

## PEMANFAATAN BATU PASIR LAUT WARNA HITAM TERAKTIVASI NaOH 4 N DAN TERSALUT Fe<sub>2</sub>O<sub>3</sub> SEBAGAI ADSORBEN ION NITRAT

I Nengah Simpen, Putu Suarya, dan Komang Yogi Purnamawati

*Jurusan Kimia FMIPA Universitas Udayana, Bukit Jimbaran*

---

### ABSTRAK

Telah dilakukan penelitian mengenai adsorpsi ion nitrat menggunakan adsorben batu pasir laut warna hitam teraktivasi NaOH 4 N dan tersalut Fe<sub>2</sub>O<sub>3</sub> serta tercuci aquades dengan variasi pH penyalutan 5, 7, dan 11. Penelitian ini bertujuan untuk mengetahui kemampuan adsorben batu pasir termodifikasi dalam menurunkan konsentrasi ion nitrat. Penelitian ini meliputi penentuan keasaman permukaan dengan metode titrasi asam-basa, penentuan luas permukaan spesifik dengan metode metilen biru, serta penentuan waktu setimbang adsorpsi, isoterm adsorpsi, dan kapasitas adsorpsi adsorben batu pasir terhadap ion nitrat diukur menggunakan alat spektrofotometer UV-vis.

Hasil penelitian menunjukkan bahwa nilai keasaman permukaan tertinggi dimiliki oleh adsorben batu pasir teraktivasi NaOH 4 N dan tersalut Fe<sub>2</sub>O<sub>3</sub> (A<sub>1</sub>) yakni 0,4423 mmol/gram, sementara luas permukaan spesifik tertinggi dimiliki oleh batu pasir teraktivasi NaOH 4 N dan tersalut Fe<sub>2</sub>O<sub>3</sub> pH 7 (A<sub>3</sub>) yakni 21,2899 m<sup>2</sup>/gram. Pola isoterm yang diperoleh diklasifikasikan dalam isoterm adsorpsi Langmuir dengan nilai r sebesar 0,9895. Kapasitas adsorpsi terhadap ion nitrat tertinggi dimiliki oleh adsorben batu pasir berkode A<sub>1</sub> yaitu adsorben batu pasir teraktivasi NaOH 4 N dan tersalut Fe<sub>2</sub>O<sub>3</sub> yang memiliki pH 4,19 sebesar 2,8333 mg/g dengan waktu setimbang selama 90 menit. Dalam penelitian ini, batu pasir setelah diaktivasi NaOH 4 N dan disalut Fe<sub>2</sub>O<sub>3</sub> telah mampu memberikan kemampuan adsorpsi yang relatif lebih tinggi dibandingkan batu pasir kontrol.

Kata kunci : batu pasir, adsorpsi, teraktivasi NaOH 4 N, tersalut Fe<sub>2</sub>O<sub>3</sub>, dan ion nitrat.

### ABSTRACT

The research about adsorption of nitrate ion was carried out by black sandstone that was activated by 4 N NaOH and coated by Fe<sub>2</sub>O<sub>3</sub>, and washed by aquades with coating pH variation of 5, 7 and 11. The aim of this research is to find the ability of modified sandstone adsorbent in decreasing nitrate ion concentration. This research included the determination of surface acidity by acid-base titration method, determination of the specific surface area by blue methylene method, determination of equilibrium time of adsorption, adsorption isotherms and adsorption capacity of sandstone on nitrate ions by UV-vis spectrophotometer.

The results showed that the highest surface acidity came from the sandstone activated with 4 N NaOH and Fe<sub>2</sub>O<sub>3</sub>-coated (A<sub>1</sub>) which was 0.4423 mmol/g, where as the highest specific surface area was owned by sandstone activated with 4 N NaOH and with Fe<sub>2</sub>O<sub>3</sub>-coated pH 7 (A<sub>3</sub>), which was 21.2899 m<sup>2</sup>/gram. Isotherm patterns were classified in the Langmuir adsorption isotherm with r value 0.9895. The highest nitrate ion adsorption capacity of the adsorbent at pH 4.19 was 2.8333 mg/g in equilibrium time of 90 minutes. In this study, sandstone activated with 4 N and coated with Fe<sub>2</sub>O<sub>3</sub> was able to provide higher capacity than the sandstone control.

Keywords : sandstone, adsorption, 4 N NaOH activated, Fe<sub>2</sub>O<sub>3</sub>-coated, and nitrate ion.

## PENDAHULUAN

Batu pasir merupakan batuan sedimen detritus, menempati 30% dari seluruh batuan sedimen di permukaan bumi. Nilai ekonomis dari batu pasir sangat tinggi, yang paling sederhana digunakan untuk bahan bangunan. Batu pasir mempunyai diameter 0,02-2,00 mm, memiliki porositas dan permeabilitas yang tinggi. Karena memiliki porositas tinggi, maka batu pasir sangat baik digunakan untuk tempat penyimpanan minyak bumi, air, dan gas (Graha, 1987).

Berdasarkan penelitian Edwards dan Benjamin (1989) serta Satpathy dan Chaudhuri (1997), batu pasir dapat digunakan sebagai penjerap (adsorben) logam berat. Satpathy dan Chaudhuri (1997) memodifikasi batu pasir alam melalui  $Fe_2O_3$ -coated (tersalut  $Fe_2O_3$ ) dan memanfaatkannya sebagai adsorben limbah logam kadmium dan kromium. Hasilnya, batu pasir yang tersalut  $Fe_2O_3$  memiliki luas permukaan spesifik pori yang lebih besar ( $1,59 \text{ m}^2/\text{g}$ ) daripada tanpa tersalut  $Fe_2O_3$  ( $0,04 \text{ m}^2/\text{g}$ ) oleh karena terjadi peningkatan lipatan pada permukaan batu pasir dan terbentuknya situs aktif baru (Fe-oksida). Selain itu kondisi pH  $Fe_2O_3$  saat penyalutan juga penting, penelitian Su-Han, *et al.*, (2000) menyebutkan bahwa kondisi pada pH 11 menghasilkan diameter partikel adsorben rata-rata 90 nm dan distribusi ukuran menjadi sangat sempit.

Untuk memperoleh adsorben dengan kemampuan adsorpsi yang tinggi, selain dilakukan penyalutan dengan  $Fe_2O_3$  juga dapat dilakukan melalui aktivasi menggunakan basa (NaOH). Aktivasi tersebut bertujuan untuk meningkatkan luas permukaan spesifik pori dan situs aktifnya. Penelitian Ariastuti (2006) menunjukkan bahwa kapasitas adsorpsi batu pasir meningkat dengan adanya aktivasi  $H_2SO_4$  dan NaOH yang tersalut  $Fe_2O_3$ . Penelitian Ariastuti tersebut menunjukkan bahwa aktivasi batu pasir laut warna hitam dengan NaOH 4 N memberikan kapasitas adsorpsi yang optimum. Selain aktivasi, pencucian adsorben setelah penyalutan juga penting, hal ini bertujuan untuk membuka mulut pori batu pasir apabila tertutupi  $Fe_2O_3$  sebagai akibat proses penyalutan yang tidak homogen. Pada penelitian Pradnyani

(2008) pencucian menggunakan aquades memberikan nilai kapasitas adsorpsi yang maksimum dibandingkan dengan pencucian menggunakan HCl. Batu pasir yang telah termodifikasi tersebut selanjutnya dimanfaatkan sebagai material adsorben, dalam penelitian ini adsorben digunakan sebagai penyerap ion nitrat.

Nitrat ( $NO_3^-$ ) adalah ion yang terjadi secara alamiah sebagai bagian dari siklus nitrogen di alam. Kadar nitrat yang terjadi secara alamiah biasanya hanya beberapa milligram per liter. Namun dalam dekade terakhir ini, peningkatan kadar nitrat terjadi di banyak air tanah sebagai akibat dari program intensifikasi pertanian, sehingga konsentrasinya bisa mencapai beberapa ratus ppm. Di beberapa negara, sudah hampir sekitar 10% penduduknya terpapar oleh nitrat di dalam air minum pada kadar di atas 50 mg/L, bahkan di Bali diketahui bahwa sumur gali di wilayah Sanur memiliki kandungan nitrat yang melebihi baku mutu kualitas air, yaitu 24 mg/L (Trisnawulan, 2007). Sumber nitrat biasanya berasal dari penggunaan di industri dan penggunaan pupuk pada lahan pertanian. Ion nitrat yang terakumulasi dalam konsentrasi berlebih di dalam suatu perairan dapat menyebabkan pertumbuhan dan perkembangbiakan tanaman perairan semakin pesat (eutrofikasi). Eutrofikasi menyebabkan kondisi perairan menjadi kekurangan oksigen sehingga dapat mengganggu habitat perairan. Sementarakandungan nitrat yang tinggi dalam air minum dapat menyebabkan gangguan sistem peredaran darah pada bayi atau disebut gejala bayi biru (*blue baby syndrome*) (Muller, *et al.*, 1991).

Mengingat dampak negatif yang ditimbulkan oleh nitrat pada manusia, maka keberadaan limbah nitrat perlu mendapat perhatian khusus, terutama dalam proses pengolahannya untuk mengurangi limbah tersebut. Pengolahan limbah nitrat dapat dilakukan dengan berbagai cara salah satunya adalah melalui adsorpsi oleh material alami. Hal ini didukung oleh penelitian Simangunsong (2009) yang menggunakan adsorben tanah diatome yang telah diaktivasi dengan HCl 1% untuk menurunkan kadar senyawa nitrogen (ammonia, nitrat, dan nitrit) dalam air danau. Dari hasil penelitian tersebut didapatkan kadar

senyawa nitrogen menurun hingga 89%. Adopsi dari hasil penelitian tersebut tentunya dapat dicobakan pada material batu pasir mengikat mineral penyusun tanah diatome dan batu pasir yang hampir sama seperti kandungan  $\text{SiO}_2$  yang lebih dari 50%,  $\text{Al}_2\text{O}_3$ ,  $\text{Fe}_2\text{O}_3$ ,  $\text{TiO}_2$ ,  $\text{CaO}$ , serta  $\text{MgO}$ .

Pemanfaatan batu pasir sebagai adsorben memiliki keuntungan dari kelimpahannya yang besar di alam dan harganya yang relatif murah. Oleh karena itu penelitian ini dilakukan dengan maksud untuk memodifikasikan batu pasir warna hitam yang teraktivasi  $\text{NaOH}$  4 N dengan penyalutan  $\text{Fe}_2\text{O}_3$  dan tercuci aquades. Pada penelitian ini juga akan dilakukan penyalutan  $\text{Fe}_2\text{O}_3$  pada pH 5 (asam), 7 (netral), dan pH 11 (basa).

## MATERI DAN METODE

### Bahan

Bahan yang digunakan dalam penelitian ini adalah batu pasir laut warna hitam yang diambil dari pantai Lebih, Kabupaten Gianyar. Bahan-bahan kimia yang digunakan adalah :  $\text{KNO}_3$ ,  $\text{Fe}(\text{NO}_3)_3 \cdot 9\text{H}_2\text{O}$ ,  $\text{NaOH}$ ,  $\text{HCl}$  37%,  $\text{H}_2\text{SO}_4$  95-97%, pereaksi Brucine-sulfanilat,  $\text{NH}_4\text{OH}$  (25%- $\text{NH}_3$ ),  $\text{HNO}_3$  67%, metilen biru,  $\text{NaCl}$ , aquades, dan indikator phenolphthalein.

### Peralatan

Alat-alat yang digunakan dalam penelitian ini adalah peralatan gelas (pipet ukur, pipet volume, labu ukur, gelas ukur, gelas beaker, buret, corong, tabung reaksi, dan Erlenmeyer), ayakan ukuran 0,25 mm dan 0,50 mm, oven, desikator, kertas saring, pengaduk magnet, neraca analitik, pH meter, dan penangas. Peralatan instrument yang digunakan adalah spektrofotometer UV-vis merk Varian DMS 80.

### Cara Kerja

#### *Preparasi sampel*

Batu pasir laut warna hitam yang telah diambil dari lokasi terlebih dahulu diayak dengan ayakan 0,50 mm dan tertahan di ayakan 0,25 mm, sehingga diperoleh serbuk halus yang

berukuran antara 0,50 mm dan 0,25 mm, kemudian dicuci dengan aquades dan dikeringkan.

Batu pasir diaktivasi dengan  $\text{NaOH}$  4 N selama 24 jam, setelah itu disaring dan residunya dicuci dengan aquades sampai terbebas dari  $\text{OH}^-$  (uji dengan pp). Kemudian dikeringkan dalam oven pada suhu  $105^\circ\text{C}$  selama 12 jam. Batu pasir yang telah diaktivasi, disalut dengan  $\text{Fe}_2\text{O}_3$  dengan cara empat buah gelas beaker 100 mL yang masing-masing diisi dengan 40 gram serbuk batu pasir laut warna hitam yang teraktivasi  $\text{NaOH}$  4 N ditambahkan 0,4 gram  $\text{Fe}(\text{NO}_3)_3 \cdot 9\text{H}_2\text{O}$  dan 10 mL aquades, kemudian tiga buah gelas beaker lainnya divariasikan pH campurannya pada variasi pH 5, 7, dan 11 dengan cara penambahan  $\text{NH}_4\text{OH}$  (Su-Han, *et.al.*, 2000). Campuran diaduk selama 2 menit dan dikeringkan pada suhu  $110^\circ\text{C}$  selama 20 jam (Ariastuti, 2006). Masing-masing batu pasir yang telah tersalut  $\text{Fe}_2\text{O}_3$  dibilas dengan 50 mL aquades sebanyak 3 kali kemudian dikeringkan kembali dalam oven pada suhu  $105^\circ\text{C}$  selama 4 jam, ditimbang sampai berat konstan (Pradnyani, 2008). Setelah kering, batu pasir yang telah tersalut  $\text{Fe}_2\text{O}_3$  disimpan dalam desikator.

#### *Karakteristik Adsorben*

Karakterisasi batu pasir meliputi keasamaan permukaan dengan Titrasi asam basa dan luas permukaan spesifik batu pasir dengan metode Metilen biru.

#### *Proses Adsorpsi*

##### Penentuan Waktu Setimbang

Penentuan waktu setimbang menggunakan sampel batu pasir yang memiliki keasamaan permukaan dan luas permukaan paling tinggi, yang diinteraksikan dengan 25,0 mL larutan nitrat 125 ppm. Campuran diaduk selama 5 menit, kemudian didiamkan selama 15, 30, 60, 90, 120, dan 150 menit, absorbansi diukur menggunakan alat spektrofotometer UV-vis dengan metode Brucine. Pengukuran absorbansi menggunakan spektrofotometer UV-vis dengan metode Brucine yaitu campuran disaring dan filtrat dari larutan ini diambil sebanyak 5 mL dimasukkan ke dalam tabung reaksi, kemudian ditambahkan larutan  $\text{NaCl}$  sebanyak 1 mL, dikocok kuat-kuat. Sebanyak 5

mL larutan  $\text{H}_2\text{SO}_4$  75%, ditambahkan, dikocok kembali dan dibiarkan sampai larutan dalam tabung reaksi menjadi dingin. Rak tabung reaksi tetap pada wadah yang berisi air dingin, kemudian ditambahkan 0,25 mL larutan Brucine-asam sulfanilat, tabung reaksi dikocok kuat-kuat. Tabung reaksi diangkat dan diletakkan pada penangas air yang temperaturnya tidak lebih besar atau sama dengan 95%. Setelah 20 menit tabung reaksi diangkat dari penangas air dan diletakkan pada wadah yang berisi air dingin (Husin, 1988). Setelah dingin, absorbansi ion nitrat kemudian diukur dengan spektrofotometer UV-vis pada panjang gelombang maksimum yaitu 410 nm.

#### **Penentuan Isoterm Adsorpsi**

Penentuan isoterm adsorpsi menggunakan 6 variasi konsentrasi  $\text{NO}_3^-$  yaitu 25; 50; 75; 100; 125; dan 150 ppm. Campuran diaduk selama 5 menit pada temperatur kamar, kemudian dibiarkan selama waktu yang diperoleh dari penentuan waktu setimbang adsorpsi  $\text{NO}_3^-$ , kemudian absorbansi diukur menggunakan alat spektrofotometer UV-vis dengan metode Brucine.

#### **Penentuan Kapasitas Adsorpsi**

Penentuan kapasitas adsorpsi menggunakan semua sampel batu pasir yaitu batu pasir kontrol, batu pasir teraktivasi NaOH 4 N, batu pasir teraktivasi NaOH 4 N tersalut  $\text{Fe}_2\text{O}_3$ , batu pasir teraktivasi NaOH 4 N tersalut  $\text{Fe}_2\text{O}_3$  pH 5, 7 dan 11 tercuci aquades ( $A_0$ ;  $A_1$ ;  $A_2$ ;  $A_3$ ;  $A_4$ ). Pada masing-masing Erlenmeyer ditambahkan 25,0 mL larutan  $\text{NO}_3^-$  dengan konsentrasi yang didapat dari penentuan isoterm adsorpsi, diaduk selama 5 menit dengan pengaduk magnet, kemudian dibiarkan selama waktu setimbangnya. Absorbansi diukur menggunakan spektrofotometer UV-vis dengan metode Brucine.

## **HASIL DAN PEMBAHASAN**

### **Penyiapan adsorben Batu Pasir Teraktivasi NaOH 4 N dan Tersalut $\text{Fe}_2\text{O}_3$**

Batu pasir yang diperoleh terlebih dahulu dicuci dengan air untuk meminimalisasi

komponen-komponen pengotor, seperti sisa-sisa sampah yang terdapat pada batu pasir. Pasir ini kemudian dijemur sampai kering, dan diayak menggunakan ayakan berukuran lolos 0,5 mm dan tertahan pada ayakan 0,25 mm, agar diperoleh butiran batu pasir dengan ukuran partikel yang homogen. Batu pasir yang telah diayak, dicuci dengan aquades, dan dikeringkan pada suhu 110 °C selama 24 jam, kemudian ditempatkan dalam desikator untuk menghilangkan molekul air yang masih tersisa dalam batu pasir.

Batu pasir yang telah kering kemudian diaktivasi menggunakan larutan NaOH 4 N selama 24 jam. Setelah diaktivasi, batu pasir dicuci dengan aquades, yang bertujuan untuk menghilangkan sisa-sisa basa yang sebelumnya telah bercampur dengan batu pasir, tes negatif dengan indikator phenolptalein (dari berwarna merah muda menjadi tidak berwarna). Batu pasir yang telah diaktivasi, dikeringkan selama 12 jam pada suhu 110 °C. Warna batu pasir setelah diaktivasi memiliki warna lebih terang dan cerah dibandingkan sebelum diaktivasi. Perbedaan warna dapat disebabkan karena proses aktivasi melarutkan senyawa-senyawa pengotor yang menutupi pori-pori adsorben, mungkin juga dengan adanya aktivasi memunculkan situs-situs aktif baru yang terjadi akibat reaksi pelarutan. Selain itu, pada aktivasi NaOH dengan konsentrasi yang relatif tinggi dapat melarutkan mineral silikat (desilikasi) yang menyebabkan terbentuknya situs asam Lewis  $\text{Si}^{4+}$  (Lesley and Elain).

Batu pasir yang telah diaktivasi kemudian disalut dengan  $\text{Fe}_2\text{O}_3$ . Proses penyalutan dilakukan dengan variasi pH 5, 7 dan 11 dengan penambahan  $\text{NH}_4\text{OH}$  dan  $\text{HNO}_3$ , kemudian dicuci dengan aquades yang bertujuan untuk melarutkan oksida-oksida  $\text{Fe}_2\text{O}_3$ , yang menumpuk dan menutupi pori-pori batu pasir akibat proses penyalutan yang kurang uniform. Adapun pH batu pasir teraktivasi tersalut sebelum dilakukan variasi pH adalah 4,19.

### **Karakterisasi Adsorben**

#### ***Penentuan keasaman permukaan adsorben***

Penentuan keasaman permukaan adsorben bertujuan untuk mengetahui jumlah mmol situs asam total (asam Brønsted dan asam

Lewis) yang terikat pada adsorben tiap gramnya. Keasaman permukaan dan jumlah situs aktif dari keenam sampel batu pasir dapat dilihat pada Tabel 1.

Tabel 1. Keasaman Permukaan Adsorben Batu Pasir (Ka1)

Adsorben	Kal rata-rata (mmol/g)	Situs Aktif ( $10^{20}$ atom/g)
A	0,2496	1,5031
A <sub>0</sub>	0,2938	1,7693
A <sub>1</sub>	0,4423	2,6635
A <sub>2</sub>	0,3760	2,2643
A <sub>3</sub>	0,1928	1,1610
A <sub>4</sub>	0,0853	0,5137

Dari Tabel 1 terlihat bahwa keasaman permukaan batu pasir meningkat dengan adanya aktivasi dengan NaOH 4 N, penyalutan dengan Fe<sub>2</sub>O<sub>3</sub>, dan pencucian dengan akuades (A<sub>0</sub>, A<sub>1</sub>, A<sub>2</sub>, A<sub>3</sub>, dan A<sub>4</sub>) jika dibandingkan dengan kontrol (A). Hal tersebut disebabkan karena modifikasi dapat melarutkan pengotor sehingga situs asam yang semula tersembunyi menjadi terbuka.

Nilai keasaman permukaan tertinggi dimiliki oleh batu pasir berkode A<sub>1</sub> yaitu 0,4423 mmol/gram atau  $2,6635 \cdot 10^{20}$  atom/gram. Batu pasir A<sub>1</sub> merupakan batu pasir teraktivasi NaOH 4 N dan tersalut Fe<sub>2</sub>O<sub>3</sub> memiliki pH 4,19. Dari Tabel 4.1 juga dapat dilihat, nilai keasaman permukaan mengalami penurunan pada batu pasir teraktivasi basa tersalut Fe<sub>2</sub>O<sub>3</sub> pH 5 (A<sub>2</sub>), hal ini diduga karena perubahan struktur yang terjadi dari adsorben itu sendiri akibat dari kenaikan pH, sehingga terjadi penutupan situs aktif yang mempengaruhi nilai keasaman permukaannya.

#### **Penentuan luas permukaan spesifik adsorben**

Penentuan luas permukaan spesifik dilakukan menggunakan metode adsorpsi metilen biru. Banyaknya molekul metilen biru yang dapat diadsorpsi sebanding dengan luas permukaan adsorben. Hasil perhitungan luas

permukaan spesifik adsorben batu pasir teraktivasi dan tersalut disajikan dalam Tabel 2.

Tabel 2. Luas Permukaan Spesifik Adsorben Batu Pasir

Sam-pel	Absor-bansi	Konsen-trasi sisa (ppm)	Xm (mg/g)	S (m <sup>2</sup> /g)
A	0,396	28,5451	4,2485	15,7259
A <sub>0</sub>	0,337	24,6609	4,9929	18,4813
A <sub>1</sub>	0,332	24,3318	5,1080	18,9073
A <sub>2</sub>	0,344	25,1218	4,9558	18,3439
A <sub>3</sub>	0,282	21,0402	5,7517	21,2899
A <sub>4</sub>	0,348	25,3851	4,8502	17,9531

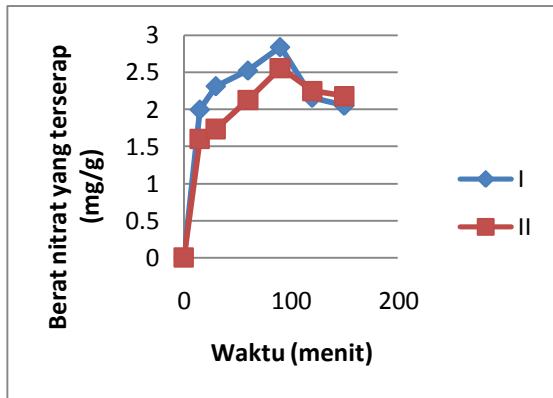
Data Tabel 2 menunjukkan bahwa adsorben batu pasir teraktivasi NaOH 4 N dan tersalut Fe<sub>2</sub>O<sub>3</sub> mengalami kenaikan dibandingkan dengan batu pasir kontrol. Hal ini disebabkan oleh proses aktivasi yang melarutkan pengotor pada permukaan adsorben dan penyalutan dengan Fe<sub>2</sub>O<sub>3</sub> yang mengakibatkan terjadinya lipatan-lipatan pada permukaan batu pasir sehingga menyebabkan luas permukaan spesifik semakin bertambah. Dari Tabel 2, batu pasir teraktivasi NaOH 4 N dan tersalut Fe<sub>2</sub>O<sub>3</sub> pH 7 (A<sub>3</sub>) memiliki luas permukaan spesifik paling tinggi dibandingkan dengan yang lainnya. Pada penelitian Su-Han, juga disebutkan bahwa pada pH 11 menghasilkan adsorben dengan diameter partikel adsorben rata-rata 90 nm dan distribusi ukuran menjadi sangat sempit dibandingkan dengan pH 7. Tetapi pada penelitian ini, nilai luas permukaan spesifik batu pasir pada pH 7 lebih besar dibandingkan pH 11, hal ini kemungkinan disebabkan karena telah terjadinya pelarutan pada struktur bagian dalam dari batu pasir, sehingga ada bagian pori yang tertutup kembali atau terbentuknya lipatan-lipatan yang tidak homogen akibat penyalutan yang kurang uniform.

#### **Proses Adsorpsi**

##### **Penentuan waktu setimbang**

Penentuan waktu setimbang, batu pasir yang digunakan adalah batu pasir yang memiliki keasaman permukaan tertinggi yaitu batu pasir teraktivasi dan tersalut (A<sub>1</sub>) dan batu pasir yang

memiliki luas permukaan spesifik tertinggi yaitu batu pasir teraktivasi dan tersalut pH 7 ( $A_3$ ).



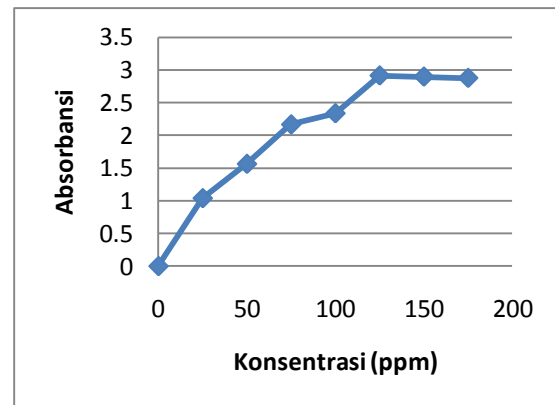
**Keterangan :** I  $\equiv$  Hubungan antara adsorbat yang teradsorpsi oleh adsorben Batu pasir teraktivasi tersalut ( $A_1$ ) dengan variasi waktu  
 II  $\equiv$  Hubungan antara adsorbat yang teradsorpsi oleh adsorben Batu pasir teraktivasi tersalut pH 7 ( $A_3$ ) dengan variasi waktu

Gambar 1. Waktu setimbang penyerapan ion nitrat oleh batu pasir

Dari Gambar 1 dapat dilihat bahwa penyerapan ion nitrat oleh adsorben batu pasir  $A_1$  dan  $A_3$  sama-sama mengalami kenaikan pada menit-menit awal dan mencapai puncaknya pada menit ke-90, setelah itu mulai mengalami penurunan pada menit ke-120 dan 150. Hal ini menunjukkan adsorben batu pasir  $A_1$  dan  $A_3$  dapat mengadsorpsi larutan nitrat secara maksimal dengan memerlukan waktu 90 menit, artinya batu pasir telah mencapai keadaan jenuh/setimbang atau tidak mampu lagi menyerap larutan nitrat pada waktu ke-90 menit, sehingga kemampuan penyerapannya menurun pada menit ke-120 dan menit ke-150 karena telah melewati waktu setimbangnya.

**Penentuan isoterm adsorpsi adsorben**

Penentuan isoterm adsorpsi dilakukan untuk mengetahui pengaruh konsentrasi ion nitrat yang diinteraksikan terhadap jumlah ion nitrat yang terserap oleh adsorben. sampel yang digunakan adalah sampel batu pasir yang memiliki keasaman permukaan tertinggi yaitu adsorben batu pasir teraktivasi tersalut ( $A_1$ ), karena saat penentuan waktu setimbang,  $A_1$  memiliki kemampuan adsorpsi lebih tinggi dibandingkan dengan  $A_3$ . Berdasarkan hasil penelitian, Berikut hubungan antara jumlah nitrat yang teradsorpsi oleh adsorben  $A_1$  (mg/g) terhadap konsentrasi awal nitrat dapat dilihat pada Gambar2.

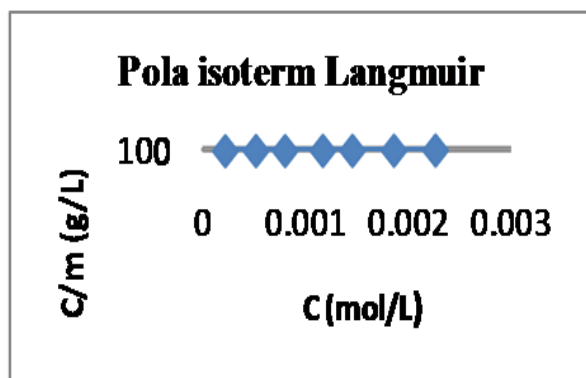


Gambar 2. Grafik Isoterm adsorpsi batu pasir

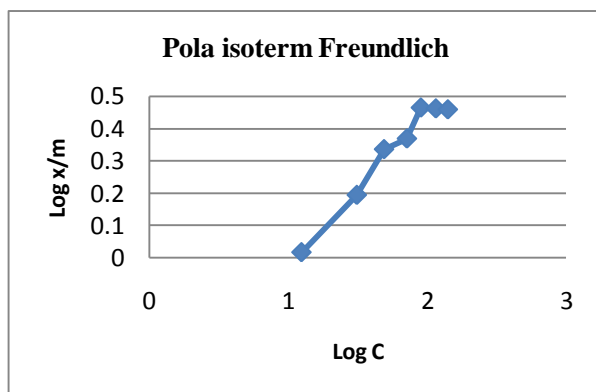
Pada Gambar 2 menunjukkan bahwa, kemampuan adsorpsi mengalami peningkatan pada konsentrasi awal dan mencapai puncaknya pada konsentrasi 125 ppm, yaitu sebesar 2,9130 mg/g adsorben. Bila adsorben diinteraksikan dengan konsentrasi yang lebih tinggi dari 125 ppm, maka jumlah nitrat yang teradsorpsi mengalami penurunan. Hal ini menunjukkan, pada saat mencapai konsentrasi 125 ppm, situs aktif batu pasir sudah tidak dapat mengikat ion nitrat lagi.

Isoterm adsorpsi dari batu pasir  $A_1$  dapat diklasifikasikan ke dalam tipe L (isoterm Langmuir). Menurut Gilles dan Mac Edwan pola isoterm ini memperlihatkan afinitas yang relatif tinggi antara zat terlarut ion nitrat dengan

adsorben pada tahap awal, selanjutnya semakin menurun secara perlahan pada tahap berikutnya. Isoterm Langmuir terjadi ketika adsorpsi terbatas pada beberapa lapisan molekul, dimana kondisi ini terjadi secara kemisorpsi. Dalam kemisorpsi hanya ada satu lapisan (monolayer) saja yang dapat terikat pada permukaan dan karena itu, kemisorpsi selalu menunjukkan isoterm tipe Langmuir (Osipow, 1962).



Gambar 3. Kurva pola isoterm Langmuir



Gambar 4. Kurva pola isoterm Freundlich

Data adsorpsi yang diperoleh pada penentuan pola isoterm di atas, selanjutnya diterapkan ke dalam isoterm Freundlich dan isoterm Langmuir. Berikut adalah gambar kurva pola isoterm Langmuir (Gambar 3) dan kurva pola isoterm Freundlich (Gambar 4), selanjutnya dapat ditentukan persamaan kurva isoterminya.

Dari kedua pola pada Gambar 3 dan 4 di atas, persamaan isoterm Freundlich relatif kurang linier dibandingkan kurva pola isoterm Langmuir yaitu dengan nilai  $r=0,9895$  untuk persamaan isoterm Langmuir dan  $r=0,9636$  untuk persamaan isoterm Freundlich. Hal ini menunjukkan bahwa proses adsorpsi yang terjadi cenderung mengikuti pola isoterm adsorpsi Langmuir. Tetapi, karena nilai  $r$  dari persamaan isoterm adsorpsi cukup tinggi maka penentuan kapasitas adsorpsi batu pasir digunakan persamaan isoterm adsorpsi Langmuir dan persamaan adsorpsi Freundlich.

#### Penentuan kapasitas adsorpsi adsorben

Penentuan kapasitas adsorpsi dilakukan guna mengetahui kemampuan adsorben batu pasir dalam menyerap ion nitrat. Berikut ini hasil pengukuran kapasitas adsorpsi melalui persamaan isoterm adsorpsi Langmuir dan persamaan isoterm adsorpsi Freundlich dari semua sampel batu pasir.

Table 3. Penentuan kapasitas adsorpsi

Adsorben	A (mg/g)	b (mg/g)	K (L/g)
A	1,9175	2,5989	0,2368
A <sub>0</sub>	2,3877	3,2882	0,3025
A <sub>1</sub>	2,8333	3,9658	0,3684
A <sub>2</sub>	2,3053	3,1682	0,2974
A <sub>3</sub>	2,5255	3,4929	0,3225
A <sub>4</sub>	2,0126	2,9198	0,2498

Tabel 3 menunjukkan nilai A adalah nilai kapasitas adsorpsi berdasarkan percobaan laboratorium, b adalah nilai kapasitas adsorpsi model isoterm Langmuir, sedangkan k adalah nilai kapasitas adsorpsi model isoterm Freundlich. Pada tabel terlihat bahwa, nilai kapasitas adsorpsi berdasarkan percobaan laboratorium dengan model isoterm Langmuir tidak memiliki perbedaan yang signifikan, sehingga model persamaan isoterm Langmuir lebih signifikan digunakan dalam persamaan dasar pada percobaan ini. Meskipun memiliki perbedaan yang tidak jauh, tetapi nilai kapasitas adsorpsi berdasarkan percobaan laboratorium memiliki nilai yang lebih kecil dibandingkan

nilai kapasitas adsorpsi model isoterm Langmuir, hal ini menunjukkan bahwa perlunya perlakuan yang lebih maksimal dalam percobaan agar nilai kapasitas adsorpsi pada percobaan laboratorium sama dengan nilai kapasitas adsorpsi secara teori.

Dari Tabel 3 dapat dilihat bahwa kapasitas adsorpsi pada adsorben yang termodifikasi memiliki nilai yang lebih tinggi dibandingkan kontrol, dari 18,43 % menjadi 22,96%. Adanya modifikasi dapat memunculkan situs-situs aktif baru yang semula tersembunyi dan terjadi lipatan-lipatan baru pada permukaan adsorben, yang berpengaruh pada nilai luas permukaan spesifik adsorben. Adapun adsorben yang memiliki nilai kapasitas adsorpsi tertinggi adalah adsorben batu pasir teraktivasi dan tersalut  $\text{Fe}_2\text{O}_3$  ( $A_1$ ) memiliki kapasitas adsorpsi tertinggi, yaitu 2,8333 mg/g atau 27,23 %.

Pada Tabel 3 juga menunjukkan adanya penurunan kapasitas adsorpsi setelah penambahan pH menjadi 5, 7, dan 11, sedangkan pada penelitian Su-Han menunjukkan variasi pH pada saat penyalutan justru meningkatkan nilai luas permukaan yang juga meningkatkan nilai kapasitas adsorpsi adsorben. Hal ini mungkin disebabkan karena dengan adanya penambahan pH menyebabkan situs-situs aktif yang tertutupi, akibatnya tempat untuk terjadinya proses adsorpsi berlangsung menurun meskipun memiliki luas permukaan yang lebih besar. Atau dengan kata lain penurunan kapasitas adsorpsi sebagai akibat dari penurunan keasaman permukaan. Selain itu adsorbat yang digunakan juga bermuatan negatif ( $\text{NO}_3^-$ ), sehingga kecenderungan untuk terserap lebih besar kepada adsorben yang memiliki situs-situs aktif yang bermuatan positif atau adsorben yang memiliki pH asam.

## SIMPULAN DAN SARAN

### Simpulan

Dari hasil penelitian dan pembahasan dapat disimpulkan sebagai berikut :

1. Keasaman permukaan dan luas permukaan spesifik batu pasir laut warna hitam teraktivasi NaOH 4 N tersalut  $\text{Fe}_2\text{O}_3$  dan tercuci akuades meningkat dengan adanya

modifikasi dibandingkan kontrol. Keasaman permukaan tertinggi dimiliki batu pasir teraktivasi tersalut  $\text{Fe}_2\text{O}_3$  yaitu sebesar 0,4423 mmol/gram sedangkan batu pasir teraktivasi tersalut  $\text{Fe}_2\text{O}_3$  pH 7 ( $A_3$ ) memiliki nilai luas permukaan tertinggi yaitu 21,2899  $\text{m}^2/\text{gram}$ .

2. pH optimum saat penyalutan  $\text{Fe}_2\text{O}_3$  adalah pH 4,19 atau adsorben batu pasir dengan penyalutan  $\text{Fe}_2\text{O}_3$  tanpa variasi pH.
3. Kemampuan tertinggi adsorpsi meningkat seiring dengan adanya modifikasi dan mulai menurun seiring dengan penambahan pH, sedangkan kapasitas adsorpsi tertinggi adalah adsorben batu pasir berkode  $A_1$  yaitu adsorben batu pasir teraktivasi tersalut  $\text{Fe}_2\text{O}_3$  sebesar 2,8333 mg/g.

### Saran

Berdasarkan hasil penelitian, maka dapat disarankan untuk dilakukan penelitian lebih lanjut mengenai :

1. Karakterisasi keasaman permukaan menggunakan FTIR (*Fourier Transform Infra Red*) untuk mengetahui jumlah asam Brønsted dan asam Lewis yang terbentuk pada adsorben.
2. Variasi pH saat penyalutan  $\text{Fe}_2\text{O}_3$  di bawah pH 4,19.
3. Kemampuan adsorpsi batu pasir teraktivasi tersalut pada senyawa nitrogen lainnya seperti nitrit dan ammonia serta senyawa nitrogen secara keseluruhan (kompetitif).

## UCAPAN TERIMA KASIH

Pada kesempatan ini perkenankanlah penulis mengucapkan terima kasih kepada semua pihak yang tidak bisa disebutkan satu persatu atas dukungan dan bantuannya dalam menyelesaikan tulisan ini dari pelaksanaan penelitian hingga penerbitan tulisan ini.

## DAFTAR PUSTAKA

- Ariastuti, Dewa Ayu, 2006, Pemanfaatan Batu Pasir Teraktivasi  $\text{H}_2\text{SO}_4$  Dan NaOH Tersalut  $\text{Fe}_2\text{O}_3$  Sebagai Penyerap



- Cr(IV), *Skripsi*, Jurusan Kimia FMIPA Universitas Udayana.
- Daniel, F., Albery, A., 1987, *Kimia Fisika Jilid 1*, Erlangga, Jakarta.
- Edwards, M. and Benjamin, M., 1989, Adsorptive Filtration Using Coated Sand: A New Approach for Treatment of Metal Bearing Wastes, *J. Water Pollut*, 61 : 1523-1533
- Graha, S.D., 1987, *Batuan Dan Mineral*, Nova, Bandung.
- Husin, Yahya A., 1988, *Penuntun Analisis Sifat Fisik-Kimia Air*, PPLH-IPB, Bogor.
- Lesley, S., and Elain, M., 1992, *Solid State Chemistry*, Chapman & Hall, London.
- Muhammad, M., dan Achmad, S., 1990, *Aplikasi Analisis Spektrofotometer UV-Vis*, Mecphiso Grafika, Surabaya.
- Muller, J.C., Dennys, D.G. Morlet, and Mariotti, A., 1991, *Influence Of Catch Crops On Mineral Nitrogen Leaching And Its Subsequent Plant Use. Management Systems To Reduce Impact Of Nitrate*, Elsevier Applied Science, London And New York.
- Pradnyani, Ida Ayu Agung, 2008, Pemanfaatan Batu Padas Jenis Ladgestone Teraktivasi 4 M dan Tersalut Fe<sub>2</sub>O<sub>3</sub> sebagai Adsorben Larutan Benzena, *Skripsi*, Jurusan Kimia FMIPA Universitas Udayana, Jimbaran.
- Satpathy, K. and Chaudhuri, M., 1997, Treatment of Cadmium Plating and Chromium-Plating Wastes by Iron Oxide Coated Sand, *Environ.Sci.Technol*, 31:1452-1462
- Simangunsong, Morlan, 2009, Studi Pemanfaatan Tanah Diatome Aktif Sebagai Adsorben Terhadap senyawa Nitrogen Yang Terdapat Dalam Air Danau Toba, *Tesis*, Jurusan Kimia FMIPA Universitas Sumatra Utara, Medan.
- Su-Han, Seon-Mi Yoon, and Dong-Kuk Kim., 2000, Synthesis of Monodispersed and Spherical SiO<sub>2</sub>-coated Fe<sub>2</sub>O<sub>3</sub> Nanoparticle, *Bull. Korean Chem. Soc. Vol. 21, No. 12*. Department of Chemistry, College of Natural Sciences, Kyungpook National University.
- Trisnawulan, IAM., 2007, Analisis Kualitas Air Sumur Gali Di Kawasan Pariwisata Sanur, *Tesis*, Program Magister Ilmu Lingkungan Pasca Sarjana Universitas Udayana, Bali.