



REPUBLIK INDONESIA  
KEMENTERIAN HUKUM DAN HAK ASASI MANUSIA

# SURAT PENCATATAN CIPTAAN

Dalam rangka perlindungan ciptaan di bidang ilmu pengetahuan, seni dan sastra berdasarkan Undang-Undang Nomor 28 Tahun 2014 tentang Hak Cipta, dengan ini menerangkan:

Nomor dan tanggal permohonan : EC00202162688, 9 November 2021

## Pencipta

Nama : **Dr. Nuryoto, ST., M.Eng**  
Alamat : Kp. Kadubueruem RT/RW. 004/001, Ds. Kadubeureum, Pabuaran, Serang  
Banten, Serang, BANTEN, 42631  
Kewarganegaraan : Indonesia

## Pemegang Hak Cipta

Nama : **Dr. Nuryoto, ST., M.Eng**  
Alamat : Kp. Kadubueruem RT/RW. 004/001, Ds. Kadubeureum, Pabuaran, Serang  
Banten, Serang, BANTEN, 42631  
Kewarganegaraan : Indonesia

Jenis Ciptaan : **Laporan Penelitian**  
Judul Ciptaan : **Pengujian Zeolit Alam Bayah Segar Dalam Penjerapan Ion Amonium  
Di Dalam Kolam IKan**

Tanggal dan tempat diumumkan untuk pertama kali : 9 November 2021, di Serang  
di wilayah Indonesia atau di luar wilayah Indonesia

Jangka waktu perlindungan : Berlaku selama hidup Pencipta dan terus berlangsung selama 70 (tujuh  
puluh) tahun setelah Pencipta meninggal dunia, terhitung mulai tanggal 1  
Januari tahun berikutnya.

Nomor pencatatan : 000286628

adalah benar berdasarkan keterangan yang diberikan oleh Pemohon.

Surat Pencatatan Hak Cipta atau produk Hak terkait ini sesuai dengan Pasal 72 Undang-Undang Nomor 28 Tahun 2014 tentang Hak Cipta.



a.n Menteri Hukum dan Hak Asasi Manusia  
Direktur Jenderal Kekayaan Intelektual  
u.b.  
Direktur Hak Cipta dan Desain Industri

Dr. Syarifuddin, S.T., M.H.  
NIP.197112182002121001

## Disclaimer:

Dalam hal pemohon memberikan keterangan tidak sesuai dengan surat pernyataan, Menteri berwenang untuk mencabut surat pencatatan permohonan.



**LAPORAN PENELITIAN**

**PENGUJIAN ZEOLIT ALAM BAYAH SEGAR DALAM  
PENJERAPAN ION AMONIUM DI DALAM KOLAM IKAN**



**Disusun oleh:**

**Dr. Nuryoto, ST., M.Eng**

**JURUSAN TEKNIK KIMIA - FAKULTAS TEKNIK**

**UNIVERSITAS SULTAN AGENG TIRTAYASA**

**CILEGON – BANTEN**

**2021**

**LEMBAR PENGESAHAN PENELITIAN**

**PENGUJIAN ZEOLIT ALAM BAYAH SEGAR DALAM  
PENJERAPAN ION AMONIUM DI DALAM KOLAM IKAN**

Serang, 8 November 2021

Penyusun

Mengetahui

Ketua Jurusan Teknik Kimia



Dr. Jayanudin, ST., M.Eng

NIP. 197808112005011003



Dr. Nuryoto, ST., M.Eng

NIP : 197609152006041007

## DAFTAR ISI

Halaman Depan	i
Lembar Pengesahan	ii
Daftar Isi	iii
Abstrak	iv
Bab 1 Pendahuluan	1
1.1.Latar Belakang	1
1.2.Rumusan Masalah	2
1.3.Tujuan Penelitian	3
1.4.Ruang Lingkup	3
Bab2. Tinjauan Pustaka	4
Bab 3. Metode Penelitian	11
Bab 4. Hasil dan Pembahasan	16
Bab 5. Kesimpulan dan Saran	23
Daftar Pustaka	24

## ABSTRAK

### PENGUJIAN ZEOLIT ALAM BAYAH SEGAR DALAM PENJERAPAN ION AMONIUM DI DALAM KOLAM IKAN

Dalam kultur perairan seperti kolam dan tambak ikan bandeng, amonia merupakan bahan pencemar utama. Jika konsentrasi amonia mencapai  $>0,02$  ppm, maka ikan tersebut akan mengalami kematian. Zeolit dapat digunakan untuk mengurangi amonia dalam sistem kultur perairan. Pada penelitian ini zeolit tidak dilakukan perlakuan pemanasan ataupun aktivasi asam atau basa melainkan dengan perbedaan ukuran zeolit 60, 80 dan 100 mesh pada temperatur  $30^{\circ}\text{C}$  dengan massa zeolit 600 gram selama 30 menit. Analisis karakteristik zeolit yang digunakan adalah analisis SEM untuk menganalisa struktur permukaan zeolit. Zeolit alam Bayah digunakan sebagai adsorben untuk menghilangkan kandungan amonium ( $\text{NH}_4^+$ ) pada air kolam ikan bandeng. Proses adsorpsi amonium dilakukan pada temperatur  $30^{\circ}\text{C}$  dengan menggunakan zeolit tanpa modifikasi ukuran 100 mesh sebanyak 600 gram dalam 60 L air kolam ikan dan dilakukan selama 120 menit. Sampel air kolam dianalisa setiap 5 menit dan dianalisa konsentrasinya menggunakan titrasi asam basa. Hasil yang didapatkan pada penelitian ini ZAB yang tidak dimodifikasi memiliki bentuk yang tidak beraturan dan banyak pengotor oksida logam alkali sehingga diperoleh luas permukaan sebesar  $46 \text{ m}^2/\text{g}$ . Persentase penjerap ukuran 60, 80 dan 100 mesh selama 30 menit, 100 mesh memiliki daya jerap yang besar yakni 14,791%. Waktu optimum ZAB 100 mesh amonium yang terjerap yaitu 60 menit dan berhasil menjerap sebanyak 66 % ion amonium. Model kinetika yang tepat yaitu *pseudo second orde* dengan nilai SSE sebesar 0,79.

*Kata Kunci : Adsorpsi, amonium, tanpa modifikasi, ZAB.*

# **BAB I**

## **PENDAHULUAN**

### **1.1 Latar Belakang**

Budidaya ikan banyak dilakukan oleh masyarakat Indonesia. Menurut data Badan Pusat Statistik (BPS) pada sensus pertanian subsektor perikanan tahun 2013 menyatakan bahwa jumlah rumah tangga yang mengusahakan kegiatan budidaya ikan ada sebanyak 1.187.563 rumah tangga, yang dibagi menjadi 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 [1]. Diantara jenis budidaya bukan ikan hias, budidaya di kolam/air tawar merupakan budidaya yang paling banyak diusahakan dengan persentase 71,08%. Untuk budidaya ikan di tambak/air payau dan di laut sebesar 12,70%, 6,28%, sedangkan persentase budidaya ikan hias menempati urutan yang paling kecil dibanding budidaya bukan ikan hias, yaitu sebesar 1,08% [3].

Salah satu masalah yang sering dihadapi dalam budidaya ikan adalah menurunnya kualitas air. Kasus tersebut sering terjadi terutama pada ikan-ikan yang dipelihara didalam akuarium atau budidaya sistem tertutup lainnya, yang airnya tidak atau jarang diganti. Pada prinsipnya, substansi yang dapat membahayakan kehidupan ikan dapat digolongkan menjadi dua kelompok, yaitu : kontaminan dan metabolit (sisa-sisa metabolisme). Kontaminan umumnya berasal dari proses pencucian dan sterilisasi alat-alat laboratorium seperti deterjen, pemanasan dan lain-lain. Meningkatnya senyawa nitrogen akan mempercepat eutrofikasi dan penipisan oksigen terlarut.

Upaya untuk menghilangkan konsentrasi amonium salah satunya dengan mengadsorpsi menggunakan adsorben berupa zeolit. Zeolit dibagi menjadi dua yaitu zeolit sintetis dan alam. Dalam prakteknya zeolit sintetis dapat menyerap banyak senyawa amonium, namun harganya mahal, sedangkan Zeolit alam adalah adsorben alami tanpa toksisitas dan bau dan tak berbahaya untuk lingkungan. Zeolit alam sangat sesuai untuk biaya operasi yang rendah, stabil pada panas dan tahan asam dan basa [17]. Indonesia mempunyai sumber daya alam zeolite yang belum dimanfaatkan secara maksimal baik untuk proses kimia ataupun fisika, salah satunya di Bayah-Banten. Perkiraan cadangan zeolit berdasarkan perhitungan berdasarkan luas daerah penyebaran kurang lebih 34.000.000 m<sup>3</sup> atau sekitar 68 – 81,6 juta ton. Bila ditinjau dari luas dan jumlah cadangan maka bahan mineral zeolit ini memiliki cadangan yang cukup besar[5].

Secara umum untuk meningkatkan sisi aktif dan membuang pengotor dari zeolit alam perlu dilakukan proses aktivasi baik secara fisik maupun kimia. Di tingkat petani hal tersebut kurang dipahami. Permasalahannya bagaimana memaksimalkan kinerja zeolit alam jika tanpa dilakukan aktivasi secara kimia. Pada kesempatan ini untuk meningkatkan kinerja zeolit alam tanpa dilakukan aktivasi dengan memvariasikan ukuran zeolit dan konsentrasi amonia. Diharapkan akan diperoleh rasio yang tepat antara zeolit dan campuran amonia. Hal tersebut dilakukan dengan maksud mempermudah penerapannya ditingkat petani.

## **1.2 Rumusan Masalah**

Limbah amonia adalah salah satu limbah anorganik yang berbahaya bagi lingkungan tambak ikan. Salah satu metode yang cukup efektif dalam pengolahan limbah amonia adalah dengan menggunakan metode adsorpsi. Penggunaan zeolit alam bayah dimaksudkan untuk meningkatkan nilai guna zeolit alam bayah yang potensinya berlimpah di Kabupaten Lebak Banten. Zeolit alam harus diaktivasi terlebih dahulu untuk menghilangkan impurities yang ada, baik itu secara fisik (pemanasan) disertai dengan kimia (direaksikan dengan asam atau basa). Penelitian Fajar& Ismet 2018 dari Universitas Sultan Ageng Tirtayasa yang melakukan

pengujian aktivasi zeolit alam bayah menggunakan Asam Klorida (HCl), mampu menghilangkan kadar amonium pada kolam ikan bandeng, diperoleh penyerapan sebesar 92%. Pada kenyataannya di tingkat petani, teknik pengaktifasian kurang dipahami. Permasalahannya bagaimana memaksimalkan kinerja zeolit alam jika tanpa dilakukan aktivasi secara kimia. Pada kesempatan ini untuk meningkatkan kinerja zeolit alam tanpa dilakukan aktivasi dengan memvariasikan ukuran zeolit dan konsentrasi amonia. Harapannya pada ukuran dapat diperoleh kondisi yang optimal.

### **1.3 Tujuan Penelitian**

Observasi dilakukan untuk mengetahui permukaan ZAB jika tidak dimodifikasi melalui pengujian SEM, pengaruh perbedaan ukuran zeolit alam bayah tanpa aktivasi asam atau basa terhadap penjerapan amonium di dalam ZAB, waktu optimum penjerapan ZAB didalam kolam ikan, dan menentukan model kinetika yang tepat.

### **1.4 Ruang Lingkup**

Pada penelitian ini sampel larutan amonia diperoleh dari tambak Karangantu dan zeolit alam diperoleh di daerah Kecamatan Bayah Kabupaten Lebak. Untuk memperoleh sampel larutan dengan konsentrasi amonia yang berbeda, sampel diambil di tengah dan di tepi kolam. Selanjutnya dilakukan titrasi asam basa untuk menentukan konsentrasi ( $\text{NH}_4\text{OH}$ ) yang terkandung. Zeolit alam bayah tidak diaktivasi, zeolit ini terlebih dahulu dihancurkan dan diayak dengan ukuran 60, 80 dan 100 mesh. Perlakuan ini diharapkan untuk meningkatkan luas permukaan dari zeolit. Setelah itu, zeolit alam Bayah digunakan sebagai adsorben untuk menghilangkan kandungan amonium ( $\text{NH}_4^+$ ) pada air kolam ikan bandeng. Proses adsorpsi ion amonium ( $\text{NH}_4^+$ ) dilakukan pada suhu  $30^\circ\text{C}$  (303 K) dengan menggunakan zeolit tanpa aktivasi sebanyak 600 gram selama 2 jam. Setelah itu, adsorben dipisahkan lalu konsentrasi larutan amonium hidroksida ( $\text{NH}_4\text{OH}$ ) dianalisa konsentrasinya menggunakan titrasi asam basa. Analisis yang di gunakan



pada percobaan ini adalah titrasi asam basa. Penelitian ini di lakukan di Fakultas Teknk Universitas Sultan Ageng Tirtayasa Cilegon Banten.

## **BAB II**

### **TINJAUAN PUSTAKA**

#### **1.1 Adsorpsi**

Adsorpsi merupakan proses dimana komponen-komponen tertentu (adsorbat) dari suatu fasa fluida berpindah ke permukaan zat padat yang digunakan sebagai penyerap (adsorben). Adsorpsi dapat terjadi karena adanya energi permukaan dan gaya tarik-menarik permukaan. Adsorpsi adalah metode yang paling banyak dipakai dalam industri kecil atau-pun besar. Metode ini mempunyai beberapa keuntungan, yaitu lebih ekonomis dan juga tidak menimbulkan efek samping yang beracun serta mampu menghilangkan bahan-bahan yang merugikan atau berbahaya seperti organik atau anorganik.

Berdasarkan interaksi molekular antara permukaan adsorben dengan adsorbat, adsorpsi dibagi menjadi dua bagian, yaitu adsorpsi fisika dan adsorpsi kimia. Adsorpsi fisika adalah adsorpsi yang terjadi karena adanya gaya Van Der Waals (gaya tarik-menarik yang lemah) antara adsorbat dengan permukaan adsorben [2]. Pada adsorpsi fisika, adsorbat tidak terikat kuat pada permukaan adsorben, sehingga adsorbat dapat bergerak dari suatu bagian ke permukaan lainnya, dan pada permukaan yang ditinggalkan oleh adsorbat yang satu dapat digantikan oleh adsorbat lainnya [2]. Adsorpsi fisika adalah suatu peristiwa yang reversibel, sehingga jika kondisi operasinya diubah akan membentuk kesetimbangan baru. proses adsorpsi fisika terjadi tanpa memerlukan energi aktivasi, sehingga pada prosesnya akan membentuk lapisan multilayer pada permukaan adsorben. Ikatan yang terbentuk dalam adsorpsi fisika dapat diputuskan dengan mudah, yaitu dengan cara pemanasan pada temperatur 150 - 200°C selama 2 – 3 jam [2].

Adsorpsi kimia adalah adsorpsi yang terjadi karena terbentuknya ikatan kovalen dan ion antara molekul-molekul adsorbat dengan adsorben. Ikatan yang terbentuk merupakan ikatan yang kuat sehingga lapisan yang terbentuk adalah lapisan monolayer [2]. Adsorpsi kimia tidak bersifat reversibel sedangkan untuk

dapat terjadinya peristiwa desorpsi dibutuhkan energi lebih tinggi untuk memustuskan ikatan.

## 1.2 Kinetika Adsorpsi

Kinetika adsorpsi merupakan pembahasan mengenai laju adsorpsi dari suatu adsorben terhadap adsorbat sehingga kinetika adsorpsi memiliki tujuan untuk menentukan konstanta laju dari adsorpsi. Secara garis besar model kinetika reaksi yang dapat digunakan adalah orde satu, orde dua, pseudo orde satu, pseudo orde dua, Elovich, film difussion mass transfer, model Weber-Morris, Model Dumwald-Wagner dan intraparticle difussion. Persamaan nonlinear dan linear model kinetika dapat dilihat pada tabel berikut.

Tabel 2.1 Model Kinetika Adsorpsi. [3]

<i>Model</i>	<i>Persamaan</i>	<i>Persamaan Linear</i>	<i>Plot Grafik</i>
<i>Pseudo orde 1</i>	$\frac{dq_t}{dt} = k(q_e - q_t)$	$\log(q_e - q_t) = \log q_e - \frac{k_3}{2,303}t$	$\log(q_e - q_t) vs t$
<i>Pseudo orde 2</i>	$\frac{dq_t}{dt} = k(q_e - q_t)^2$	$\frac{t}{q_t} = \frac{t}{q_e} + \frac{t}{k_4 q_e^2}$	$\frac{t}{q_t} vs t$
<i>Elovich</i>	$\frac{dq_t}{dt} = \alpha e^{ks}(\beta q_t)$	$q_t = \frac{1}{\beta} \ln(\alpha\beta) + \frac{1}{\beta} \ln t$	$q_t vs t$
<i>Weber-Morris</i>	$q_t = Kex(t)^{1/2}$	$\log q_e = \log Kex + \frac{1}{2} \log t$	$\log q_r vs \log t$

Model kinetika pseudo orde satu diturunkan berdasarkan lajur reaksi Lagergen. Pada 1989, Lagergen pertama kali memperkenalkan persamaan untuk adsorpsi cair-padat berdasarkan kapasitas padatan. Model kinetika pseudo orde dua tergantung pada kemampuan mengadsorp masing-masing fase padat. Menurut Ho dan McKay (1999), jika diasumsikan bahwa kapasitas mengadsorp proporsional terhadap jumlah situs aktif (active site) pada adsorben [3]. Dimana  $q_e$  adalah kapasitas adsorpsi pada saat kesetimbangan,  $q_t$  adalah kapasitas adsorpsi pada saat waktu  $t$ ,  $t$  adalah waktu,  $k_3$  adalah konstanta laju reaksi pseudo orde satu dan  $k_4$  adalah konstanta laju reaksi pseudo orde dua.

Persamaan Elovich adalah persamaan kemisorpsi yang diturunkan berdasarkan Zeldowitsch (1934) dan telah digunakan untuk menentukan lajur

adsorpsi karbon monoksida dalam magana oksida yang menurun secara eksponensial dengan meningkatnya jumlah gas yang ditambahkan. Berdasarkan Chien dan Clayton (1980), persamaan Elovich lebih umum digunakan untuk menentukan adsorpsi gas dalam padatan, akan tetapi bisa juga digunakan untuk menentukan laju adsorpsi larutan dalam padatan. Dimana  $\alpha$  adalah konstanta laju adsorpsi (mg/g.min) dan  $\beta$  adalah konstanta desorpsi (g/mg). Model Weber Morris, Kex adalah konstanta laju intraparticle diffusion , qt adalah kapasitas pada waktu t, t adalah waktu dan  $\frac{1}{2}$  adalah gradien plot linear.

Untuk mempelajari kinetika adsorpsi yang berlangsung dari suatu reaksi maka dapat digunakan reaktor batch, didalam Reaktor ini kondisinya dapat disesuaikan dengan kondisi yang diinginkan. Ketepatan penggunaan reaktor batch diantaranya selama adsorpsi berlangsung tidak terjadi perubahan temperatur, pengadukan dilakukan secara sempurna, dan konsentrasi disemua titik dalam reaktor sama.

### 1.3 Zeolit Alam

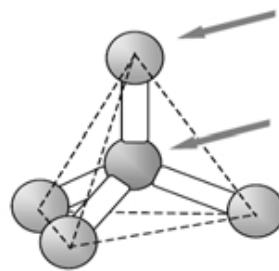
Hal terpenting dalam proses adsorpsi adalah adsorben. Pemilihan jenis adsorben yang paling potensial dan mudah didapat dan berlimpah adalah zeolit. Zeolit merupakan mineral yang banyak terdapat di Indonesia dengan jenis yang beragam dan sebaran keberadaan yang luas di Indonesia. Zeolit alam ini tersebar di beberapa daerah dengan topografi berbukit-bukit di Sumatera, Jawa, Kalimantan, sampai Sulawesi. Zeolit di Jawa Barat dan Banten terdapat di Kabupaten Lebak Propinsi Banten, Kabupaten Bogor, dan Kabupaten Tasikmalaya. Berikut ini ditampilkan lokasi endapan zeolit alam dalam Tabel 2.1.

**Tabel 2.2 Lokasi zeolit di Indonesia. [4]**

NO	LOKASI	PROVINSI	KABUPATEN	KECAMATAN	SUMBERDAYA (ton)
1	PasitGombong	Banten	Lebak	Bayah	123.000.000
2	Nanggung	Jabar	Bogor	Nanggung	25.000.000
3	Desa Tungglis	Jabar	Sukabumi	Gegerbitung	100.000.000
4	Bojong	Jabar	Sukabumi	Cikermbar	24.151.000
5	Sindangkerta	Jabar	Tasikmalaya	Cikalong	2.766.160
6	Pantat Tengor	Lampung	Tanggamus	Cukuh Balak	37.000.000

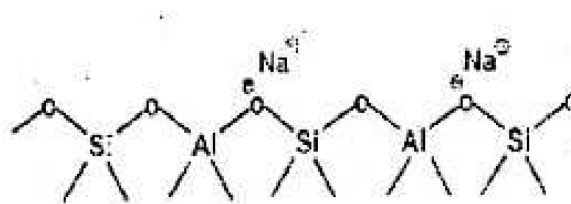
Zeolit alam terbentuk karena adanya proses kimia dan fisika yang kompleks dari batuan-batuan yang mengalami berbagai macam perubahan di alam. Para ahli geokimia dan mineralogi memperkirakan bahwa zeolit merupakan produk gunung berapi yang membeku menjadi batuan vulkanik, batuan sedimen dan batuan metamorfosa yang selanjutnya mengalami proses pelapukan karena pengaruh panas dan dingin [5]

Jenis jenis zeolit alam yang ada di Indonesia secara umum merupakan zeolit jenis mordenit dan klipnoptilolit. Zeolit alam memiliki struktur kristal hidrat aluminasilikat, yang memiliki berbagai aplikasi karena berbagai keunikan karakteristik fisik-kimia nya, misalnya pertukaran ion (ion exchange), karakteristik absorpsi dan desorpsi yang terbentuk dari  $TO_4$  tetrahedral (T=Si, Al, P, dan lain-lain).



Gambar 2.1 Struktur Kimia Zeolit Tetrahedral. [6]

Gambar 2.1 adalah skematis kerangka zeolit diantaranya tersusun atas tetrahedral  $[SiO_4]^{4-}$  dan  $[AlO_4]^{5-}$  yang terhubung dengan oksigen. Kation alkalin dalam pori dan saluran-saluran struktur muatan negatif aluminosilikat dapat digantikan dengan kation lainnya, tergantung pada perbedaan selektivitas ukuran dan densitas muatan kation [7] seperti gambar 2.2 berikut.



Gambar 2.2 Senyawa zeolit alam alumina silika [2]



Data pada tabel 2.1 menunjukkan bahwa jumlah zeolit terbanyak di Indonesia ada di Kecamatan Bayah Lebak Banten adalah 123 juta ton, selain itu juga zeolit alam ini merupakan jenis mordenit dan klipnoptilolit[12]. Banyak peneliti di dunia telah meneliti penggunaan material zeolit, terutama zeolit alam seperti klinoptilolit, utamanya sebagai penukar ion (ion exchange) dan adsorben untuk air yang terdekontaminasi dan air limbah dalam industri [7].

#### **1.4 Pencemaran air**

Dalam kegiatan budidaya ikan salah satu masalah yang sering dihadapi yaitu kualitas air. Hal ini di akibatkan oleh masuknya substansi-substansi pencemar yang terakumulasi di dalam media pemeliharaan. Meningkatnya kadar zat-zat pencemar tersebut dapat mengganggu proses kehidupan dan setelah mencapai kadar tertentu dapat mematikan hewan peliharaan. Kasus demikian sering terjadi terutama pada ikan-ikan yang dipelihara didalam akuarium atau budidaya system tertutup lainnya, yang airnya jarang atau tidak diganti [4]

Substansi-substansi yang dapat membahayakan kehidupan ikan-ikan dalam budidaya sistem tertutup dapat digolongkan menjadi dua kelompok, yakni: kontaminan dan metabolit (sisa-sisa meta-bolisme). Kontaminan umumnya berasal dari bahan yang digunakan untuk pencucian dan sterilisasi alat-alat laboratorium seperti deterjen, pemanasan dan lain-lain. Zat-zat metabolit secara global dapat dibedakan menjadi dua golongan. Golongan pertama adalah ektokrin (metabolit eksternal). Ektokrin ini merupakan zat racun yang dike-luarkan oleh sejenis fitoplankton dinofla-gellata, yaitu *Gymnodinium veneficium* dan toksin yang dikeluarkan oleh beberapa jenis hewan budidaya, misalnya oleh siput air, *Biomphalaria sudanica*, ikan zebra, *Brachy-danio rerio* dan gurami biru, *Trichogaster trichopterus*. Golongan kedua adalah zat-zat kimia yang merupakan hasil akhir metabolis-me nitrogen seperti amonia, urea, asam urat serta substansi nitrogen lainnya seperti gua-nin, asam amino dan oksida trimetilamin. Di antara substansi-substansi berbahaya terse-but, amonia dipandang sebagai substansi berbahaya yang paling potensial dalam sistem budidaya tertutup. Di samping sangat toksik, amonia juga merupakan senyawa nitrogen yang paling banyak diproduksi

dari metabo-lisme nitrogen. Amonia yang terdapat dalam air tidak hanya berasal dari hasil metabolis-me organisme yang hidup, tetapi juga ber-asal dari proses dekomposisi organisme yang telah mati dan sisa-sisa makanan.oleh karena itu ammonia sering menjadi salah satu kendala utama dalam usaha budidaya. [4].

Amonia ( $\text{NH}_3$  dan  $\text{NH}_4^+$ ) dapat mempengaruhi dan mengganggu hewan-hewan yang hidup dalam perairan tersebut. Beberapa hasil penelitian menunjukkan bahwa akumulasi amonia dalam air budidaya mengakibatkan berbagai macam kerusakan terhadap organisme terutama kerusakan ada fungsi dan struktur organ. Pada kadar yang sangat rendah kurang berbahaya, tetapi dengan meningkatnya kadar amonia, secara cepat menjadi berbahaya terhadap hewan perairan. Beberapa pengaruh yang timbul seperti efek sublital  $\text{NH}_3$ , yaitu terjadinya penyempitan permukaan insang. Terjadinya penyempitan permukaan insang ini akan mengakibatkan kecepatan proses pertukaran gas dalam insang menjadi menurun. Selain itu efek subletal amonia juga bisa menyebabkan penurunan jumlah sel darah, penurunan kadar oksigen dalam darah, mengurangi ketahanan dan daya tahan terhadap penyakit, serta mengakibatkan kerusakan struktural berbagai jenis organ, termasuk parenkhim hati.

Sutomo mengutip pernyataan dari Jurnal Kinne, bahwa kadar N- $\text{NH}_3$  yang diperbolehkan dalam sistem budidaya adalah 0,001 mg/l atau kurang [4]. Amonia yang tidak teroksidasi oleh bakteri dalam waktu terus-menerus dengan jangka waktu yang lama akan bersifat racun. Tingginya konsentrasi amonia dapat menyebabkan kerusakan pada insang, ikan mudah terserang penyakit, dan menghambat laju pertumbuhan [7]

## BAB III

### METODE PENELITIAN

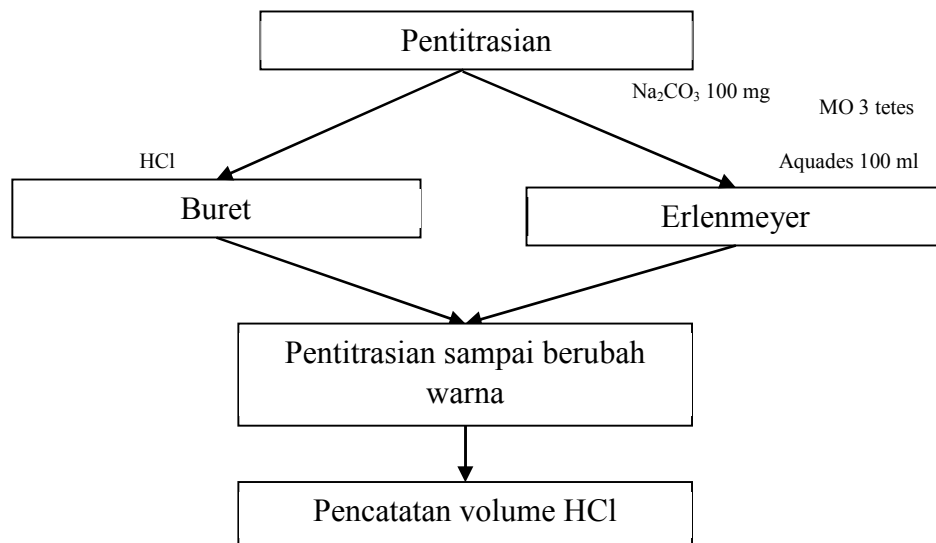
#### 3.1 Tahapan Penelitian

Pada penelitian yang dilakukan ini terdiri dari beberapa tahapan, yang pertama adalah tahap persiapan dan tahap utama. Tahap persiapan yaitu titrasi sampel larutan kolam ikan bandeng setelah itu persiapan larutan sampel yang diambil dalam kolam dipersiapkan dengan cara titrasi dengan asam basa untuk mengetahui nilai kandungan amonia.

Selanjutnya adalah tahap utama yaitu, diawali zeolit berbentuk bongkahan di grinding lalu diayak dengan ukuran ayakan yang bervariasi 60, 80 dan 100 mesh untuk menyeragamkan ukuran, zeolit yang sudah seragam ukurannya digunakan sebagai adsorber untuk menghilangkan kadar ion amonium ( $\text{NH}_4^+$ ) dalam sampel larutan air kolam ikan bandeng. Kemudian kadar ion amonium ( $\text{NH}_4^+$ ) yang digunakan yaitu analisa dengan menggunakan titrasi asam basa.

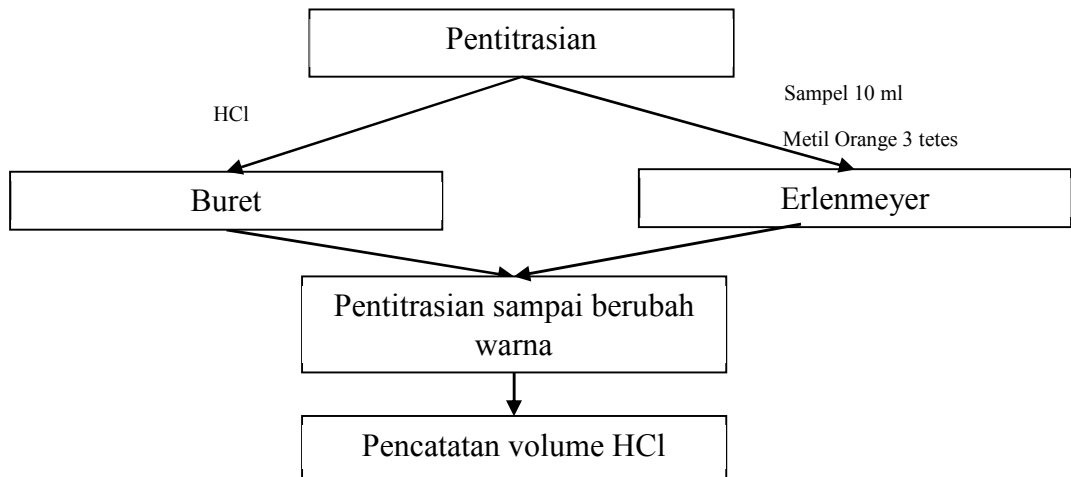
##### 3.1.1 Tahap Persiapan

###### a. Standarisasi larutan HCl



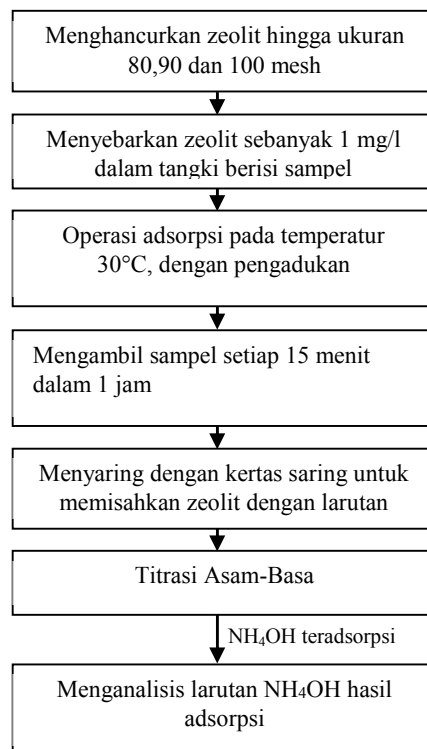
Gambar 3.1 Diagram Alir Standarisasi HCl.

b. Titrasi  $\text{NH}_4\text{OH}$



Gambar 3.2 Titrasi  $\text{NH}_4\text{OH}$

3.1.2 Tahap Utama



Gambar 3.3 Diagram Alir Adsorpsi ion ammonium dan analisa kadar dengan menggunakan Titrasi Asam-Basa

## **3.2 Prosedure Penelitian**

### **3.2.1 Penentuan Kandungan Amonium Larutan Kolam Ikan Bandeng dan Modifikasi Zeolit Alam Bayah**

Proses pertama untuk mengetahui konsentrasi  $\text{NH}_4\text{OH}$  dalam sampel dimulai dengan langkah-langkah titrasi asam basa, diawali dengan standarisasi untuk mengetahui konsentrasi  $\text{HCl}$  (sebagai titran) menggunakan larutan standar  $\text{Na}_2\text{CO}_3$  (sebagai titer). Membersihkan buret dengan larutan  $\text{HCl}$  lalu membuangnya, kemudian mengisi kembali dengan  $\text{HCl}$  sampai batas ukuran buret. Memasukan  $\text{Na}_2\text{CO}_3$  100 mg ke dalam erlenmeyer dan melarutkannya dengan 100 ml aquades dan menetesinya dengan metil orange sebanyak 3 tetes. Memulai titrasi dengan membuka perlahan bukaan buret pertetes hingga larutan yang ada didalam erlenmeyer berubah warnanya. Setelah berubah warnanya hal ini menandakan titik akhir titrasi tercapai dan mengambil data volume  $\text{HCl}$  yang terpakai.

Langkah-langkah kedua titrasi asam basa yaitu menentukan konsentrasi dari  $\text{NH}_4\text{OH}$  (sebagai titrat) dan  $\text{HCl}$  (sebagai titran). Mengawalinya dengan membersihkan buret dengan  $\text{HCl}$  lalu membuangnya dan mengisi kembali buret dengan  $\text{HCl}$  sampai batas tertentu. Kedua, menyiapkan sampel  $\text{NH}_4\text{OH}$  10 ml serta menetesinya dengan metil orange 3 tetes ke dalam erlenmeyer. Ketiga, memulai titrasi dengan membuka bukaan buret perlahan kemudian menggoyangkan erlenmeyer untuk mempercepat reaksi dan warna larutan berubah. Setelah berubah warnanya hal ini menandakan titik akhir titrasi tercapai dan mengambil data volume  $\text{HCl}$  yang terpakai.

### **3.2.2 Pengujian Kinetika Adsorpsi**

Proses utama dalam penelitian ini yaitu proses adsorpsi. Pertama Zeolit Alam Bayah tidak diaktivasi, zeolit ini terlebih dahulu dihancurkan dan diayak dengan ukuran 80, 90 dan 100 mesh. Proses ini bertujuan untuk meningkatkan luas permukaan dari zeolit. Kemudian, zeolit alam Bayah digunakan sebagai adsorben untuk menghilangkan kandungan amonium ( $\text{NH}_4^+$ ) pada air kolam ikan bandeng dengan menebarkan bubuk zeolit di tangki. Proses adsorpsi ion amonium ( $\text{NH}_4^+$ ) dilakukan pada suhu  $30^\circ\text{C}$  (303 K) dengan pengadukan dan waktu kontak 15, 30, 45 menit. Campuran dipisahkan dengan cara dekantasi



### **3.2.3 Analisis Titrasi Asam-Basa**

Analisis konsentrasi  $\text{NH}_4\text{OH}$  yang telah diadsorpsi dengan zeolit teraktivasi asam dilakukan menggunakan titrasi asam-basa dimana titran yang digunakan adalah  $\text{HCl}$  0,001 M dan indikator yang digunakan adalah indikator phenolftalein (PP). Langkah pertama adalah dengan melakukan titrasi pada larutan standar dari  $\text{NH}_4\text{OH}$  dengan konsentrasi 250 mg/L (250 ppm). Selanjutnya masing-masing sampel larutan  $\text{NH}_4\text{OH}$  yang telah di adsorpsi dengan menggunakan zeolit alam bayah tanpa aktivasi dititrasi dengan menggunakan  $\text{HCl}$  0,001 M dan indikator PP.

### **3.3 Bahan dan Alat**

Berikut ini bahan dan alat yang digunakan dalam penelitian ini.

#### **3.3.1 Bahan**

Bahan yang digunakan dalam penelitian ini adalah bahan untuk proses titrasi asam basa dan proses Adsorpsi.

1. Zeolit Alam daerah Bayah Kabupaten Pandeglang.
2. Larutan kolam Bandeng daerah Karangantu.
3. Metil orange
4.  $\text{HCl}$
5.  $\text{Na}_2\text{CO}_3$

#### **3.3.2 Alat**

Alat yang digunakan dalam penelitian ini adalah alat untuk proses titrasi asam basa dan proses Adsorpsi.

1. Burret
2. Erlenmeyer
3. Statif
4. Ayakan (80,90 dan 100 mesh)
5. Tangki Penampung
6. Pengaduk

### **3.4 Variabel Penelitian**

Variabel-variabel penelitian ini terdiri dari variabel bebas, variabel terikat, dan variabel kontrol. Variabel bebas pada percobaan ini yaitu ukuran pori pada ayakan 80, 90 dan 100 mesh jumlah adsorben zeolit alam Bayah; Perbedaan konsentrasi tambak amonia dari setiap tambak ikan bandeng. Sedangkan variabel terikat pada percobaan ini adalah karakterisasi Zeolit Alam Bayah, konsentrasi dari setiap sudut kolam ikan. Variabel kontrol pada percobaan ini adalah temperatur adsorpsi 30°C atau 303 K.

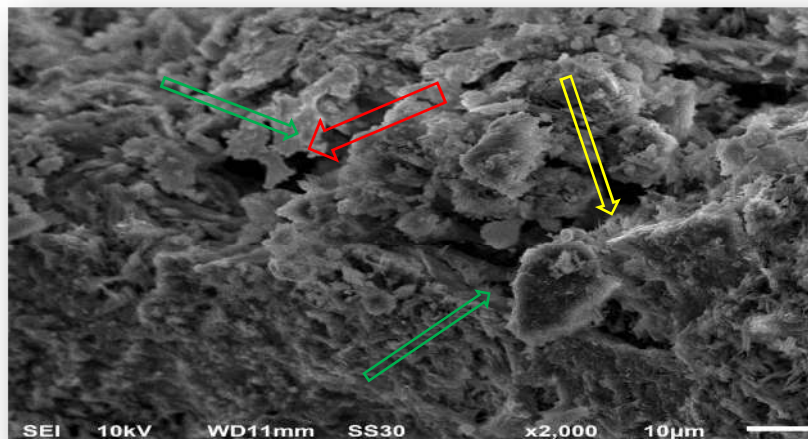
### **3.5 Metode Pengumpulan dan Analisis Data**

Analisa yang digunakan dalam penelitian ini yaitu, analisis kandungan amonia dalam sampel dengan titrasi asam basa dan analisis laju kinetika adsorpsi serta pengujian SEM.

## BAB IV

### HASIL DAN PEMBAHASAN

#### 4.1 Hasil Karakteristik Zeolit Alam Bayah (ZAB)



Gambar 4.1 Hasil Uji SEM pada ZAB

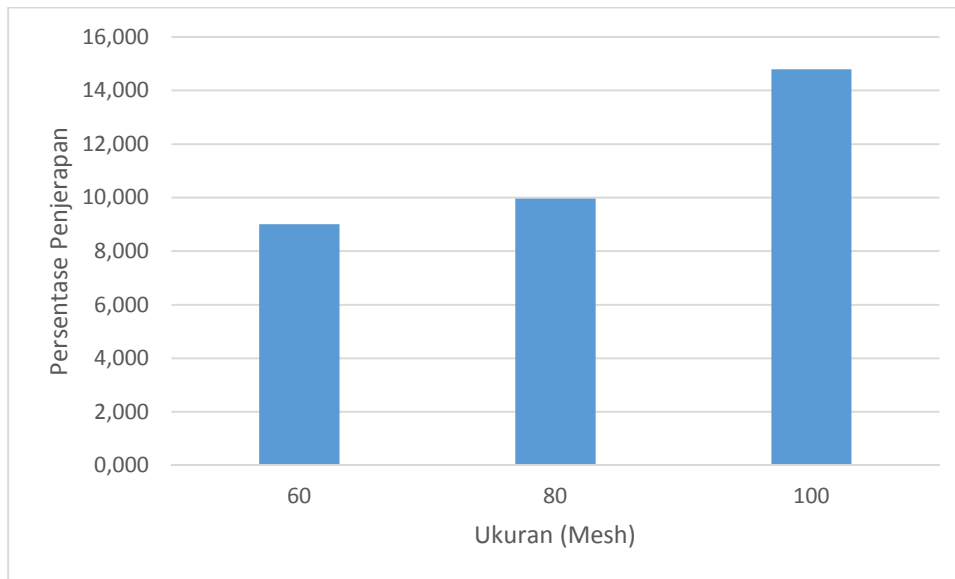
Hasil SEM Gambar 4.1 terlihat perbesaran 2000x adanya daerah berwarna gelap (merah), serta terdapat butiran yang menutupi daerah gelap (merah), memiliki bentuk yang tidak beraturan (hijau) serta permukaan yang runcing seperti jarum (kuning). Daerah gelap merupakan permukaan zeolit yang tertutup oleh pengotor berbentuk butiran oksida logam alkali, adanya pengotor logam alkali mengakibatkan permukaan zeolit memiliki bentuk yang tidak beraturan. Hal ini didukung oleh Pengujian AAS yang dilakukan oleh Nuryoto (2016) terhadap ZAB dengan perlakuan asam akan mengalami penurunan oksida logam alkali [8]. Penurunan oksida logam alkali akan membuat permukaan zeolit yang awalnya gelap akan menjadi lebih terang dan membuat permukaan lebih beraturan. Berdasarkan hal ini ZAB tanpa modifikasi asam/basa memiliki banyak pengotor dan permukaan yang tidak beraturan. Banyaknya pengotor pada ZAB tanpa modifikasi juga disebutkan di penelitian Nuryoto (2016) dan Leo Sentosa (2018) bahwa melalui pengujian SEM ZAB sebelum modifikasi masih memiliki banyak

daerah gelap dan tidak beraturan [8] [9]. Selain itu pengaruh banyaknya pengotor oksida logam alkali akan berdampak pada rendahnya luas permukaan. Berikut hasil Pengujian SEM ZAB.

Berdasarkan penelitian Makiyi dan Hakiki (2019) bahwa zeolit alam Bayah tanpa modifikasi memiliki luas permukaan sebesar 46 m<sup>2</sup>/g. Sedangkan jika dibandingkan dengan penelitian Sukma (2011) zeolit alam Bayah yang diaktivasi dengan NH<sub>4</sub>Cl akan memiliki luas permukaan sebesar 83,15 m<sup>2</sup>/g. Berdasarkan data ini, ZAB tanpa modifikasi dimungkinkan akan memiliki kapasitas penjerapan amonium setengahnya jika dibandingkan dengan penelitian Sukma (2011) yaitu dengan total luas permukaannya sebesar 83,15 m<sup>2</sup>/g [2].

Selain itu jika dibandingkan dengan beberapa zeolit alam yang ada di Indonesia, ZAB memiliki luas permukaan yang cukup besar yaitu 46 m<sup>2</sup>/g. Sedangkan analisis BET daerah Lampung sebesar 45,4 m<sup>2</sup>/g [10] dan analisis BET daerah Tasikmalaya sebesar 7,035 m<sup>2</sup>/g [11]. Urutan Luas Permukaan tanpa modifikasi berdasarkan data yang diperoleh Zeolit Alam Bayah memiliki Luas Permukaan yang besar dari Lampung dan Tasikmalaya. Semakin besar peningkatan luas permukaan pada zeolit maka akan berpengaruh pada semakin besarnya kemampuan daya jerap [10].

## 4.2 Pengaruh Perbedaan Ukuran Zeolite



Gambar 4.25 Perbandingan Ukuran ZAB

Pada Grafik 4.2 dapat di lihat bahwa persentase penghilangan amonium ( $\text{NH}_4^+$ ) dengan menggunakan zeolit berukuran 60 mesh selama 30 menit yaitu sebesar 9.003%. Persentase penghilangan amonium ( $\text{NH}_4^+$ ) dengan menggunakan zeolit berukuran 80 mesh selama 30 menit yaitu sebesar 9.968%. Persentase penghilangan amonium ( $\text{NH}_4^+$ ) dengan menggunakan zeolit berukuran 100 mesh selama 30 menit yaitu sebesar 14.791%. Menurut Nuryoto dkk (2020), proses adsorpsi akan terjadi apabila molekul dari adsorbat dapat mendifusi masuk ke sisi aktif adsorben [12]. Hasil tersebut juga menunjukkan bahwa adanya molekul dari adsorbat (ammonium) terdifusi ke sisi aktif ZAB, dikarenakan molekul ammonium lebih kecil daripada pori pori ZAB yaitu sebesar  $1,045 \text{ \AA}$  sedangkan pori-pori ZAB  $15 \text{ \AA}$ . Hal tersebut memberikan gambaran bahwa ZAB tanpa proses aktivasi dapat bekerja sebagai adsorben.

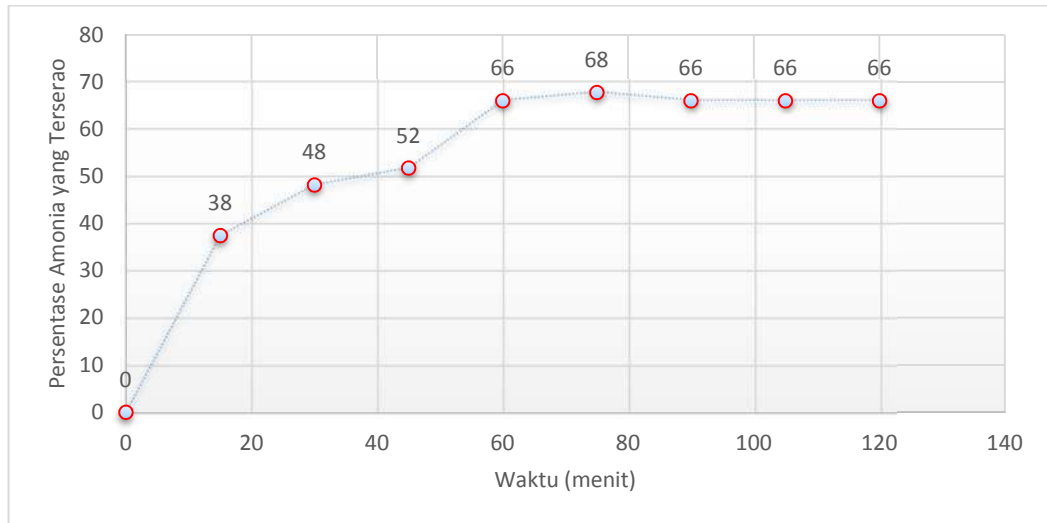
Adanya kenaikan persentase ammonium yang terserap pada setiap ukuran ZAB, dikarenakan semakin luasnya permukaan ZAB jika ukuran ZAB nya semakin kecil . Menurut Mortimer dan Robert (2008) ukuran partikel berbanding lurus dengan luas permukaan maka makin kecil ukuran partikel, yang berarti makin luas permukaannya (Mortimer dan Robert, 2008 ). Penelitian lain juga mengatakan



ukuran butiran zeolit akan mempengaruhi ukuran pori dan luas permukaan ZAB, hal ini didukung oleh pengujian nilai SAA (Surface Area Analysis). Penelitian ini mendekati penelitian bahwa ZAB ukuran 38  $\mu\text{m}$  (#400) memiliki nilai surface area yang lebih besar dan ukuran pori yang lebih kecil dari pada ukuran 75  $\mu\text{m}$  (#200) [9]. Pengaruh luas permukaan adsorben terhadap proses adsorpsi yaitu semakin besar luas permukaan maka semakin besar pula daya adsorpsinya, karena proses adsorpsi terjadi pada permukaan adsorben (Mortimer dan Robert, 2008) sedangkan pori-pori yang lebih kecil akan memperbanyak ruang untuk menjerap amonium dengan syarat ukuran pori-nya tidak lebih kecil dari diameter ion amonium yaitu 1,045 Å. Hal ini menunjukkan bahwa ukuran ZAB berbanding lurus dengan kapasitas penyerapannya, semakin kecil ukuran adsorben (ZAB) maka semakin besar adsorbat(ammonium) yang terserap.

Pada ZAB dengan ukuran 60 dan 80 mesh tidak terjadi perubahan yang sangat signifikan, hal ini menunjukkan bahwa degradasi amonium yang di hasilkan tidak meningkat secara signifikan, dikarenakan masih terdapat zat zat pengotor yang masih terkandung di dalam ZAB. Banyaknya pengotor ditunjukkan oleh pengujian SEM (Gambar 4.1) yaitu daerah gelap serta Pengujian AAS yang dilakukan oleh Nuryoto (2016) terhadap ZAB bahwa daerah gelap yang merupakan oksida logam alkali [8].

### 4.3 Pengaruh Waktu Adsorpsi Ion Amonium



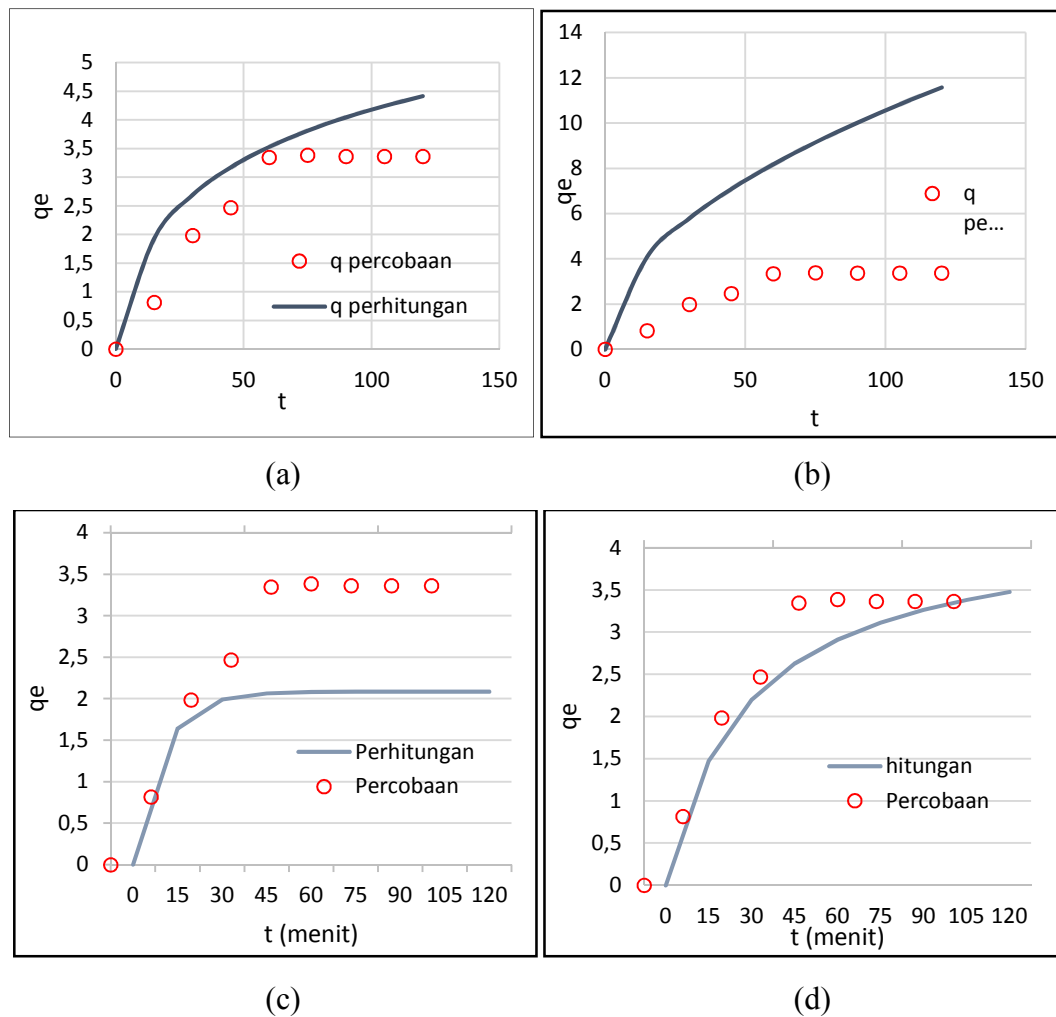
Gambar 4.36 Grafik persentase penghilangan amonium selama 2 jam

Berdasarkan Gambar 4.3 dapat dilihat bahwa adsorben ZAB dengan ukuran 100 mesh banyak menyerap ion amonium ( $\text{NH}_4^+$ ) pada waktu 15 – 60 menit sedangkan di waktu 75 – 120 menit menunjukkan tidak ada penyerapan ion amonium ( $\text{NH}_4^+$ ). Hasil tersebut memberikan gambaran bahwa ZAB sangat baik menyerap ion amonium, dibuktikan dengan penghilangan kandungan amonium dengan waktu 60 menit. Proses adsorpsi akan terjadi jika molekul adsorbat (amonium) berdifusi masuk ke sisi aktif adsorben (ZAB). Proses perpindahan terjadi dapat ditentukan dari diameter molekul amonium yang lebih kecil dari diameter pori ZAB. Nilai diameter pori ZAB tanpa modifikasi sebesar  $15 \text{ \AA}$  (Makiyi, 2019) sedangkan diameter molekul amonium  $1,045 \text{ \AA}$  [13], hal inilah yang membuat ZAB mampu menyerap amonium. Namun waktu 60 menit menyatakan bahwa zeolit sudah tidak dapat menyerap amonium hal ini menandakan bahwa ZAB telah mencapai kesetimbangan atau mencapai optimum karena amonium sudah mengisi semua pori-pori ZAB. ZAB tanpa modifikasi memiliki kemampuan adsorpsi yang rendah karena sebelum diaktivasi luas permukaannya lebih kecil. Dibuktikan dengan hasil BET ZAB tanpa modifikasi memiliki luas permukaan sebesar  $46 \text{ m}^2/\text{g}$  dibandingkan dengan ZAB modifikasi bernilai  $83,15 \text{ m}^2/\text{g}$  [2] hal ini yang menjelaskan penyerapan ZAB tidak mencapai 100%. Selain itu terjadi peningkatan

adsorpsi pada waktu 75 menit dan pada waktu 90 menit terjadi penurunan kemudian persentase adsorpsi stabil di 66%. Hal ini diindikasikan mengalami desorpsi atau terlepasnya amonium kembali dari adsorben. Penurunan adsorpsi disebabkan karena lemahnya interaksi yang terjadi antar ion dengan adsorben untuk terikat pada permukaan adsorben [14].

#### 4.4 Kinetika Adsorpsi Ion Amonium

Menurut Tri (2013) Model kinetika reaksi dapat digunakan untuk mengolah data dalam penanganan limbah cair dengan adsorpsi untuk menentukan variabel yang terlibat dalam adsorpsi [15]. Model kinetika adsorpsi juga diperlukan untuk memprediksikan kecepatan perpindahan adsorbat dari larutan ke adsorben.



Gambar 4.57 Grafik Pemodelan Kinetika Adsorpsi, (a) Elovich pseudo-first (b) pseudo-second Order.

Tabel 4.13 Hasil Perhitungan kinetika amonium

No.	Model Kinetika	Konstanta			SSE
		Lambang	Satuan	Nilai	
1	Pseudo-First Order	k	1/min	0,10	9,04
2	Pseudo-Second Order	k	m/M.min	0,01	0,79
3	Elovich	$\alpha$	mg/g.min	0,28	4,79
		$\beta$	g/mg	0,74	
4	Weber Morris	k	1/min	1,05	271,43

Penentuan model kinetika adsorpsi dilakukan dengan memvariasikan waktu penjerapan dari 15 – 120 menit. Hasil analisis pada Gambar 4.5 menunjukkan kinetika adsorpsi ion amonium ( $\text{NH}_4^+$ ) dengan ZAB tanpa aktivasi mengikuti model kinetika Pseudo orde dua. Ditandai oleh kinetika pseudo orde dua nilai  $q_e$  hitungan mendekati nilai  $q_e$  percobaan sehingga mempunyai nilai SSE sebesar 0,79 (Tabel 4.1) jika dibandingkan dengan model kinetika lainnya yang SSE nya bernilai lebih besar. Hal ini didukung oleh penelitian Wen dkk (2006), bahwa adsorpsi amonium oleh zeolit mengikuti model kinetika pseudo second order dan lebih tepat untuk penjerapan ion logam, pewarna dan zat anorganik dari larutan air [16]. Hamdaoui dan Chiha (2007) menyatakan bahwa model kinetika orde dua semu merupakan dua tahapan yaitu tahapan awal yang cepat dan tahap kedua yang lambat. Gambar 4.3 menunjukkan proses adsorpsi terjadi secara cepat seiring bertambahnya waktu kontak, namun setelah proses adsorpsi terjadi pada waktu optimum proses adsorpsi mengalami penurunan dan berlangsung lebih lambat setelah beberapa waktu kontak. Menurut Ho dan Mckay (1998) model kinetika pseudo second order merupakan adsorpsi kimia atau chemisorption [3]. Ikatan kovalen (adsorpsi kimia) lebih kuat dari pada adsorpsi secara fisika yang melibatkan ikatan hidrogen, gaya van der Waals dan interaksi  $\pi$ - $\pi$  [17]. Bila suatu adsorpsi berlangsung secara chemisorption, maka energi adsorpsinya harus lebih besar dari 10 j/mol [18]. Berdasarkan perhitungan yang telah dilakukan diperoleh nilai Energi adsorpsi yaitu 14,68 j/mol. Hal inilah yang menjelaskan penjerapan ion amonium oleh ZAB mengikuti model pseudo second order.

## BAB V

### KESIMPULAN DAN SARAN

#### 5.1 Kesimpulan

Berdasarkan penelitian yang telah dilakukan dapat disimpulkan sebagai berikut:

- a. Berdasarkan analisis pengujian SEM ZAB yang tidak dimodifikasi memiliki bentuk yang tidak beraturan dan banyak pengotor oksida logam alkali
- b. Pengujian daya jerap ukuran 60, 80 dan 100 mesh selama 30 menit, 100 mesh memiliki persentase penjerapan yang besar yakni 14,791%. Hal ini terjadi karena 100 mesh memiliki luas area yang lebih luas dan ukuran pori yang kecil.
- c. ZAB tanpa modifikasi mampu menjerap amonium karena ZAB tanpa modifikasi memiliki diameter pori sebesar 15 Å sedangkan diameter molekul amonium 1,045 Å.
- d. Percobaan penjerapan amonium selama 120 menit, diperoleh waktu optimum penjerapan amonium yaitu 60 menit dan berhasil menjerap sebanyak 66 % ion amonium. Penjerapan yang tidak mencapai 100 % karena banyaknya pengotor oksida logam alkali.
- e. Model kinetika adsorpsi yang sesuai dengan penjerapan amonium oleh ZAB adalah model persamaan *pseudo second orde* memiliki nilai SSE sebesar 0,79.

#### 5.2 Saran

Berdasarkan penelitian yang telah dilakukan saran yang dapat dilakukan untuk penelitian selanjutnya:

- a. Perlunya Zeolit alam Bayah dengan aktivasi asam atau basa untuk mengetahui penjerapan didalam kolam
- b. Perlu dilakukan pengaruh penjerapan jika dilakukan secara kontinu di dalam kolam.
- c. Pengaruh perbedaan massa zeolit 1 kg dan 500 gram.



## DAFTAR PUSTAKA

- [1] B. P. Statistik, "BPS," 2013. [Online]. Available: [www.BPS/Potret usaha pertanian subsektor hasil pencacahan lengkap sensus](http://www.BPS/Potret%20usaha%20pertanian%20subsektor%20hasil%20pencacahan%20lengkap%20sensus).
- [2] S. Pamungkas, "Pemanfaatan Zeolit Alam Bayah Pada proses Penjernihan Asap Kebakaran dan Penguranga Tingkat Racung Asap," Depok, 2011.
- [3] Y. Ho and G. Mckay , "Pseudo-Second Order model for sorption processes," *Process Biochemistry*, pp. 451-465, 1999.
- [4] Kusdarto, "Potensi Zeolit di Indonesia," *Jurnal Zeolit Indonesia*, 2008.
- [5] H. S and S. , "Performa Produksi Ikan Lele Dumbo Yang Dipelihara Dengan Teknologi Biofloc.," *Journal of Fisheries Science and Technology*, pp. 37-42, 2014.
- [6] G. and S. Br, "Analisis Kinetika Ion NH<sub>4</sub><sup>+</sup> dan H<sup>+</sup> pada zeolit alam lampung dengan shrinking core model," *jurnal rekayasa kimia dan lingkungan*, vol. 8 (2), pp. 50-56, 2009.
- [7] G. Z, S. I, K. H and R. a.S, "Application of zeolites in aquaculture industry: a review," *Aquaculture*, p. 21, 2016.
- [8] N. H. Sulisty, W. B. Sediawan and I. Perdana, "Modifikasi Zeolit Alam Mordenit Sebagai Katalisator Ketalisasi dan Esterifikasi," *Reaktor*, pp. 72-80, 2016.
- [9] L. Sentosa, B. S. Subagio, H. Rahman and A. Yamin, "Aktivasi Zeolit Alam Asal Bayah dengan Asam dan Basa sebagai aditif Campuran Beraspal Hangat," *Jurnal Teoritis dan Terapan Bidang Reakayasa Sipil*, vol. 25 no. 3, 2018.
- [10] Yuliusman, "Aktivasi Zeolit Alam Lampung sebagai Adsorben Karbon Monoksida Asap Kebakaran," *Pengembangan Teknologi Kimia untuk Pengolahan Sumber Daya ALAM Indonesia*, 2016.
- [11] A. Sani A, A. Rostika N and D. Rakhmawaty , "Pembuatan Fotokatalis TiO<sub>2</sub> Zeolit Alam asal Tasikmalaya Untuk Fotodegradasi methylene Blue," *Journal of Indonesia Zeolites*, vol. 8 no. 1, 2009.
- [12] N. T. Kurniawan and I. Kustiningsih, "Mordenite Natural Zeolite Testing as Adsorbent for the Amonium Degradation Process in Fishpon Water," *Jurnal Teknik Kimia*, 2020.
- [13] G. Rhaska and R. Zainul, "Analisis Molekular dan Transpor Ion Amonium Klorida," 2019.

- [14] S. Wahyu O, F. Widhi M and T. Sulistyarningsih, "Pemanfaatan Zeolit Alam Teraktivasi H<sub>3</sub>PO<sub>4</sub> sebaga Adsorben Ion Logam Dalam Larutan," *Indonesian Journal of Chemical Science*, vol. 6 (2), 2017.
- [15] T. E, P. K and A. K, "Kinetic Study of Cr (VI) Adsorption on Hydrotalcite Mg/Al with molar Ratio 2:1.," *Zeolites*.
- [16] D. Wen, Y.-S. Ho and X. Tang, "Comparative Sorption Kinetic Studies of Ammonium onto Zeolite," *Journal of Hazardous Material*, pp. 252-256, 2006.
- [17] H. Irawati, N. Hidayat A and E. Sugiharto, "Adsorpsi Zat warna Kristal Violet Menggunakan Limbah Singkong," *Jurnal UGM*, vol. 25 (1), 2018.
- [18] R. Jati W, M. and A. Taftazani, "Model Adsorpsi langmuir Pada Perpindahan IOgam Ti, V, Mn Sistem air-sedimen di sepanjang sungai Code, Yogyakarta," Yogyakarta, 2007.