

Agen Desorpsi Terbaik Pada Regenerasi Batu Apung Sungai Pasak Untuk Penyisihan Amonium (NH_4^+) Dalam Air

¹Ningsih Ika Pratiwi*; ²Shinta Indah; ²Denny Helard

¹ Balai Besar Teknologi Pencegahan Pencemaran Industri, Jl. Ki Mangunsarkoro No.6 Kota Semarang

²Jurusan Teknik Lingkungan Universitas Andalas, Limau Manis, Kota Padang, Indonesia

*E-mail : ningsih.ika13@gmail.com

Abstrak – Batu apung dikenal sebagai material low-cost yang memiliki struktur berpori sehingga berpotensi sebagai adsorben untuk menyisihkan senyawa polutan dalam air, seperti amonium yang hadir sebagai dampak aktivitas industri, pertanian maupun domestik. Keberadaan batu apung yang melimpah terdapat di daerah Sungai Pasak dan hingga saat ini belum dimanfaatkan. Kemungkinan adanya regenerasi dari adsorben yang telah digunakan merupakan keuntungan proses adsorpsi sebagai salah satu teknologi ramah lingkungan. Regenerasi dapat dilakukan melalui proses desorpsi sehingga reuse dapat diterapkan terhadap adsorben dan recovery terhadap senyawa yang disisihkan. Tujuan penelitian ini adalah untuk mengetahui agen desorpsi terbaik yang berguna untuk regenerasi, yaitu memperpanjang masa pakai batu apung khususnya pada proses penyisihan amonium. Regenerasi terdiri dari percobaan adsorpsi dan desorpsi dengan metode batch sebanyak 2 kali reuse menggunakan kondisi optimum yang diperoleh, terdiri dari pH, waktu kontak, ukuran serta dosis batu apung yang diaplikasikan pada larutan artifisial dan sampel. Proses desorpsi menggunakan agen desorpsi asam (HCl), netral (akuades) dan basa (NaOH). Percobaan pada larutan artifisial amonium 4 mg/l menghasilkan HCl sebagai agen desorpsi terbaik dengan kapasitas adsorpsi tertinggi, yaitu reuse I 6,335 mg/g serta reuse II 6,018 mg/g dengan efisiensi penyisihan rata-rata 46,324%. Agen HCl juga memberikan % desorpsi tertinggi pada proses desorpsi I dan II sebesar 89,734% dan 88,048%. Percobaan juga dilakukan terhadap sampel air tanah dekat area pertanian dengan % desorpsi pada desorpsi I dan II yaitu 87,875% dan 86,892%, dengan kapasitas adsorpsi saat reuse I dan II adalah 1,889 mg/g dan 1,845 mg/g. Hasil penelitian menunjukkan agen terbaik untuk regenerasi batu apung yaitu asam (HCl) dengan kemampuan hingga 2 kali reuse dengan nilai efisiensi penyisihan dan kapasitas adsorpsi hampir sama dengan nilai adsorpsi awal, sehingga memungkinkan untuk dilakukan reuse selanjutnya. Potensi batu apung Sungai Pasak ini dapat dimanfaatkan dalam pengolahan air tanah maupun air limbah dengan kandungan amonium yang rendah.

Kata Kunci: adsorpsi, agen desorpsi, batu apung, penyisihan amonium, regenerasi adsorben

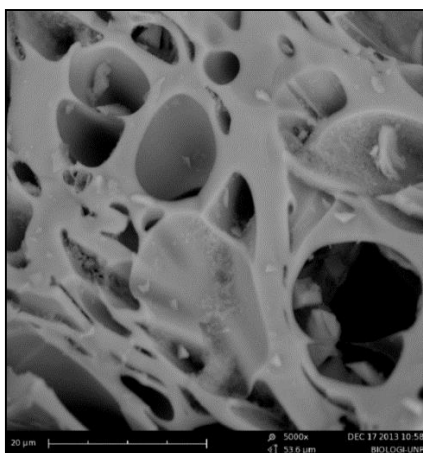
1. PENDAHULUAN

Sumber amonium paling banyak berasal dari aktivitas pertanian seperti pemberian pupuk, aktivitas peternakan, domestik maupun air limbah industri seperti industri pupuk, karet, tekstil hingga makanan seperti industri tahu. Senyawa amonium meningkatkan kadar BOD dan COD serta dapat teroksidasi membentuk nitrat dan nitrit yang berbahaya bagi kesehatan manusia apabila masuk ke dalam tubuh melalui air minum yang berasal dari air baku tercemar. Keberadaan senyawa ini juga menimbulkan bau pada air. Baku mutu konsentrasi amonium bervariasi, untuk air minum yaitu sebesar 1,5 mg/l sesuai Permenkes No 492/2010 tentang Persyaratan Kualitas Air Minum, sedangkan untuk air limbah industri dengan rentang 0,25 – 25 mg/l dalam PermenLH Nomor 5/2014 tentang Baku Mutu Air Limbah.

Salah satu metode pengolahan atau penyisihan pencemar yaitu adsorpsi. Adsorpsi merupakan peristiwa menempelnya suatu zat pada permukaan zat lain karena kekuatan gaya tarik dari permukaan suatu zat. Salah satu keuntungan menggunakan proses adsorpsi adalah adanya kemungkinan regenerasi dari adsorben yang telah digunakan sehingga dapat dilakukan reuse terhadap adsorben tersebut dan recovery terhadap senyawa yang disisihkan. Desorpsi dapat dilakukan dengan mengontakkan adsorben yang telah digunakan dengan larutan yang dikenal dengan agen desorpsi, berupa larutan asam, netral dan basa (Wankasi, 2005).

Penggunaan adsorben low-cost dari batuan alami seperti zeolit, perlit dan batu apung saat ini mendapat perhatian khusus. Batu apung (pumice) adalah jenis batuan yang berwarna

terang yang mengandung buih yang terbuat dari gelembung dan biasanya disebut juga sebagai batuan gelas vulkanik silikat karena strukturnya yang berpori. Batu apung mengandung kapiler-kapiler halus dimana adsorbat akan teradsorpsi pada kapilernya sehingga dapat dijadikan sebagai adsorben (Edahwati & Suprihatin, 2011).



Gambar 1. Hasil SEM Batu Apung Sungai Pasak
Sumber: Novitasari, 2014

Penelitian terdahulu membuktikan bahwa batu apung sebagai adsorben mampu menyisihkan pencemar, seperti penyisihan logam besi, kromium dan mangan dari air (Indah, et al, 2017), penyisihan materi organik dari air gambut (Edwardo dkk, 2012) dan penyisihan minyak lemak (Miskah, 2010) dengan efisiensi penyisihan berturut-turut 98%, 89,78% dan 69%. Sedangkan penelitian mengenai studi regenerasi menggunakan adsorben yang sama juga telah dilakukan untuk parameter penyisihan besi, kromium dan mangan (Indah, et al, 2017), nitrat (Helard, 2018) dan nitrit (Saputra, 2016) yang membuktikan bahwa batu apung dapat diregenerasi dengan efisiensi penyisihan berkisar 56-91%. Nilai ini masih dalam rentang yang sama dengan efisiensi penyisihan sebelum reuse. Penelitian ini dilakukan untuk menentukan agen desorpsi terbaik di antara agen asam, netral dan basa untuk regenerasi adsorben batu apung Sungai Pasak serta menentukan kapasitas adsorpsi batu apung Sungai Pasak dalam menyisihkan amonium dalam air tanah setelah diregenerasi hingga 2 kali reuse pada kondisi optimum. Hasil penelitian ini kemudian dapat digunakan dalam penggunaan sumber daya alam yang kurang dimanfaatkan yaitu batu apung sebagai adsorben serta menawarkan teknologi tepat guna ramah lingkungan dengan biaya terjangkau yang nantinya dapat diaplikasikan kepada masyarakat.

2. METODE PENELITIAN

2.1. Persiapan Alat dan Bahan

Alat yang digunakan dalam penelitian ini adalah *shaker*, neraca analitik, pH meter, *hot plate*, *Magnetic stirrer* dan Spektrofotometer UV-Vis (Shimadzu, UV-2600). Pembuatan adsorben dilakukan dengan dicuci terlebih dahulu untuk menghilangkan pengotor yang menempel, kemudian batu apung dikering anginkan, dihaluskan dan diayak dengan diameter <math><63 \mu\text{m}</math>. Larutan percobaan yang disiapkan adalah pereaksi Nessler, garam *seignette*, larutan artifisial amonium serta agen desorpsi HCl 0,1 M, akuades dan NaOH 0,1 M.

2.2. Metode Penelitian

Proses desorpsi dilakukan terhadap serbuk batu apung yang telah digunakan pada proses adsorpsi dengan kondisi optimum. Parameter yang digunakan pada proses adsorpsi adalah pH

6, dosis adsorben 3 g/l, diameter adsorben <63 μm , waktu kontak 30 menit, dan konsentrasi adsorbat 4 mg/l yang diperoleh dari penelitian tentang studi kemampuan adsorpsi batu apung Sungai Pasak dalam penyisihan amonium oleh Huwaida (2017). Selanjutnya adsorben yang telah di-desorpsi digunakan kembali (*reuse*) untuk proses adsorpsi sebanyak 2 kali *reuse*.

Larutan artifisial dimasukkan ke dalam erlenmeyer yang telah berisi serbuk batu apung lalu diaduk dengan kecepatan 100 rpm selama 30 menit. Percobaan terdiri dari adsorpsi I (awal), desorpsi I, adsorpsi II (*reuse* I), desorpsi II dan adsorpsi III (*reuse* II). Percobaan dilakukan triplo untuk mendapatkan data yang akurat. Perbandingan adsorben dengan agen desorpsi yaitu 1:200. Agen desorpsi dimasukkan ke dalam erlenmeyer berisi serbuk batu apung yang telah digunakan pada adsorpsi dan diaduk dengan kecepatan 100 rpm selama 30 menit. Supernatan dari proses adsorpsi dan desorpsi kemudian diukur konsentrasi amoniumnya. Agen desorpsi terbaik yaitu agen yang memiliki kapasitas adsorpsi terbaik pada saat *reuse* adsorben batu apung, yang kemudian diaplikasikan pada sampel air tanah dekat area pertanian. Penelitian dilakukan skala laboratorium secara *batch* di Laboratorium Air Jurusan Teknik Lingkungan Universitas Andalas.

2.3. Pengolahan Data

Efisiensi dinyatakan dengan persentase dan besarnya dapat dihitung berdasarkan persamaan:

$$\%R = \frac{C_{in} - C_{out}}{C_{in}} \times 100\% \quad (1)$$

Kapasitas adsorpsi merupakan besarnya kemampuan adsorben dalam mengadsorpsi amonium. Besarnya kapasitas adsorpsi dapat dihitung berdasarkan persamaan:

$$q_e = \frac{\%R}{100} \times C_{in} \times \frac{V}{m} \quad (2)$$

Keterangan: R = Efisiensi Penyisihan (%); q_e = Kapasitas adsorpsi (mg/g); C_{in} = Konsentrasi amonium awal (mg/l); C_{out} = Konsentrasi amonium akhir (mg/l); V = Volume larutan yang digunakan (l); M = Berat adsorben yang digunakan (g).

Persentase desorpsi dihitung dengan menggunakan persamaan:

$$\%Desorpsi = \frac{\text{Jumlah nitrat yang didesorpsi}}{\text{Jumlah nitrat yang diadsorpsi}} \times 100 \quad (3)$$

3. HASIL DAN PEMBAHASAN

3.1. Percobaan Utama

3.1.1. Proses Adsorpsi I, II dan III

Data hasil percobaan serta perbandingan efisiensi penyisihan dan kapasitas adsorpsi amonium pada proses adsorpsi I, II dan III dapat dilihat pada **Tabel 1**. Terjadi peningkatan efisiensi pada adsorpsi II dan penurunan pada adsorpsi III menggunakan agen HCl. Sedangkan agen akuades dan NaOH mengalami penurunan efisiensi pada setiap proses adsorpsi yang dilakukan. Adsorpsi I dilakukan menggunakan adsorben batu apung yang masih *fresh* (belum pernah digunakan dalam proses adsorpsi sebelumnya).

Tabel 1. Efisiensi Penyisihan dan Kapasitas Adsorpsi Amonium pada Proses Adsorpsi Percobaan Utama

Agen Desorpsi	Efisiensi Penyisihan (%)			Kapasitas Adsorpsi (mg/g)		
	pada Adsorpsi ke-...			pada Adsorpsi ke-...		
	I	II	III	I	II	III
HCl	43,713	47,515	45,133	5,828	6,335	6,018
Akuades	43,650	42,270	40,887	5,820	5,636	5,452
NaOH	42,771	37,709	36,291	5,703	5,028	4,839

Sumber: Data Penelitian, 2017

Peningkatan kapasitas adsorpsi pada proses adsorpsi II berhubungan dengan proses desorpsi I yang telah dilakukan terhadap adsorben. Kapasitas adsorpsi II yang tertinggi

berada pada adsorben yang didesorpsi menggunakan agen HCl. Dalam hal ini, dimungkinkan bahwa proses desorpsi dengan agen HCl berhasil dilakukan sehingga ion amonium yang telah terikat pada pori-pori adsorben terlepas dan pori-pori menjadi kosong kembali. Hal ini berpengaruh pada proses adsorpsi yang menghasilkan kapasitas adsorpsi yang lebih tinggi dari sebelumnya. Pada proses desorpsi, dimungkinkan adsorben teraktivasi oleh agen HCl yang menyebabkan terjadinya perubahan pori-pori pada adsorben sehingga dapat mengadsorpsi adsorbat lebih banyak dari sebelumnya. Selain itu, agen HCl pada proses desorpsi dapat mempengaruhi pH larutan pada proses adsorpsi berikutnya sehingga dapat berdampak pada efisiensi penyisihan dan kapasitas adsorpsi yang diperoleh.

Proses adsorpsi dengan desorpsi menggunakan agen akuades memiliki kapasitas adsorpsi yang lebih kecil dibandingkan dengan agen HCl karena akuades tidak memiliki kemampuan pertukaran ion yang kompetitif seperti halnya asam dan basa (Yan, 2001). Kondisi pH dari larutan artifisial pada proses adsorpsi II akan tetap berada pada pH optimum. Hal ini dikarenakan akuades memiliki pH netral yang tidak akan berpengaruh pada gugus-gugus aktif yang terdapat pada batu apung.

Proses adsorpsi dengan agen NaOH memiliki kapasitas adsorpsi lebih kecil dibandingkan dengan agen HCl maupun akuades. Efisiensi penyisihan serta kapasitas adsorpsi mengalami penurunan pada setiap proses adsorpsi karena jumlah amonium yang terdesorpsi oleh agen NaOH lebih sedikit dibandingkan dengan kedua agen lainnya. Kondisi adsorben serbuk batu apung dimungkinkan terpengaruh, seperti naiknya pH larutan akibat ion OH^- yang terbawa pada adsorben.

Setelah mengamati hasil berupa efisiensi penyisihan dan kapasitas adsorpsi yang diperoleh dari ketiga proses adsorpsi ini, nilai terbesar didapat pada adsorben yang didesorpsi oleh agen HCl. Hasil yang sama juga diperoleh pada penelitian Helard et al. (2018) dan Indah et al. (2017) bahwa agen desorpsi terbaik pada adsorpsi nitrat dan kromium adalah HCl. Sedangkan pada penelitian Saputra (2016) dalam menyisihkan nitrit, agen desorpsi terbaik berupa NaOH. Berdasarkan beberapa hasil tersebut, kapasitas adsorpsi dan efisiensi penyisihan pada proses adsorpsi dengan adsorben yang digunakan kembali dipengaruhi oleh jenis adsorbat yang disisihkan.

3.1.2. Proses Desorpsi I dan II

Pemilihan agen desorpsi terbaik dilakukan berdasarkan agen yang memberikan kapasitas adsorpsi terbesar pada proses adsorpsi selanjutnya. Adapun perbandingan % desorpsi yang didapat untuk proses desorpsi I dan II senyawa amonium dapat dilihat pada Tabel 2.

Tabel 2. Perbandingan % Desorpsi I dan % Desorpsi II pada Percobaan Utama

Agan Desorpsi	% Desorpsi I	% Desorpsi II
HCl	89,734	88,048
Akuades	66,296	65,491
NaOH	60,537	60,268

Sumber: Data Penelitian, 2017

Persentase desorpsi terbesar terdapat pada proses desorpsi dengan menggunakan agen yang bersifat asam yaitu HCl 0,1 M, seperti yang terlihat pada **Tabel 2**. Menurut Wankasi et al. (2005), proton-proton (H^+) dalam larutan asam menggantikan ion-ion positif pada permukaan adsorben, dalam hal ini yaitu ion amonium (NH_4^+). Pada agen penukar proton seperti HCl, ion-ion H^+ yang dilepaskan oleh HCl memiliki ikatan yang sangat kuat terhadap permukaan adsorben. Sedangkan menurut Horsfall et al. (2006), agen basa menghasilkan persentase desorpsi yang rendah karena gugus-gugus tersebut menjadi kurang terprotonasi sehingga ion-ion positif yang berikatan sulit terlepas dari adsorben.

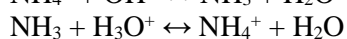
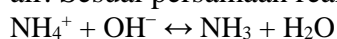
Agan HCl memberikan % desorpsi yang terbesar baik pada proses desorpsi I maupun desorpsi II dengan persentase tertinggi mencapai 89,734%. Penurunan % desorpsi pada

proses desorpsi II terjadi pada semua agen desorpsi karena kemampuan agen desorpsi tidak sebanding dengan jumlah adsorbat yang terdapat pada adsorben. Adsorbat yang terdapat pada adsorben saat proses desorpsi II merupakan akumulasi dari adsorbat sisa proses desorpsi I dan adsorbat hasil adsorpsi II. Kedua proses tersebut memungkinkan terdapat banyaknya adsorbat pada permukaan adsorben yang tidak seluruhnya dapat terdesorpsi.

Persentase desorpsi amonium yang diperoleh cukup tinggi yaitu >60% berkaitan dengan mekanisme adsorpsinya yang memiliki persamaan *isotherm* yang sesuai dengan model Freundlich berdasarkan penelitian adsorpsi. Hal ini menunjukkan bahwa proses adsorpsi yang terjadi antara adsorben serbuk batu apung dan ion amonium berupa proses adsorpsi fisik yang bersifat *reversible*. Berdasarkan penelitian tersebut, diperoleh nilai $1/n > 1$ yang menunjukkan bahwa terdapat ikatan lemah antara adsorben dengan adsorbat sehingga adsorbat yang berupa ion amonium mudah terlepas dari adsorben. Gaya Van Der Waals yang terlibat pada proses fisik memungkinkan adsorbat bergerak dari satu bagian permukaan ke bagian permukaan lain dari adsorben karena adsorbat terikat sangat lemah dengan adsorben.

3.1.3. Analisis Agen Desorpsi

Agen desorpsi HCl memberikan % desorpsi yang tertinggi dibandingkan dengan dua agen lainnya. Agen desorpsi yang berupa asam, netral dan basa tentu berkaitan dengan pH larutan. Hasil ini sesuai dengan penelitian Guo et al. (2013) yang menyatakan bahwa desorpsi amonium meningkat pada pH yang semakin rendah. Agen desorpsi NaOH juga memberikan % desorpsi yang tidak berbeda jauh dengan agen HCl, namun lebih kecil. Hal ini terjadi karena ion amonium (NH_4^+) berubah menjadi amonia (NH_3) pada pH larutan >8 (Huang, 2010). Selain itu, menurut Ma et al. (2011), ion amonium akan bereaksi dengan ion OH^- sehingga membentuk $\text{NH}_3 \cdot \text{H}_2\text{O}$. Semakin tinggi konsentrasi $\text{NH}_3 \cdot \text{H}_2\text{O}$, maka semakin sedikit ion amonium yang terkandung dalam air. Agen akuades tidak terlalu memberikan % desorpsi yang tinggi. Hal ini akibat adanya reaksi yang *reversible* tentang keberadaan amonium dalam air. Sesuai persamaan reaksi (Weatherley & Miladinovic, 2004):



Kapasitas adsorpsi batu apung yang terbesar terdapat pada adsorben yang telah didesorpsi oleh agen HCl sehingga HCl merupakan agen terbaik dalam regenerasi batu apung untuk menyisihkan amonium secara adsorpsi. Menurut Wankasi et al. (2005), lamanya waktu kontak antara pencemar dan reagen *recovery* mempengaruhi tingkat *recovery* pencemar oleh adsorben sehingga kemungkinan untuk memperoleh 100% desorpsi dapat terjadi jika waktu kontak antara adsorben dengan agen desorpsi dapat diperpanjang.

3.2. Percobaan Aplikasi

3.2.1. Proses Adsorpsi I, II dan III

Percobaan aplikasi ini menggunakan dua kondisi berdasarkan pH. Pada kondisi pertama menggunakan pH optimum yaitu pH 6, sedangkan kondisi kedua menggunakan pH asli sampel air tanah yang diukur pada saat *sampling*. Percobaan aplikasi dilakukan pada air tanah dengan menggunakan kondisi optimum adsorpsi serta didesorpsi menggunakan agen regenerasi terbaik.

Tabel 3. Efisiensi Penyisihan dan Kapasitas Adsorpsi pada Proses Adsorpsi Percobaan Aplikasi

Kondisi	Efisiensi Penyisihan (%) pada Adsorpsi ke-...			Kapasitas Adsorpsi (mg/g) pada Adsorpsi ke-...		
	I	II	III	I	II	III
Artifisial	43,713	47,515	45,133	5,828	6,335	6,018
pH Optimum	34,992	34,243	33,441	1,930	1,889	1,845
pH Sampel	23,926	23,784	23,351	1,320	1,312	1,288

Sumber: Data Penelitian, 2017

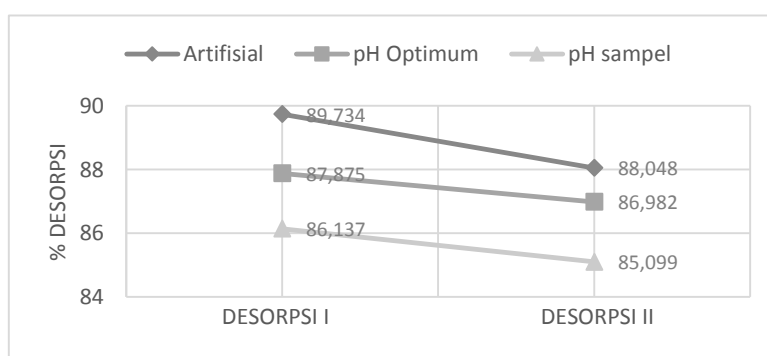
Efisiensi penyisihan maupun kapasitas adsorpsi pada larutan artifisial memiliki nilai yang tertinggi karena konsentrasi awal adsorbat berbanding lurus dengan kapasitas adsorpsi. Semakin besar konsentrasi awal adsorbat maka semakin besar pula kapasitas adsorpsi, begitu juga sebaliknya. Hal ini sesuai dengan yang disebutkan oleh Eckenfelder (2000) bahwa semakin besar konsentrasi adsorbat dalam larutan maka semakin banyak substansi yang terkumpul pada permukaan adsorben. Efisiensi penyisihan dan kapasitas adsorpsi pada sampel dengan pH optimum lebih besar daripada sampel dengan pH asli karena adsorben mencapai keadaan jenuh pada kondisi optimum. Keadaan jenuh ini terjadi dimana seluruh permukaan adsorben telah berkontak dengan adsorbat. Sampel dengan pH asli yaitu 6,9 memberikan efisiensi penyisihan dan kapasitas adsorpsi yang lebih rendah. Hal ini membuktikan bahwa pH merupakan faktor penting yang berpengaruh pada proses adsorpsi. Hedstrom (2011) juga menyebutkan bahwa pada $pH > 6$ terjadi penurunan efisiensi penyisihan amonium dalam air karena keseimbangan amonium dalam larutan sangat dipengaruhi oleh pH.

Efisiensi penyisihan pada sampel memiliki hasil yang lebih rendah dibandingkan dengan hasil yang didapatkan pada larutan artifisial karena adanya senyawa-senyawa selain amonium yang terkandung dalam sampel air tanah. Senyawa lain ini dapat mempengaruhi proses adsorpsi karena adanya kompetisi dengan amonium untuk teradsorpsi pada adsorben. Lain halnya dengan larutan artifisial yang hanya mengandung amonium sehingga proses adsorpsi tidak terganggu oleh senyawa lainnya.

3.2.2. Proses Desorpsi I dan II

Berdasarkan percobaan dengan larutan artifisial, HCl merupakan agen desorpsi terbaik dan memiliki efisiensi penyisihan serta kapasitas adsorpsi tertinggi pada saat *reuse*. Adapun perbandingan antara % desorpsi I dan % desorpsi II ion amonium dapat dilihat pada **Gambar 2**.

Persentase desorpsi amonium pada sampel dengan pH optimum pada adsorpsi I memiliki hasil desorpsi yang lebih tinggi dibandingkan dengan % desorpsi pada pH sampel. Hal ini berkaitan dengan kapasitas adsorpsi sampel, karena semakin banyak ion amonium yang terserap maka kemungkinannya untuk terdesorpsi pun akan semakin besar. Seperti yang terjadi pada percobaan dengan larutan artifisial, % desorpsi mengalami penurunan pada proses desorpsi II untuk kedua agen desorpsi. Hal tersebut kemungkinan terjadi karena semakin banyaknya ion amonium dan senyawa lainnya yang terakumulasi pada adsorben dari proses-proses sebelumnya. Penurunan % desorpsi yang tidak terlalu signifikan ini menghasilkan efisiensi penyisihan yang juga tidak terlalu berbeda pada proses adsorpsi III karena kemungkinan batu apung belum mengalami kejenuhan sehingga masih dapat mengadsorpsi ion-ion amonium.



Gambar 2. Perbandingan % Desorpsi I dan II pada Percobaan Aplikasi

4. SIMPULAN, SARAN, DAN REKOMENDASI

Agen desorpsi terbaik adalah agen HCl, dengan efisiensi penyisihan dan kapasitas adsorpsi pada *reuse* I adalah 47,515% dan 6,335 mg/g serta *reuse* II adalah 45,133% dan 6,018 mg/g, sementara *fresh* adsorben memiliki efisiensi penyisihan 43,713% dengan kapasitas adsorpsi 5,828 mg/g. Pada percobaan aplikasi, sampel air tanah dengan pH optimum memiliki efisiensi penyisihan dan kapasitas adsorpsi yang lebih tinggi dibandingkan sampel air tanah dengan pH aslinya;

Efisiensi penyisihan dan kapasitas adsorpsi pada sampel air tanah yang lebih rendah dibandingkan larutan artifisial membuktikan adanya senyawa lain yang terdapat dalam air tanah yang mempengaruhi proses adsorpsi sehingga perlu dilakukan penelitian menggunakan metode lain.

5. ACKNOWLEDGEMENT:

Penulis mengucapkan terimakasih kepada Fakultas Teknik Universitas Andalas atas dukungan finansial untuk penelitian ini (Grand No. 11/H.16/UPT/LPPM/2016).

6. DAFTAR PUSTAKA

- Eckenfelder, W. W. (2000). *Industrial Water Pollution Control* 3rd Edition. Singapore: Mc Graw-Hill
- Edwardo, A., Darmayanti, L., Rinaldi. (2012). Pengolahan Air Gambut dengan Media Filter Batu Apung. *Jurnal Ilmiah Teknik Sipil*, 1(1), 1–12.
- Edahwati, L. dan Suprihatin. (2011). Kombinasi Proses Aerasi, Adsorpsi dan Filtrasi pada Pengolahan Air Limbah Industri Perikanan. *Jurnal Ilmiah Teknik Lingkungan* 1(2).
- Guo, X., Zeng, L. dan Jin, X. (2013). Advanced Regeneration and Fixed-Bed Study of Ammonium and Potassium Removal from Anaerobic Digested Wastewater by Natural Zeolite. *Journal of Environmental Sciences* 2013, 25(5) 954–961.
- Hedstrom, Annelie. (2001). Ion Exchange of Ammonium in Zeolites: A Literature Review. *Journal of Environmental Engineering*, 127(8), 673–681. doi:10.1061/(asce)0733-9372(2001)127.
- Helard, D., Indah, S., Sari, C. M., & Mariesta, H. (2018). The Adsorption and Regeneration of Natural Pumice as Low- Cost Adsorbent for Nitrate Removal From Water. *Journal of Geoscience, Engineering, Environment and Technology* 03(02). <https://doi.org/10.24273/jgeet.2018.3.2.1545>
- Horsfall Jnr, Michael, Ogban, Fred E. Y Akporhonor, Eyetemi E. (2006). Recovery of Lead and Cadmium Ions from Metal-Loaded Biomass of Wild Cocoyam (*Caladium bicolor*) Using Acidic, Basic and Neutral Eluent Solutions. *Journal of Biotechnology, Nigeria: Delta State University*.
- Huang, H., Xiao, X., Yan, B. dan Yang, L. (2010). Ammonium Removal from Aqueous Solutions by Using Natural Chinese (Chende) Zeolite as Adsorbent. *Journal of Hazardous Materials* 175, 247–252.
- Huwaida, A. (2017). Pemanfaatan Batu Apung Sungai Pasak Pariaman sebagai Adsorben untuk Menyisihkan Amonium (NH₄⁺) dari Air Tanah. Jurusan Teknik Lingkungan Universitas Andalas.
- Indah, S., Helard, D., Binuwara, A. (2017). Studies on Desorption and Regeneration of Natural Pumice for Iron Removal from Aqueous Solution. *Water Science and Technology* (2), 509-515.
- Indah, S., Helard, D., Edwin, T., & Pratiwi, R. (2017). Utilization of Pumice from Sungai Pasak, West Sumatera, Indonesia as Low-Cost Adsorbent in Removal of Manganese from Aqueous Solution. *AIP Conference Proceedings* 1823, 020072. doi:10.1063/1.4978145.
- Indah, S., Helard, D., Marchelly, F., & Putri, D. E. (2017). Adsorption and Regeneration of Indonesian Natural Pumice for Total Chromium Removal from Aqueous Solution. *Indonesian Journal of Environmental Management and Sustainability* (2), 30-37.

- Ma, Z., Li, Q. dan Yue, Q. (2011). Adsorption Removal of Ammonium and Phosphate from Water by Fertilizer Controlled Release Agent Prepared from Wheat Straw. *Chemical Engineering Journal* 171 (2011) 1209– 1217.
- Miskah, S. (2010). Pemanfaatan Batu Apung untuk Penyisihan Minyak dan Lemak. *Journal of Chemical Engineering Sriwijaya University*, 17(2).
- Novitasari, K. (2014). Pelapisan Besi dan Mangan pada Batu Apung sebagai Adsorben dalam Penyisihan Logam Besi (Fe) dan Mangan (Mn) dari Air Tanah. *Katalog Koleksi Cetak Perpustakaan Universitas Andalas*.
- Saputra, W. 2016. Studi Kemampuan Batu Apung Sungai Pasak, Pariaman sebagai Adsorben dalam Penyisihan Nitrit dari Air Tanah. Padang: Universitas Andalas.
- Wankasi, D., Horsfall, M. Jnr dan Spiff, A. I. 2005. Desorption of Pb^{2+} and Cu^{2+} from Nipa Palm (*Nypa fruticans* Wurmb) Biomass. Nigeria: Niger Delta University. *African Journal of Biotechnology* 4(9), pp 923-927.
- Weatherley L.R dan Miladinovic N.D. (2004). Comparison of The Ion Exchange Uptake of Ammonium Ion onto New Zealand Clinoptilolite and Modernite. *Water Research*, 38, 4305-4312.
- Yan, Guangyu. (2001). Heavy Metal Biosorption by the Fungus *Mucor rouxii*. Canada: University of Regina. *Bioresource Technology* 2001. doi:10.1016/S0960-8524(01)00020-7.