

# PENINGKATAN POTENSI BATU PADAS *LADGESTONE* SEBAGAI ADSORBEN ION LOGAM BERAT Cr(III) DALAM AIR MELALUI AKTIVASI ASAM DAN BASA

N. P. Diantariani

*Jurusan Kimia FMIPA Universitas Udayana, Bukit Jimbaran*

---

## ABSTRAK

Telah dilakukan penelitian yang bertujuan untuk meningkatkan potensi batu padas alam jenis *Ladgestone* melalui aktivasi menggunakan asam ( $H_2SO_4$ ) dan basa ( $NaOH$ ) berbagai konsentrasi (2,0; 4,0; dan 6,0N) terhadap kemampuan penjerapan (adsorpsi) ion logam berat Cr(III) dalam air. Batu padas yang telah teraktivasi asam dan basa dikarakterisasi luas permukaan pori spesifik dengan metode adsorpsi metilen biru (*methylen blue method*), sementara keasaman permukaan ditentukan dengan cara titrasi asam-basa. Sementara, jumlah Cr(III) yang dapat diadsorpsi maksimum tiap satuan berat adsorben atau kapasitas adsorpsi ditentukan menggunakan sepektrofotometer serapan atom (SSA). Semua hasil pengukuran dari batu padas teraktivasi tersebut dibandingkan dengan batu padas tanpa aktivasi (kontrol).

Hasil penelitian menunjukkan bahwa batu padas setelah diaktivasi  $NaOH$  dan  $H_2SO_4$  menghasilkan keasaman permukaan (situs aktif) dan luas permukaan spesifik yang relatif lebih tinggi dibandingkan batu padas tanpa aktivasi (kontrol). Kemampuan maksimum (kapasitas) adsorpsinya terhadap Cr(III) mengalami peningkatan hanya untuk batu padas teraktivasi  $NaOH$ . Kapasitas tertinggi diperoleh pada batu padas teraktivasi  $NaOH$  konsentrasi 4,0N yaitu 2,0265 mg/g.

Kata Kunci : batu padas *Ladgestone*, adsorben, Cr(III), aktivasi

## ABSTRACT

The research with aim to increase potency of natural batu padas of *Ladgestone* type through activation used by acid ( $H_2SO_4$ ) and basa ( $NaOH$ ) various concentrations (2.0; 4.0; and 6.0N) to adsorption ability of heavy metal ion of Cr(III) in water have been done. Acid and base activated batu padas was characterized of specific surface area with blue methylen method, whereas surface acidity determined by acid-base titration. Whereas, amount of Cr(III) which can of maximum adsorpted every weight of adsorben or adsorption capacity determined by atomic absorption spectrophotometer (AAS). The result measurement of activated batu padas compared by batu padas without activation (control).

Result of research indicate that batu padas after activated by  $NaOH$  and of  $H_2SO_4$  yield surface acidity (active sites) and realtive higher specific surface area compared with without activation (control). Maximum ability(capacity) adsorption to Cr(III) was just increasing for  $NaOH$  activated batu padas. Highest Capacities obtained by  $NaOH$  activated batu padas at concentration 4.0N was 2.0265 mg/g.

Keywords : batu padas *Ladgestone*, adsorbent, Cr(III), activation

## PENDAHULUAN

Logam berat merupakan salah satu pencemar yang sangat berbahaya bagi manusia dan lingkungannya, sebab toksisitasnya dapat mengancam kehidupan makhluk hidup. Kromium (Cr) merupakan contoh logam berat yang banyak digunakan dalam bidang industri dan bidang lainnya. Logam Cr digunakan dalam industri cat, industri insektisida, fungisida, sebagai katalis, fotografi dan zat aditif. Walaupun Cr termasuk logam berat namun sangat dibutuhkan tubuh manusia dalam jumlah yang sangat sedikit sekitar 30 µg per kilogram berat badan. Tetapi bila logam Cr yang masuk ke dalam tubuh manusia dalam jumlah yang melampaui ambang batas yaitu 1,00 ppm maka dapat mengakibatkan keracunan akut (Palar, 1995). Mengingat banyaknya dampak negatif yang ditimbulkan oleh logam berat Cr pada makhluk hidup, maka keberadaan logam berat tersebut di lingkungan harus dikurangi. Salah satunya adalah dengan cara adsorpsi (Palar, 1995)

Batu padas (*paras*, Bahasa Bali) tergolong batuan sedimen yang merekat bersama silika, besi oksida ataupun tanah liat dengan bahan dasar 70–95% silikon dioksida (SiO<sub>2</sub>) dan 2–10% aluminium oksida (Al<sub>2</sub>O<sub>3</sub>). Batu padas mempunyai cukup banyak pori-pori yaitu 30% lebih dari volumenya. Dengan adanya pori-pori ini, maka batu padas sangat mendukung pemanfaatannya sebagai adsorben untuk mengadsorpsi logam-logam toksik (Gribble, 1988). Namun, batu padas tanpa dimodifikasi (diaktivasi) terlebih dahulu, bila dimanfaatkan sebagai adsorben memberikan hasil yang kurang maksimal. Tentunya, batu padas dapat dikembangkan atau digunakan sebagai adsorben alternatif untuk menurunkan kandungan logam toksik, pengganti karbon aktif. Mengingat, karena tingginya harga adsorben karbon aktif serta sulitnya regenerasi, mendorong penelitian ini untuk mencoba memanfaatkan batu padas aktif sebagai adsorben.

Penelitian awal mengenai batu padas telah dilakukan oleh Surna (1994), diperoleh bahwa batu padas alam tanpa modifikasi jenis *Delaware valley sandstone*, *Barea sandstone*, dan *Linroc stone* dapat dimanfaatkan sebagai adsorben alternatif terhadap zat warna metilen

biru klorida sebagai pengganti karbon aktif. Penelitian lain juga dilakukan oleh Kasa (2000), yang menyatakan bahwa air yang dijernihkan dengan alat tradisional yang terbuat dari batu padas alam tanpa modifikasi yang disebut "topo" dapat menurunkan beberapa kadar zat pencemar dan bakteri patogen. Menurut penelitian Budiartawan (2003), diperoleh bahwa batu padas alam tanpa modifikasi jenis *Ladgestone*, *Pearl sandstone*, dan *Linroc Stone* dapat digunakan untuk menurunkan kadar logam berat Pb dan Cr dalam air. Batu padas jenis *Ladgestone* memiliki kemampuan terbesar dalam menurunkan kadar logam toksik Pb dan Cr dengan kapasitas adsorpsi berturut-turut 0,4491 mg/g dan 0,3817 mg/g.

Untuk meningkatkan kemampuan adsorpsi batu padas terhadap logam toksik maka perlu dilakukan aktivasi secara kimia dengan menggunakan larutan basa ataupun asam. Hal ini telah didukung oleh beberapa hasil penelitian, yakni Kumar, *et al.* (1995), telah melakukan modifikasi (aktivasi) tanah lempung dengan asam mineral (H<sub>2</sub>SO<sub>4</sub>). Hasilnya, dapat meningkatkan beberapa sifat fisik dan kimianya seperti keasaman permukaan dan porositasnya sehingga lebih efektif sebagai adsorben ataupun katalis daripada lempung tanpa aktivasi. Penelitian yang dilakukan Widjanarko dkk. (2003), menunjukkan bahwa aktivasi alofan dengan H<sub>2</sub>SO<sub>4</sub> dan NaOH dapat meningkatkan luas permukaan dan keasaman alofan. Selain itu, dalam penelitian Kesraoul-Oukl, *et al.* (1993), juga menunjukkan bahwa untuk menukarkan kation-kation (K<sup>+</sup>, Ca<sup>2+</sup>, dan Na<sup>+</sup>) pada dua zeolit alami, *chabazite* dan *clinoptilolite* dilakukan dengan penambahan NaOH. Pada penambahan larutan NaOH dengan konsentrasi 250 mg/L maka dapat menyebabkan peningkatan kapasitas pertukaran kation yang optimum yaitu sebesar 200 mg/g.

Mengingat batu padas merupakan material berpori dan memiliki beberapa kandungan mineral dominan (SiO<sub>2</sub> dan Al<sub>2</sub>O<sub>3</sub>) yang sama dengan zeolit dan tanah lempung, maka kemungkinan juga kapasitas adsorpsinya dapat ditingkatkan dengan aktivasi larutan asam kuat atau basa kuat. Untuk itu pada penelitian ini akan dilakukan aktivasi batu padas jenis *Ladgestone* dengan NaOH dan H<sub>2</sub>SO<sub>4</sub>, yang

selanjutnya diaplikasikan sebagai penjerap (adsorben) ion logam berat Cr(III). Cr(III) sebagai logam toksik, sangat penting untuk diminimalkan jumlahnya sebelum dibuang ke lingkungan perairan karena bila dikonsumsi manusia baik melalui air minum atau akibat terakumulasi pada hewan perairan (ikan) tentunya lambat laun akan dapat menimbulkan gangguan pada organ-organ vital.

## MATERI DAN METODE

### Bahan

Bahan-bahan yang digunakan adalah batu padas yang diambil dari Gianyar; air bebas ion (*deionized water*); dan aquades. Sedangkan bahan kimia dengan kualitas p.a. buatan E. Merck meliputi:  $H_2SO_4$ , HCl, NaOH,  $CrCl_3$ , metilen biru,  $BaCl_2 \cdot 2H_2O$ ,  $H_2C_2O_4$ , dan indikator Phenolphthalein (pp).

### Peralatan

Peralatan yang digunakan adalah peralatan gelas, ayakan (ukuran 0,25 mm dan 0,5 mm), *oven*, desikator, pengaduk magnet, kertas saring Whatman 42, kertas saring biasa (lokal), pengering rambut, timbangan analitik, dan tanur listrik. Peralatan instrumen meliputi spektrofotometer UV-Vis, spektrofotometer serapan atom (SSA) varian model Spect AA-30.

### Cara Kerja

#### *Penyiapan sampel*

Batu padas yang telah diambil dari lokasi terlebih dahulu digerus, diayak dengan ayakan 0,50 mm dan 0,25 mm. Batu padas tersebut kemudian dicuci dengan air kran untuk menghilangkan pengotor yang mungkin melekat hingga benar-benar bersih, terakhir dibilas menggunakan aquades lalu disaring dengan kertas saring biasa. Selanjutnya, batu padas dikeringkan dalam *oven* pada temperatur 110-120°C.

#### *Aktivasi Batu Padas dengan $H_2SO_4$ dan NaOH*

Ke dalam 3 buah erlenmeyer 500 mL, dimasukkan masing-masing 50 gram serbuk batu padas, lalu ditambahkan 250 mL larutan  $H_2SO_4$  2,0; 4,0; dan 6,0N sambil diaduk dengan

pengaduk magnet. Proses aktivasi dilakukan selama 24 jam kemudian disaring dan residu yang didapat dicuci dengan air panas (sampai terbebas dari ion sulfat atau tes negatif terhadap  $BaCl_2$ ) lalu dikeringkan dalam *oven* pada temperatur 110-120°C. Setelah kering, batu padas disimpan di dalam desikator. Perlakuan yang sama juga dilakukan untuk pengaktifan dengan larutan NaOH 2,0; 4,0; dan 6,0 N. Untuk proses pencuciannya dilakukan sampai terbebas dari ion  $OH^-$  (tes negatif terhadap pp). Batu padas yang telah teraktivasi asam dan basa dikarakterisasi luas permukaan pori spesifik dengan metode adsorpsi metilen biru (*methylen blue method*), sementara keasaman permukaan ditentukan dengan cara titrasi asam-basa. Batu padas tanpa modifikasi digunakan sebagai kontrol.

#### *Penentuan Waktu Setimbang dan Isoterm Adsorpsi Batu Padas*

Dalam 5 buah erlenmeyer 100 mL, masing-masing sebanyak 0,3 g batu padas tanpa dan teraktivasi  $H_2SO_4$  2,0N ditambahkan masing-masing pula 25,0 mL larutan Cr(III) 100 ppm. Selanjutnya, campuran diaduk dengan pengaduk magnet selama 15, 30, 60, 120, dan 150 menit. Setiap waktu tertentu campuran disaring dengan kertas saring *Whatman* 42, filtrat yang diperoleh dianalisis jumlah Cr(III) yang tersisa dengan SSA. Hal yang sama juga dilakukan terhadap batu padas teraktivasi  $H_2SO_4$  4,0 dan 6,0N serta batu padas teraktivasi NaOH 2,0; 4,0; dan 6,0N. Dari eksperimen ini, dapat ditentukan waktu setimbang batu padas terhadap larutan Cr(III) dengan mengalurkan dalam grafik antara jumlah yang teradsorpsi tiap gram adsorben (mg/g, sumbu ordinat) vs jumlah adsorbat dalam kesetimbangan (ppm, sumbu absis).

Untuk menentukan isoterm adsorpsi, dalam 6 buah erlenmeyer 100 mL masing-masing sebanyak 0,3 g batu padas yang memiliki kemampuan adsorpsi tertinggi dan waktu interaksi minimum (dari hasil penentuan waktu setimbang), ditambahkan masing-masing pula 25,0 mL larutan Cr(III) konsentrasi 10, 25, 50, 75, 100, dan 150 ppm. Campuran diaduk selama waktu setimbang lalu disaring dengan kertas saring *Whatman* 42, filtrat yang diperoleh dianalisis jumlah Cr(III) yang tersisa dengan

SSA sehingga penyerapan tertinggi batu padas pada suatu konsentrasi Cr(III) dapat diketahui.

$$s = \frac{X_m \cdot N \cdot a}{M_r}$$

**Penentuan keasaman permukaan batu padas dengan titrasi asam-basa**

Penentuan keasaman permukaan dilakukan pada batu padas tanpa pengaktifan ( $N_0$ ) dan yang diaktifkan dengan larutan  $H_2SO_4$  ( $A_1$ ,  $A_2$ , dan  $A_3$ ) dan NaOH ( $B_1$ ,  $B_2$ , dan  $B_3$ ). Seberat 0,50 gram sampel dimasukkan ke dalam erlenmeyer 250 mL kemudian ditambahkan 15,0 mL larutan NaOH 0,1M sambil diaduk dengan pengaduk magnet selama 15 menit, ditambahkan 3-4 tetes indikator phenolphthalein (pp) sampai berwarna merah muda (adanya NaOH yang berlebih). Campuran dititrasi dengan larutan HCl 0,1 M sampai terjadi perubahan warna dari warna merah muda menjadi coklat terang (warna batu padas). Volume HCl yang digunakan dalam titrasi dicatat dengan teliti. Untuk menghitung keasaman batu padas digunakan persamaan sebagai berikut :

$$K_{al} = \frac{(\text{mmol NaOH}_{\text{awal}} - \text{mmol NaOH}_{\text{bebas}})}{\text{Berat Sampel}}$$

**Karakterisasi luas permukaan batu padas**

Untuk mengetahui luas permukaan batu padas digunakan metode adsorpsi terhadap larutan metilen biru. Untuk menentukan panjang gelombang maksimum dibuat larutan metilen biru 2 ppm, diukur absorbansinya dengan spektrofotometri UV-Vis pada berbagai panjang gelombang antara 500 nm sampai 700 nm. Kurva standar metilen biru dibuat berdasarkan pengukuran absorbansi dari berbagai konsentrasi 1, 2, 3, dan 4 ppm pada panjang gelombang maksimumnya (Rahmawati dkk., 2003).

Untuk menentukan waktu kontak optimum, maka 0,1 gram serbuk batu padas tanpa pengaktifan ( $N_0$ ) dan yang diaktifkan dengan larutan  $H_2SO_4$  ( $A_1$ ,  $A_2$ , dan  $A_3$ ) dan NaOH ( $B_1$ ,  $B_2$ , dan  $B_3$ ) ditambahkan ke dalam 20,0 mL larutan metilen biru 50 ppm, diaduk dengan pengaduk magnet dengan waktu yang bervariasi 5, 10, 15, 20, 30, 40, 50 dan 60 menit. Larutan hasil pengocokan disaring dan diukur absorbansinya untuk mendapatkan berat teradsorpsi maksimum (mg/g) dan dimasukkan ke dalam persamaan :

Keterangan :

- s : luas permukaan adsorben ( $m^2/g$ )
- N : bilangan avogadro ( $6,022 \cdot 10^{23} \text{ mol}^{-1}$ )
- $X_m$  : berat adsorbat teradsorpsi (mg/g)
- a : luas penutupan oleh 1 molekul metilen biru ( $197 \cdot 10^{-20} m^2$ )
- $M_r$  : massa molekul relatif metilen biru (320,5 g/mol)

**Penentuan Kemampuan Adsorpsi Batu Padas**

Tujuh buah erlenmeyer 100 mL masing-masing diisi 0,3 gram batu padas tanpa dan dengan aktivasi  $H_2SO_4$  serta NaOH. Pada masing-masing erlenmeyer, ditambahkan 25,0 mL larutan Cr(III) dengan konsentrasi yang didapat dari penentuan isoterm adsorpsi, kemudian dibiarkan selama waktu setimbangannya. Selanjutnya disaring dengan kertas saring Whatman 42 dan filtrat yang diperoleh dianalisis jumlah Cr(III) yang tersisa dengan SSA. Dengan mengetahui jumlah Cr(III) yang tersisa sehingga jumlah Cr(III) yang teradsorpsi dapat dihitung menggunakan persamaan 2 dan 3, sehingga kemampuan adsorpsipun (mg Cr(III)/g adsorben) dapat ditentukan.

**HASIL DAN PEMBAHASAN**

**Keasaman Permukaan dan Luas Permukaan Spesifik Batu Padas Hasil Aktivasi**

Nilai keasaman batu padas meningkat dengan adanya aktivasi  $H_2SO_4$  2, 4, dan 6 N ( $A_1$ ,  $A_2$ , dan  $A_3$ ) dan NaOH 2, 4, dan 6 N ( $B_1$ ,  $B_2$ , dan  $B_3$ ) dibandingkan tanpa aktivasi ( $N_0$ ), yakni meningkat  $\pm 0,1$  mmol/gram. Keasaman permukaan batu padas teraktivasi  $H_2SO_4$  lebih besar daripada batu padas teraktivasi NaOH. Hal ini disebabkan karena  $H_2SO_4$  dapat melarutkan pengotor-pengotor pada batu padas sehingga situs asam mineral (situs asam Brønsted dan situs asam Lewis) yang semula tertutup menjadi terbuka. Selain itu,  $H_2SO_4$  dapat mengurangi adanya kation-kation alkali ( $Na^+$ ,  $K^+$ ) dan alkali tanah ( $Ca^{2+}$ ,  $Mg^{2+}$ ) dan terjadi substitusi dengan

$H^+$ , sehingga situs  $H^+$  pada batu padas menjadi bertambah. Pada konsentrasi  $H_2SO_4$  yang relatif tinggi dapat membentuk situs aktif asam Lewis ( $Al^{3+}$  dan  $Fe^{3+}$ ) sehingga keasaman permukaan total menjadi meningkat. Pada batu padas teraktivasi  $H_2SO_4$ , nilai keasaman permukaan dan jumlah situs aktif tertinggi dimiliki oleh batu padas teraktivasi  $H_2SO_4$  dengan konsentrasi

2 N yaitu sebesar 0,4703 mmol/gram dengan jumlah situs aktif  $2,8321 \cdot 10^{20}$  atom/gram. Pada aktivasi dengan asam sulfat dengan konsentrasi yang lebih tinggi (4 dan 6 N) terjadi penurunan nilai keasaman permukaan. Hal ini disebabkan karena konsentrasi asam sulfat yang tinggi diduga dapat menyebabkan perubahan struktur pada batu padas.

Tabel 1. Nilai Keasaman Permukaan batu Padas

Jenis Sampel	Keasaman Permukaan (mmol/gram)	Jumlah Situs Aktif ( $\times 10^{20}$ atom/gram)	Luas Permukaan Spesifik ( $m^2$ /gram)
$N_0$ (kontrol)	0,3903	2,3504	36,5853
A <sub>1</sub>	0,4703	2,8321	36,2144
A <sub>2</sub>	0,4570	2,7521	36,1795
A <sub>3</sub>	0,4437	2,6719	35,5601
B <sub>1</sub>	0,4270	2,5714	36,5067
B <sub>2</sub>	0,4437	2,6719	36,9037
B <sub>3</sub>	0,4170	2,5112	36,0210

Keterangan:

$N_0$  adalah batu padas tanpa aktivasi asam-basa; A<sub>1</sub>, A<sub>2</sub>, dan A<sub>3</sub> adalah berturut-turut batu padas teraktivasi  $H_2SO_4$  konsentrasi 2,0; 4,0; dan 6,0N serta B<sub>1</sub>, B<sub>2</sub>, dan B<sub>3</sub> adalah berturut-turut batu padas teraktivasi NaOH konsentrasi 2,0; 4,0; dan 6,0N.

Dari Tabel 1, Keasaman permukaan batu padas teraktivasi  $H_2SO_4$  lebih besar daripada batu padas teraktivasi NaOH, sedangkan batu padas kontrol nilainya terkecil. Hal ini disebabkan karena  $H_2SO_4$  dapat melarutkan pengotor-pengotor pada batu padas sehingga situs asam mineral (situs asam Brønsted dan situs asam Lewis) yang semula tertutup menjadi terbuka. Selain itu,  $H_2SO_4$  dapat mengurangi adanya kation-kation alkali ( $Na^+$ ,  $K^+$ ) dan alkali tanah ( $Ca^{2+}$ ,  $Mg^{2+}$ ) dan terjadi substitusi dengan  $H^+$ , sehingga situs  $H^+$  pada batu padas menjadi bertambah. Pada konsentrasi  $H_2SO_4$  yang relatif tinggi dapat membentuk situs aktif asam Lewis ( $Al^{3+}$  dan  $Fe^{3+}$ ) sehingga keasaman permukaan total menjadi meningkat. Pada batu padas teraktivasi  $H_2SO_4$ , nilai keasaman permukaan dan jumlah situs aktif tertinggi dimiliki oleh batu padas teraktivasi  $H_2SO_4$  dengan konsentrasi 2N yaitu sebesar 0,4703 mmol/gram dengan

jumlah situs aktif  $2,8321 \cdot 10^{20}$  atom/gram. Pada aktivasi dengan asam sulfat dengan konsentrasi yang lebih tinggi (4,0 dan 6,0N) menyebabkan penurunan nilai keasaman permukaan. Hal ini disebabkan karena konsentrasi asam sulfat yang tinggi diduga telah dapat menyebabkan perubahan struktur pada batu padas.

Pada konsentrasi NaOH yang relatif tinggi dapat membentuk situs aktif asam Lewis  $Si^{4+}$  sehingga keasaman permukaan total menjadi meningkat. Aktivasi NaOH secara umum hanya dapat melarutkan pengotor yang menutupi pori-pori dengan relatif sedikit membentuk situs asam Brønsted. Pada batu padas teraktivasi NaOH, nilai keasaman dan jumlah situs aktif tertinggi dimiliki oleh batu padas teraktivasi NaOH dengan konsentrasi 4,0N sebesar 0,4437 mmol/gram dengan jumlah situs aktif  $2,6719 \cdot 10^{20}$  atom/gram. Konsentrasi NaOH yang lebih tinggi (6,0N) juga dapat menyebabkan

perubahan struktur batu padas sehingga keasaman permukaannya menjadi menurun.

Sementara, untuk penentuan luas permukaan spesifik, tertinggi dimiliki oleh batu padas teraktivasi NaOH 4,0N (B<sub>2</sub>) yakni 36,9039 m<sup>2</sup>/gram. Hal ini disebabkan karena aktivasi dengan konsentrasi NaOH 4,0N diduga cukup banyak pengotor yang larut sehingga permukaan pori batu padas menjadi lebih terbuka. Akibatnya luas permukaan spesifik batu padas menjadi relatif lebih besar. Namun, aktivasi menggunakan H<sub>2</sub>SO<sub>4</sub> dan NaOH dengan konsentrasi masing-masing 6,0N (A<sub>3</sub> dan B<sub>3</sub>) luas permukaan spesifik mengalami penurunan, hal ini diduga karena telah terjadi pelarutan pada struktur bagian dalam dari batu padas sehingga ada bagian-bagian pori yang tertutup kembali.

Aktivasi batu padas oleh H<sub>2</sub>SO<sub>4</sub> mengakibatkan tingkat pelarutan relatif lebih kecil daripada tingkat pelarutan oleh NaOH. Tingkat pelarutan yang lebih kecil oleh H<sub>2</sub>SO<sub>4</sub> disebabkan karena perbedaan tingkat kelarutan silika dan alumina pada suasana asam dan basa. Pada suasana asam, kelarutan silika relatif lebih kecil daripada dalam suasana basa. Hal ini dimungkinkan karena kandungan silika lebih dominan (71,61%) dibandingkan dengan kandungan alumina (14,81%) yang mana alumina mengalami tingkat kelarutan pada suasana asam sama dengan tingkat kelarutan pada suasana basa. Hal ini mengindikasikan bahwa aktivator NaOH lebih baik daripada aktivator H<sub>2</sub>SO<sub>4</sub> untuk mengaktivasi batu padas dalam meningkatkan luas permukaan spesifiknya.

Batu padas teraktivasi NaOH memiliki luas permukaan lebih tinggi daripada batu padas teraktivasi H<sub>2</sub>SO<sub>4</sub>. Luas permukaan tertinggi dimiliki oleh batu padas teraktivasi NaOH 4 N (B<sub>2</sub>) yakni 36,9039 m<sup>2</sup>/g. Hal ini disebabkan karena aktivasi dengan konsentrasi NaOH 4 N diduga cukup banyak pengotor yang larut sehingga permukaan pori batu padas menjadi lebih terbuka. Akibatnya luas permukaan spesifik batu padas menjadi relatif lebih besar. Namun aktivasi menggunakan H<sub>2</sub>SO<sub>4</sub> dan NaOH dengan konsentrasi masing-masing 6 N (A<sub>3</sub> dan B<sub>3</sub>) luas permukaan spesifik mengalami penurunan, hal ini diduga karena telah terjadi pelarutan pada struktur bagian dalam dari batu

padas sehingga ada bagian-bagian pori yang tertutup kembali.

Aktivasi batu padas oleh H<sub>2</sub>SO<sub>4</sub> mengakibatkan tingkat pelarutan relatif lebih kecil daripada tingkat pelarutan oleh NaOH. Tingkat pelarutan yang lebih kecil oleh H<sub>2</sub>SO<sub>4</sub> disebabkan karena perbedaan tingkat kelarutan silika dan alumina pada suasana asam dan basa (Sukarjo, 1985). Pada suasana asam, kelarutan silika relatif lebih kecil daripada dalam suasana basa. Hal ini dimungkinkan karena kandungan silika lebih dominan (71,61%) dibandingkan dengan kandungan alumina (14,81%) yang mana alumina mengalami tingkat kelarutan pada suasana asam sama dengan tingkat kelarutan pada suasana basa (Jolly, 1991). Hal ini mengindikasikan bahwa aktivator NaOH lebih baik daripada aktivator H<sub>2</sub>SO<sub>4</sub> untuk mengaktivasi batu padas dalam meningkatkan luas permukaan spesifiknya.

#### **Waktu Setimbang dan Isoterm Adsorpsi Batu Padas**

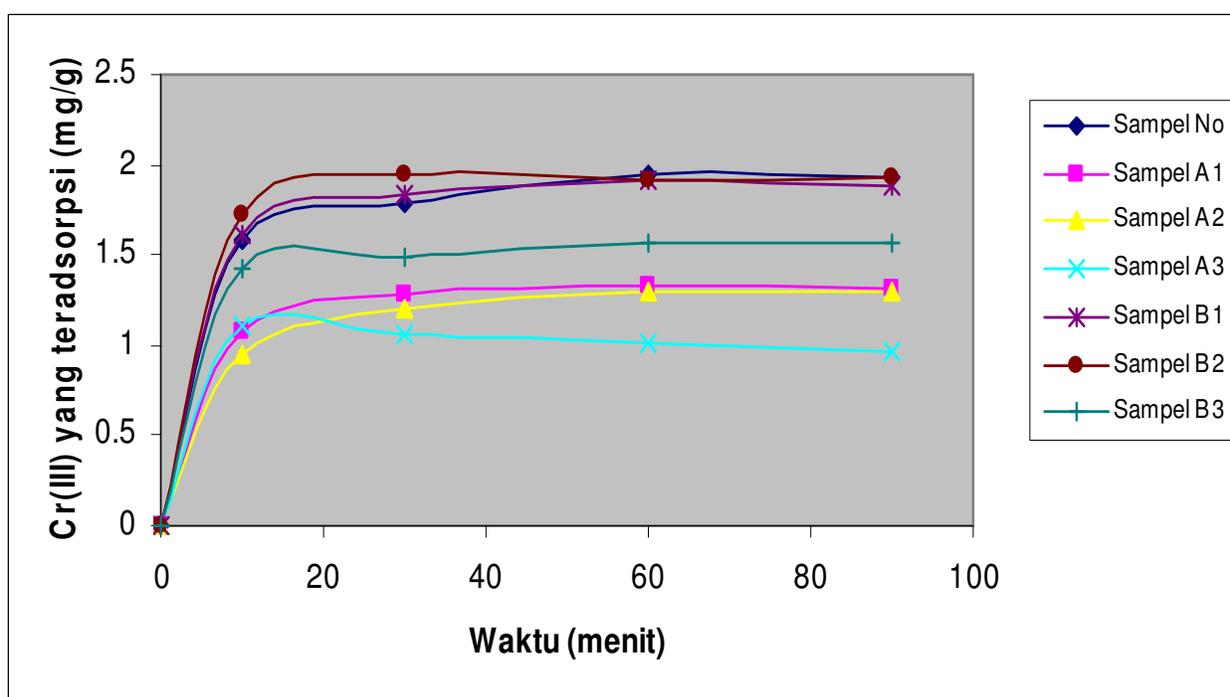
Pada konsentrasi NaOH yang relatif tinggi dapat membentuk situs aktif asam Lewis Si<sup>4+</sup> sehingga keasaman permukaan total menjadi meningkat. Aktivasi NaOH secara umum hanya dapat melarutkan pengotor yang menutupi pori-pori dengan relatif sedikit membentuk situs asam Brønsted. Pada batu padas teraktivasi NaOH, nilai keasaman dan jumlah situs aktif tertinggi dimiliki oleh batu padas teraktivasi NaOH dengan konsentrasi 4,0N sebesar 0,4437 mmol/gram dengan jumlah situs aktif 2,6719.10<sup>20</sup> atom/gram. Konsentrasi NaOH yang lebih tinggi (6,0N) juga dapat menyebabkan perubahan struktur batu padas sehingga keasaman permukaannya menjadi menurun.

Sementara, untuk penentuan luas permukaan spesifik, tertinggi dimiliki oleh batu padas teraktivasi NaOH 4,0N (B<sub>2</sub>) yakni 36,9039 m<sup>2</sup>/gram. Hal ini disebabkan karena aktivasi dengan konsentrasi NaOH 4,0N diduga cukup banyak pengotor yang larut sehingga permukaan pori batu padas menjadi lebih terbuka. Akibatnya luas permukaan spesifik batu padas menjadi relatif lebih besar. Namun, aktivasi menggunakan H<sub>2</sub>SO<sub>4</sub> dan NaOH dengan konsentrasi masing-masing 6,0N (A<sub>3</sub> dan B<sub>3</sub>)

luas permukaan spesifik mengalami penurunan, hal ini diduga karena telah terjadi pelarutan pada struktur bagian dalam dari batu padas sehingga ada bagian-bagian pori yang tertutupi kembali.

Aktivasi batu padas oleh  $H_2SO_4$  mengakibatkan tingkat pelarutan relatif lebih kecil daripada tingkat pelarutan oleh  $NaOH$ . Tingkat pelarutan yang lebih kecil oleh  $H_2SO_4$  disebabkan karena perbedaan tingkat kelarutan silika dan alumina pada suasana asam dan basa. Pada suasana asam, kelarutan silika relatif lebih

kecil daripada dalam suasana basa. Hal ini dimungkinkan karena kandungan silika lebih dominan (71,61%) dibandingkan dengan kandungan alumina (14,81%) yang mana alumina mengalami tingkat kelarutan pada suasana asam sama dengan tingkat kelarutan pada suasana basa. Hal ini mengindikasikan bahwa aktivator  $NaOH$  lebih baik daripada aktivator  $H_2SO_4$  untuk mengaktivasi batu padas dalam meningkatkan luas permukaan spesifiknya.



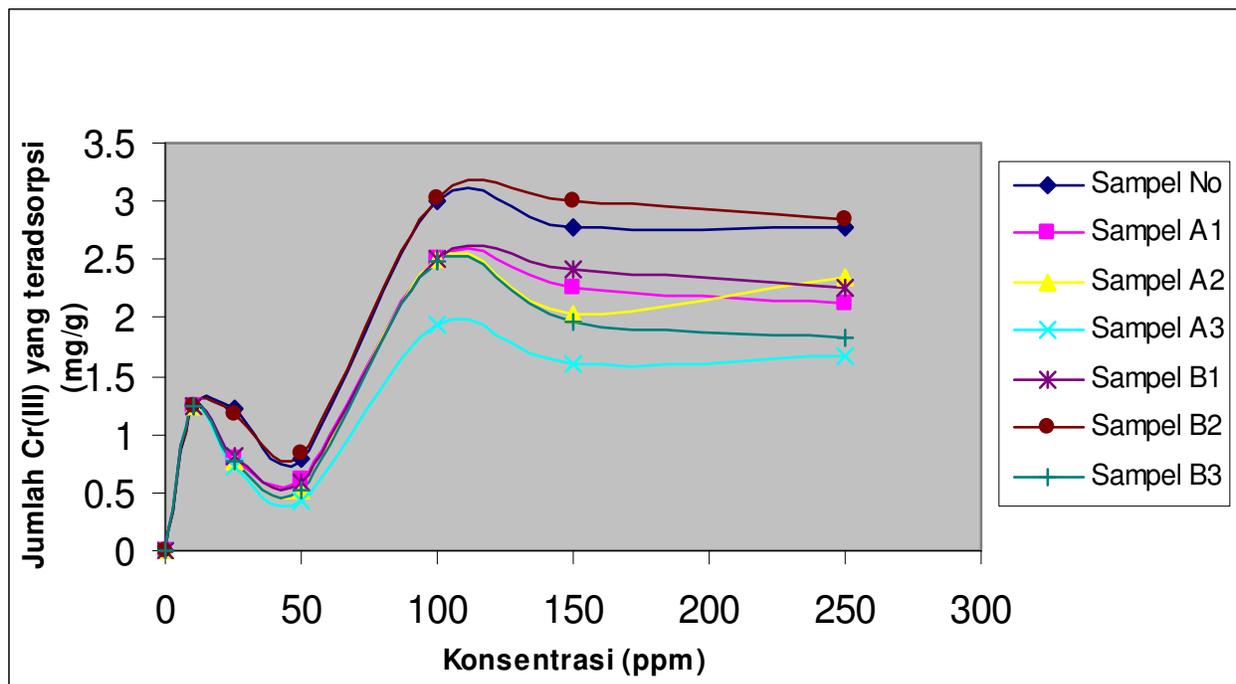
Gambar 2. Kemampuan adsorpsi Cr(III) oleh batu padas kontrol ( $N_0$ ), teraktivasi  $H_2SO_4$  ( $A_1, A_2$ , dan  $A_3$ ) dan teraktivasi  $NaOH$  ( $B_1, B_2$ , dan  $B_3$ ) terhadap waktu interaksi

Gambar 2 memperlihatkan bahwa batu padas tanpa aktivasi, teraktivasi  $H_2SO_4$  2,0; 4,0; 6,0 N dan  $NaOH$  2,0; 4,0; 6,0N dalam mengadsorpsi ion logam Cr(III) memiliki kecenderungan bahwa pada interaksi selama 10 menit terjadi peningkatan adsorpsi relatif tajam, pada menit berikutnya terjadi sedikit peningkatan, dan adsorpsi secara konstan mulai tercapai pada menit ke-60. Hal ini menunjukkan

bahwa untuk mengadsorpsi ion logam Cr(III) dalam jumlah yang maksimum diperlukan waktu minimal 60 menit. Sedangkan, dalam penentuan isoterm adsorpsi (Gambar 3) menunjukkan bahwa pada konsentrasi 10 ppm semua ion logam Cr(III) habis teradsorpsi. Selanjutnya, dengan meningkatnya konsentrasi ion logam Cr(III) dalam larutan, maka jumlah ion logam Cr(III) yang teradsorpsi sedikit demi sedikit

semakin meningkat sampai pada titik jenuhnya. Namun, pada konsentrasi 25 dan 50 ppm terjadi penurunan jumlah Cr(III) yang teradsorpsi. Hal ini terjadi kemungkinan disebabkan oleh ketidakstabilan ikatan antara batu padas dengan ion logam Cr(III), sehingga sebagian dari partikel logam ada yang terlepas dari permukaan adsorben batu padas. Setelah konsentrasi Cr(III)

100 ppm kemampuan adsorpsi batu padas meningkat kembali dan konstan pada konsentrasi 150 dan 300 ppm. Waktu setimbang dan konsentrasi optimum dari penentuan isoterm adsorpsi yang didapat, selanjutnya digunakan sebagai waktu penyerapan dan konsentrasi interaksi pada penentuan kapasitas adsorpsi.



Gambar 3. Hubungan antara konsentrasi ion logam Cr(III) dengan banyaknya Cr(III) yang teradsorpsi oleh batu padas kontrol (N<sub>0</sub>), teraktivasi H<sub>2</sub>SO<sub>4</sub> (A<sub>1</sub>, A<sub>2</sub>, dan A<sub>3</sub>) dan teraktivasi NaOH (B<sub>1</sub>, B<sub>2</sub>, dan B<sub>3</sub>)

### Kemampuan Adsorpsi Batu Padas

Kapasitas adsorpsi tertinggi dimiliki oleh batu padas teraktivasi NaOH 4,0N (B<sub>2</sub>) 2,0265 mg/g untuk Cr(III). Hal ini didukung oleh data luas permukaan (Tabel 1) yang menunjukkan bahwa batu padas teraktivasi NaOH 4,0N memiliki luas permukaan tertinggi yaitu 36,9037 m<sup>2</sup>/g. Dilihat dari nilai keasaman permukaan (Tabel 1), diantara batu padas teraktivasi NaOH, batu padas teraktivasi NaOH 4,0N memiliki nilai

keasaman permukaan tertinggi yaitu 0,4437 mmol/gram. Sedangkan, batu padas teraktivasi H<sub>2</sub>SO<sub>4</sub> memiliki nilai kapasitas adsorpsi yang relatif lebih rendah dibandingkan batu padas kontrol (No). Hal ini diduga disebabkan oleh konsentrasi aktivator H<sub>2</sub>SO<sub>4</sub> yang digunakan cenderung menyebabkan perubahan struktur pada batu padas. Meskipun batu padas teraktivasi H<sub>2</sub>SO<sub>4</sub> 2,0N memiliki nilai keasaman permukaan tertinggi yaitu 0,4703 mmol/gram,

namun karena struktur batu padas telah mengalami perubahan yang menyebabkan terhalangnya interaksi dengan adsorbat (luas

permukaan spesifik menurun) maka kapasitas adsorpsinya menjadi menurun.

Tabel 2. Data nilai kemampuan adsorpsi maksimum (kapasitas adsorpsi) batu padas terhadap ion logam Cr(III)

Jenis Sampel	Kapasitas Adsorpsi (mg/g)
N <sub>0</sub> (kontrol)	1,9970
A <sub>1</sub>	1,6586
A <sub>2</sub>	1,5705
A <sub>3</sub>	1,3941
B <sub>1</sub>	1,8644
B <sub>2</sub>	2,0265
B <sub>3</sub>	1,5851

## SIMPULAN DAN SARAN

### Simpulan

Dari hasil penelitian dan pembahasan, dapat disimpulkan bahwa aktivasi batu padas jenis *Ladgestone* menggunakan H<sub>2</sub>SO<sub>4</sub> dan NaOH dalam berbagai konsentrasi dapat menambah meningkatkan keasaman permukaan (jumlah situs aktif) serta meningkatkan luas permukaan spesifiknya dibandingkan tanpa aktivasi, sedangkan kemampuan maksimum (kapasitas) adsorpsinya terhadap Cr(III) mengalami peningkatan hanya untuk batu padas teraktivasi NaOH. Kapasitas tertinggi diperoleh pada batu padas teraktivasi NaOH konsentrasi 4,0N yaitu 2,0265 mg/g.

### Saran

Perlu dilakukan penelitian lanjutan yaitu perlu dipelajari pengaruh temperatur dan pH larutan adsorbat terhadap kemampuan adsorpsinya serta menggunakan larutan pendesorpsi lain. Bila memungkinkan, perlu dikaji juga kemampuan adsorpsinya terhadap ion logam lain.

## UCAPAN TERIMA KASIH

Terima kasih penulis ucapkan kepada Penyanggah dana DIPA Universitas Udayana dan kepada Bapak I Nengah Simpen, S.Si., M.Si., atas masukan dan sarannya sehingga penelitian dan tulisannya ini dapat terselesaikan.

## DAFTAR PUSTAKA

- Budiartawan, I. G., 2003, Adsorpsi Batu Padas terhadap Ion Logam Pb<sup>2+</sup> dan Cr<sup>3+</sup> dalam Larutan, *Skripsi*, Jurusan Kimia FMIPA, Universitas Udayana, Denpasar
- Gribble, C. D., 1988, *Roultly's Elements of Mineralogi*. 27<sup>th</sup>, Ijnwn Hyman, London
- Kasa, I. W., 2000, Mendapatkan Air Bersih Secara Tradisional, *Laporan Penelitian*, FMIPA, Universitas Udayana, Denpasar
- Kesraul-Oukl, S., Cheeseman, C., and Perry, R., 1993, Effects of Conditioning and Treatment of Chabazite and Clinoptilolite Prior to Lead and Cadmium Removal, *Environ. Scl. Technol*, 27 (6) : 1108-1116
- Kumar, P., Jasra, RV., and Bhat, TSG, 1995, Evolution of Porosity and Surface Acidity in Montmorillonite Clay on Acid

- Activation, *Ind. Eng. Chem. Res.*, 34 (4)  
: 1440-1448
- Palar, H., 1995, *Pencemaran dan Toksikologi Logam Berat*, PT Rineka Cipta, Jakarta
- Sukarjo, 1985, *Kimia Anorganik*, Bina Aksara, Yogyakarta
- Surna, I. W., 1994, Perbandingan Daya Adsorpsi antara Beberapa Jenis Batu Padas dengan Karbon Aktif terhadap Zat Warna Metil Biru Klorida, *Skripsi*, Jurusan Kimia, FMIPA, Universitas Udayana, Denpasar
- Widjonarko, DM., Pranoto., dan Cristina, Y., 2003, Pengaktifan H<sub>2</sub>SO<sub>4</sub> dan NaOH Terhadap Luas Permukaan dan Keasaman Alofan, *Alchemy*, 2 (2)