

**PEMANFAATAN BATU PADAS JENIS *LADGESTONE* TERAKTIVASI NaOH
DAN TERSALUT Fe₂O₃ SEBAGAI ADSORBEN LARUTAN BENZENA**

I Nengah Simpen, I Made Sutha Negara, dan Ida Ayu Agung Pradnyani

Jurusan Kimia FMIPA Universitas Udayana, Bukit Jimbaran

ABSTRAK

Telah dilakukan penelitian adsorpsi larutan benzena oleh batu padas jenis *Ladgestone* teraktivasi NaOH 4 M dan tersalut Fe₂O₃ dengan perbandingan batu padas dan penyalutnya 10:1; 50:1; dan 100:1. Penelitian ini bertujuan untuk mengetahui kemampuan batu padas yang termodifikasi tersebut dalam menurunkan konsentrasi larutan benzena. Penelitian ini meliputi penentuan keasaman permukaan dengan titrasi asam basa, karakterisasi luas permukaan spesifik batu padas menggunakan metode metilen biru, penentuan waktu setimbang adsorpsi batu padas terhadap larutan benzena, serta kapasitas adsorpsi batu padas yang mengacu pada jenis isoterm adsorpsi Freundlich dengan menggunakan alat kromatografi gas.

Hasil penelitian menunjukkan bahwa keasaman permukaan tertinggi dimiliki oleh batu padas teraktivasi NaOH 4 M dan tersalut Fe₂O₃ (10:1) serta dicuci dengan aquades yakni 0,2980 mmol/gram. Batu padas ini juga memiliki kapasitas adsorpsi tertinggi yakni 44,1286 mg/g. Batu padas kontrol memiliki luas permukaan spesifik paling tinggi dibandingkan batu padas teraktivasi dan tersalut Fe₂O₃ yakni 35,8810 m²/g. Dalam penelitian ini, batu padas teaktivasi NaOH 4 M dan tersalut Fe₂O₃ sudah mampu memberikan kapasitas adsorpsi lebih besar daripada batu padas kontrol.

Kata Kunci : batu padas, adsorpsi, tersalut Fe₂O₃, benzena

ABSTRACT

This paper describes the adsorption of benzene by ledgestone which was activated with 4 M NaOH and coated with Fe₂O₃. The proportions of ledgestone and the coating used were of 10 : 1, 50 : 1, and 100 : 1. The aim of this study was to find out the ability of the stone in decreasing benzene concentration in solution. The study included the determination of surface acidity by acid-base titration, characterization of the ledgestone specific surface area by the method of blue methylene, determination of equilibration time of the stone in adsorbing benzene and determination of adsorption capacity of the stone referred to Freundlich isotherm adsorption by the application of gas chromatography.

The result showed that the highest surface acidity of 0.2980 mmol/g was given by the ledgestone that was activated with 4 M NaOH and coated with Fe₂O₃ with the proportion of 10 : 1 and washed by aquadest. This ledgestone also showed the highest adsorption capacity which was 44.1286 μg/g. The control ledgestone had specific surface area of 35.880 m²/g. The ledgestone that was activated with 4 M NaOH and coated with Fe₂O₃ resulted in higher adsorption capacity to benzene than the control ledgestone did.

Keywords : ledgestone, adsorption, coating with Fe₂O₃, benzene

PENDAHULUAN

Batu padas merupakan salah satu adsorben yang digunakan dalam proses pengolahan limbah. Keberadaan material ini sangat melimpah di alam dan banyak digunakan

dalam seni pahat pembuatan patung dan bangunan. Selain itu, harganya pun relatif murah. Batu padas tersusun dari silika dan besi oksida yang berfungsi sebagai perekat pada batuan sedimen. Bahan dasar batu padas terdiri dari 70-90% silikon oksida, 2-10% aluminium

oksida serta mengandung kalium oksida, besi oksida, dan magnesium oksida dalam jumlah relatif kecil. Batu padas mempunyai pori-pori yaitu 30% dari volumenya. Dengan adanya pori-pori itu maka batu padas dapat dimanfaatkan sebagai adsorben (Gribble, 1988).

Penelitian awal mengenai batu padas sebagai adsorben alternatif telah dilakukan oleh Surna (1994), dimana diperoleh bahwa batu padas jenis *Linroc Stone*, *Barea Sandtone*, dan *Pearl Sandtone* dapat dimanfaatkan sebagai adsorben alternatif pengganti karbon aktif terhadap zat warna metilen biru klorida. Menurut penelitian Budiartawan (2003), batu padas jenis *Ladgestone*, *Pearl Sandtone*, dan *Linroc Stone* dapat digunakan untuk menurunkan kadar logam berat Pb dan Cr dalam air. Ketiga batu padas tersebut memiliki kapasitas adsorpsi yang berbeda-beda dimana kapasitas adsorpsi terbesar dimiliki oleh batu padas jenis *Ladgestone*.

Adsorben yang telah diaktifkan baik melalui aktivasi basa ataupun aktivasi asam dapat meningkatkan kemampuan adsorpsinya terhadap senyawa toksik. Hal ini didukung oleh beberapa hasil penelitian, yaitu oleh Widjonarko (2003) menunjukkan bahwa aktivasi alovon dengan aktivator H_2SO_4 dan NaOH dapat meningkatkan luas permukaan spasifik dan keasaman permukaannya (situs aktifnya). Penelitian lain juga dilakukan oleh Haristyanti (2006), diperoleh bahwa batu padas jenis *Ladgestone* teraktivasi H_2SO_4 dan NaOH dapat digunakan untuk adsorpsi terhadap ion logam Cu(II) dan Cr(III) dalam air. Dalam penelitian tersebut, kapasitas adsorpsi batu padas yang optimum didapatkan melalui aktivasi NaOH pada konsentrasi 4N.

Peningkatan kemampuan adsorpsi dapat juga dilakukan melalui penyalutan Fe_2O_3 . Penelitian oleh Sumerta (2001) menunjukkan bahwa batu pasir tersalut (*coated*) besi oksida (Fe_2O_3) dapat menurunkan kadar Pb dalam larutan. Dalam penelitian tersebut diperoleh bahwa kemampuan adsorpsi batu pasir dalam menyerap Pb mengalami peningkatan dari 2,784 mg/g (batu pasir yang tidak tersalut Fe_2O_3) menjadi 4,653 mg/g (batu pasir yang tersalut Fe_2O_3) pada waktu setimbang. Penelitian oleh Ariastuti (2006) menunjukkan bahwa batu pasir teraktivasi H_2SO_4 dan NaOH tersalut besi oksida

(Fe_2O_3) dapat dimanfaatkan sebagai penyerap Cr(VI). Dalam penelitian tersebut, aktivasi batu pasir laut warna hitam dengan NaOH 4N memberikan kapasitas adsorpsi yang optimum.

Batu padas merupakan material alami yang berpori yang sama halnya dengan batu pasir dan lempung, maka kemungkinan juga kapasitas adsorpsinya dapat ditingkatkan melalui aktivasi NaOH 4M dan penyalutan Fe_2O_3 . Untuk itu penelitian ini dilakukan dengan maksud untuk memodifikasi batu padas jenis *Ladgestone* yang telah teraktivasi NaOH 4M dengan Fe_2O_3 sebagai penyalutnya, yang dilanjutkan dengan pencucian menggunakan HCl dalam berbagai konsentrasi. Proses pencucian menggunakan HCl bertujuan untuk membuka mulut pori batu padas apabila tertutupi Fe_2O_3 sebagai akibat proses *coated* yang tidak homogen. Batu padas yang telah termodifikasi ini selanjutnya diaplikasikan sebagai adsorben senyawa benzena.

Benzena adalah salah satu senyawa toksik yang terdapat pada limbah industri atau limbah laboratorium yang sulit dihilangkan. Benzena yang rumus strukturnya C_6H_6 adalah senyawa kimia organik yang merupakan cairan tak berwarna dan mudah terbakar serta mempunyai bau yang manis. Benzena adalah sejenis karsinogen. Benzena juga merupakan pelarut yang penting dalam dunia industri. Benzena juga merupakan bahan dasar dalam produksi obat-obatan, plastik, karet buatan, dan pewarna (Wikipedia, 2007). Penelitian terhadap 230 jenis minuman ringan di Inggris dan Prancis mengidentifikasi tingginya kadar senyawa benzena dalam minuman tersebut. Kadar benzena yang masih bisa ditoleransi yakni sekitar 1 part per billion (bagian per miliar) dalam air. Dalam uji terhadap 230 minuman tersebut ditemukan kadar benzena mencapai 8 ppb. Ini berarti kadar racun itu 8 kali lipat lebih tinggi dari yang ditoleransi. Menurut Food Standards Agency (FSA), Badan POM-nya Inggris, benzena dan turunannya merupakan senyawa yang bertanggung jawab menyebabkan kanker darah atau leukemia (Kuswaraharja, 2006). Mengingat dampak benzena yang begitu besar jika terakumulasi dalam tubuh manusia, maka untuk mengatasinya dapat dilakukan dengan adsorpsi.

MATERI DAN METODE

Bahan

Bahan-bahan yang digunakan dalam penelitian ini adalah batu padas jenis *Ladgestone* yang diambil dari Desa Bonbiyu, Kecamatan Gianyar dan Kabupaten Gianyar. Bahan-bahan kimia yang digunakan adalah : NaOH, $\text{Fe}(\text{NO}_3)_3 \cdot 9\text{H}_2\text{O}$, HCl pekat (37%; $B_j = 1,18$ kg/L), fenolftalein (pp), metilen biru, benzena (95%; $b_j = 0,88$ kg/L), NaCl, metilen klorida, dan aquades.

Peralatan

Alat-alat yang digunakan dalam penelitian ini adalah oven, desikator, cawan porselen, pengerus porselen, pengaduk magnetik, neraca analitik, batang pengaduk, buret, kertas saring, ayakan ukuran 250 μm dan 106 μm , pipet volume, pipet mikro, pipet ukur, gelas ukur, gelas beker, tabung reaksi, labu ukur 50 mL, 100 mL, 250 mL, 1000 mL, erlenmeyer 50 dan 250 mL, tabung *sentrifuge*, alat *shaker*, corong, botol semprot, spektrofotometer UV-Vis dan serangkaian alat kromatografi gas (GC).

Cara Kerja

Batu padas jenis *Ladgestone* dihancurkan dan digerus, kemudian diayak dengan ayakan 250 μm dan tertahan pada 106 μm . Serbuk batu padas ini dicuci dengan aquades, kemudian dikeringkan dalam oven pada suhu 110°C sampai beratnya konstan.

Batu padas jenis *Ladgestone* diaktivasi dengan NaOH 4M selama 24 jam, setelah itu disaring dan residunya dicuci dengan aquades sampai terbebas dari OH (uji dengan pp). Kemudian dikeringkan dalam oven pada suhu 110°C sampai beratnya konstan. Batu padas yang telah diaktivasi, disalut Fe_2O_3 dengan cara 3 buah beker 250 mL yang berisi 50 gram serbuk batu padas yang teraktivasi NaOH 4 M dan masing-masing ditambahkan 5, 1, dan 0,5 gram $\text{Fe}(\text{NO}_3)_3 \cdot 9\text{H}_2\text{O}$ dengan perbandingan massa masing-masing 10 : 1, 50 : 1, dan 100 : 1. Kemudian ke dalam campuran tersebut ditambahkan 12,5 mL aquades. Campuran diaduk selama 1 jam, disaring, dan dikalsinasi pada suhu 200°C selama 5 jam. Sebagian batu

padas yang telah disalut Fe_2O_3 dicuci dengan HCl 5%, 10%, dan 15% selama 5 menit dan sebagian lagi hanya dicuci dengan aquades. Batu padas yang dicuci dengan HCl dicuci kembali dengan aquades sampai terbebas dari Cl^- (diuji dengan AgNO_3). Kemudian serbuk batu padas tanpa dan dicuci dengan HCl dikeringkan dalam oven pada suhu 110°C sampai beratnya konstan.

Karakterisasi batu padas meliputi keasamaan permukaan dengan titrasi asam basa dan luas permukaan spesifik batu padas dengan metode metilen biru. Penentuan waktu setimbang menggunakan sampel batu padas yang memiliki keasamaan permukaan dan luas permukaan paling tinggi, yang diinteraksikan dengan larutan model benzena $15,84 \times 10^2 \mu\text{g/mL}$ (36 μL benzena + 20 mL larutan NaCl 0,01 M). Fitrat hasil interaksi, diekstraksi dengan 1 x 5 mL metilen klorida (CH_2Cl_2). Ekstrak CH_2Cl_2 diinjeksikan pada GC. Penentuan isoterm adsorpsi menggunakan 5 variasi konsentrasi yaitu $0,88 \times 10^2$; $2,20 \times 10^2$; $6,16 \times 10^2$; $18,04 \times 10^2$; dan $22,00 \times 10^2 \mu\text{g/mL}$ (masing-masing 2; 5; 14; 41; dan 50 μL + 20 mL larutan NaCl 0,01 M) diinteraksikan dengan batu padas yang memiliki keasamaan permukaan dan luas permukaan paling tinggi. Fitrat hasil interaksi, diekstraksi dengan 1 x 5 mL metilen klorida (CH_2Cl_2). Ekstrak CH_2Cl_2 diinjeksikan pada GC.

Penentuan kapasitas adsorpsi dilakukan pada seluruh sampel batu padas yang masing-masing diberi kode N, No, A₀, A₅, A₁₀, A₁₅, B₀, B₅, B₁₀, B₁₅, C₀, C₅, C₁₀, dan C₁₅ yang diinteraksikan dengan model larutan benzena selama waktu setimbang dan kosentrasi yang diperoleh pada penentuan isoterm adsorpsi. Fitrat hasil interaksi, diekstraksi dengan 1 x 5 mL metilen klorida (CH_2Cl_2). Ekstrak CH_2Cl_2 diinjeksikan pada GC. Pada perhitungan kapasitas adsorpsi diterapkan 2 jenis isoterm adsorpsi yaitu isoterm adsorpsi Langmuir dan Freundlich.

Keterangan :

N = Batu padas kontrol

No = batu padas teraktivasi NaOH 4 M

A₀, A₅, A₁₀, A₁₅ = Batu padas teraktivasi dan tersalut Fe_2O_3 (10:1) dan dicuci dengan aquades, HCl 15%, 10%, dan 5%

B₀, B₅, B₁₀, B₁₅ = Batu padas teraktivasi dan tersalut Fe₂O₃ (50:1) dan dicuci dengan aquades, HCl 15%, 10%, dan 5%

C₀, C₅, C₁₀, C₁₅ = Batu padas teraktivasi dan tersalut Fe₂O₃ (100:1) dan dicuci dengan aquades, HCl 15%, 10%, dan 5%

HASIL DAN PEMBAHASAN

Keasaman Permukaan Batu Padas

Tabel 1. Keasaman permukaan batu padas

Adsorben	Jumlah situs aktif (atom/gram)	Keasaman (mmol/g)
N	9,0210.10 ¹⁹	0,1498
N ₀	9,2800.10 ¹⁹	0,1541
A ₁₅	9,6292.10 ¹⁹	0,1599
A ₁₀	12,8449.10 ¹⁹	0,2133
A ₅	14,0554.10 ¹⁹	0,2334
A ₀	17,9456.10 ¹⁹	0,2980
B ₁₅	10,4964.10 ¹⁹	0,1748
B ₁₀	9,3702.10 ¹⁹	0,1556
B ₅	13,7061.10 ¹⁹	0,2276
B ₀	8,9367.10 ¹⁹	0,1884
C ₁₅	7,4974.10 ¹⁹	0,1249
C ₁₀	17,3072.10 ¹⁹	0,2874
C ₅	17,1326.10 ¹⁹	0,2845
C ₀	8,1598.10 ¹⁹	0,1355

Dari Tabel 1, keasaman permukaan yang paling besar dimiliki oleh batu padas berkode A₀ yaitu 0,2980 mmol/gram atau jumlah situs aktifnya 17,9456.10¹⁹ atom/gram. Batu padas A₀ merupakan batu padas teraktivasi dan tersalut Fe₂O₃ serta hanya dicuci dengan aquades. Ini berarti hanya dengan menggunakan pelarut aquades, oksida Fe₂O₃ yang menutupi pori batu padas dapat terlarutkan sehingga pori-pori batu padas serta situs aktif yang tertutup akibat proses penyalutan dapat diminimalkan dan keasaman permukaannya menjadi semakin meningkat. Keasaman permukaan yang terkecil dimiliki oleh batu padas berkode C₁₅. Hal ini disebabkan karena terjadinya penyalutan yang kurang uniform, akibat perbandingan jumlah penyalut Fe(NO₃)₃.9H₂O yang lebih sedikit, sehingga kemungkinan ada pori batu padas yang tidak

tersalutkan. Bila batu padas ini dicuci menggunakan HCl konsentrasi 15% diduga terjadi pelarutan situs aktif yang menyebabkan keasaman permukaannya menurun. Pencucian menggunakan HCl dengan konsentrasi yang relatif tinggi diduga dapat melarutkan oksida-oksida Fe₂O₃, bahkan dapat melarutkan situs-situs aktif yang telah terikat pada permukaan batu padas sehingga keasaman permukaannya menurun.

Karakterisasi Luas Permukaan Spesifik Batu Padas

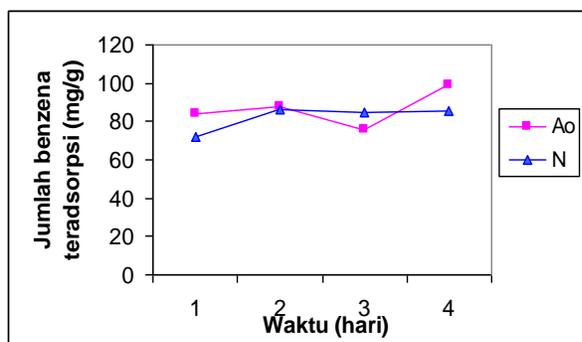
Tabel 2. Luas permukaan spesifik batu padas

Adsorben	Spesifikasi S (m ² /g)
N	35,8810
N ₀	33,5683
A ₁₅	31,6057
A ₁₀	32,0199
A ₅	31,2589
A ₀	33,6453
B ₁₅	33,4013
B ₁₀	33,1652
B ₅	33,2425
B ₀	33,4976
C ₁₅	33,8366
C ₁₀	31,4828
C ₅	33,1796
C ₀	33,0016

Dari Tabel 2 dapat dilihat bahwa batu padas kontrol (N) memiliki luas permukaan paling tinggi dibandingkan yang lainnya. Hal ini diduga diakibatkan oleh bentuk pori batu padas kontrol lebih homogen daripada batu padas tersalut Fe₂O₃. Sampel batu padas yang tersalut Fe₂O₃ yang lain, memiliki luas permukaan yang lebih kecil dari pada batu padas kontrol dan luas permukaan terkecil dimiliki oleh batu padas berkode A₅. Hal ini diduga disebabkan bahwa telah terjadi penutupan pori-pori oleh oksida Fe₂O₃ atau munculnya lipatan-lipatan yang kurang teratur (luas permukaannya heterogen) akibat proses penyalutan Fe₂O₃ yang tidak uniform.

Waktu Setimbang Adsorpsi Benzena

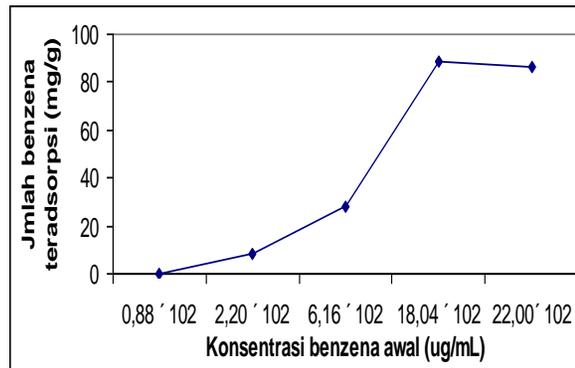
Pada penelitian ini, sampel yang digunakan untuk mengetahui waktu setimbang adalah batu padas kontrol (N), karena luas permukaan spesifik paling tinggi dan sampel batu padas teraktivasi dan tersalut Fe_2O_3 serta dicuci dengan aquades (A_0), karena memiliki keasaman permukaan tertinggi. Batu padas berkode A_0 diperoleh waktu setimbang yang tidak teratur, sehingga tidak bisa ditentukan waktu setimbangnya secara pasti. Oleh karena itu hanya batu padas kontrol (N) yang bisa ditentukan waktu setimbangnya. Grafik waktu setimbang penjerapan larutan benzena oleh batu padas berkode N dan A_0 ditampilkan pada Gambar 1 berikut:



Gambar 1. Grafik penjerapan batu padas berkode N dan A_0 terhadap larutan benzena oleh variasi waktu interaksi

Dari grafik tersebut dapat dilihat bahwa batu padas kontrol memiliki waktu setimbang 2 hari, ini berarti batu padas kontrol dapat mengadsorpsi larutan benzena secara maksimal memerlukan waktu minimum 2 hari. Oleh karena itu, waktu interaksi yang digunakan dalam penentuan isoterm adsorpsi dan kapasitas adsorpsi selanjutnya untuk semua jenis batu padas adalah 2 hari.

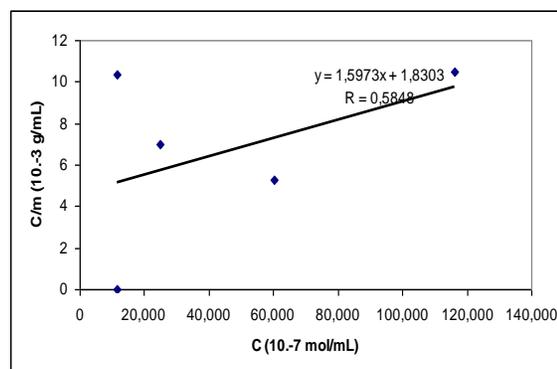
Isoterm Adsorpsi dan Kapasitas Adsorpsi Batu Padas terhadap Larutan Benzena



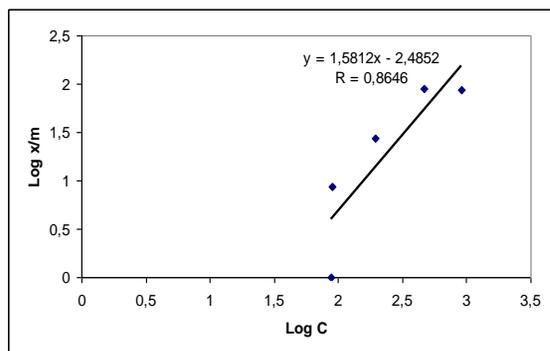
Gambar 2. Grafik penjerapan batu padas kontrol (N) terhadap larutan benzena dalam variasi konsentrasi awal

Pada Gambar 2 memberikan informasi bahwa jumlah larutan benzena yang teradsorpsi per gram adsorben mencapai maksimum pada interaksi benzena dengan konsentrasi $18,04 \cdot 10^2 \mu\text{g/mL}$ yaitu sebesar 88,7309 mg/g. Selanjutnya, pada konsentrasi benzena $18,04 \cdot 10^2 \mu\text{g/mL}$ ini digunakan sebagai acuan dalam menentukan kapasitas adsorpsi sampel batu padas yang lain.

Data adsorpsi yang diperoleh dalam isoterm tersebut, selanjutnya diterapkan ke persamaan isoterm adsorpsi Langmuir dan persamaan isoterm adsorpsi Freundlich.



Gambar 3. Grafik persamaan kurva isoterm adsorpsi Langmuir



Gambar 4. Grafik persamaan kurva isoterm adsorpsi Freundlich

Dari kedua jenis persamaan isoterm (Gambar 3 dan 4) di atas, persamaan isoterm adsorpsi Langmuir kurang linier dibandingkan persamaan isoterm adsorpsi Freundlich. Sehingga, persamaan isoterm adsorpsi yang digunakan dalam menentukan kapasitas adsorpsi semua jenis batu padas adalah persamaan isoterm adsorpsi Freundlich karena memiliki koefisien relasi (R) lebih linier, yakni 0,8646. Ini berarti proses adsorpsi larutan, cenderung terjadi pada permukaan yang tidak ideal, kasar, dan tidak beraturan (heterogen).

Tabel 3. Kapasitas Adsorpsi Batu Padas

Adsorben	k (mg/g)
N	8,7890
N ₀	11,5436
A ₁₅	10,9161
A ₁₀	8,9999
A ₅	5,7118
A ₀	44,1286
B ₁₅	9,0474
B ₁₀	10,0634
B ₅	8,2523
B ₀	11,4086
C ₁₅	14,6843
C ₁₀	8,6764
C ₅	11,1239
C ₀	10,6413

Kapasitas adsorpsi tertinggi dimiliki oleh batu padas berkode A₀ yaitu 44,1286.10³ mg/g. Hal ini disebabkan karena batu padas berkode A₀ memiliki situs aktif (keasaman permukaan)

tertinggi. Situs aktif yang tinggi menyebabkan peningkatan kemampuan untuk mengikat larutan benzena. Sedangkan, kapasitas adsorpsi terendah dimiliki oleh batu padas berkode A₅. Hal ini dikarenakan keasaman permukaan batu padas berkode A₅ yang tidak terlalu tinggi, dan luas permukaan spesifiknya paling rendah diantara yang lainnya, diduga sebagai akibat dari penyalutan yang kurang uniform.

SIMPULAN DAN SARAN

Simpulan

Dari hasil penelitian dan pembahasan dapat disimpulkan sebagai berikut :

1. Keasaman permukaan tertinggi dimiliki oleh adsorben berkode A₀ yakni 0,2980 mmol/gram dan adsorben dengan luas permukaan spesifik paling tinggi dimiliki oleh adsorben berkode N.
2. Batu padas teraktivasi NaOH 4 M dan tersalut Fe₂O₃ memiliki kapasitas adsorpsi yang lebih besar daripada batu padas kontrol dan kapasitas terbesar dimiliki oleh batu padas teraktivasi dan tersalut Fe₂O₃ (10:1) dan dicuci dengan aquades, berkode A₀ yaitu 44,1286 mg/g, sedangkan dengan kapasitas adsorpsi terkecil dimiliki oleh batu padas teraktivasi dan tersalut Fe₂O₃ (10:1) dan dicuci HCl 5%, berkode A₅ yaitu 5,7118 mg/g.

Saran

Berdasarkan hasil penelitian dan kesimpulan, maka dapat disarankan untuk melakukan penelitian lebih lanjut terhadap kemampuan adsorpsi batu padas teraktivasi NaOH 4 M dan tersalut Fe₂O₃ dengan perbandingan massa (10:1) yang disertai dengan pencucian menggunakan aquades terhadap senyawa turunan benzena lainnya atau terhadap logam lain (kation atau anion).

UCAPAN TERIMA KASIH

Pada kesempatan ini perkenankanlah penulis mengucapkan terima kasih kepada semua pihak yang tidak bisa disebutkan satu persatu

atas dukungannya dan bantuannya dalam menyelesaikan tulisan ini.

DAFTAR PUSTAKA

- Ariastuti, E. D. A., 2006, Pemanfaatan Batu Pasir Teraktivasi H_2SO_4 dan NaOH Tersalut Besi Oksida (Fe_2O_3) Sebagai Penyerap Cr(VI) , *Skripsi*, Jurusan Kimia, FMIPA, Universitas Udayana, Jimbaran, Denpasar
- Budiartawan, I. G., 2003, Adsorpsi Batu Padas terhadap Ion Logam Pb^{2+} dan Cr^{3+} dalam Larutan, *Skripsi*, Jurusan Kimia, FMIPA, Universitas Udayana, Jimbaran, Denpasar
- Gribble, C. D., 1988, *Roulty's Elements of Mineralogi*, 27th, Ijwn Hyman, London
- Haristyanti, P., 2006, Studi Adsorpsi-Desorpsi Ion Logam Cu(II) dan Cr(III) dalam Air Oleh Batu Padas Jenis *Ladgestone* Teraktivasi NaOH dan H_2SO_4 , *Skripsi*, Jurusan Kimia, FMIPA, Universitas Udayana, Jimbaran, Denpasar
- Kuswaraharja, Dadan., 2006, Awasi! Bahaya Mengintai dalam Minuman Ringan, www.zigma.wordpress.com
- Sumerta, P., 2001, Kemampuan Adsorpsi Batu Pasir yang Dilapisi Besi Oksida (Fe_2O_3) untuk Menurunkan Kadar Pb dalam Larutan, *Skripsi*, Jurusan Kimia, FMIPA, Universitas Udayana, Denpasar
- 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, Jimbaran, Denpasar
- Sutha Negara, I. M., 2005, Preparasi Komposit Krom Oksida-Montmorillonit dan Aplikasinya Untuk Sorpsi Benzena, *Tesis*, Program Studi Ilmu Kimia, Fakultas MIPA, Universitas Gadjah Mada, Yogyakarta
- Widjonarko, D. M., 2003, Pengaruh H_2SO_4 dan NaOH Terhadap Luas Permukaan Dan Keasaman Alovon, *Alchemy*, 2 (2) : 11-18