan ion Pb^{2+} optimum terjadi pada pH 4, sedangkan pada pH rendah, protonasi permukaan adsorben menyebabkan tolakan terhadap ion logam sehingga penyerapan rendah. Pada pH netral, ion logam cenderung mengalami hidrolisis, sehingga kapasitas penyerapan menurun, dan pada pH basa terbentuk endapan hidroksida logam yang menyulitkan pengukuran kapasitas adsorpsi (Melan & Mawardi, 2024).

Penelitian ini membuktikan bahwa tanah napa memiliki potensi besar sebagai adsorben ion Pb^{2+}, khususnya pada kondisi asam dengan pH optimum 4. Pemahaman tentang pengaruh pH ini dapat dijadikan dasar dalam strategi pengolahan limbah cair yang mengandung logam berat, sehingga efektivitas adsorpsi dapat ditingkatkan secara praktis pada skala laboratorium maupun industri. Namun, penelitian ini masih memiliki keterbatasan, yaitu hanya mengkaji satu jenis logam berat (Pb^{2+}), sehingga diperlukan penelitian lebih lanjut terhadap logam berat lain.

KESIMPULAN

Berdasarkan hasil penelitian, dapat disimpulkan bahwa tanah napa memiliki gugus fungsi silanol dan siloksan yang sehingga berpotensi sebagai adsorben untuk penyerapan ion logam Pb^{2+}. Analisis spektrum FTIR menunjukkan keberadaan gugus-gugus fungsi tersebut pada adsorben tanah napa. Penyerapan ion Pb^{2+} mencapai kondisi optimum pada pH 4 dan

konsentrasi larutan 250 mg/L. Kapasitas maksimum serapan ion Pb^{2+} oleh adsorben tanah napa didasarkan pada persamaan isotherm Langmuir adalah sebesar 3,3467 mg/g, dan adsorpsi ini sesuai dengan model isotherm Langmuir dengan nilai R^2 sebesar 0,9862. Hasil ini menunjukkan bahwa tanah napa efektif dalam mengadsorpsi ion Pb^{2+} dari larutan. Disarankan untuk Melakukan penelitian lebih lanjut tentang penyerapan ion logam Pb^{2+} menggunakan adsorben tanah napa dengan menerapkan metode batch karena metode tersebut belum pernah dilakukan sebelumnya sehingga berpotensi memberikan hasil dan perpektif baru terhadap penelitian ini. Dapat memberikan kontribusi bagi industri yang menghasilkan limbah berupa ion-ion logam berat khususnya ion timbal dapat menggunakan adsorben tanah napa dari Balai Selasa, kecamatan Ranah Pesisir, kabupaten Pesisir Selatan sebagai salah satu alternatif untuk mengatasi limbah tersebut.

DAFTAR PUSTAKA

Afraz, V., Younesi, H., Bolandi, M., & Hadiani, M. R. (2020). Optimization of lead and cadmium biosorption by Lactobacillus acidophilus using response surface methodology. *Biocatalysis and Agricultural Biotechnology*, *29*(January), 101828. https://doi.org/10.1016/j.bcab.2020.101828

Alguacil, F. J., Alcaraz, L., García-Díaz, I., & López, F. A. (2018). Removal of Pb2+ in wastewater via adsorption onto an activated carbon produced from winemaking waste. *Metals*, *8*(9). https://doi.org/10.3390/met8090697

Alkhadra, M. A., Su, X., Suss, M. E., Tian, H., Guyes, E. N., Shocron, A. N., Conforti, K. M., De Souza, J. P., Kim, N., Tedesco, M., Khoiruddin, K., Wenten, I. G., Santiago, J. G., Hatton, T. A., & Bazant, M. Z. (2022). Electrochemical Methods for Water Purification, Ion Separations, and Energy Conversion. *Chemical Reviews*, *122*(16), 13547–13635. https://doi.org/10.1021/acs.chemrev.1c00396

Arif, M. D., & Mawardi. (2020). Pengaruh Konsentrasi Awal Larutan Terhadap Penyerapan Ion Logam Cr+6 Menggunakan Biomassa Alga Hijau Mougeotia Sp yang Diimobilisasi Dengan Natrium Silika. *Chemistry Journal of Universitas Negeri Padang*, *9*(2), 50–54.

Ezugbe, E. O., & Rathilal, S. (2020). Tecnologías de membranas en el tratamiento de aguas residuales: una revisión. *Membranes*, *10*(5), 2–28.

Fathollahi, A., Coupe, S. J., El-Sheikh, A. H., & Nnadi, E. O. (2021). Cu(II) biosorption by living biofilms: Isothermal, chemical, physical and biological evaluation. *Journal of Environmental Management*, *282*, 111950. https://doi.org/10.1016/j.jenvman.2021.111950

Firman, F., & Mawardi, M. (2024). Pengaruh pH dan Konsentrasi Larutan terhadap Penyerapan Zat Warna Methylene blue Pada Tanah Napa dengan Metode Batch. *Journal of Natural Sciences*, *5*(3), 203–212. https://doi.org/10.34007/jonas.v5i3.695

Ghasemi, M., Naushad, M., Ghasemi, N., & Khosravi-fard, Y. (2014). Adsorption of Pb(II) from aqueous solution using new adsorbents prepared from agricultural waste: Adsorption isotherm and kinetic studies. *Journal of Industrial and Engineering Chemistry*, *20*(4), 2193–2199. https://doi.org/10.1016/j.jiec.2013.09.050

Gonzalez-Villalva, A., Marcela, R. L., Nelly, L. V., Patricia, B. N., Guadalupe, M. R., Brenda, C. T., Maria Eugenia, C. V., Martha, U. C., Isabel, G. P., & Fortoul, T. I. (2025). Lead systemic toxicity: A persistent problem for health. *Toxicology*, *515*(February), 0–2. https://doi.org/10.1016/j.tox.2025.154163

Hafizuddin, M. S., Lee, C. L., Chin, K. L., H'ng, P. S., Khoo, P. S., & Rashid, U. (2021). Fabrication of highly microporous structure activated carbon via surface modification with sodium hydroxide. *Polymers*, *13*(22), 1–16. https://doi.org/10.3390/polym13223954

Ifa, L., Pakala, F. R., Jaya, F., & Majid, R. A. (2020). Pemanfaatan Sabut Kelapa Sebagai Bioadsorben Logam Berat Pb(II) Pada Air Limbah Industri. *Journal of Chemical Process Engineering*, *5*(1), 54–60. https://doi.org/10.33536/jcpe.v5i1.476

Ilmi, F., & Mawardi, M. (2023). Effect of concentration sulfuric acid on alumina extraction from napa soil. *Jurnal Pijar Mipa*, *18*(5), 766–770. https://doi.org/10.29303/jpm.v18i5.5546

Kristyaka, H. S. R. (2018). Optimasi Kondisi Proses Pengendapan Hidroksida Logam - Logam Berat Kromium Dan Nikelsecara Bertingkat Dalam Limbah Cair Elektroplating. *Jurnal Ilmiah Kanderang Tingang*, *9*(2), 150–165. https://doi.org/10.37304/jikt.v9i2.14

Lestari, I., Mahraja, M., Farid, F., Gusti, D. R., & Permana, E. (2020). PENYERAPAN ION Pb(II) MENGGUNAKAN ADSORBEN DARI LIMBAH PADAT LUMPUR AKTIF PENGOLAHAN AIR MINUM. *Chemistry Progress*, *13*(2). https://doi.org/10.35799/cp.13.2.2020.31391

Mawardi, M., Bahrizal, B., Isa, I. M., Aini, S., Putra, R. Z., & Mawardi, F. (2021). Absorption characteristics of napa soil as congo red dye adsorbent in solution with continuous system. *Rasayan Journal of Chemistry*, *14*(4), 2371–2378. https://doi.org/10.31788/RJC.2021.1446197

Mawardi, M., Isa, I. M., Ulianas, A., Sintiara, E., Mawardi, F., & Putra, R. Z. (2021). The fabrication of portland composite cement based on pozzolan napa soil. *Materials*, *14*(13), 1–14. https://doi.org/10.3390/ma14133638

Mawardi, Sanjaya, H., & Maliki, A. (2013). Pengaruh ion logam Cd(II) terhadap adsorpsi ion logam Pb(II) dengan adsorben tanah napa. *Chemistry Journal of State University of Padang* , *2*(1), 29–33. http://ejournal.unp.ac.id/index.php/kimia

Melan, P., & Mawardi, M. (2024). Efektivitas Silika (SiO2) Dari Tanah Napa Situjuah Sebagai Adsorben Ion Logam Pb2+. *Journal of Natural Sciences*, *5*(3), 149–156. https://doi.org/10.34007/jonas.v5i3.696

Ningsih, S., Mawardi, & Sanjaya, H. (2013). Determination of Maximum Adsorption Capacity of the Napa Soil on Chromium Ions (III). *Journal Periodic*, *2*(2), 1–5.

Panikorovskii, T. L., Kalashnikova, G. O., Nikolaev, A. I., Perovskiy, I. A., Bazai, A. V., Yakovenchuk, V. N., Bocharov, V. N., Kabanova, N. A., & Krivovichev, S. V. (2022). Ion-Exchange-Induced Transformation and Mechanism of Cooperative

Crystal Chemical Adaptation in Sitinakite: Theoretical and Experimental Study. *Minerals*, *12*(2). https://doi.org/10.3390/min12020248

Pranoto, P., Martini, T., & Maharditya, W. (2020). Uji Efektivitas dan Karakterisasi Komposit Tanah Andisol/Arang Tempurung Kelapa Untuk Adsorpsi Logam Berat Besi (Fe). *ALCHEMY Jurnal Penelitian Kimia*, *16*(1), 50. https://doi.org/10.20961/alchemy.16.1.33286.50-66

Renu, & Sithole, T. (2024). A review on regeneration of adsorbent and recovery of metals: Adsorbent disposal and regeneration mechanism. *South African Journal of Chemical Engineering*, *50*(February), 39–50. https://doi.org/10.1016/j.sajce.2024.07.006

Sanjaya, H., Frisiananda, V., Kimia, J., Matematika, F., Alam, P., & Padang, U. N. (2013). *Penyerapan Logam Krom dalam Limbah Cair Laboratorium Kimia Menggunakan Adsorben Tanah Napa*. *2*(1), 20–23.

Teng, Z., Shao, W., Zhang, K., Huo, Y., Zhu, J., & Li, M. (2019). Pb biosorption by Leclercia adecarboxylata: Protective and immobilized mechanisms of extracellular polymeric substances. *Chemical Engineering Journal*, *375*(May), 122113. https://doi.org/10.1016/j.cej.2019.122113

Wang, Q., Jiang, F., Ouyang, X. K., Yang, L. Y., & Wang, Y. (2021). Adsorption of pb(Ii) from aqueous solution by mussel shell-based adsorbent: Preparation, characterization, and adsorption performance. *Materials*, *14*(4), 1–17. https://doi.org/10.3390/ma14040741

Wardani, G. A., & Wulandari, W. T. (2018). Pemanfaatan Limbah Kulit Pisang Kepok (Musa acuminate) sebagai Biosorben Ion Timbal(II). *Jurnal Kimia VALENSI*, *4*(2), 143–148. https://doi.org/10.15408/jkv.v4i2.6918

Zein, R., Akmal, C., Safni, S., Fauzia, S., & Ramadhani, P. (2023). Banana Stem (Musa balbisiana Colla) as Potential Biosorbent to Remove Methylene Blue Dye in Wastewater: Isotherm, Kinetic, Thermodynamic Studies and Its Application. *Applied Environmental Research*, *45*(3). https://doi.org/10.35762/AER.2023015