

**MODIFIKASI ZEOLIT ALAM BAYAH MENGGUNAKAN ASAM DAN PENGAPLIKASIANNYA  
DALAM PENGURANGAN AMONIUM PADA KOLAM IKAN BANDENG**

**Muchamad Ismetulloh<sup>1</sup>, Fajar Gumelar<sup>1</sup>, Nuryoto<sup>1</sup>, Teguh Kurniawan<sup>1\*</sup>**

<sup>1</sup>Jurusan Teknik Kimia Fakultas Teknik, Universitas Sultan Ageng Tirtayasa Jl. Raya Jendral  
Sudirman Km. 3 Cilegon, Banten, Indonesia

\*Email: [teguh@untirta.ac.id](mailto:teguh@untirta.ac.id)

**Abstrak**

Amonia merupakan bahan pencemar utama di dalam kultur perairan seperti kolam dan tambak ikan bandeng. Jika konsentrasi amonia lebih dari 0,02 ppm, maka ikan tersebut akan mengalami kematian. Zeolit dapat digunakan untuk mengurangi amonia dalam kultur perairan. Pada percobaan ini zeolit diaktivasi dengan menggunakan asam klorida dengan variasi konsentrasi 0,2-1 M pada temperatur 70°C dengan rasio massa zeolit dan volume asam sebesar 0,05 g/mL selama 30 menit. Karakterisasi zeolit dilakukan dengan Difraksi Sinar-X (XRD) untuk menentukan fase kristalin zeolit dan analisis adsorpsi nitrogen untuk menentukan luas area permukaan zeolit dengan model Brunauer-Emmett-Teller (BET). Zeolit alam Bayah selanjutnya digunakan sebagai adsorben untuk menghilangkan kandungan amonium pada air kolam sintesis. Proses adsorpsi amonium dilakukan pada temperatur 25°C dengan menggunakan zeolit teraktivasi asam sebanyak 1,0 gram dalam 100 mL larutan amonium hidroksida yang memiliki konsentrasi 250 mg/L dan didiamkan selama 24 jam. Setelah itu, adsorben dipisahkan dan konsentrasi larutan amonium hidroksida dianalisis kadar atau konsentrasinya menggunakan titrasi asam basa. Hasil yang didapatkan pada penelitian ini yaitu, zeolit alam Bayah memiliki fase mordenit, klinoptilolit, heulandit, dan quartz. Pengaruh perlakuan aktivasi asam pada kristalinitas zeolit tidak berpengaruh secara signifikan. Perlakuan asam pada saat aktivasi zeolit alam Bayah mempengaruhi peningkatan luas area spesifik sehingga meningkatkan kemampuan zeolit untuk menjerap amonium. Persentase penghilangan amonium pada sampel Z-0,2 M, Z-0,4 M, Z-0,8 M, dan Z-1 M, adalah 45,8%, 60,3%, 73,4%, dan 93,0.

**Kata Kunci:** Adsorpsi, Amonium, Modifikasi Asam, Zeolit Bayah

**Abstract**

*Ammonia is a notorious toxic substance in pond fish culture. The minimum lethal dose of ammonium in fish is 0.02 ppm. Zeolite is potential for eliminating ammonium content in fishpond. Zeolite was activated by using hydrochloric acid 0.2–1 M at 70°C for 30 min. The zeolite mass to acid volume ratio was 0.05 g/mL. Characterization of zeolite was performed by X-ray diffraction (XRD) to determine the crystalline phase. The surface area of zeolite was analyzed by nitrogen physisorption using BET model. Zeolite was applied for ammonium adsorption in synthetic ammonium solution. Adsorption was performed at 25°C using 1 g of acid modified zeolite in 100 ml of 250 ppm ammonium hydroxide solution for 24 hours. Ammonium concentration was determined by titration method. According to XRD analysis, Bayah natural zeolites were identified as mordenite dominant phase with clinoptilolite, heulandite, and quartz phases as impurities. Acid treatment on the natural zeolites was not significantly affected the crystallinity. The surface area of natural zeolites was increased after acid treatment, hence improved the adsorption of ammonium. The removal efficiency of ammonium over sample Z-0.2 M, Z-0.4 M, Z-0.8 M and Z-1 M were 45.8%, 60.3%, 73.4% and 93.0%, respectively.*

**Keywords:** Acid Treatment, Adsorption, Ammonium, Bayah Zeolite

## 1. PENDAHULUAN

Menurut data Badan Pusat Statistik (BPS) sensus pertanian subsektor perikanan tahun 2013 menyatakan bahwa jumlah rumah tangga yang mengusahakan kegiatan budidaya ikan ada sebanyak 1.187.563 rumah tangga. Jumlah rumah tangga yang mengusahakan kegiatan budidaya ikan, dapat dirinci ke dalam dua komoditas utama, yaitu bukan ikan hias dan ikan hias. Jenis ikan nila, lele, bandeng, dan ikan mas merupakan jenis ikan yang paling banyak diusahakan oleh rumah tangga yaitu masing-masing sebanyak 260.642 rumah tangga; 223.566 rumah tangga; 110.686 rumah tangga; dan 100.894 rumah tangga. Diantara jenis budidaya bukan ikan hias, budidaya di kolam/air tawar merupakan budidaya bukan ikan hias yang paling banyak diusahakan dengan persentase 71,08%. Dan kemudian disusul dengan budidaya ikan di tambak/air payau dan di laut dengan masing-masing sebesar 12,70% dan 6,28%. Sedangkan persentase budidaya ikan hias menempati urutan yang paling kecil dibanding budidaya bukan ikan hias, yaitu sebesar 1,08%.

Selain memiliki kekayaan alam berupa komoditas perikanan, Provinsi Banten memiliki potensi sumber daya alam berupa bahan galian yaitu zeolit. Zeolit adalah salah satu komoditas mineral non logam atau mineral industri multi guna karena memiliki sifat-sifat fisika dan kimia sebagai penyerap, penukar ion, penyaring molekul dan sebagai katalisator. Mineral mineral yang termasuk dalam grup zeolit pada umumnya dijumpai dalam batuan tufa yang terbentuk dari hasil sedimentasi debu vulkanik yang telah mengalami proses alterasi, proses diagenesis, dan proses hidrotermal (Kusdarto, 2008). Menurut Kusdarto (2008), jumlah sumber daya zeolit di Pasirgombang kecamatan Bayah, kabupaten Lebak, provinsi Banten mencapai 123.000.000 ton dengan jenis mineral berupa mordenit (32,70%) dan klinoptololit (30,89%).

Pada sektor perikanan, baik tambak maupun kolam budidaya ikan modern, amonia nitrogen merupakan bahan pencemar utama. Amonia dihasilkan dari proses deaminasi protein pada makanan ikan di kultur perairan dan hasil ekskresi dari insang ikan. Selain itu, pembusukan makanan dan feses ikan juga merupakan sumber lain pembentuk amonia dalam kultur perairan. Jika terakumulasi dalam tubuh ikan, amonia dapat menjadi beracun. Jika konsentrasi amonia mencapai  $>0,02$  ppm, maka ikan tersebut akan mengalami kematian. Walaupun pada tambak atau kolam ikan amonia jarang terakumulasi hingga level mematikan (letal), namun amonia tersebut dapat memiliki dampak berbahaya diantaranya tingkat pertumbuhan ikan akan lebih lambat, konversi pakan akan berkurang serta resistansi terhadap penyakit akan menurun. Selain itu, total amonia nitrogen (TAN) yang terdiri atas amonium ( $\text{NH}_4^+\text{-N}$ ) dan gas amonia ( $\text{NH}_3\text{-N}$ ) yang ada di kultur perairan dapat terkonversi menjadi nitrit oleh bakteri tertentu. Senyawa nitrit ini dapat masuk ke aliran darah ikan melalui insang sehingga mengubah darah ikan menjadi berwarna kecoklatan. Penyakit

pada ikan ini disebut dengan *brown-blood disease* (Ghasemi, et al., 2016). Sebagai produk samping alami dari hasil metabolisme ikan, amonia dapat dengan mudah terakumulasi di kultur perairan dan memiliki kecenderungan untuk menghalangi transfer oksigen ke sistem peredaran darah ikan serta dapat merusak insang ikan. Amonia berlebih dalam perairan juga dapat mengganggu produksi membran mukosa pada ikan dan dapat merusak permukaan usus ikan. Selain itu, adanya amonia berlebih dalam kultur perairan juga dapat menyebabkan eutrofikasi (Soetardji, et al., 2015).

Cara pencegahan untuk mengurangi sejumlah nitrogen ini diantaranya dengan mengurangi jumlah pakan ikan. Selain itu, pada tambak ikan dapat ditambahkan garam natrium klorida atau kalsium klorida untuk mencegah terjadinya penyakit *brown-blood disease* pada ikan karena ion-ion klorida garam ini akan bersaing dengan nitrit untuk terserap melalui insang. Namun pada tambak atau kolam ikan modern, hal ini kurang aman bagi ikan sehingga dapat menyebabkan penurunan laju pertumbuhan ikan serta kurang ekonomis. Metode lainnya yang dapat digunakan untuk mengurangi amonia dalam air adalah dengan teknik pertukaran ion dengan menggunakan adsorben. Beberapa adsorben dari material alami seperti zeolit dapat digunakan untuk mengurangi amonia dalam sistem kultur perairan (Ghasemi, et. al., 2016). Menurut percobaan yang telah dilakukan Farhangi & Rostami-Charati (2012), dengan menambahkan 12 g/L zeolit kedalam kultur ikan *Acipenser persicus* yang mengandung garam amonia, dapat mencegah mortalitas ikan hingga 96 jam. Selain itu dengan meningkatkan konsentrasi zeolit dapat meningkatkan kelangsungan hidup ikan secara signifikan.

Zeolit alam perlu diaktivasi terlebih dahulu sebelum dapat digunakan menjadi adsorben untuk meningkatkan sifat-sifat khusus zeolit dengan cara menghilangkan unsur-unsur pengotor dan menguapkan air yang terperangkap dalam pori-pori zeolit. Ada 2 cara yang umum digunakan dalam proses aktivasi zeolit, yaitu secara fisik dan kimia. Aktivasi secara fisik dilakukan dengan cara pengecilan ukuran butir, pengayakan dan pemanasan pada suhu tinggi yang bertujuan untuk menghilangkan pengotor-pengotor organik, memperbesar ukuran pori dan memperluas permukaan (Lestari, 2010). Aktivasi secara kimia melalui proses destruksi dengan menggunakan pereaksi asam (seperti HCl, HF) atau pereaksi basa seperti NaOH untuk menghilangkan zat-zat pengotor anorganik berupa logam-logam alkali dan alkali tanah serta beberapa jenis logam lainnya yang terdapat di dalam kerangka zeolit (Lestari, 2010; Soetardji, et al., 2015).

Proses aktivasi secara kimia, baik dengan perlakuan larutan asam ataupun basa menyebabkan perubahan karakteristik pada zeolit alam. Perubahan karakteristik zeolit alam ini menyebabkan tingkat kemudahan zeolit dalam mengadsorpsi suatu zat juga berubah. Telah dikatakan sebelumnya, bahwa zeolit dapat mengadsorpsi amonium ( $\text{NH}_4^+$ ). Soetardji et al.

(2015) telah melakukan percobaan untuk memodifikasi zeolit alam tipe mordenit dengan perlakuan panas dan perlakuan basa menggunakan NaOH dalam aplikasinya sebagai adsorben untuk menghilangkan amonia dalam kolam ikan Koi. Diperoleh hasil terbaik yaitu dengan konsentrasi NaOH 6 M, zeolit termodifikasi basa tersebut memiliki kapasitas adsorpsi sebesar 53,91 mg/g. Wega Trisunaryanti et. al., (2005) melakukan modifikasi terhadap zeolit alam Wonosari-Indonesia dengan perendaman HF 1%, refluks dengan HCl 6 N dan perlakuan dengan NH<sub>4</sub>Cl 1 M. Hasil analisis pada XRF menunjukkan bahwa perlakuan asam (HF 1% dan HCl 6 M) pada zeolit menyebabkan terjadinya penurunan kandungan kandungan logam Ca, Fe, dan Mg pada zeolit. Hal ini disebabkan karena terjadinya pertukaran kation dari zeolit dengan proton dari HCl sehingga terjadi peningkatan luas permukaan spesifik, jari-jari rata-rata pori dan volume total pori. Zeolit alam yang diberikan perlakuan asam mengalami penurunan rasio Si/Al yang disebabkan karena terjadinya dealuminasi. Dealuminasi menjadi langkah penting dengan fungsi zeolit sebagai katalis (Lestari, 2010).

## 2. METODOLOGI PENELITIAN

### 2.1 Bahan

Zeolit alam yang digunakan pada percobaan ini diperoleh dari Bayah, Kabupaten Lebak, Provinsi Banten, Indonesia. Zeolit tersebut dihancurkan dengan mortar dan diayak hingga diperoleh ukuran partikel +20 dan -40 mesh. Bahan-bahan kimia yang digunakan pada percobaan ini adalah asam klorida (HCl) (Sigma Aldrich), amonium hidroksida (NH<sub>4</sub>OH) (Sigma Aldrich), dan aquades.

### 2.2 Aktivasi Zeolit

Zeolit alam Bayah diaktivasi dan dimodifikasi menggunakan larutan asam klorida dengan konsentrasi yang bervariasi yaitu 0,2 M; 0,4 M; 0,8 M; 1 M dengan lama waktu pengaktifasian selama 30 menit pada temperatur 70 °C dengan rasio massa zeolit dan volume asam sebesar 0,05 g/mL. Setelah itu, zeolit disaring dan dikeringkan pada temperatur ruangan 25°C.

### 2.3 Karakterisasi Zeolit

Difraksi sinar-X (XRD) dilakukan untuk menentukan tipe fase kristalin dari zeolit menggunakan Phillips X-ray difraktometer dengan cahaya monokromatis intensitas radiasi tinggi Cu-K $\alpha$  ( $\lambda=0,15406$  nm). Difraktogram didapatkan pada 40 kV, 30 mA dan dengan ukuran langkah 0,02° dan kecepatan pemindaian 0,02°/menit.

Analisis adsorpsi nitrogen dilakukan untuk menentukan luas area permukaan zeolit dengan menggunakan model Brunauer-Emmett-Teller (BET). Sampel zeolit dipanaskan pada suhu 350°C selama 6 jam dalam kondisi vakum untuk menghilangkan gas dan air yang terperangkap di dalam pori zeolit. Adsorpsi nitrogen selanjutnya dilakukan pada temperatur 77°K.

### 2.4 Adsorpsi Amonium

Adsorpsi dilakukan dengan sistem batch pada kondisi operasi temperature ruangan (25°C). Jumlah adsorben yang digunakan 1,0 g yang ditambahkan dalam labu Erlenmeyer yang mengandung 100 mL larutan amonium hidroksida dengan konsentrasi 250 mg/L (250 ppm) kemudian mendiampkannya selama 24 jam. Setelah mencapai kesetimbangan sampel adsorben dipisahkan dengan menggunakan kertas saring dan dikeringkan. Selanjutnya larutan amonium klorida tersebut dihitung konsentrasinya dengan menggunakan titrasi asam-basa.

### 2.5 Analisis dengan Titrasi Asam Basa

Analisis konsentrasi NH<sub>4</sub>OH yang telah diadsorpsi dengan zeolit teraktivasi asam dilakukan menggunakan titrasi asam-basa dimana titran yang digunakan adalah HCl 0,001 M dan indikator yang digunakan adalah indikator phenolftalein (PP). Langkah pertama adalah dengan melakukan titrasi pada larutan standar dari NH<sub>4</sub>OH dengan konsentrasi 250 mg/L (250 ppm). Selanjutnya masing-masing sampel larutan NH<sub>4</sub>OH yang telah diadsorpsi dengan menggunakan zeolit alam Bayah teraktivasi asam klorida (HCl) pada masing-masing variasi konsentrasi (0,2 M; 0,4 M; 0,8 M; 1 M) dititrasi dengan menggunakan HCl 0,001 M dan indikator PP.

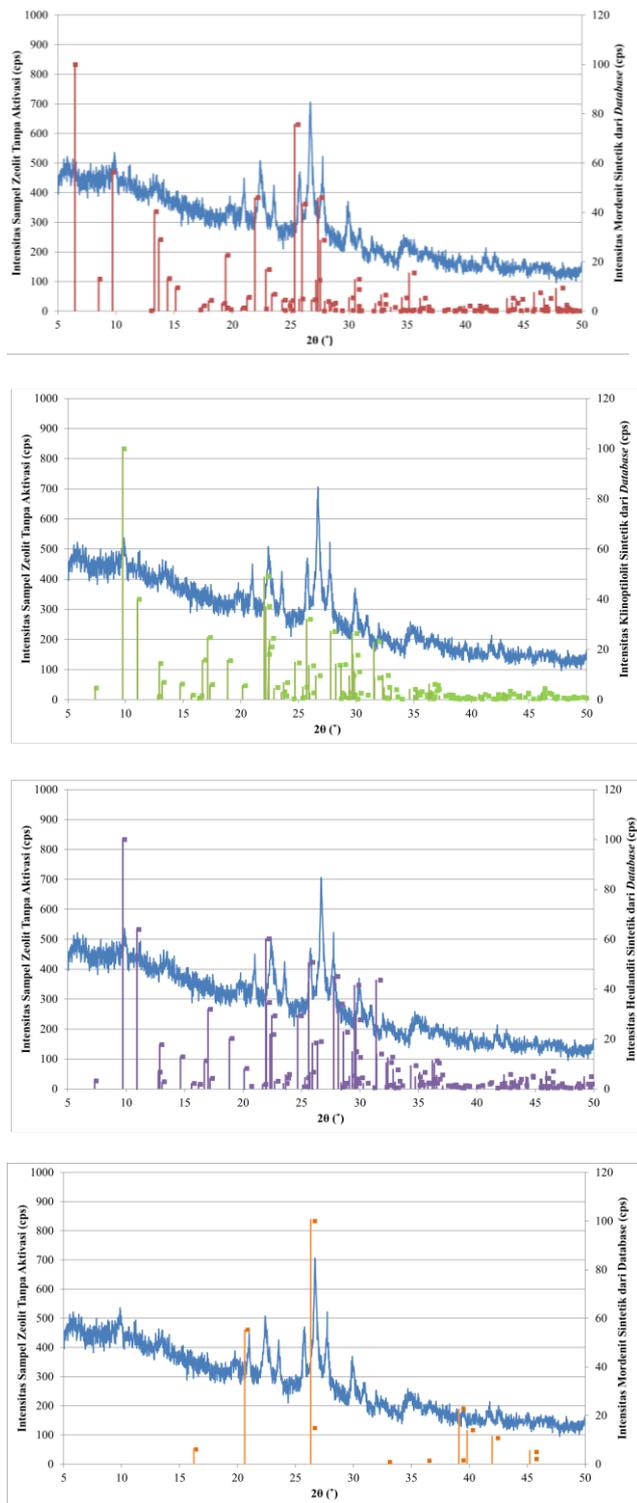
## 3. HASIL DAN PEMBAHASAN

### 3.1 Karakterisasi Zeolit Alam Bayah

Tipe zeolit menurut International Zeolite Association (IZA) berjumlah 234 jenis yang terdiri dari 67 tipe zeolit alam dan sisanya adalah zeolit sintesis, beberapa tipenya yang sering dijumpai di antaranya tipe seperti mordenit, klinoptilolit, kabasit, dan heulandit. Pada penelitian ini dilakukan karakterisasi pada zeolit alam bayah yang digunakan agar dapat diketahui tipe fasa kristal pada zeolit alam bayah tersebut. Berdasarkan hasil analisis yang telah dilakukan dapat diketahui bahwa zeolit alam bayah yang digunakan dalam penelitian ini mayoritas mengandung fasa mordenit, klinoptilolit, heulandit, dan quartz. Hal ini dapat dibuktikan dengan melihat hasil grafik analisis X-ray Diffraction (XRD) yang ditunjukkan pada gambar 3.

Gambar 3 menunjukkan perbandingan hasil analisis XRD antara sampel zeolit alam bayah tanpa aktivasi dengan pangkalan data XRD dari mordenit sintetik, klinoptilolit sintetik, heulandit sintetik, dan quartz berdasarkan Treacy dan Higgins (2007). Grafik warna biru merupakan grafik hasil analisis XRD untuk sampel zeolit alam bayah tanpa aktivasi. Grafik warna merah merupakan grafik pangkalan data XRD dari mordenit sintetik. Grafik warna hijau merupakan grafik pangkalan data XRD dari klinoptilolit sintetik. Grafik warna ungu merupakan grafik pangkalan data XRD dari heulandit sintetik. Grafik warna merah merupakan grafik pangkalan data XRD dari quartz. Pada gambar 3 dapat diketahui bahwa beberapa titik puncak pada grafik hasil analisis XRD sampel zeolit alam bayah tanpa aktivasi memiliki kesesuaian data

sumbu x ( $2\theta$ ) dengan pangkalan data XRD mordenit sintetik, klinoptilolit sintetik, heulandit sintetik, dan quartz.

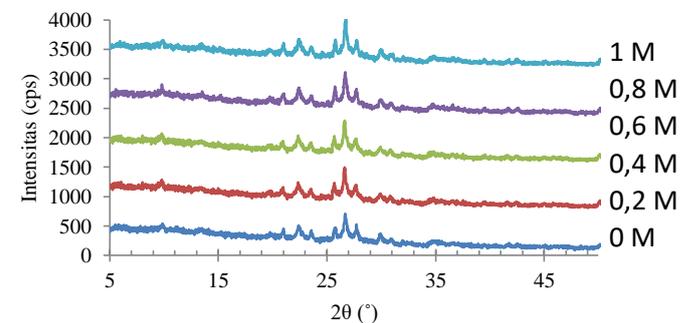


**Gambar 3.** Hasil Analisis X-ray Diffraction (XRD) Zeolit Alam bayah Tanpa Aktivasi dan Perbandingannya dengan Zeolit Sintetik: (a) Mordenit; (b) Klinoptilolit; (c) Heulandit; (d) Quartz.

Menurut Sutakarya H et al., (1992) dan Hardjatmo (1996), mengatakan bahwa zeolit alam yang telah ditambang secara intensif di Indonesia diantaranya untuk wilayah Jawa Barat yaitu Bayah

(Banten), Cicalong, Tasikmalaya sebagian besar dikenal sebagai jenis zeolit klinoptilolit dan mordenit. Menurut Yuanita (2010) yang telah melakukan modifikasi terhadap zeolit alam wonosari di Indonesia dengan perlakuan asam (HCl) pada hasil analisis XRD-nya menunjukkan bahwa zeolit wonosari mengandung kristal mordenit dan klinoptilolit.

Pada penelitian ini dilakukan juga pengujian analisis XRD untuk 4 buah sampel zeolit alam bayah teraktivasi oleh HCl dengan konsentrasi HCl yang berbeda-beda (yaitu: Z-0,2 M; Z-0,4 M; Z-0,8 M; Z-1,0 M). Hasil analisis XRD masing-masing sampel ditunjukkan pada gambar 4. Pada gambar 4 terlihat bahwa grafik analisis XRD untuk zeolit alam bayah yang teraktivasi HCl dengan konsentrasi yang berbeda-beda (0,2 M; 0,4 M; 0,8 M; Z-1,0 M) tidak mengalami perubahan yang signifikan jika dibandingkan dengan grafik hasil analisis XRD untuk zeolit alam bayah tanpa aktivasi. Hal tersebut menunjukkan bahwa struktur kristal dari zeolit alam bayah tidak mengalami perubahan akibat adanya perlakuan modifikasi zeolit menggunakan HCl hingga konsentrasi 1 M.



**Gambar 4.** Grafik Hasil Analisis X-ray Diffraction (XRD) Zeolit Alam bayah teraktivasi HCl untuk masing-masing konsentrasi.

Menurut Alshameri et al., (2014) melakukan percobaan dengan memodifikasi zeolit alam menggunakan asam hasil XRD menunjukkan bahwa perbandingan struktur kristal pada zeolit tanpa aktivasi dengan zeolit teraktivasi asam tidak menunjukkan perubahan struktur pada kristal zeolit, selanjutnya menurut Nasser et al., (2016) dan Soetardji et al. (2015) juga melakukan percobaan yang sama dan hasil analisis XRD juga menunjukkan tidak adanya perubahan struktur kristal pada zeolit yang terlalu berbeda. Menurut Lestari (2010) yang melakukan percobaan modifikasi zeolit alam wonosari dengan perlakuan asam (HCl) mendapatkan hasil meningkatnya rasio Si/Al pada zeolit karena HCl bereaksi dengan zeolit sehingga menyebabkan terekstraknya aluminium dari zeolit dan tidak merubah struktur kristal pada zeolit.

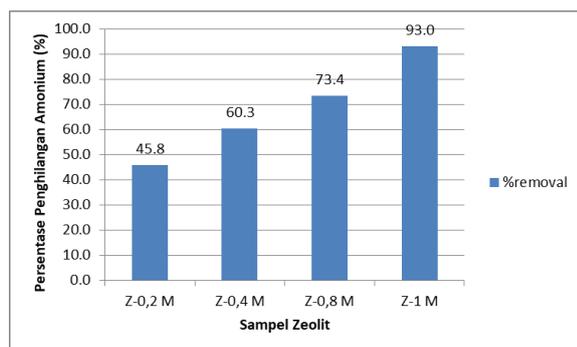
Tabel 1. Hasil Analisis Adsorpsi Nitrogen

Sampel	Luas Area
Z-0,2 M	3,7 m <sup>2</sup> /g
Z-1,0 M	31,6 m <sup>2</sup> /g

Pada Tabel 1 diatas menjelaskan tentang pengaruh konsentrasi HCl yang digunakan untuk memodifikasi zeolit alam bayah. Pada tabel diatas untuk konsentrasi HCl 0,2 M menunjukan luas area sebesar 3,7 m<sup>2</sup>/g sedangkan untuk konsentrasi HCl 1,0 M menunjukan luas area sebesar 31,6 m<sup>2</sup>/g. Hal ini membuktikan adanya perubahan kenaikan luas area pada zeolit alam bayah yang telah dimodifikasi menggunakan HCl dengan konsentrasi HCL 0,2 M dan HCl 1 M. Konsentrasi yang berbeda membuat luas area pada zeolit menjadi berubah lebih luas. Sementara itu, Alshameri et al., (2014) melakukan percobaan dengan memodifikasi zeolit alam dengan menggunakan NaCl, pada hasil analisis adsorpsi nitrogen yang telah dilakukan menunjukan adanya perubahan kenaikan luas area pada zeolit yang digunakan, luas area zeolit tanpa modifikasi menggunakan NaCl sebesar 35,85 m<sup>2</sup>/g sedangkan luas area zeolit yang termodifikasi asam NaCl sebesar 41 m<sup>2</sup>/g.

### 3.2 Adsorpsi Amonium

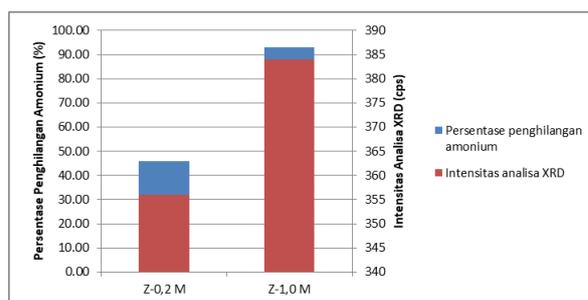
Menurut Soetardji et al. (2015) yang telah melakukan adsorpsi amonium dengan zeolit termodifikasi NaOH, proses adsorpsi amonium akan mencapai kesetimbangan setelah 24 jam. Oleh karena itu, waktu 24 jam dipilih sebagai waktu tercapainya kesetimbangan adsorpsi. Dari proses adsorpsi yang telah dilakukan pada percobaan ini dapat diperoleh persentase pengurangan amonium pada saat kesetimbangan.



**Gambar 5.** Diagram persentase penghilangan amonium untuk masing-masing sampel zeolit.

Kesetimbangan Gambar 5 menunjukan persentase penghilangan amonium dalam larutan NH<sub>4</sub>OH menggunakan 4 sampel zeolit teraktivasi asam. Berdasarkan data pada gambar 5, persentase penghilangan amonium pada zeolit yang diaktivasi dengan HCl 0,2 M selama 30 menit yaitu sebesar 45,8%. Persentase penghilangan amonium pada zeolit yang diaktivasi dengan HCl 0,4 M selama 30 menit yaitu sebesar 60,3%. Persentase penghilangan amonium pada zeolit yang diaktivasi dengan HCl 0,8 M selama 30 menit yaitu sebesar 73,4%. Sedangkan persentase penghilangan amonium pada zeolit yang diaktivasi dengan HCl 1 M selama 30 menit, yaitu sebesar 93,0%. Sementara itu, Soetardji et al. (2015) mendapatkan hasil bahwa percobaan dengan perlakuan basa (NaOH 6M) selama 24 jam

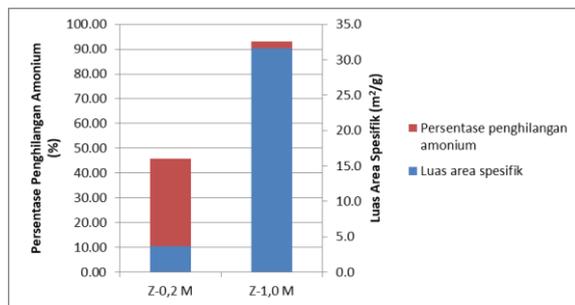
menghasilkan persentase penghilangan amonium sebesar 81,0%. Dengan demikian, modifikasi zeolit menggunakan perlakuan asam klorida dengan konsentrasi tinggi (HCl 1 M) akan meningkatkan kemampuan zeolit dalam mengurangi kadar amonium.



**Gambar 6.** Diagram perbandingan intensitas analisis XRD dan persentase penghilangan amonium untuk sampel zeolit Z-0,2 M dan Z-1,0 M.

Hal ini didukung dengan hasil analisis XRD pada Gambar 6, jika dibandingkan satu titik puncak intensitas (pada 2θ=27,5°) pada grafik hasil analisis XRD dari sampel zeolit teraktivasi asam Z-0,2 M dan Z-1,0 M maka akan terlihat bahwa nilai intensitas pada sampel zeolit Z-1,0 M lebih besar dibandingkan dengan nilai intensitas pada sampel zeolit Z-0,2 M. Hal ini menunjukan bahwa perlakuan asam dengan HCl 1 M meningkatkan kristalinitas zeolit alam Bayah. Semakin tinggi kristalinitas zeolit maka kemampuan zeolit untuk mengadsorpsi amonium juga meningkat. Hal ini dapat terlihat pada Gambar 6 yang menunjukkan perbandingan antara nilai intensitas dari analisis XRD dan persentase penghilangan amonium dari sampel zeolit teraktivasi asam Z-0,2 M dan Z-1,0 M. Pada Gambar 4 terlihat bahwa nilai intensitas pada 2θ = 27,5° dari hasil analisis XRD sampel zeolit teraktivasi asam Z-0,2 M sebesar 356 cps dan memiliki persentase penghilangan amonium sebesar 45,8%. Sementara itu, nilai intensitas pada 2θ=27,5° dari hasil analisis XRD sampel zeolit teraktivasi asam Z-1,0 M sebesar 384 cps dan memiliki persentase penghilangan amonium sebesar 93,0%.

Selain itu juga, didukung dengan hasil analisis adsorpsi nitrogen pada tabel 1 dimana sampel zeolit yang diaktivasi asam klorida dengan konsentrasi tinggi (Z-1,0 M) memiliki luas permukaan spesifik yang lebih besar daripada zeolit yang diaktivasi asam klorida dengan konsentrasi rendah (Z-0,2 M). Wega Trisunaryanti et. al., (2005) mendapatkan hasil analisis X-ray Fluoresence (XRF) yang menunjukan bahwa perlakuan asam (HF 1% dan HCl 6 M) pada zeolit menyebabkan terjadinya penurunan kandungan logam Ca, Fe, dan Mg pada zeolit sehingga terjadi peningkatan luas permukaan spesifik, jari-jari rata-rata pori dan volume total pori. Luas permukaan spesifik yang besar pada zeolit ini dapat mempermudah proses adsorpsi amonium dan meningkatkan persentase penghilangan amonium seperti yang terlihat pada Gambar 7.



**Gambar 7.** Diagram perbandingan luas area spesifik dan persentase penghilangan amonium untuk sampel zeolit Z-0,2 M dan Z-1,0 M.

Pada Gambar 7 diketahui bahwa peningkatan konsentrasi asam untuk aktivasi zeolit menyebabkan peningkatan luas area spesifik serta persentase penghilangan. Pada sampel zeolit teraktivasi asam Z-0,2 M memiliki luas area spesifik sebesar 3,7 m<sup>2</sup>/g dan persentase penghilangan sebesar 45,76%. Sedangkan, pada sampel zeolit teraktivasi asam Z-1,0 M memiliki luas area spesifik sebesar 31,6 m<sup>2</sup>/g dan persentase penghilangan sebesar 93,0%.

#### 4. KESIMPULAN

Berdasarkan penelitian yang telah dilakukan dapat disimpulkan sebagai berikut:

Berdasarkan analisis XRD, zeolit alam bayah mayoritas memiliki fasa kristal mordenit, klinoptilolit, heulandit dan quartz.

1. Struktur kristal dari zeolit alam bayah tidak mengalami perubahan yang signifikan akibat adanya perlakuan menggunakan HCl hingga konsentrasi 1 M. Namun, perlakuan asam dengan HCl hingga 1 M meningkatkan kristalinitas zeolit alam bayah.
2. Berdasarkan analisis adsorpsi nitrogen, perlakuan zeolit alam bayah menggunakan asam klorida (HCl) dengan konsentrasi tinggi dapat memperbesar luas area spesifik. Modifikasi zeolit alam bayah, pada tabel diatas untuk konsentrasi HCl 0,2 M menunjukkan luas area sebesar 3,7 m<sup>2</sup>/g sedangkan untuk konsentrasi HCl 1 M menunjukkan luas area sebesar 31,6 m<sup>2</sup>/g.
3. Persentase penghilangan amonium (NH<sub>4</sub><sup>+</sup>) pada zeolit yang diaktivasi dengan HCl 0,2 M selama 30 menit yaitu sebesar 45,76%. Persentase penghilangan amonium (NH<sub>4</sub><sup>+</sup>) pada zeolit yang diaktivasi dengan HCl 0,4 M selama 30 menit yaitu sebesar 60,33%. Persentase penghilangan amonium (NH<sub>4</sub><sup>+</sup>) pada zeolit yang diaktivasi dengan HCl 0,8 M selama 30 menit yaitu sebesar 73,43%. Sedangkan persentase penghilangan amonium (NH<sub>4</sub><sup>+</sup>) pada zeolit yang diaktivasi dengan HCl 1 M selama 30 menit yaitu sebesar 92,99%.

#### 5. UCAPAN TERIMA KASIH

Penulis mengucapkan terima kasih kepada Fakultas Teknik UNTIRTA atas Hibah Internal yang telah diberikan sehingga penelitian ini dapat terlaksana.

#### 6. DAFTAR PUSTAKA

- Alshameri, A., Ibrahim, A., Assabri, A., Lei, X., HongquanWang, Yan, C, The investigation into the ammonium removal performance of Yemeni natural zeolite: Modification, ion exchange mechanism, and thermodynamics. *Powder Technology*, 2014, 12.
- Asgharimoghadam, A., Gharedaashi, E., Montajami, S., Nekoubin, H., Salamroudi, M., Jafariyan, H., Effect of Clinoptilolite Zeolite to Prevent Mortality of Beluga (Huso huso) by Total Ammonia Concentration. *Global Veterinaria*, 2012, 9(6).
- Beler-Baykal, B., Oldenburg, M., The use of ion exchange in ammonia removal under constant and variable loads. *Environmental Technology*, 1996, 9.
- Booker, N.A., Cooney, E. L., Priestley, A. J., Ammonia removal from sewage using natural Australian zeolite. *Water Science*, 1996, 7.
- Farhangi, M., Rostami-Charati, F., Increasing of survival rate to *Acipenser persicus* by added Clinoptilolite zeolite in acute toxicity test of ammonia, *International Journal of the Bioflux Society*, 2012, 5.
- Farhangi, M., Kanani, H. G., Kashani, M., Prevention of acute ammonia toxicity in beluga, *Huso huso*, using natural zeolite, *Caspian Journal of Environmental Sciences*, 2014, 10.
- Nasser, G., Kurniawan, T., Miyake, K., Galadima, A., Hirota, Y., Nishiyama, N., Muraza, O., Dimethyl ether to olefins over dealuminated mordenite (MOR) zeolites derived from natural minerals, *Journal of Natural Gas Science and Engineering*, 2016, 6.
- Gendel, Y., Lahav, O., A novel approach for ammonia removal from fresh-water recirculated aquaculture systems, comprising ion exchange and electrochemical regeneration. *Aquacultural Engineering*, 2013, 12.
- Ghasemi, Z., Sourinejad, I., Kazemian, H., & Rohani, a. S., Application of zeolites in aquaculture industry: a review, *Aquaculture*, 2016, 21.
- Ghiasi, F., Jasour, M., The Effects of Natural Zeolite (Clinoptilolite) on Water Quality, Growth Performance and Nutritional Parameters of fresh water aquarium fish, *Angel (Pterophyllum scalare)*, *International Journal of Research in Fisheries and Aquaculture*, 2012, 4.
- Haag, W. O., The active site of acidic aluminosilicate catalysts, *Nature*, 1984, 309.
- Hardjatmo, H., Study The Prproperties of Some Indonesia Natural Zeolites, *One Day Seminar on Mineral Property and Utilization of Natural Zeolite JSPS-BPPT*, 1996.
- Liu, J., Yu, J., Toward Greener and Designed Synthesis of Zeolite Materials, In B. F. Sels, & L. M. Kustov,

- Zeolites and Zeolite-like Materials, Jilin University, Changchun, PR China: Elsevier, 2016, hal. 32.
- Jha, V. K., Hayashi, S., Modification on natural clinoptilolite zeolite for its  $\text{NH}_4^+$  retention capacity, *Journal of Hazardous Materials*, 2009, 7.
- Kučić, D., Markić, M., & Briški, F., Ammonium Adsorption On Natural Zeolite (Clinoptilolite): Adsorption Isotherms And Kinetics Modeling, Original scientific paper, 2012, 14.
- Kusdarto, Potensi Zeolit Di Indonesia, *Jurnal Zeolit Indonesia*, 2008, 10.
- Larry D., Hanke, P., Handbook of Analytical Methods For Materials Practical Solutions to Materials Problems Through Technology and Innovation Through Technology and Innovation, United States of America: Materials Evaluation and Engineering, Inc., 2001.
- Lestari, D. Y., Kajian modifikasi dan karakterisasi zeolit alam dari berbagai negara. *Jurdik Kimia UNY 54th*, Yogyakarta: Prosiding seminar nasional Kimia dan Pendidikan Kimia, 2010, hal. 6.
- Lowell, S., Shields, J. E., Powder Surface Area and Porosity. Springer, Dordrecht, 1991.
- Pansini, M., Natural zeolites as cation exchangers for environmental protection. *Mineral Deposita*, 1996, 12.
- Treacy, M. M. J., Higgins, J. B., Collection of Simulated XRD Powder Patterns for Zeolites, Elsevier, 2007.
- Mazloomi, F., & Jalali, M., Ammonium removal from aqueous solutions by natural Iranian zeolite in the presence of organic acids, cations and anions. *Journal of Environmental Chemical Engineering*, 2015, 51.