



STUDI PENJERAPAN AMONIA MENGGUNAKAN ZEOLIT ALAM BAYAH TANPA AKTIVASI PADA TAMBAK IKAN

Nuryoto*, Ghani Naufal, Raffli Nurmuhammad, Teguh Kurniawan
Jurusan Teknik Kimia, Fakultas Teknik, Universitas Sultan Ageng Tirtayasa
Jl. Jenderal Sudirman Km 3, Kota Cilegon, Banten, Indonesia
*Email: nuryoto@untirta.ac.id

Abstrak

Amonia merupakan zat beracun yang sangat berbahaya. Di dalam perairan, khususnya air tambak kadar amonia tidak boleh melebihi 0,05 mg/l, jika melebihi konsentrasi tersebut maka ikan kecil yang ada di dalam air tersebut akan mati. Penelitian ini bertujuan untuk menurunkan kadar amonia hingga mencapai ambang batas aman, mengetahui kinerja zeolit alam bayah tanpa aktivasi dalam menurunkan kadar amonia di dalam air, dan menentukan model kinetika adsorpsi yang sesuai untuk menggambarkan fenomena yang terjadi. Observasi dilakukan pada ukuran adsorben 60-100 mesh, suhu penjerapan 30°C, massa zeolit 600 gram/20 liter larutan, dan waktu penjerapan 30-120 menit. Hasil percobaan menunjukkan bahwa persentase amonia yang terjerap oleh zeolit alam Bayah tertinggi diperoleh pada ukuran zeolit 100 mesh dan waktu penjerapan 75 menit yaitu sebesar 68 %.

Kata kunci: Air, Amonia, Penjerapan, Zeolit Bayah

Abstract

Ammonia is a poisonous substance. In water, especially the pond, ammonia concentration should not exceed 0.05 mg/l. Fishes will die if it exceeds this concentration. The purpose of this research was to reduce ammonia concentration to reaching the safe threshold, evaluating the performance of Bayah natural zeolite without activation as an adsorbent in reducing ammonia in water, and determining a suitable adsorption kinetics model for describing the phenomena. The condition used in this study is 60-100 mesh adsorbent size, absorption temperature of 30°C, zeolite mass 600 grams/20 liters of solution, and adsorption time of 30- 120 minutes. The results showed that the highest percentage of ammonium adsorbed by Bayah natural zeolite was 68% using 100 mesh zeolite and 75 minutes adsorption time.

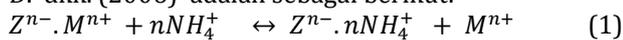
Keywords: Adsorption, Ammonia, Bayah Zeolite, Water

1. PENDAHULUAN

Ikan merupakan sumber protein hewani yang sangat baik untuk manusia. Budidaya ikan telah banyak dilakukan oleh masyarakat Indonesia. Untuk skala rumah tangga saja, petani ikan berjumlah kurang lebih 1.187.563 ekor (Badan Pusat Statistik (BPS). (2013)). Permasalahan yang dihadapi petani atau pembudidaya ikan khususnya tambak adalah menurunnya kualitas air dengan berjalannya waktu. Salah satunya munculnya amonia di dalam perairan tambak atau kolam ikan. Adanya amonia pada air tambak yang melebihi ambang batas yaitu 0,05 mg/l akan berdampak pada tingginya kematian pada ikan,

khususnya ikan-ikan yang masih kecil-kecil dengan daya tahan tubuh yang masih lemah. Amonia pada perairan tambak bersumber dari ekskresi ikan baik dari urin atau fesesnya (Nuryoto, N. dkk., 2020). Menurut perhimpunan dokter ikan (2018), ikan pada air tawar secara umum mengekresikan atau mengeluarkan amonium sebesar 50-100 mg amonium/kg ikan yang berasal dari urin dan fesesnya. Pada dasarnya amonia dapat direduksi atau dihilangkan melalui metode penjerapan menggunakan adsorben yang mempunyai pori-pori lebih besar dari ion amonia. Hasil kajian terkait reduksi amonia menggunakan adsorben telah dilakukan oleh Nuryoto,

N. dkk. (2020) dan Soetardji, J. P. dkk. (2015). Tetapi adsorben yang digunakan adalah adsorben yang telah mengalami aktivasi menggunakan larutan asam. Pada penelitian kali ini dicoba menggunakan zeolit alam Bayah tanpa perlakuan (zeolit alam Bayah fresh/ZABF). Hal ini dilakukan dengan tujuan untuk mengetahui kemampuan kinerja zeolit alam Bayah tanpa aktivasi sebagai adsorben dalam menurunkan kadar amonia yang terkandung di dalam air. Secara sederhana proses penjerapan amonia dalam bentuk ion amonium menggunakan adsorben zeolit menurut Wen, D. dkk. (2006) adalah sebagai berikut:



dengan,

Z = zeolit

M = ion metal yang terkandung di dalam zeolit, Na⁺, Ca⁺, K⁺, dan Mg⁺

Hasil penjerapan dengan adsorben tanpa perlakuan/tanpa aktivasi dibandingkan dengan zeolit dengan aktivasi jelas akan menghasilkan persentase penghilangan amonia yang berbeda. Tetapi jika perbedaan tidak signifikan, maka metode penjerapan tanpa perlakuan bisa menjadi pilihan, karena lebih ekonomis. Proses penjerapan amonia dapat dimaksimalkan, dengan memaksimalkan proses difusi amonia masuk ke pori-pori adsorben. Pemanfaatan zeolit alam didasarkan karena Indonesia mempunyai sumber daya alam zeolit yang belum termanfaatkan secara maksimal baik untuk proses kimia ataupun fisika, seperti yang terjadi di Bayah-Banten. Padahal perkiraan cadangan zeolit alam Bayah berdasarkan perhitungan berdasarkan luas daerah penyebaran kurang lebih 34.000.000 m³ atau sekitar 68-81,6 juta ton (Hastuti, S., dan Subandiyono, S., 2014). Di Banten sendiri jumlah tambak ikan cukup banyak yang tersebar hampir merata di setiap kabubapten dan kota yang ada di Banten. Jadi dengan memanfaatkan zeolit alam Bayah, diharapkan mempunyai 2 manfaat sekaligus, yaitu meningkatkan daya guna zeolit dan permasalahan amonia yang terkandung di dalam air tambak terselesaikan. Untuk memperbesar proses penjerapan, pada penelitian ini akan dilakukan variasi ukuran partikel adsorben (Zeolit alam Bayah) pada rentang tertentu dan memperlama waktu kontak. Pertimbangan tersebut didasari pada penelitian Şahin, D.,ÖZ. dkk. (2019) yang menyatakan bahwa memperkecil ukuran partikel dan memperlama waktu kontak akan memperbesar proses penjerapan yang terjadi. Ukuran adsorben 0,075 mm mampu menjerap 45% amonia sedangkan pada 3-5 mm hanya mampu menjerap 15% saja. Sementara itu pada ukuran

adsorben yang sama (0,075 mm), dengan memperlama waktu kontak, mampu memperpesar persentase penurunan kadar amonia dengan perbedaan yang cukup besar yaitu pada 100 menit amonia yang terjerap 35,5%, dan ketika waktu penjerapannya dinaikan lebih lama, amonia terjerap sebanyak 45%. Dengan memperkecil ukuran ZABF dan memperlama waktu kontak, diharapkan proses penjerapan pada penelitian ini akan berjalan dengan efektif.

2. METODE PENELITIAN

2.1 Bahan Baku

Untuk menguji kemampuan adsorben zeolit alam Bayah, larutan amonia yang digunakan diwakilkan menggunakan larutan NH₄OH dengan konsentrasi 250 mg/L. Setelah dilakukan analisis dengan metode titrasi asam-basa (titran 0,001 M HCl) kadarnya setara dengan 0,0104 M. Adsorben yang digunakan adalah zeolite alam Bayah *fresh* (ZABF) dengan ukuran 60-100 mesh (Ramadhan, A.D. dkk., 2019); (Nindya, C.S.S. dkk., 2020).

2.2 Peralatan Penelitian

Proses penjerapan dilakukan menggunakan bak penampung dengan volume 25 liter. Detail skematik dari peralatan percobaan tersaji pada Gambar 1.

2.3 Prosedur Percobaan

Larutan amonia dengan kadar 0,0104 M sebanyak 20 liter dimasukkan ke bak penampung (Gambar 1). Aerator dihidupkan dan zeolit alam Bayah (60-100 mesh) dimasukkan ke dalam bak tersebut. Sampel sebanyak 10 ml diambil pada menit ke-30. Sampel dianalisis dengan cara yang sama (metode titrasi) untuk mengetahui kadar amonia sisa guna mengetahui banyak amonia yang terjerap. waktu penjerapan diperpanjang sampai 120 menit atau 2 jam untuk ukuran zeolit terbaik. Jika terindikasi pada waktu penjerapan 2 jam amonia masih terjerap dengan baik, maka waktu penjerapan dapat diperpanjang lebih dari 2 jam. Pengambilan sampel dilakukan setiap 15 menit sekali, untuk menentukan kadar amonia yang terjerap. Persamaan guna menentukan besarnya persentase penghilangan amonia selama proses penjerapan berlangsung dihitung dengan persamaan di bawah ini:

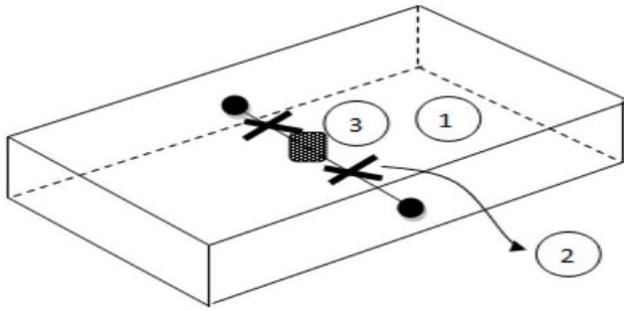
$$X_A = \frac{A_0 - A_t}{A_0} \times 100\% \quad (2)$$

dengan,

X_A : Kadar amonium yang terjerap, %

A_0 : Kadar amonium mula-mula, M

A_t : Kadar amonium pada waktu t, M



Keterangan:

1. Bak penampung untuk larutan amonia
2. Baling-baling aerator
3. Motor penggerak aerator

Gambar 1. Peralatan proses penjerapan amonia menggunakan ZABF

3. HASIL DAN PEMBAHASAN

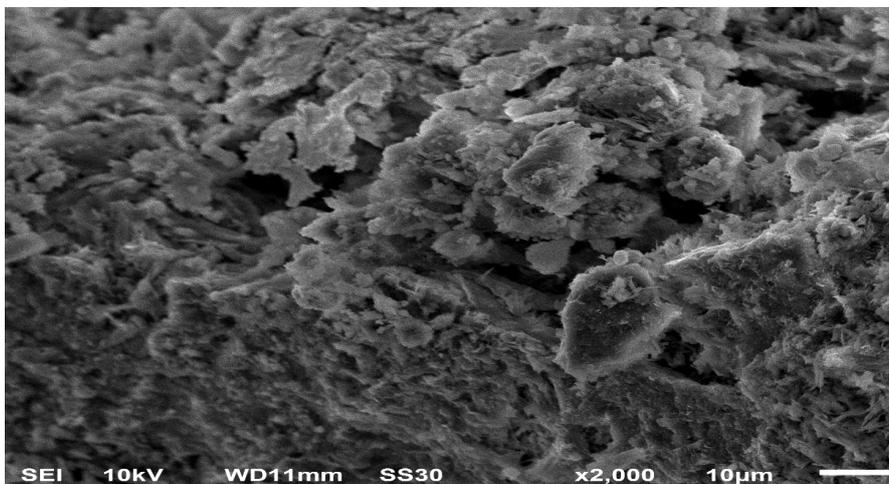
3.1 Hasil Uji SEM Zeolit Alam Bayah Fresh (ZABF)

ZABF sebelum digunakan sebagai adsorben dilakukan analisis menggunakan SEM guna mengetahui apakah dimungkinkan atau tidak ZABF digunakan sebagai adsorben pada penjerapan amonia tersebut. Hal ini penting dilakukan untuk mendeteksi atau memperkirakan berhasil atau tidaknya proses penjerapan yang akan dilakukan nantinya. Gambar 2 menunjukkan bahwa ZABF mengandung banyak lubang pori. Hasil uji luas permukaan dengan zeolit alam yang sejenis menggunakan BET, zeolit alam Bayah tanpa modifikasi memiliki luas permukaan sebesar 55,54 m²/g (Nuryoto, N. dkk., 2016). Data tersebut menunjukkan bahwa ZABF memungkinkan untuk digunakan sebagai penjerap amonia, karena ukuran diameter pori ZABF berkisar 32,57Å (Nuryoto, N. dkk.,

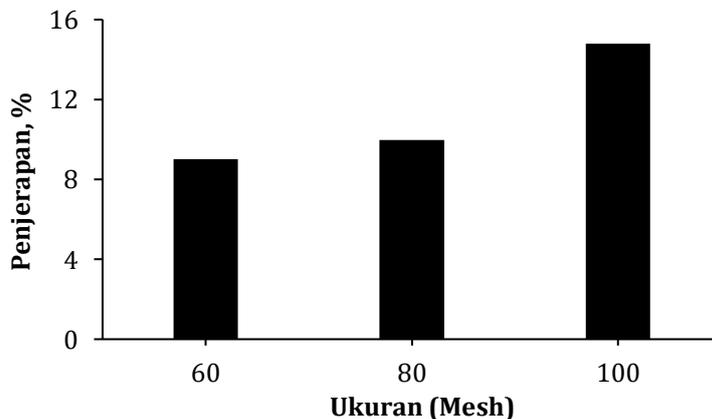
2016), sedangkan diameter molekul amonia hanya 1,045 Å (Rhaska, G., dan Zainul, R., 2019).

3.2. Pengaruh Perbedaan Ukuran Zeolit

Poses penjerapan dapat berlangsung dengan baik jika proses difusi suatu molekul menuju ke dalam pori-pori adsorben berjalan dengan baik. Untuk memaksimalkan proses difusi tersebut dapat dilakukan dengan memperkecil ukuran adsorben (Fogler, S.H., 2006; Sahin, D. OZ. dkk., 2019), untuk memperbesar luas permukaan kontak antara ZABF dan amonia. Dari Gambar 3 terlihat bahwa persentase penghilangan amonia dengan menggunakan ZABF dengan waktu penjerapan selama 30 menit untuk 60, 80, dan 100 mesh berturut-turut adalah sebesar 9,003, 9,968, dan 14,791%. Hasil tersebut menunjukkan bahwa memperkecil ukuran adsorben ZABF berdampak



Gambar 2. Hasil uji SEM (Scanning Electron Microscopy) pada ZABF



Gambar 3. Pengaruh ukuran adsorben ZABF

positif terhadap proses penjerapan yang terjadi dan mampu meningkatkan proses penjerapan amonia. Pada ukuran 60 dan 80 mesh penurunan amonia tidak signifikan, berbeda pada 100 mesh terjadi penurunan yang signifikan. Hal ini menandakan tahanan difusi internal pada ukuran 100 mesh mengalami penurunan yang cukup besar dibandingkan 60 dan 80 mesh, sehingga ion amonia dapat masuk ke bagian dalam ZABF dengan lebih cepat. Kondisi tersebut yang menyebabkan penjerapan pada adsorben 100 mesh dapat berlangsung lebih baik. Hasil serupa juga dialami oleh Wen, D. dkk. (2006) dan Kotoulas, A. dkk. (2019), yang mana semakin kecil ukuran adsorben yang digunakan, maka proses penjerapan amonia semakin baik.

3.3. Pengaruh Waktu Adsorpsi Amonia

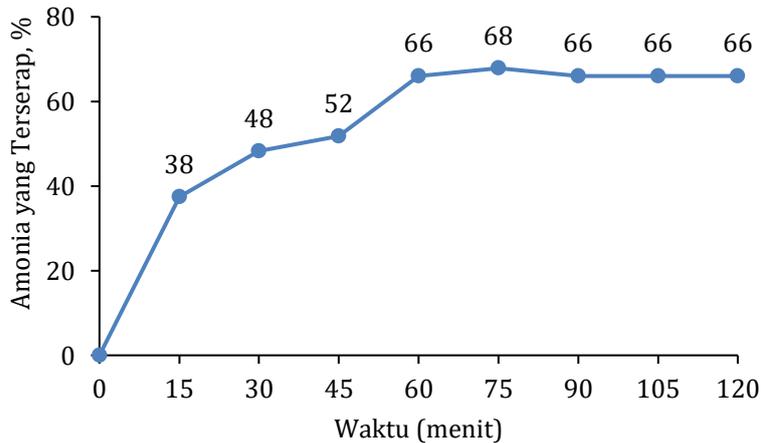
Gambar 4 menunjukkan proses penjerapan efektif terjadi pada rentang waktu 0-75 menit, yang mana persentase penjerapan mengalami peningkatan seiring bertambahnya waktu penjerapan. Pada waktu penjerapan di atas 75 menit, persentase penjerapan justru mengalami penurunan menjadi 66% dan selanjutnya tetap. Hasil tersebut mengindikasikan bahwa amonia pada menit 75 ke atas mengalami proses desorpsi atau terlepasnya kembali ion amonia dari adsorben ZABF. Penurunan adsorpsi disebabkan karena lemahnya interaksi yang terjadi antar ion dengan adsorben untuk terikat pada permukaan adsorben (Pratomo, S. W. dkk., 2017). Kondisi optimum yang dicapai pada ZABF 100 mesh terjadi pada menit ke-75. Profil penjerapan amonium pada Gambar 4 mempunyai kemiripan seperti yang terjadi pada Kotoulas, A. dkk. (2019) dan Sahin, D. OZ. dkk.

(2019), yaitu meningkat cepat di awal lalu terjadi kesetimbangan.

3.4. Kinetika Adsorpsi Ion Ammonia

Untuk menprediksi laju kecepatan adsorpsi ion amonia atau adsorbat ke adsorben, maka diperlukan suatu model matematika. Model matematika yang digunakan untuk memprediksi fenomena yang terjadi pada penelitian ini, merupakan model matematika yang sering digunakan untuk menggambarkan fenomena yang terjadi pada proses penjerapan seperti yang terlihat pada Tabel 1.

Hasil perhitungan model matematika pada Tabel 1, menunjukkan bahwa model kinetika pseudo orde dua (*pseudo second order*) merupakan model yang paling cocok untuk menggambarkan fenomena yang terjadi pada penelitian ini, dengan *curve fitting* yang paling mendekati data dan SSE yang dihasilkan paling kecil sebagaimana terlihat pada Gambar 5 dan Tabel 2 dengan nilai konstanta kecepatan transfer massa sebesar 0,01 mg/M.menit. Hasil penelitian yang dilakukan Wen, D. dkk (2006) menunjukkan hasil serupa dengan perhitungan model pada penelitian ini, yang mana model kinetika *pseudo second order* yang paling baik dalam menggambarkan hasil percobaannya terkait penjerapan ion logam, pewarna, dan zat anorganik dari larutan. Menurut Hamdaoui, O., dan Chiha, M. (2007), model pseudo orde dua memang cukup cocok untuk menggambarkan proses penjerapan yang mempunyai tendensi cepat di awal, kemudian melambat. Terdapat kesesuaian antara pendapat Hamdaoui, O., dan Chiha, M. (2007) dengan profil penjerapan yang terjadi pada penelitian ini sebagaimana terlihat pada Gambar 4 dan Gambar 5.



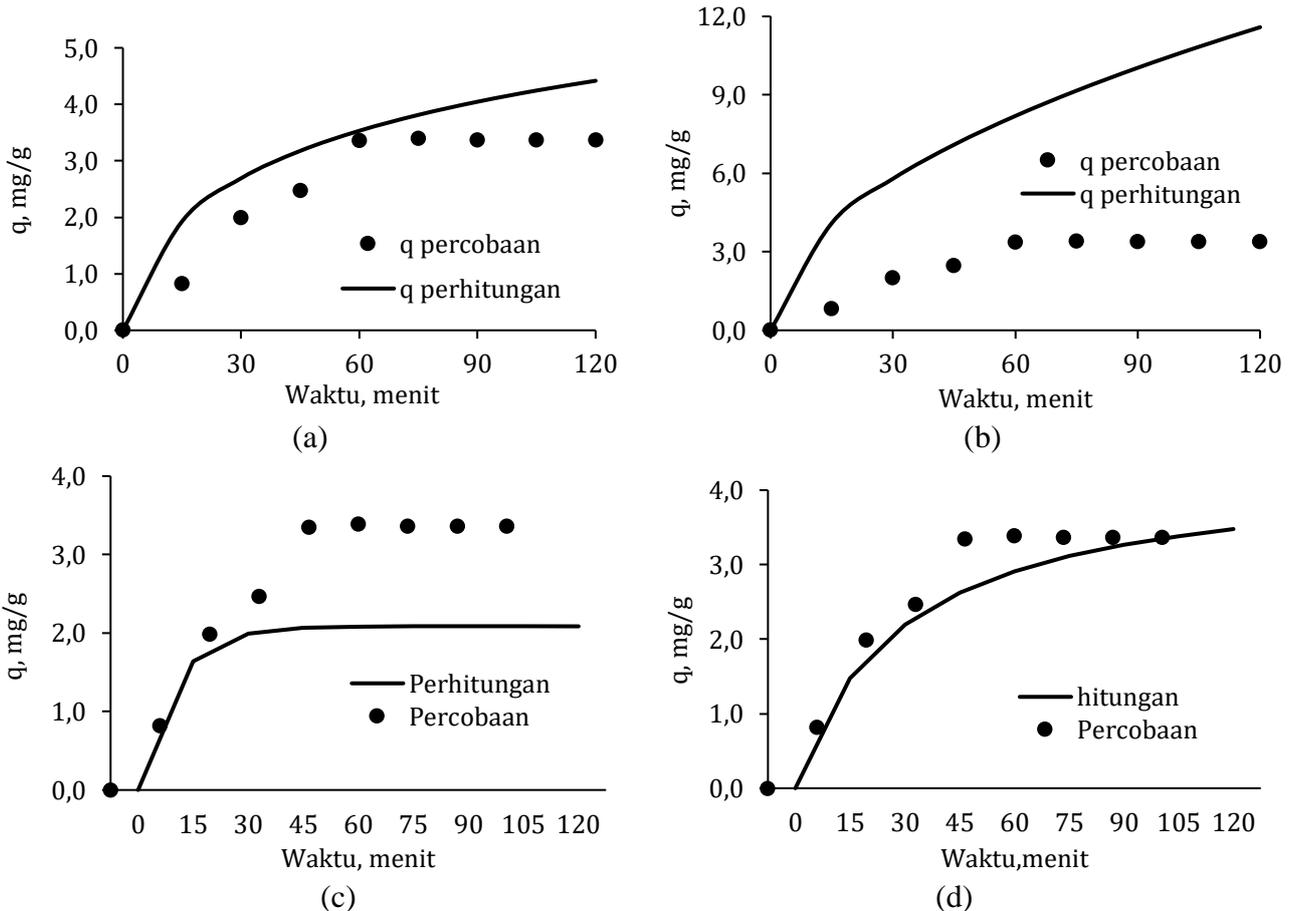
Gambar 4. Pengaruh waktu penjerapan pada ZABF 100 mesh

Tabel 1. Model matematika adsorpsi (Ho, Y. S. dan McKay, G., 1999)

Model	Persamaan
Pseudo orde 1	$\frac{dq_t}{dt} = k(q_e - q_t)$
Pseudo orde 2	$\frac{dq_t}{dt} = k(q_e - q_t)^2$
Elovich	$\frac{dq_t}{dt} = \alpha \exp(\beta q_t)$
Weber-Morris	$q_t = Kex(t)^{1/2}$

Tabel 2. Hasil perhitungan kinetika amonia

No.	Model Kinetika	Konstanta			SSE
		Lambang	Satuan	Nilai	
1	Pseudo-First Order	k	1/menit	0,10	9,04
2	Pseudo-Second Order	k	mg/g.menit	0,01	0,79
3	Elovich	α	mg/g.menit	0,28	4,79
		β	g/mg	0,74	
4	Weber Morris	k	1/menit	1,05	271,43



Gambar 5. Grafik pemodelan kinetika adsorpsi, (a) Elovich, (b) Weber Morris, (c) *pseudo-first order*, dan (d) *pseudo-second order*

4. KESIMPULAN

Kemampuan kinerja ZABF secara umum cukup baik karena mampu menyerap sampai 68% amonia dalam bentuk ion amonium. Fenomena penyerapan mengikuti model matematika pseudo orde 2. Kemampuan penyerapan ZABF singkat sehingga perlu diganti secara berkala.

4. DAFTAR PUSTAKA

Badan Pusat Statistik (BPS) (2013). Analisis Kebijakan Pertanian Indonesia. Statistics Indonesia.
 Fogler, S.H. (2006). Elements of Chemical Reaction Engineering. 4th Edition Prentice Hall International Series in the Physical and Chemical Engineering Sciences

Hamdaoui, O., & Chiha, M. (2007). Removal of Methylene Blue from Aqueous Solutions by Wheat Bran. *Acta Chimica Slovenica*, 54(2).
 Hastuti, S., dan Subandiyono, S. (2014). Production Performance of African Catfish (*Clarias gariepinus*, burch) were Rearing with Biofloc technology. *SAINTEK PERIKANAN: Indonesian Journal of Fisheries Science and Technology*, 10(1), 37-42.
 Ho, Y. S., and McKay, G. (1999). Pseudo-second order model for sorption processes. *Process biochemistry*, 34(5), 451-465.
 Kotoulas, A., Agathou, D., Triantaphyllidou, I. E., Tatoulis, T. I., Akrotos, C. S., Tekerekopoulou, A. G., & Vayenas, D. V. (2019). Zeolite as a potential

- medium for ammonium recovery and second cheese whey treatment. *Water*, 11(1), 136.
- Nindya C.S.S., Ramadhan, A.D, Nuryoto, and Kurniawan T. (2020). Esterification Glycerol (By product in Biodiesel Production) with Oleic Acid Using Mordenite Natural Zeolite as Catalyst: Study of Reaction Temperature and Catalyst Loading Effect. International Conference on Advanced Mechanical and Industrial Engineering 2020, Cilegon Banten Indonesia.
- Nuryoto, N., Kurniawan, T., & Kustiningsih, I. (2020). Pengujian Zeolit Alam Mordenit Sebagai Penjerap Proses Pendegradasian Kandungan Amonium di dalam Air Tambak. *Jurnal Teknologi Lingkungan*, 21(1), 49-55.
- Nuryoto, N., Sulisty, H., Sediawan, W. B., and Perdana, I. (2016). Modifikasi Zeolita Alam Mordenit Sebagai Katalisator Ketalisasi dan Esterifikasi. *Reaktor*, 16(2), 72-80.
- Perhimpunan dokter ikan (2018). Ammonia dan perikanan. www.catatandokterikan.com.
- Pratomo, S. W., Mahatmanti, F. W., & Sulistyansih, T. (2017). Pemanfaatan zeolit alam teraktivasi H₃PO₄ sebagai adsorben ion logam Cd (II) dalam larutan. *Indonesian Journal of Chemical Science*, 6(2), 161-167.
- Ramadhan, A. D., Carolina, N., Nuryoto, N., and Kurniawan, T. (2019). The Use of Natural Zeolite as A Catalyst for Esterification Reaction Between Glycerol and Oleic Acid. *Reaktor*, 19(4), 172-179.
- Rhaska, G., dan Zainul, R. (2019). Analisis Molekular Dan Transpor Ion Amonium Clorida.
- Şahin, D., ÖZ, M., Sertasi, E., ÖZ, Ü., Karsli, Z., and Aral, O. (2019). Adsorption Process of Ammonium by Natural Zeolite (Clinoptilolite) from Aqueous Solution for Aquaculture Application. *Journal of Limnology and Freshwater Fisheries Research*, 5(2), 136-141.
- Soetardji, J. P., Claudia, J. C., Ju, Y. H., Hriljac, J. A., Chen, T. Y., Soetaredjo, F. E., ... & Ismadi, S. (2015). Ammonia removal from water using sodium hydroxide modified zeolite mordenite. *RSC advances*, 5(102), 83689-83699.
- Wen, D., Ho, Y. S., and Tang, X. (2006). Comparative sorption kinetic studies of ammonium onto zeolite. *Journal of hazardous materials*, 133(1-3), 252-256.