

Efektivitas Penyerapan Amonia dalam Metode Soybean Crude Urease Calcite Precipitation

Joana Febrita^{1*}, Nanda Purwita Natasyarini², Heriansyah Putra³

^{1,2,3} Teknik Sipil dan Lingkungan, Fakultas Teknologi Pertanian, Institut Pertanian Bogor, 16680, Indonesia

*Corresponding author, e-mail: joanafebrita@apps.ipb.ac.id

Received 18th Jan 2023; 1st Revision 12th Feb 2023; Accepted 27th March 2023

ABSTRAK

Penggunaan metode soybean crude urease calcite precipitation (SCU-CP) untuk perbaikan tanah menghasilkan produk sampingan berupa amonia, yang jika nilainya tinggi dapat memberikan dampak buruk pada lingkungan. Penelitian ini menggunakan zeolite, arang aktif, dan karang sebagai bahan penyerap amonia. Tujuan penelitian ini adalah mengetahui bahan yang paling efektif dalam penyerapan amonia dan pengaruhnya saat diaplikasikan pada tanah. Pengujian dilakukan menggunakan dua konsentrasi dan tiga waktu pengadukan untuk semua bahan penyerap. Hasil pengujian menunjukkan penyerapan amonia terbesar terjadi pada arang aktif dengan konsentrasi 0,1 g/ml dan waktu pengadukan 20 menit, dengan nilai penyerapan 62%. Arang aktif disimpulkan memiliki efektivitas penyerapan amonia terbaik dibandingkan dengan zeolite dan karang. Penyiraman larutan aquades sebanyak 5 PV pada sampel dengan arang aktif menghasilkan nilai konsentrasi amonia terkecil sebesar 0,00001500 g/ml yang belum memenuhi baku mutu. Efektivitas penyerapan total yang terukur setelah dilakukan penyiraman pada tanah adalah sebesar 99% dari konsentrasi amonia kontrol. Penggunaan arang aktif terbukti efektif untuk mengurangi konsentrasi amonia saat larutan SCU-CP diaplikasikan pada tanah, meskipun nilainya belum memenuhi baku mutu.

Kata Kunci: Amonia; Arang Aktif; Karang; Penyerapan; Zeolite.

ABSTRACT

The use of soybean crude urease calcite precipitation (SCU-CP) method for soil improvement produces a by-product in the form of ammonia, which if the value is high, it caused bad impact for the environment. In this study, zeolite, activated charcoal, and coral were used as ammonia adsorbers. This study aimed to determine the most effective ingredient in ammonia adsorption and its effect when applied to the soil. The test was carried out using two concentrations and three stirring times for all adsorbent materials. The test results showed that the largest ammonia adsorption occurred in activated charcoal with a concentration of 0.1 g/ml and a stirring time of 20 minutes, with an adsorption value of 62%. Activated charcoal was concluded to have the best ammonia adsorption effectiveness compared to zeolite and coral. Watering 5 PV of distilled water on the sample with activated charcoal resulted in the smallest ammonia concentration value of 0.00001500 g/ml which did not meet the quality standards. The total adsorption effectiveness measured after watering the soil was 99% of the control ammonia concentration. The use of activated charcoal has proven to be effective in reducing the concentration of ammonia when the SCU-CP solution is applied to the soil, although the value does not meet the quality standard.

Keywords: Activated Charcoal; Adsorption; Ammonia; Coral; Zeolite.

Copyright © Joana Febrita, Nanda Purwita Natasyarini, Heriansyah Putra

This is an open access article under the: <https://creativecommons.org/licenses/by/4.0/>

PENDAHULUAN

Permasalahan daya dukung tanah yang rendah di Indonesia menyebabkan diperlukannya perbaikan tanah agar daya dukung tanah tersebut menjadi lebih baik. Beberapa penelitian telah dilakukan untuk membuat struktur tanah menjadi lebih kuat dan lebih baik. Satu diantaranya adalah teknologi ramah lingkungan yang dikembangkan oleh para peneliti, yaitu bio-grouting. Bio-grouting atau biomediated soil improvement menghasilkan endapan kalsit sebagai hasil dari pemanfaatan reaksi biokimia dalam tanah [1]. Media yang digunakan dalam pembentukan kalsit dapat berupa bakteri atau enzim [2]. Metode bio-grouting yang memanfaatkan bakteri penghasil enzim urease adalah microbially induced calcite precipitation (MICP) [3]. Penggunaan bakteri pada metode MICP membutuhkan media pertumbuhan yang kompleks dan rumit, serta memerlukan perawatan biologis, sehingga dalam pengerjaannya berpotensi mengalami kegagalan dan cenderung sulit diterapkan di lapangan [4]. Kemudian dikembangkan metode terbaru dengan memanfaatkan enzim yang dikenal dengan metode EMCP atau enzyme-mediated calcite precipitation. Metode ini menggunakan enzim urease untuk memisahkan urea menjadi ion karbonat dan amonium [5].

Penelitian lebih lanjut dilakukan karena enzim urease dinilai kurang cocok untuk perbaikan tanah dalam skala yang besar [6]. Inovasi yang digunakan adalah dengan memanfaatkan kedelai yang memiliki kandungan protein tinggi sebagai katalis dalam proses pembentukan kalsit, yang kini dikenal sebagai metode soybean crude urease calcite precipitation (SCU-CP) [7]. Penggunaan kedelai ini menjadi sumber alternatif urease potensial, serta endapan kalsit yang dihasilkan dapat meningkatkan kekuatan tanah [8]. Namun, pada penelitian Putra et al. [5] disebutkan bahwa reaksi hidrolisis urea yang terjadi menghasilkan produk sampingan berupa ion amonia yang berpotensi mengakibatkan pencemaran pada tanah jika melebihi baku mutu, yaitu sebesar 0,5 mg/L [9]. Keberadaan amonia di atas ambang batas berpotensi menyebabkan gangguan kesehatan pada manusia dan keracunan pada organisme perairan [10]. Metode pengurangan atau penghilangan kandungan amonia yang telah digunakan, diantaranya adalah metode adsorpsi/penyerapan menggunakan zeolite, arang aktif, dan karang [11].

Zeolite memiliki stuktur kristal yang tidak beraturan pada permukaannya, sehingga efektif sebagai perangkap ion ammonia [12]. Prinsip kerja zeolite dan karang adalah dengan memanfaatkan pertukaran ion. Arang aktif memiliki pori-pori yang cukup besar, semakin luas permukaan arang maka daya serapnya akan semakin tinggi. Penelitian ini dilakukan dengan tujuan mengetahui efektivitas penyerapan amonia menggunakan zeolite, arang aktif, dan karang pada metode SCU-CP. Variasi bahan penyerap amonia yang digunakan bertujuan mengetahui bahan mana yang paling efektif dalam penyerapan amonia. Penyerapan amonia pada metode SCU-CP juga dilakukan agar amonia sebagai produk sampingan memenuhi syarat yang ditetapkan oleh pemerintah Indonesia, sehingga diharapkan metode SCU-CP dapat digunakan secara berkelanjutan tanpa menimbulkan dampak buruk pada lingkungan.

METODE

Penelitian ini dilakukan di Laboratorium Mekanika dan Fisika Tanah, serta Laboratorium Limbah Padat dan B3, Departemen Teknik Sipil dan Lingkungan, Fakultas Pertanian, Institut Pertanian Bogor. Material yang digunakan antara lain ekstrak kedelai, urea, kalsium klorida (CaCl_2) dihidrat, dan air suling. Penelitian ini didasarkan pada penelitian Putra et al. [5] mengenai penghilangan amonia sebagai produk sampingan dari penerapan metode calcite

precipitation. Variasi bahan penyerap amonia yang digunakan antara lain zeolite, arang aktif, dan karang. Jenis zeolite yang digunakan adalah zeolite nomor 2 yang memiliki mesh 8 – 16 atau 1 – 2 mm, sedangkan karang yang digunakan adalah karang jahe. Bahan penyerap dihaluskan terlebih dahulu menggunakan palu, kemudian disaring menggunakan saringan nomor 16.

Pengujian Pengendapan Kalsit

Pengujian pengendapan kalsit dilakukan dengan variasi konsentrasi dan waktu pengadukan. Tahap pertama yang dilakukan adalah melarutkan bubuk kedelai dengan air suling, kemudian larutan diaduk selama 5 menit dengan menggunakan strirrer. Larutan yang diaduk tersebut disaring menggunakan saringan no. 200 untuk memisahkan bubuk kedelai yang tidak terlarut. Tahap selanjutnya adalah melakukan pencampuran antara larutan urea, larutan kedelai, dan bahan penyerap. Bahan penyerap amonia yang digunakan terbagi menjadi 3 jenis, yaitu zeolite, arang aktif, dan karang. Campuran antara larutan urea, larutan kedelai, dan bahan penyerap yang telah diaduk kemudian dibagi ke dalam 3 tube. Komposisi larutan terdiri atas 75 ml campuran larutan (urea, kedelai, bahan penyerap), dan 25 ml larutan CaCl_2 , dengan total larutan sebanyak 100 ml. Campuran larutan terdiri dari 1 mol/L urea dan CaCl_2 . Kemudian kadar kedelai yang digunakan sebagai bio-katalis adalah sebesar 20 gr/l [7]. Campuran larutan kemudian didiamkan selama 7 hari, setelah 7 hari disaring menggunakan kertas saring dengan diameter 20-25 μm . Kemudian larutan dioven selama 24 jam pada suhu 60°C dan massanya ditimbang.

Pengujian Amonia Larutan SCU-CP

Pengujian amonia didasarkan pada SNI 06-6989.30 Tahun 2005 Tentang Air dan Air Limbah – Bagian 30: Cara Uji Kadar Amonia dengan Spektrofotometer Secara Fenat. Pengujian amonia dilakukan pada sampel larutan SCU-CP yang belum diberi perlakuan penambahan filter dan setelah perlakuan penambahan filter. Langkah yang dilakukan antara lain membuat larutan induk amonia, larutan baku amonia, larutan kerja amonia, kurva kalibrasi, dan larutan blanko.

Pengujian Kandungan Amonia di Air dalam Tanah

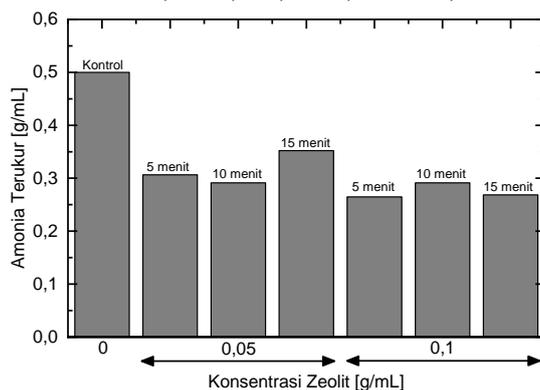
Setelah didapatkan efektivitas bahan penyerap yang paling baik dalam penyerapan amonia pada larutan SCU-CP, bahan penyerap tersebut diaplikasikan pada tanah. Tahap pertama adalah pembuatan sampel pada mold dengan diameter 5 cm dan ketinggian 10 cm [13]. Tahap selanjutnya adalah memasukkan tanah pasir ke dalam mold, kemudian dilanjutkan dengan penyiraman larutan SCU-CP dengan bahan penyerap dengan hasil terbaik, serta larutan SCU-CP tanpa perlakuan (kontrol) sebagai pembanding. Variasi penyiraman aquades pada tanah pasir didasarkan pada volume pori (PV), yaitu 1 PV, 3 PV, dan 5 PV dengan jumlah 1 PV sebanyak 87,5 ml. Larutan hasil penyiraman kemudian ditampung dalam wadah untuk diuji konsentrasi amonianya. Pengujian amonia pada sampel air di dalam tanah didasarkan pada SNI 06-6989.30 Tahun 2005 Tentang Air dan Air Limbah – Bagian 30 : Cara Uji Kadar Amonia dengan Spektrofotometer Secara Fenat.

HASIL DAN PEMBAHASAN

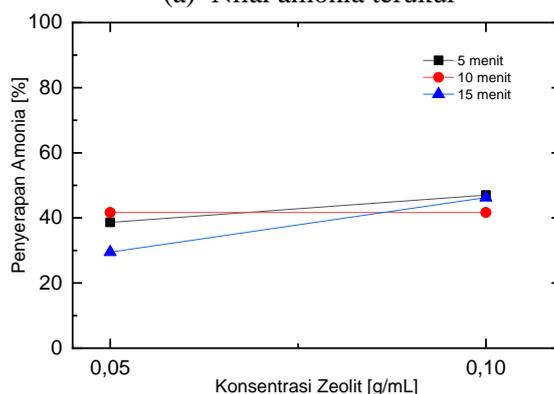
Penyerapan Amonia dengan Zeolite

Evaluasi penggunaan zeolite untuk menyerap amonia dalam larutan SCU-CP dilakukan pada konsentrasi zeolite 0,05 g/ml dan 0,1 g/ml. Gambar 1 (a) menunjukkan nilai amonia terukur, dan (b) persen penyerapan amonia pada variasi waktu pengadukan 5, 10, dan 15 menit yang didapatkan melalui pengujian amonia. Penggunaan zeolite sebagai bahan penyerap dapat

mengurangi konsentrasi amonia dalam larutan SCU-CP, seperti yang terlihat pada Gambar 1 (a). Nilai amonia terukur tiap sampel dibandingkan dengan nilai amonia kontrol untuk mengetahui pengurangan konsentrasi amonia akibat penggunaan zeolite. Sampel dengan konsentrasi zeolite 0,05 g/ml memiliki nilai amonia terukur secara berturut-turut 0,31; 0,29; dan 0,35 g/ml. Jika dibandingkan dengan nilai amonia kontrol sebesar 0,50 g/ml, penggunaan zeolite pada tiga sampel tersebut dapat menyerap amonia secara berturut-turut 38,63%; 41,68%; dan 29,49%. Sedangkan untuk sampel dengan konsentrasi zeolite 0,1 g/ml, nilai amonia yang terukur secara berturut-turut sebesar 0,26; 0,29; dan 0,27 g/ml atau penyerapan amonia yang terjadi adalah sebesar 47,01%; 41,68%, dan 46,25%.



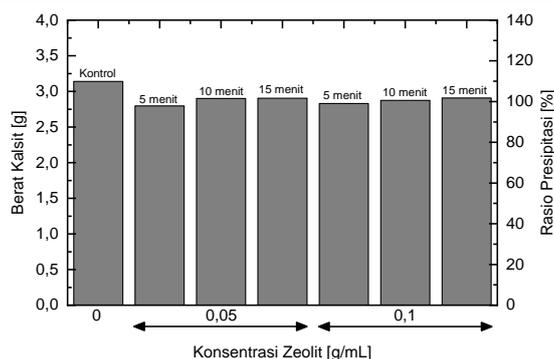
(a) Nilai amonia terukur



(b) Presentase penyerapan amonia

Gambar 1. Efektivitas penggunaan zeolite

Hal ini menunjukkan bahwa semakin besar konsentrasi zeolite yang digunakan, penyerapan amonia yang terjadi juga semakin besar. Hasil tersebut diperkuat dengan pernyataan pada penelitian [14] serta [15], bahwa konsentrasi amonia mengalami penurunan seiring dengan penambahan konsentrasi zeolite. Konsentrasi amonia yang menurun disebabkan oleh adanya pengikatan ion NH_4^+ dan pelepasan kation dari zeolite dalam proses pertukaran ion [16]. Selain itu, waktu pengadukan tidak berpengaruh secara signifikan terhadap penyerapan amonia dengan menggunakan zeolite. Hal ini dikarenakan kemampuan zeolite yang berkurang karena adanya oksigen terlarut dalam larutan, sehingga jumlah amonia yang diserap semakin sedikit [17]. Hubungan antara presentase penyerapan amonia dan konsentrasi zeolite pada Gambar 1 (b) juga menunjukkan penyerapan amonia meningkat seiring dengan penambahan konsentrasi zeolite. Terjadinya penyerapan amonia yang tinggi dikarenakan pengikatan kation amonia oleh pori-pori zeolite [14].



Gambar 2. Hasil presipitasi dengan berbagai konsentrasi zeolite

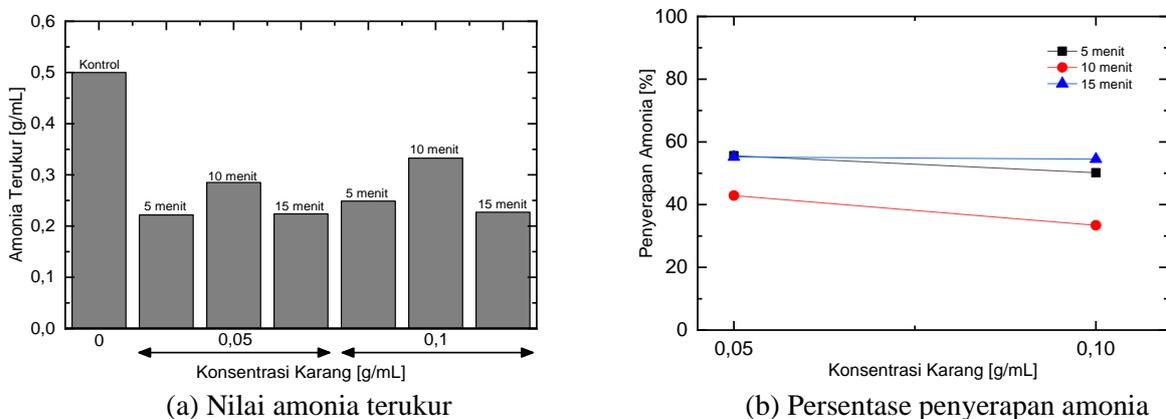
Pengujian pengendapan kalsit dilakukan untuk mengevaluasi pengaruh penambahan zeolite terhadap pembentukan kalsit yang akan diukur massanya [5]. Gambar 2 menunjukkan hubungan antara berat kalsit yang terbentuk, rasio presipitasi, dan konsentrasi zeolite dengan waktu pengadukan yang berbeda. Penambahan zeolite dengan konsentrasi 0,05 g/ml dan 0,1 g/ml menghasilkan endapan kalsit yang lebih rendah daripada tanpa zeolite (kontrol). Berat kalsit dan rasio presipitasi tertinggi mencapai 96,89% yang terjadi pada sampel dengan konsentrasi zeolite 0,1 g/ml dan waktu pengadukan selama 15 menit. Peningkatan jumlah endapan kalsit dapat disebabkan oleh waktu pengadukan yang lebih lama yang memungkinkan terjadinya proses pelepasan ion Ca^{2+} dan Mg^{2+} pada zeolite, sehingga jumlah endapan kalsit meningkat [5].

Penyerapan Amonia dengan Karang

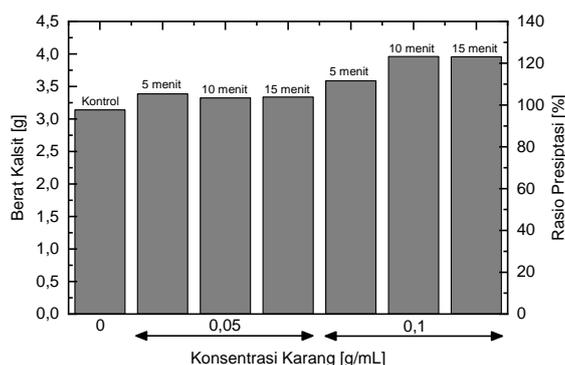
Penggunaan karang sebagai bahan penyerap amonia juga dievaluasi pada konsentrasi 0,05 g/ml dan 0,1 g/ml, serta waktu pengadukan 5, 10, dan 15 menit. Gambar 3 (a) menunjukkan nilai amonia terukur, dan (b) persen penyerapan amonia yang didapatkan melalui pengujian amonia. Seperti pada zeolite, karang juga terbukti dapat menurunkan konsentrasi amonia. Sampel dengan konsentrasi karang 0,05 g/mL menghasilkan nilai amonia berturut-turut sebesar 0,22; 0,29; dan 0,22 g/ml atau dapat menyerap amonia sebesar 55,60%; 42,87%; dan 55,17% dari nilai amonia kontrol. Sedangkan pada konsentrasi karang 0,1 g/mL, nilai amonia yang dihasilkan berturut-turut adalah 0,25; 0,33; 0,23 g/ml atau menyerap amonia sebesar 50,16%; 33,41%; 54,52% dari nilai amonia kontrol. Nilai amonia terukur meningkat dari waktu pengadukan 5 menit ke 10 menit, dan turun kembali pada waktu pengadukan 15 menit. Peningkatan nilai amonia dapat disebabkan oleh kandungan kapur pada karang yang menaikkan pH larutan, sehingga konsentrasi amonia juga semakin tinggi seiring dengan peningkatan pH. Kisaran pH larutan yang terukur akibat penambahan karang adalah 6 – 8 [11]. Jika dibandingkan dengan zeolite, karang dapat menyerap amonia dalam jumlah yang lebih banyak. Hal ini dikarenakan karang memiliki pori-pori yang lebih besar dan berfungsi sebagai penyaring kotoran [18]. Hubungan antara persentase penyerapan amonia dan konsentrasi karang pada Gambar 3 (b) juga menunjukkan penyerapan amonia menurun seiring dengan penambahan konsentrasi karang.

Hasil pengujian pengendapan kalsit pada Gambar 4 menunjukkan hubungan antara berat kalsit yang terbentuk, rasio presipitasi, dan konsentrasi karang dengan waktu pengadukan yang berbeda. Penambahan karang dengan konsentrasi 0,05 g/ml dan 0,1 g/ml menghasilkan endapan kalsit yang lebih tinggi daripada tanpa karang (kontrol). Berat kalsit dan rasio presipitasi tertinggi mencapai 3,96 g/ml dan 132% yang terjadi pada sampel dengan konsentrasi zeolite 0,1 g/ml dan waktu pengadukan selama 10 menit. Endapan kalsit yang dihasilkan dari penambahan karang pada semua sampel memiliki rasio presipitasi di atas 100% atau melebihi

efisiensi teoritis maksimum massa kalsit yang dapat terbentuk dari reaksi kimia, yaitu sebesar 100%. Terbentuknya endapan kalsit yang besar ini dipengaruhi oleh kandungan kapur pada karang, yaitu berupa CaCO_3 yang komposisinya dapat mencapai 73,76% dari komposisi senyawa kimia penyusun karang [19].



Gambar 3. Efektivitas penggunaan karang



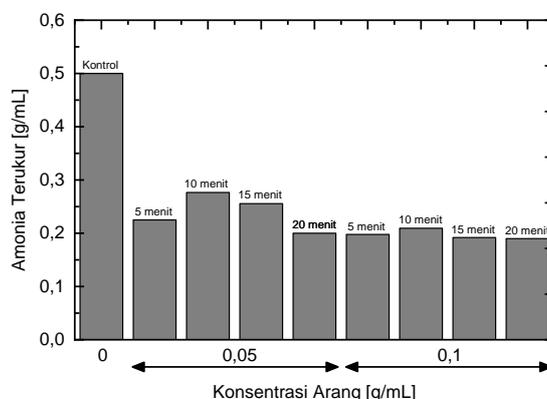
Gambar 4. Hasil presipitasi dengan berbagai konsentrasi karang

Penyerapan Amonia dengan Arang Aktif

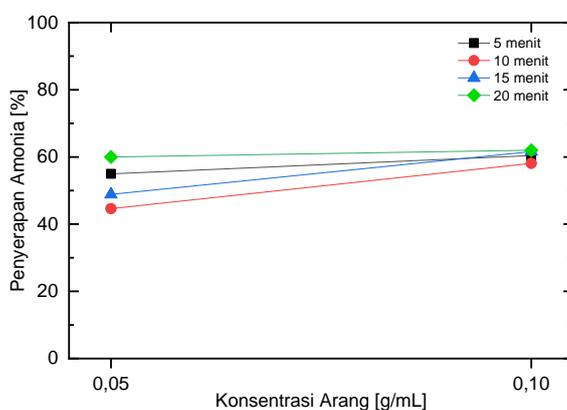
Bahan penyerap terakhir yang dievaluasi penyerapannya terhadap amonia dalam larutan SCU-CP merupakan arang aktif. Sama seperti karang, arang aktif banyak digunakan sebagai filter atau penyaring air pada kolam ataupun akuarium [11]. Hasil penggunaan arang aktif dalam penyerapan amonia yang didapatkan dari pengujian amonia disajikan pada Gambar 5.

Sampel dengan konsentrasi arang aktif 0,05 g/ml menghasilkan nilai amonia berturut-turut sebesar 0,23; 0,28; dan 0,26 g/ml atau dapat menyerap amonia sebesar 54,95%; 44,61%; dan 48,86% dari nilai amonia kontrol. Sedangkan pada konsentrasi arang aktif 0,1 g/ml, nilai amonia yang dihasilkan berturut-turut adalah 0,20; 0,21; 0,19 g/ml atau menyerap amonia sebesar 60,39%; 58,11%; 61,59% dari nilai amonia kontrol. Penyerapan amonia yang terjadi setelah penambahan arang aktif menghasilkan nilai terbesar jika dibandingkan dengan penambahan zeolite dan karang. Nilai amonia terukur berdasarkan Gambar 5 (a) meningkat dari waktu pengadukan 5 menit ke 10 menit, dan turun kembali pada waktu pengadukan 15 menit. Percobaan lanjutan dilakukan untuk membuktikan bahwa peningkatan konsentrasi dan waktu pengadukan pada bahan penyerap arang dalam larutan SCU-CP menghasilkan penyerapan amonia yang semakin besar. Penelitian [20] menyatakan bahwa lamanya waktu kontak antara arang aktif dan larutan memberikan peningkatan pada penyerapan amonia.

Pernyataan tersebut juga diperkuat oleh penelitian [21] bahwa semakin lama waktu kontak antara arang aktif dan larutan, maka konsentrasi amonia juga semakin menurun. Oleh karena itu, pengujian terhadap penyerapan amonia dilanjutkan dengan konsentrasi arang aktif 0,05 g/ml dan 0,1 g/ml dengan waktu pengadukan selama 20 menit.



(a) Nilai amonia terukur

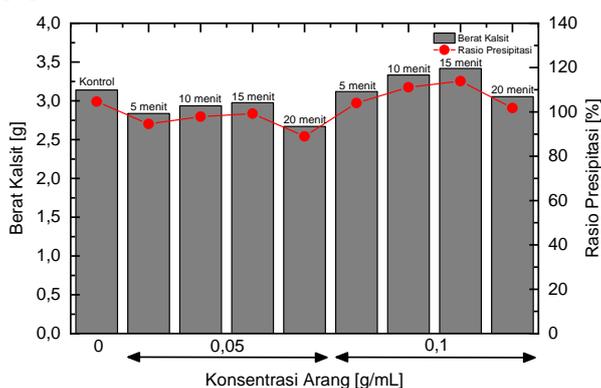


(b) Persentase penyerapan amonia

Gambar 5. Efektivitas penggunaan arang aktif

Hasil pengukuran konsentrasi amonia dengan waktu pengadukan 20 menit menunjukkan arang dengan konsentrasi 0,05 g/ml menghasilkan nilai amonia sebesar 0,20 g/ml dan mengalami penyerapan sebesar 60% dari nilai amonia kontrol. Sedangkan pada konsentrasi arang 0,1 g/ml, nilai amonia yang terukur adalah sebesar 0,19 g/ml dan penyerapan yang terjadi adalah sebesar 62%. Penyerapan amonia yang terjadi setelah penambahan arang aktif dengan waktu pengadukan 20 menit menghasilkan nilai terbesar jika dibandingkan dengan waktu pengadukan 5, 10, dan 15 menit. Hal ini membuktikan pernyataan [20] dan [21], bahwa penyerapan amonia akan meningkat seiring dengan lamanya waktu pengadukan. Peningkatan nilai penyerapan amonia yang terjadi seiring dengan penambahan konsentrasi dan waktu pengadukan membuktikan bahwa penambahan bahan penyerap arang berpengaruh signifikan terhadap pengurangan konsentrasi amonia pada larutan SCU-CP. Sama seperti zeolite, arang juga dapat mengalami penjuhan dimana amonia yang telah diserap akan terlepas dan kembali meningkatkan konsentrasi amonia pada larutan [22]. Hubungan antara persentase penyerapan amonia dan konsentrasi arang pada Gambar 5 (b) juga menunjukkan penyerapan amonia meningkat seiring dengan penambahan konsentrasi arang pada waktu pengadukan yang sama. Penyerapan yang besar pada arang aktif disebabkan oleh adanya pori-pori berukuran mikro dengan jumlah yang banyak sebagai hasil dari aktivasi arang [23]. Kemampuan daya serap arang aktif juga dipengaruhi oleh luas permukaan dan ketebalan. Semakin luas permukaan dan semakin tebal arang aktif yang digunakan, maka daya serapnya juga akan semakin besar [17].

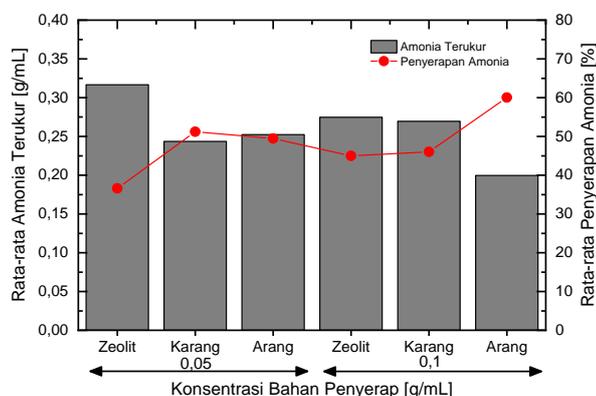
Hasil pengujian pengendapan kalsit pada Gambar 6 menunjukkan hubungan antara berat kalsit yang terbentuk, rasio presipitasi, dan konsentrasi arang aktif dengan waktu pengadukan yang berbeda. Penambahan arang aktif dengan konsentrasi 0,05 g/ml dan 0,1 g/ml menyebabkan endapan kalsit mengalami peningkatan secara signifikan. Berat kalsit dan rasio yang dihasilkan juga memiliki rentang nilai yang tidak berbeda jauh dengan perlakuan tanpa penambahan arang (kontrol). Hal ini menunjukkan bahwa penambahan arang aktif memberikan kondisi yang lebih stabil dalam proses pembentukan endapan kalsit, dibandingkan dengan penambahan zeolite dan karang. Berat kalsit dan rasio presipitasi tertinggi tercapai pada konsentrasi arang aktif 0,1 g/ml dan waktu pengadukan selama 20 menit, yaitu dengan nilai berturut-turut sebesar 3,05 g dan 101,78%. Konsentrasi dan waktu pengadukan dalam hal ini memberikan pengaruh yang signifikan terhadap peningkatan berat kalsit dan rasio presipitasi. Arang aktif memiliki prinsip kerja yang sama dengan zeolite pada penelitian [5], yaitu peningkatan jumlah endapan dapat disebabkan oleh pertukaran ion dan jumlah karbon yang banyak pada arang aktif. Semakin tinggi konsentrasi arang aktif yang digunakan, maka jumlah karbon yang mengalami pertukaran ion juga semakin besar [24]. Selain mengandung karbon, arang aktif juga tersusun atas hidrogen dan oksigen pada permukaannya [25]. Kandungan oksigen dan hidrogen pada arang aktif tersebut menyebabkan terjadinya hidrasi amonia yang meningkatkan pH, akibatnya terjadi proses kalsinasi [5].



Gambar 6. Hasil presipitasi dengan berbagai konsentrasi arang

Efektivitas Penyerapan Amonia Terbaik

Pengaplikasian bahan penyerap yang berbeda dalam larutan SCU-CP memberikan pengaruh terhadap penyerapan amonia. Hasil penyerapan amonia pada masing-masing bahan penyerap kemudian dibandingkan terhadap kontrol untuk mengetahui nilai penyerapan yang terjadi. Hubungan antara konsentrasi, rata-rata amonia terukur, dan rata-rata penyerapan amonia tiap bahan penyerap disajikan pada Gambar 7.



Gambar 7. Penyerapan amonia pada tiap bahan penyerap

Hasil pengujian pada ketiga bahan penyerap menunjukkan masing-masing bahan mengalami penyerapan amonia rata-rata sebesar 40,79% untuk zeolite; 48,62% untuk karang; dan 54,75% untuk arang aktif. Persentase penyerapan yang dihasilkan merupakan perbandingan antara amonia yang terukur pada masing-masing bahan penyerap dengan amonia terukur pada kontrol. Gambar 7 menunjukkan konsentrasi bahan 0,05 g/ml, efektivitas penyerapan amonia terbaik terjadi pada karang, dengan rata-rata amonia terukur sebesar 0,24 g/ml dan rata-rata penyerapan amonia sebesar 51,22%. Hal ini menunjukkan bahwa karang dengan konsentrasi 0,05 g/ml menyerap setengah dari konsentrasi amonia pada kontrol. Kemampuan menyerap amonia yang tinggi pada karang dipengaruhi oleh pori-pori yang berukuran cukup besar sebagai tempat menempelnya bahan organik, sehingga daya serapnya tinggi [11]. Sifat karang yang berongga digunakan oleh bakteri pengurai untuk berkembang biak yang berperan dalam proses nitrifikasi [26].

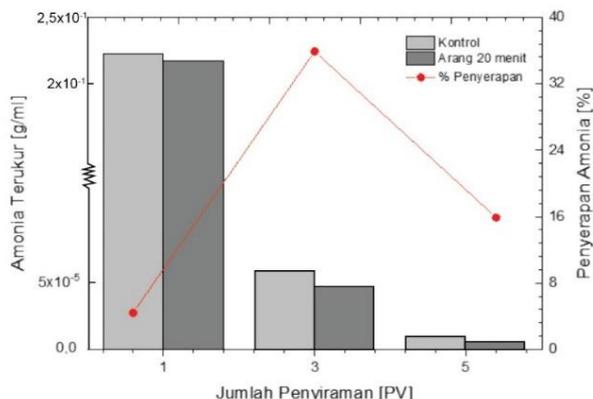
Sedangkan pada konsentrasi bahan 0,1 g/ml, efektivitas penyerapan terbaik dihasilkan oleh arang dengan rata-rata nilai amonia terukur 0,20 g/ml dan rata-rata penyerapan amonia mencapai 62%. Menurut [27], daya serap arang aktif dapat mencapai 251000% dari berat arang aktif. Pori-pori berukuran mikro dan dengan jumlah yang banyak sebagai hasil dari aktivasi arang juga menjadi faktor tingginya daya serap arang aktif [23]. Selain pori-pori mikro, arang aktif juga tersusun atas pori-pori makro yang tersebar merata pada strukturnya [28]. Kemampuan daya serap arang aktif juga dipengaruhi oleh luas permukaan dan ketebalan. Semakin luas permukaan dan semakin tebal arang aktif yang digunakan, maka daya serapnya juga akan semakin besar [17]. Jika ditinjau dari endapan kalsitnya, arang aktif lebih efektif dibandingkan dengan zeolite dan karang, karena berat kalsit dan rasio presipitasi yang dihasilkan memiliki nilai dengan rentang yang tidak jauh berbeda dengan kontrol. Hal tersebut mengindikasikan arang dengan konsentrasi 0,1 g/ml dan waktu pengadukan 20 menit dapat menjadi alternatif terbaik untuk diaplikasikan sebagai penyerap amonia dalam larutan SCU-CP.

Efektivitas Bahan Penyerap Terbaik di dalam Tanah

Berdasarkan pengujian amonia, arang dengan konsentrasi 0,1 g/ml dan waktu pengadukan 20 menit memiliki efektivitas penyerapan amonia terbaik, sehingga dipilih untuk diaplikasikan pada tanah. Larutan yang digunakan adalah SCU-CP dengan bahan penyerap terbaik, dan larutan tanpa perlakuan (kontrol). Variasi penyiraman aquades pada tanah pasir adalah 1 PV, 3 PV, dan 5 PV. Konsentrasi amonia terukur pada tanah setelah dilakukan penyiraman ditunjukkan oleh Gambar 8.

Penyiraman larutan aquades pada tanah menunjukkan konsentrasi amonia pada sampel dengan konsentrasi arang 0,1 g/ml dan waktu pengadukan 20 menit memiliki nilai yang lebih rendah daripada kontrol. Konsentrasi amonia menunjukkan penurunan seiring dengan penambahan jumlah penyiraman. Namun, konsentrasi amonia terukur pada dua jenis sampel ini relatif memiliki nilai yang tidak jauh berbeda. Pengurangan amonia yang terjadi berturut-turut sebesar 2,44%, 37,87%, dan 15,34% untuk 1 PV, 3 PV, dan 5 PV penyiraman aquades. Hal ini menunjukkan penambahan arang 0,1 g/ml dengan waktu pengadukan 20 menit memberikan pengaruh terhadap konsentrasi amonia setelah diaplikasikan pada tanah pasir. Jika dibandingkan dengan konsentrasi amonia terukur pada larutan SCU-CP kontrol, yaitu sebesar 0,50 mg/l, konsentrasi amonia yang terukur setelah diaplikasikan pada tanah pasir memiliki nilai yang jauh lebih kecil. Tanah pasir yang digunakan sebagai media penyaring dikatakan dapat mengurangi konsentrasi amonia dengan efektivitas 18 – 75%. Pernyataan tersebut juga

didukung oleh [29], bahwa penggunaan tanah pasir sebagai media penyaring dapat menghilangkan amonia. Oleh karena itu, penurunan konsentrasi amonia yang terjadi setelah diaplikasikan pada tanah pasir dapat dikatakan dipengaruhi oleh penggunaan tanah pasir itu sendiri.



Gambar 8. Penyerapan amonia berdasarkan jumlah penyiraman

Pengurangan amonia tertinggi terdapat pada penyiraman 3 PV larutan aquades, yaitu sebesar 37,87%. Penyiraman larutan aquades sebanyak 5 PV pada sampel dengan konsentrasi arang 0,1 g/ml dan waktu pengadukan 20 menit menghasilkan nilai konsentrasi amonia terkecil, yaitu sebesar 0,00001500 g/ml. Hasil penyiraman ini menunjukkan bahwa konsentrasi amonia masih berada di atas baku mutu untuk senyawa amonia, sesuai Peraturan Presiden Nomor 22 Tahun 2021 tentang Penyelenggaraan Perlindungan dan Pengelolaan Lingkungan Hidup, yaitu sebesar 0,000005 g/ml atau 0,5 mg/L. Namun, secara keseluruhan penggunaan arang aktif sebagai bahan penyerap amonia menghasilkan efektivitas penyerapan total sebesar 99% dari konsentrasi amonia kontrol. Hal ini menunjukkan bahwa penggunaan arang pada larutan SCU-CP yang diaplikasikan pada tanah efektif untuk mengurangi konsentrasi amonia yang dihasilkan. Sesuai dengan pernyataan [29], bahwa efektivitas dari penggunaan tanah pasir sebagai penyaring amonia adalah sebesar 18-75%, maka efektivitas penyerapan total yang dihasilkan dari penggunaan tanah pasir dan arang aktif memiliki nilai yang lebih besar, meskipun konsentrasi yang dihasilkan masih belum memenuhi baku mutu.

KESIMPULAN

Penyerapan amonia terbesar terjadi pada arang dengan konsentrasi 0,1 g/ml dan waktu pengadukan 20 menit, dengan nilai penyerapan 62%. Arang aktif terbukti memiliki efektivitas penyerapan amonia terbaik dibandingkan dengan zeolite dan karang, sehingga dapat dijadikan sebagai alternatif terbaik untuk diaplikasikan sebagai penyerap amonia dalam larutan SCU-CP. Konsentrasi amonia pada air daalam tanah menunjukkan penurunan seiring dengan penambahan penyiraman Hasil penyiraman menunjukkan bahwa konsentrasi amonia sebesar 0,00001500 g/ml masih berada di atas baku mutu senyawa amonia, sesuai Peraturan Presiden Nomor 22 Tahun 2021 tentang Penyelenggaraan Perlindungan dan Pengelolaan Lingkungan Hidup, yaitu sebesar 0,5 mg/L. Secara keseluruhan penggunaan arang aktif sebagai bahan penyerap amonia menghasilkan efektivitas penyerapan total sebesar 99% dari konsentrasi amonia kontrol. Penggunaan arang aktif terbukti efektif untuk mengurangi konsentrasi amonia saat larutan SCU-CP diaplikasikan pada tanah pasir.

REFERENSI

- [1] DeJong, J. T., Mortensen, B. M., Martinez, B. C., & Nelson, D. C. (2010). Bio-mediated soil improvement. *Ecological Engineering*, 36(2), 197–210.
- [2] Syarif, F., Davino, G. M., & Ardianto, M. F. (2020). Penerapan teknik biocementation oleh *Bacillus subtilis* dan pengaruhnya terhadap permeabilitas pada tanah organik. *Jurnal Saintis*, 20(1), 47–52.
- [3] Barkouki, T. H., Martinez, B. C., Mortensen, B. M., Weathers, T. S., de Jong, J. D., Ginn, T. R., Spycher, N. F., Smith, R. W., & Fujita, Y. (2011). Forward and inverse bio-geochemical modeling of microbially induced calcite precipitation in half-meter column experiments. *Transport in Porous Media*, 90(1), 23–39.
- [4] Yasuhara, H., Neupane, D., Hayashi, K., & Okamura, M. (2012). Experiments and predictions of physical properties of sand cemented by enzymatically-induced carbonate precipitation. *Soils and Foundations*, 52(3), 539–549.
- [5] Putra, H., Yasuhara, H., & Kinoshita, N. (2017). Applicability of natural zeolite for NH-forms removal in enzyme-mediated calcite precipitation technique. *Geosciences*, 7(61), 11–14.
- [6] Cuccurullo, A., Gallipoli, D., Bruno, A. W., Augarde, C., Hughes, P., & La Borderie, C. (2020). Earth stabilisation via carbonate precipitation by plant-derived urease for building applications. *Geomechanics for Energy and The Environment, December*, 1–25. <https://doi.org/10.1016/j.gete.2020.100230>
- [7] Zulfikar, R. A., Putra, H., & Yasuhara, H. (2021). The utilization of milk as a catalyst material in enzyme-mediated calcite precipitation (EMCP) for crack-healing in concrete. *Journal of The Civil Engineering Forum*, 7(1), 59–70.
- [8] Putra, H., Erizal, Sutoyo, Simatupang, M., & Yanto, D. H. Y. (2021). Improvement of organic soil shear strength through calcite precipitation method using soybeans as bio-catalyst. *Crystals*, 11(9), 1–14.
- [9] Pemerintah Republik Indonesia. (2001). Peraturan Pemerintah tentang Pengelolaan Kualitas Air Dan Pengendalian Pencemaran Air Nomor 82 Tahun 2001. In *Presiden Republik Indonesia*
- [10] Azizah, M., & Humairoh, M. (2015). Analisis kadar amonia (NH₃) dalam air Sungai Cileungsi. *Nusa Sylva*, 15(1), 47–54.
- [11] Norjanna, F., Efendi, E., & Hasani, Q. (2015). Reduksi amonia pada sistem resirkulasi dengan penggunaan filter yang berbeda. *E-Jurnal Rekayasa Dan Teknologi Budidaya Perairan*, 4(1), 4–7.
- [12] Hasibuan, S., Syafriadiman, S., & Syahputra, M. uhammad N. (2021). The effect of zeolite toward ammonia (NH₃) in tilapia rearing media with recirculation system. *Jurnal Perikanan Universitas Gadjah Mada*, 23(1), 55–62.

- [13] Putra, H., Yasuhara, H., Kinoshita, N., Neupane, D., & Lu, C. W. (2016). Effect of magnesium as substitute material in enzyme-mediated calcite precipitation for soil-improvement technique. *Frontiers in Bioengineering and Biotechnology*, 4(37), 3–10.
- [14] Silaban, T. F., Santoso, L., & Suparmono. (2012). Pengaruh penambahan zeolit dalam peningkatan kinerja filter air untuk menurunkan konsentrasi amonia pada pemeliharaan ikan mas (*Cyprinus carpio*). *E-Jurnal Rekayasa Dan Teknologi Budidaya Perairan*, 1(1), 47–56.
- [15] Nurlela, & Husnah. (2019). Pengaruh penambahan zeolit terhadap penurunan amoniak dalam limbah cair industri karet. *Jurnal Redoks*, 4(2), 32–36.
- [16] Wazzan, I. M. Al, Widiyanto, T. N., & Priyanto, N. (2020). Penggunaan zeolit sebagai absorben amonia pada simulasi transportasi koi sistem tertutup. *Prosiding Seminar Nasional Perikanan Dan Kelautan, September*, 111–118.
- [17] Mifbakhuddin. (2010). Pengaruh ketebalan karbon aktif sebagai media filter terhadap penurunan kesadahan air sumur artesis. *Eksplanasi*, 5(2), 1–11.
- [18] Palupi, R. D., Siringoringo, R. M., & Hadi, T. A. (2012). Status rekrutmen karang *Scleractinia* di perairan Kendari Sulawesi Tenggara. *Ilmu Kelautan*, 17(3), 170–175.
- [19] Kurniawan, A., Afrizal, Y., & Gunawan, A. (2016). Pengaruh pemanfaatan pecahan terumbu karang sebagai pengganti agregat halus terhadap kuat tekan beton. *Jurnal Nersia*, 8(2), 17–24.
- [20] Nurhidayanti, N., Ardiatma, D., & Anggriawan, B. (2020). Pemanfaatan karbon aktif dari tempurung kelapa dalam menurunkan kadar amonia total dalam air limbah industri. *Jurnal Pelita Teknologi*, 15(1), 68–76.
- [21] Aman, F., Mariana, Mahidin, & Maulana, F. (2018). Penyerapan limbah cair amonia menggunakan arang aktif ampas kopi. *Jurnal Litbang Industri*, 8(1), 47–52.
- [22] Nurhasni, Hendrawati, & Saniyyah, N. (2014). Sekam padi untuk menyerap ion logam tembaga dan timbal dalam air limbah. *Jurnal Kimia Valensi*, 4(1), 36–44.
- [23] Ristiana, N., Astuti, D., & Kurniawan, T. P. (2009). Keefektifan ketebalan kombinasi zeolit dengan arang aktif dalam menurunkan kadar kesadahan air sumur di Karangtengah Weru Kabupaten Sukoharjo. *Jurnal Kesehatan*, 2(1), 91–102.
- [24] Septiani, M., Darajat, Z., Kurniawan, D., & Pasinda, I. (2021). Kajian perbandingan efektivitas adsorben ampas kopi dan fly ash pada penurunan konsentrasi amonia (NH₃) dalam limbah cair urea. *Jurnal Sains Terapan*, 7(2), 52–59.
- [25] Lempang, M. (2014). Pembuatan dan kegunaan karbon aktif. *Info Teknis EBONI*, 11(2), 65–80.

-
- [26] Putri, A. C., Sulistiyani, & Rahardjo, M. (2017). Efektivitas penggunaan karbon aktif dan karang jahe sebagai filtrasi untuk menurunkan Kadar amoniak limbah cair Rumah Sakit Semen Gresik. *Jurnal Kesehatan Masyarakat (e-Journal)*, 5(5), 470–47
- [27] Dewi, R., Azhari, & Nofriadi, I. (2020). Aktivasi karbon dari kulit pinang dengan menggunakan aktivator kimia KOH. *Jurnal Teknologi Kimia Unimal*, 9(2), 1–11.
- [28] Li, W., Peng, J., Zhang, L., Yang, K., Xia, H., Zhang, S., & Guo, S. hui. (2009). Preparation of activated carbon from coconut shell chars in pilot-scale microwave heating equipment at 60 kW. *Waste Management*, 29(2), 756–760.
- [29] Said, N. I., & Wahjono, H. D. (1999). *Teknologi Pengolahan Air Bersih dengan Proses Saringan Pasir Lambat “Up Flow.”* Badan Pengkajian Dan Penerapan Teknologi.