

**PEMANFAATAN ARANG BATANG PISANG (*Musa paradisiacal*)  
UNTUK MENURUNKAN KESADAHAN AIR**

**Ni Made Shinta Megawati, Anak Agung Bawa Putra, dan James Sibarani**

*Jurusan Kimia FMIPA Universitas Udayana, Bukit Jimbaran*

**ABSTRAK**

Telah dilakukan penelitian mengenai pemanfaatan arang batang pisang (*Musa paradisiacal*) dalam menurunkan kesadahan air. Dalam penelitian ini dilakukan penentuan luas permukaan arang batang pisang, waktu setimbang arang batang pisang, isoterm adsorpsi, kapasitas adsorpsi, pengaruh pH terhadap kapasitas adsorpsi, dan penentuan waktu optimum arang batang pisang untuk menurunkan kesadahan air. Hasil penelitian menunjukkan bahwa luas permukaan arang batang pisang yang didapatkan sebesar 3,3932 m<sup>2</sup>/g. Kapasitas adsorpsi arang batang pisang terhadap ion Ca<sup>2+</sup> sebesar 2,8112 mg/g pada konsentrasi 100 ppm dan waktu setimbang 90 menit. Sedangkan kapasitas adsorpsi arang batang pisang untuk ion Mg<sup>2+</sup> sebesar 2,3371 mg/L pada konsentrasi 75 ppm dan waktu setimbang 90 menit. Pada pH 7,00 kapasitas adsorpsi arang batang pisang terhadap ion Ca<sup>2+</sup> dan Mg<sup>2+</sup> mencapai keadaan maksimum yakni sebesar 4,1197 mg/g dan 3,0210 mg/g. Penurunan nilai kesadahan total sampel air diperoleh sebesar 63,057 mg/L dengan waktu optimum 4 jam.

Kata kunci: Kesadahan air, Ion logam Ca<sup>2+</sup> dan Mg<sup>2+</sup>, Adsorben, Arang batang pisang

**ABSTRACT**

The study about utilization of char made from banana (*Musa paradisiacal*) to reduce water hardness had been carried out. In this study, the surface area, equilibrium time of adsorption of metal ions, adsorption isotherm, capacity of adsorption, and the effect of pH on metal ions adsorption were used as parameters. Further the optimum conditions were used to reduce the water hardness. The results of this study showed that the surface area, capacity of adsorption on Ca from 100 ppm solution were 3.3932 m<sup>2</sup>/g and 2.8112 mg/g respectively with equilibrium time of 90 minutes. Whereas, the capacity of adsorption on Mg<sup>2+</sup> from 75 ppm solution was 2.3371 mg/g with equilibrium time of 90 minutes. The adsorption capacity increased to the highest value at pH 7 which were 4.1197 mg/g and 3.0210 mg/g for Ca<sup>2+</sup> and Mg<sup>2+</sup> respectively. The value of total hardness of water samples decreased by 63.057 mg/L in 4 hours contact time.

Keywords: Water hardness, Metal ions Ca<sup>2+</sup> and Mg<sup>2+</sup>, Adsorbent, Char of Banana stem

**PENDAHULUAN**

Air merupakan sumber daya alam yang sangat penting bagi semua makhluk hidup. Manusia dalam kehidupan sehari-hari memerlukan air untuk berbagai keperluan mulai dari air minum, mencuci, mandi, dan kegiatan-

kegiatan vital lainnya. Sehingga pengelolaan air menjadi pertimbangan yang utama untuk menentukan apakah sumber air yang telah diolah menjadi sumber air yang dapat digunakan atau tidak (Kusnaedi, 2002).

Kualitas air yang baik ditentukan dari beberapa parameter diantaranya parameter

fisika, kimia, dan biologi. Salah satu parameter kimia yang menentukan kualitas air yang baik adalah kandungan garam mineral. Kandungan garam mineral dalam air tanah berbeda-beda dari satu daerah dengan daerah lainnya. Hal ini disebabkan karena lapisan tanah yang berbeda pada setiap daerah. Salah satu contohnya, air tanah di daerah tanah berkapur memiliki kandungan garam mineral  $\text{Ca}(\text{HCO}_3)_2$  dan  $\text{Mg}(\text{HCO}_3)_2$  yang tinggi. Akibat tingginya kandungan garam mineral  $\text{Ca}(\text{HCO}_3)_2$  dan  $\text{Mg}(\text{HCO}_3)_2$  sehingga menyebabkan kesadahan air. Kesadahan air digunakan untuk menunjukkan kandungan garam kalsium dan magnesium yang terlarut dalam air yang dinyatakan dalam (mg/L) kalsium karbonat (Khopkar, 2002).

Kesadahan dalam air dapat mengakibatkan air menjadi keruh dan proses penyabunan menjadi terganggu sebagai akibat dari mineral ion Ca dan Mg yang bereaksi dengan anion sabun. Selain itu kesadahan dalam air dapat membuat alat-alat masak seperti panci dan ketel menjadi berkerak. Kerak yang ditimbulkan tersebut dapat menyebabkan transfer panas terhambat sehingga panas yang dibutuhkan harus lebih besar serta waktu yang diperlukan lebih lama. Selain mineral ion Ca dan Mg, kesadahan air juga dapat disebabkan oleh jenis mineral seperti Sr, Fe, dan Mn dalam jumlah yang sangat kecil (Park, *et al.*, 2007).

Berbagai metode telah diaplikasikan secara luas untuk mengurangi kadar mineral ion logam  $\text{Ca}^{2+}$  dan  $\text{Mg}^{2+}$  penyebab kesadahan air, yakni dengan metode presipitasi menggunakan bahan kimia, resin penukar ion, dan adsorpsi. Penggunaan metode presipitasi memiliki kelemahan pada pemilihan bahan pengendapnya karena bahan kimia tambahan dibatasi untuk tujuan air minum (Gabrielli, *et al.*, 2007). Metode resin penukar ion juga mulai dikembangkan dengan menggunakan zeolit lempung alam sebagai penukar kation. Dari hasil penelitian yang telah dilakukan Atastina (2008), diperoleh bahwa 1 gram zeolit lempung alam mampu mengadsorpsi ion logam  $\text{Ca}^{2+}$  sebesar 500 mg/L.

Metode adsorpsi dengan menggunakan adsorben alami banyak digunakan dalam penurunan kesadahan air. Dari hasil penelitian

yang dilakukan oleh Bahtiar (2008), diperoleh bahwa adsorben serbuk sekam padi dapat mengadsorpsi ion  $\text{Ca}^{2+}$  dan  $\text{Mg}^{2+}$  dengan kapasitas adsorpsi berturut turut sebesar 12,18 mg/g dan 11,84 mg/g. Menurut penelitian yang dilakukan oleh Risanto, *et al.* (2009) diperoleh bahwa biosorben ekstrak serbuk biji kelor dapat menurunkan kesadahan air dari sumur artesis sebesar 74,35%. Metode adsorpsi lain juga telah dilakukan oleh Sulistyana (2011) dengan menggunakan adsorben selulosa bakterial nata de coco yang mampu mengadsorpsi ion logam  $\text{Ca}^{2+}$  dan  $\text{Mg}^{2+}$  dengan kapasitas adsorpsi untuk ion logam  $\text{Ca}^{2+}$  sebesar 27,466 mg/g, serta kapasitas adsorpsi untuk ion logam  $\text{Mg}^{2+}$  sebesar 18,944 mg/g.

Menurut penelitian yang telah dilakukan Husni, *et al.*, (2004) menyatakan bahwa batang pisang memiliki kandungan karbon sekitar 49 gram dalam setiap 100 gram berat keringnya. Kandungan karbon yang terdapat dalam arang batang pisang berpotensi digunakan sebagai adsorben. Dari hasil penelitian yang telah dilakukan oleh Nirmalasari (2011) diperoleh bahwa arang batang pisang mampu mengadsorpsi ion logam  $\text{Cr}^{6+}$  dengan waktu setimbang 40 menit yaitu sebesar 0,8019 mg/g.

Menyadari akan potensi yang dimiliki arang batang pisang sebagai adsorben, maka perlu dilakukan pengembangan penelitian lebih lanjut mengenai pemanfaatan arang batang pisang sebagai adsorben dalam menurunkan kesadahan air.

## MATERI DAN METODE

### Bahan

Sampel adsorben yang digunakan dalam penelitian ini adalah batang pisang (*musa paradisiacal*) yang diambil di daerah Pedungan, Denpasar-Bali. Sedangkan sampel air yang digunakan bersumber dari air payau di daerah pantai Mertasari-Denpasar pada tiga titik pengambilan tempat. Bahan-bahan yang digunakan meliputi metilen biru, buffer salmiak, buffer dengan pH 4,00; 7,20; 11,00, akuades, EDTA, dan indikator EBT.

## Peralatan

Peralatan yang digunakan dalam penelitian ini adalah gelas beker, hot plate, labu ukur, ayakan 106  $\mu\text{m}$  dan 250  $\mu\text{m}$ , oven, furnace, desikator, pengaduk magnet, neraca analitik *Galaxy 160 OH Aus*, mortar, bola hisap, pencatat waktu, pipet volume, erlenmeyer, kertas saring, corong, statif, dan biuret. Selain itu peralatan instrumen yang digunakan berupa spektrofotometer UV-VIS dan spektrofotometer serapan atom (SSA) merk *Variant DMS 80*.

## Cara Kerja

### *Penyiapan adsorben arang batang pisang*

Batang pisang dipotong kecil dan dikeringkan di bawah sinar matahari selama 1 minggu, dan selanjutnya dioven pada suhu 110°C selama 24 jam untuk menurunkan kadar air dan kelembaban sampel. Selanjutnya untuk menghilangkan bahan-bahan volatil, sampel dipirolysis dengan cara dipanaskan pada suhu 400°C hingga menjadi arang dengan waktu 0,5 jam di dalam furnace. Furnace didinginkan selama 1 jam sampai suhu kamar, kemudian arang dikeluarkan dari furnace lalu dihancurkan dengan mortar setelah itu diayak dengan ayakan 106  $\mu\text{m}$  dan 250  $\mu\text{m}$  dan disimpan dalam desikator.

### *Penentuan luas permukaan arang batang pisang*

Dalam penentuan luas permukaan arang batang pisang digunakan metode adsorpsi terhadap larutan metilen biru. Untuk menentukan panjang gelombang maksimum metilen biru dibuat larutan standar metilen biru 2 ppm sebanyak 10,0 mL, kemudian diukur absorbansinya pada panjang gelombang antara 660-669 nm dengan menggunakan spektrofotometer UV-VIS. Kurva standar metilen biru dibuat berdasarkan absorbansi dari berbagai konsentrasi larutan standar metilen biru 1, 2, 3 dan 4 ppm pada panjang gelombang maksimum (Muhammad dan Achmad, 1990).

Untuk menentukan luas permukaan digunakan 0,5 g sampel arang batang pisang ditambahkan ke dalam 20,0 mL larutan metilen biru 25 ppm, diaduk dengan menggunakan pengaduk magnet dengan waktu kontak yang bervariasi yaitu 5, 10, 15, 20, 40, dan 60 menit.

Larutan hasil pengadukan disaring dan filtratnya dianalisis menggunakan spektrofotometer UV-VIS pada panjang gelombang maksimum larutan metilen biru tersebut. Absorbansi yang terbaca kemudian dimasukkan ke dalam persamaan regresi, sehingga konsentrasi  $\text{Ca}^{2+}$  dan  $\text{Mg}^{2+}$  dalam filtrat dapat ditentukan. Waktu setimbang dapat diketahui dengan membuat grafik antara banyaknya  $\text{Ca}^{2+}$  dan  $\text{Mg}^{2+}$  yang teradsorpsi per gram adsorben dengan variasi waktu tersebut. Berat teradsorpsi  $\text{Ca}^{2+}$  dan  $\text{Mg}^{2+}$  (mg/L) dapat dihitung dengan menggunakan persamaan berikut:

$$W_m = \frac{c_1 - c_2}{1000} \times V \times \frac{1}{B}$$

Dimana,

- W<sub>m</sub> : jumlah  $\text{Ca}^{2+}$  dan  $\text{Mg}^{2+}$  yang teradsorpsi oleh arang batang pisang (mg/g)
- C<sub>1</sub> : konsentrasi  $\text{Ca}^{2+}$  dan  $\text{Mg}^{2+}$  awal (ppm)
- C<sub>2</sub> : konsentrasi  $\text{Ca}^{2+}$  dan  $\text{Mg}^{2+}$  yang tersisa dalam filtrat (ppm)
- V : volume larutan  $\text{Ca}^{2+}$  dan  $\text{Mg}^{2+}$  yang digunakan (mL)
- B : berat arang batang pisang yang digunakan (g)

### *Penentuan waktu setimbang arang batang pisang*

Pembuatan kurva kalibrasi  $\text{Ca}^{2+}$  dan  $\text{Mg}^{2+}$  dilakukan dengan cara, mengukur absorbansi larutan standar  $\text{Ca}^{2+}$  dan  $\text{Mg}^{2+}$  dengan konsentrasi 1, 2, 4, 6 ppm dan 4, 6, 8, 10, 12 ppm pada panjang gelombang 422,72 dan 285,25 nm. Untuk menentukan waktu setimbang arang batang pisang disiapkan 7 buah Erlenmeyer 100 mL, masing-masing diisi dengan 0,50 g sampel arang batang pisang, kemudian pada tiap Erlenmeyer ditambahkan 25,0 mL larutan  $\text{Mg}^{2+}$  dan  $\text{Ca}^{2+}$  100 ppm. Campuran tersebut diaduk dengan pengaduk magnet selama 10, 20, 40, 60, 90, 120 menit dan 24 jam pada suhu kamar. Selanjutnya campuran disaring dan filtratnya diukur dengan spektrofotometer serapan atom. Absorbansi yang terbaca kemudian dimasukkan ke dalam persamaan regresi, sehingga konsentrasi  $\text{Ca}^{2+}$  dan  $\text{Mg}^{2+}$  dalam filtrat dapat ditentukan. Waktu

setimbang dapat diketahui dengan membuat grafik antara banyaknya  $\text{Ca}^{2+}$  dan  $\text{Mg}^{2+}$  yang teradsorpsi per gram adsorben dengan variasi waktu tersebut.

***Penentuan isoterm adsorpsi arang batang pisang***

Disiapkan 5 buah erlenmeyer 100 mL, masing-masing diisi dengan 0,50 g sampel arang batang pisang, kemudian pada tiap erlenmeyer ditambahkan 25,0 mL larutan  $\text{Mg}^{2+}$  dan  $\text{Ca}^{2+}$  dengan konsentrasi berbeda-beda yakni 10, 25, 50, 75 100 dan 150 ppm. Campuran tersebut diaduk selama (waktu setimbang) pada suhu kamar. Selanjutnya campuran disaring dan filtratnya diukur dengan spektrofotometer serapan atom. Isoterm adsorpsi dapat diketahui dengan membuat grafik antara banyaknya  $\text{Ca}^{2+}$  dan  $\text{Mg}^{2+}$  yang teradsorpsi per gram adsorben dengan variasi konsentrasi.

***Penentuan kapasitas adsorpsi arang batang pisang***

Sebanyak 0,50 g sampel arang batang pisang dimasukkan ke dalam erlenmeyer 100 mL. Pada Erlenmeyer tersebut ditambahkan 25,0 mL larutan  $\text{Mg}^{2+}$  dan  $\text{Ca}^{2+}$  dengan konsentrasi (isoterm adsorpsi) dan diaduk menggunakan pengaduk magnet selama (waktu setimbang) pada suhu kamar. Selanjutnya campuran tersebut disaring dan filtratnya diukur dengan spektrofotometer serapan atom.

***Pengaruh pH terhadap kapasitas adsorpsi arang batang pisang***

Disediakan 3 buah Erlenmeyer 100 mL, masing-masing diisi dengan 0,50 g arang batang pisang, kemudian ke dalam masing-masing erlenmeyer ditambahkan 10,0 mL larutan buffer pH 4,00; 7,20; 11,00. Pada tiap Erlenmeyer tersebut ditambahkan 25,0 mL larutan  $\text{Mg}^{2+}$  dan  $\text{Ca}^{2+}$  dengan konsentrasi (isoterm adsorpsi) dan diaduk menggunakan pengaduk magnet selama (waktu setimbang) pada suhu kamar. Selanjutnya campuran tersebut disaring dan filtratnya diukur dengan spektrofotometer serapan atom.

***Teknik pengambilan sampel air***

Teknik pengambilan sampel air, dilakukan dengan menggunakan botol polietilen

1,5 L. Botol tersebut kemudian dibenamkan sampai melewati permukaan air, ketika botol sudah terisi penuh, lalu diangkat ditutup rapat dan kemudian disimpan dalam termos es. Sampel yang diperoleh kemudian diukur kesadahan totalnya dengan titrasi kompleksometri.

***Penentuan kesadahan total dengan metode titrasi kompleksometri***

**Penentuan normalitas EDTA**

Untuk menentukan normalitas EDTA, 10,0 mL larutan baku  $\text{ZnSO}_4$  dimasukkan ke dalam erlenmeyer kemudian ditambahkan 1-2 mL larutan buffer salmiak dan 3 tetes indikator EBT. Lalu dititrasi dengan larutan EDTA 0,0105 M sampai warna larutan berubah dari merah anggur menjadi biru. Kemudian normalitas EDTA dapat dihitung dari volume EDTA yang telah digunakan digunakan.

**Penentuan kesadahan total dengan metode titrasi kompleksometri**

Penentuan kesadahan total air sumur gali menggunakan metode titrasi kompleksometri dimana EDTA sebagai titran. Untuk menentukan kesadahan air, 10,0 mL sampel air dimasukkan ke dalam erlenmeyer kemudian ditambahkan 1-2 mL larutan buffer salmiak dan 3 tetes indikator EBT. Lalu dititrasi dengan larutan EDTA 0,0105 M sampai warna larutan berubah dari merah anggur menjadi biru. Kemudian kesadahan total air dapat dihitung dalam mg  $\text{CaCO}_3$  per liter sampel (mg/L). Perhitungan kesadahan total dalam kalsium karbonat ( $\text{CaCO}_3$ ) dapat dirumuskan sebagai berikut:

$$\text{CaCO}_3 \text{ (mg/L)} = \frac{V_{\text{EDTA}} \times [\text{EDTA}] \times \text{BM}_{\text{CaCO}_3} \times 100}{V_{\text{sampel}}}$$

***Penentuan waktu optimum arang batang pisang pada sampel air sadah***

Disediakan 6 buah erlenmeyer 100 mL, masing-masing ditambahkan arang batang pisang sebesar 0,50 g, kemudian dicampurkan ke dalam 25 mL sampel air sumur gali. Campuran tersebut diaduk dengan pengadukan magnet selama 1, 2, 3, 4, 6 dan 24 jam.

Selanjutnya filtrat disaring dan diukur kesadahan total air dengan titrasi kompleksometri. Waktu optimum akan diketahui dengan cara membuat grafik antara kesadahan total air dengan variasi waktu.

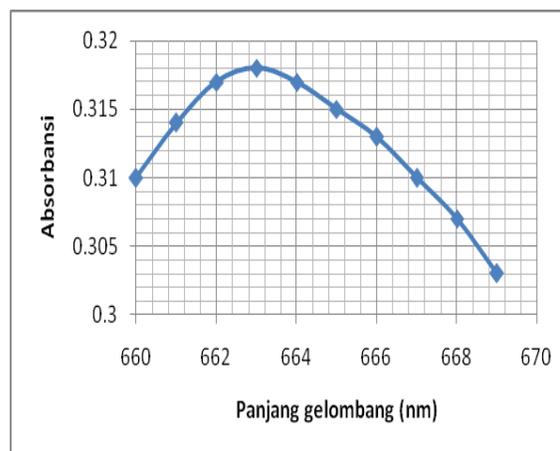
## HASIL DAN PEMBAHASAN

### Penyiapan Sampel Arang Batang Pisang

Sampel batang pisang seberat 5 Kg dijemur selama 7 hari dihasilkan 500 gram sampel batang pisang kering, kemudian dipirolisis pada suhu 400°C dengan menggunakan tanur selama 0,5 jam menghasilkan 100 gram membentuk arang batang pisang.

### Luas Permukaan Adsorben Arang Batang Pisang

Luas permukaan menjadi salah satu karakter fisik yang berhubungan dengan kemampuan adsorpsi adsorben terhadap adsorbat. Semakin besar luas permukaan memberikan bidang kontak yang lebih besar antara adsorben dan adsorbatnya sehingga adsorbat dapat terserap lebih banyak (Atkins, 1990). Penentuan luas permukaan arang batang pisang dilakukan dengan penentuan panjang gelombang maksimum metilen biru. Hasil penentuan panjang gelombang maksimum metilen biru dapat dilihat pada Gambar 1.



Gambar 1. Grafik Penentuan Panjang Gelombang Maksimum Metilen Biru

Panjang gelombang maksimum metilen biru yang diperoleh sebesar 663 nm. Hasil panjang gelombang maksimum metilen biru tersebut digunakan untuk mengukur absorbansi metilen biru yang terserap oleh arang batang pisang. Banyaknya molekul metilen biru yang diadsorpsi sebanding dengan luas permukaan dari arang batang pisang. Hasil pengukuran luas permukaan adsorben arang batang pisang selengkapnya dapat dilihat pada Tabel 1.

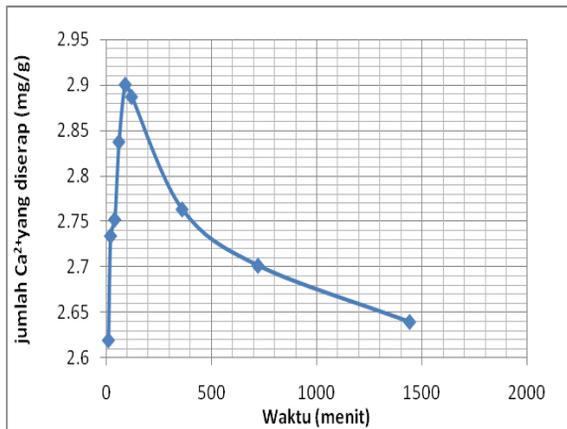
Berdasarkan Tabel 1. diperoleh bahwa luas permukaan arang batang pisang sebesar 3,3932 m<sup>2</sup>/g.

Tabel 1. Hasil Pengukuran Luas Permukaan Adsorben Arang Batang Pisang

t (menit)	B (g)	A	C <sub>1</sub> (ppm)	C <sub>2</sub> (ppm)	W <sub>m</sub> (10 <sup>-3</sup> g/g)	S (m <sup>2</sup> /g)
5	0,5000	0,390	25	2,1528	0,9138	3,3898
10	0,5000	0,375	25	2,0709	0,9171	3,4021
15	0,5000	0,353	25	1,9508	0,9219	3,4190
20	0,5000	0,385	25	2,1255	0,9149	3,3939
40	0,5000	0,270	25	1,4978	0,9401	3,4874
60	0,5000	0,542	25	2,9825	0,8807	3,2671
Rata-rata						3,3932

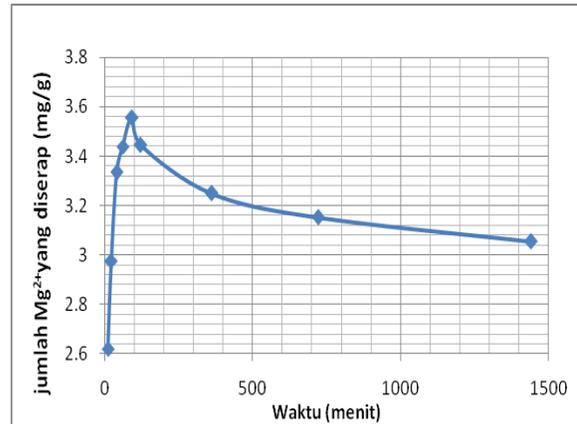
**Waktu setimbang adsorpsi arang batang pisang**

Penentuan waktu setimbang adsorpsi bertujuan untuk mengetahui waktu minimum yang dibutuhkan adsorben untuk menyerap adsorbat secara maksimum sampai tercapai keadaan jenuh. Keadaan jenuh tercapai apabila adsorben yang direaksikan dengan ion logam melewati waktu setimbangnya maka adsorben tidak mampu lagi menyerap (Castelan, 1982). Variasi waktu yang digunakan dalam penelitian ini adalah 10, 20, 40, 60, 90, 120, 360, 720 menit dan 1440 menit. Waktu setimbang arang batang pisang terhadap ion  $Ca^{2+}$  dan  $Mg^{2+}$  dapat dilihat pada Gambar 2 dan 3.



Gambar 2. Waktu Setimbang Adsorpsi Ion Logam  $Ca^{2+}$

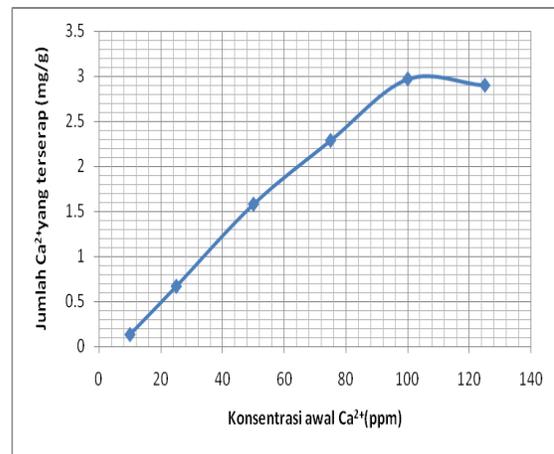
Berdasarkan Gambar 2. dan 3. dapat ditunjukkan jumlah adsorpsi dari adsorben arang batang pisang terhadap ion logam  $Ca^{2+}$  dan  $Mg^{2+}$  secara umum mengalami peningkatan dari selang waktu 10-90 menit, kemudian mengalami penurunan secara bertahap hingga selang waktu 1440 menit. Hal ini disebabkan ion logam  $Ca^{2+}$  dan  $Mg^{2+}$  mengisi rongga-rongga pada permukaan adsorben mulai melepaskan diri akibat lamanya waktu kontak. Waktu setimbang yang didapatkan pada waktu kontak 90 menit. Jumlah ion logam  $Ca^{2+}$  dan  $Mg^{2+}$  yang diserap pada waktu setimbang 90 menit sebesar 2,9008 mg/g dan 3,5568 mg/g.



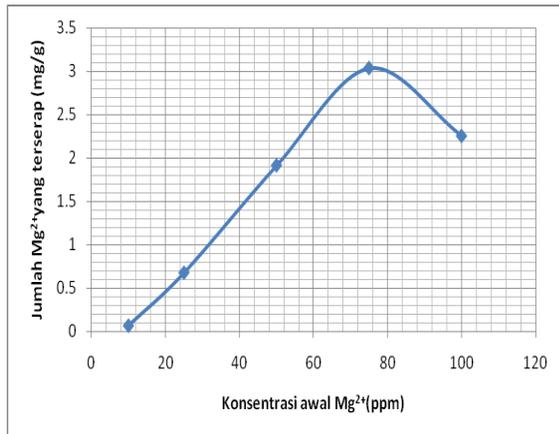
Gambar 3. Waktu Setimbang Adsorpsi Ion Logam  $Mg^{2+}$

**Isoterm Adsorpsi Arang Batang Pisang terhadap ion  $Ca^{2+}$  dan  $Mg^{2+}$**

Penentuan isotherm adsorpsi dilakukan untuk mengetahui pengaruh konsentrasi ion logam  $Ca^{2+}$  dan  $Mg^{2+}$  dengan jumlah ion logam  $Ca^{2+}$  dan  $Mg^{2+}$  yang terserap. Hasil penentuan isotherm adsorpsi ion logam  $Ca^{2+}$  dan  $Mg^{2+}$  dapat dilihat pada Gambar 4 dan 5.



Gambar 4. Grafik Isoterm Adsorpsi Arang Batang Pisang terhadap Ion  $Ca^{2+}$



Gambar 5. Grafik Isoterm Adsorpsi Arang Batang Pisang terhadap Ion Mg<sup>2+</sup>

Pada Gambar 4. dan 5. menunjukkan bahwa isoterm adsorpsi arang batang pisang terhadap ion logam Ca<sup>2+</sup> dan Mg<sup>2+</sup> adalah sebesar 100 ppm dan 75 ppm. Namun pada kurva isoterm adsorpsi ion logam Mg<sup>2+</sup> terjadi penurunan kemampuan adsorpsi yang lebih tajam jika dibandingkan dengan kurva isoterm adsorpsi terhadap ion logam Ca<sup>2+</sup>. Hal ini kemungkinan disebabkan perbedaan ukuran antara ion logam Ca<sup>2+</sup> dan Mg<sup>2+</sup> sehingga adsorben arang batang pisang lebih cenderung terikat kuat pada ion logam yang memiliki ukuran ion logam yang lebih besar (Mumpton, 1978). Isoterm adsorpsi dari adsorben arang batang pisang terhadap ion logam Ca<sup>2+</sup> dan Mg<sup>2+</sup> tergolong ke dalam isoterm adsorpsi tipe L (isoterm Langmuir). Hal ini ditunjukkan pada tahap selanjutnya isoterm adsorpsi semakin menurun karena afinitas yang relatif tinggi antara adsorben arang batang pisang dengan ion Ca<sup>2+</sup> dan Mg<sup>2+</sup> (Giles, 1994).

#### Kapasitas adsorpsi arang batang pisang terhadap ion Ca<sup>2+</sup> dan Mg<sup>2+</sup>

Penentuan kapasitas adsorpsi bertujuan untuk mengetahui kemampuan penyerapan arang batang pisang terhadap Ca<sup>2+</sup> dan Mg<sup>2+</sup>. Pada tahap ini, konsentrasi ion Ca<sup>2+</sup> dan Mg<sup>2+</sup> yang digunakan adalah konsentrasi maksimum yang diperoleh pada penentuan isoterm adsorpsi yakni 100 ppm dan 75 ppm. Waktu kontak yang

digunakan selama 90 menit yang merupakan waktu setimbang yang telah ditentukan sebelumnya. Hasil penentuan kapasitas adsorpsi dari adsorben arang batang pisang terhadap ion logam Ca<sup>2+</sup> dan Mg<sup>2+</sup> yaitu sebesar 2,8112 mg/g dan 2,3371 mg/g. Ikatan antara ion logam Ca<sup>2+</sup> dan Mg<sup>2+</sup> dan adsorben arang batang pisang merupakan adsorpsi fisika. Hal ini disebabkan terjadi pengisian ion logam Ca<sup>2+</sup> dan Mg<sup>2+</sup> pada rongga-rongga dalam atom karbon adsorben arang batang pisang. Sehingga ion logam Ca<sup>2+</sup> dan Mg<sup>2+</sup> teradsorpsi di permukaan adsorben arang batang pisang (Osipow, 1962).

#### Pengaruh pH terhadap kapasitas adsorpsi arang batang pisang

Pengaruh pH merupakan salah satu parameter penting dalam proses adsorpsi ion logam dalam larutan. Penentuan pengaruh pH yang memberikan kapasitas adsorpsi bertujuan untuk mengetahui nilai pH yang memberikan kapasitas adsorpsi maksimum dari arang batang pisang terhadap ion Ca<sup>2+</sup> dan Mg<sup>2+</sup>. Konsentrasi ion Ca<sup>2+</sup> dan Mg<sup>2+</sup> yang digunakan sesuai dengan konsentrasi dan waktu kontak yang sama dengan penentuan kapasitas adsorpsi. Variasi pH yang digunakan adalah 4,00; 7,00 dan 10,00 yang masing-masing mewakili suasana asam, netral dan basa. Hasil perhitungan pengaruh pH terhadap kapasitas adsorpsi dapat dilihat pada Tabel 2.

Tabel 2. Pengaruh pH terhadap kapasitas adsorpsi arang batang pisang

pH	Wm untuk Ca <sup>2+</sup> (mg/g)	Wm untuk Mg <sup>2+</sup> (mg/g)
4	3,0870	2,5760
7	4,1197	3,0210
10	2,8126	2,9823

Pada Tabel 2 di atas menunjukkan bahwa pada pH 7,00 nilai kapasitas adsorpsi ion logam Ca<sup>2+</sup> dan Mg<sup>2+</sup> paling besar, yakni 4,1197 mg/g dan 3,0210 mg/g dibandingkan dengan kapasitas adsorpsi untuk pH 4,00 dan 10,00. Hal ini disebabkan kemungkinan pada pH 4,00 (pH rendah) gugus aktif pada permukaan adsorben

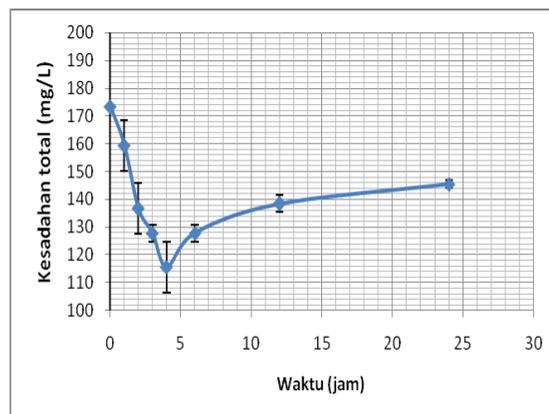
terprotonisasi sehingga tidak efektif digunakan dalam adsorpsi ion logam  $\text{Ca}^{2+}$  dan  $\text{Mg}^{2+}$ . Sedangkan pada pH yang lebih tinggi dari 4,00 kemungkinan gugus  $-\text{OH}$  sudah terlepas dari  $\text{H}^+$ , sehingga sisi aktif  $\text{O}^-$  pada gugus  $\text{CO}^-$  dapat mengikat ion  $\text{Ca}^{2+}$  dan  $\text{Mg}^{2+}$ . Kemudian pada pH 10,00, kapasitas adsorpsi mulai menurun hal ini diperkirakan penurunan efektivitas ion  $\text{Ca}^{2+}$  dan  $\text{Mg}^{2+}$  membentuk spesies hidroksida sehingga kemampuan adsorpsi menjadi menurun (Asmiyawati, 2004). Dari hasil ini menunjukkan bukan hanya adsorpsi fisika yang terjadi, tetapi juga adsorpsi kimia. Hal ini diperkuat dengan variasi pH yang sangat mempengaruhi kemampuan adsorpsi. Sehingga dapat terlihat jelas terjadi pertukaran ion antara adsorben arang batang pisang dengan ion logam  $\text{Ca}^{2+}$  dan  $\text{Mg}^{2+}$ .

#### Kesadahan total sampel air sadah

Sampel air yang akan diukur nilai kesadahan totalnya memiliki pH sebesar 8,5. Pada pengukuran nilai kesadahan total sampel air diperoleh sebesar 178,660 mg/L. Dilihat dari nilai kesadahan total yang diukur, nilai kesadahan sampel air pada penelitian ini termasuk ke dalam nilai kesadahan tinggi yaitu berkisar 150-300 mg/L (Gabriel, 2001). Nilai kesadahan total air yang didapatkan berbeda bergantung dari struktur tanah pada setiap tempat. Daerah yang tanahnya mengandung kapur cenderung mempunyai nilai kesadahan yang lebih tinggi (Khopkar, 2002).

#### Waktu kontak arang batang pisang pada sampel air sadah

Penentuan waktu kontak berkaitan dengan kemampuan adsorben arang batang pisang dalam menurunkan kesadahan total sampel air. Adsorben arang batang pisang dikontakkan dengan sampel air dengan variasi waktu selama 1, 2, 3, 4, 6, 12 dan 24 jam. Waktu kontak diketahui dari hubungan antara nilai kesadahan total sampel air dengan variasi waktu yang ditunjukkan pada Gambar 6.



Gambar 6. Grafik Waktu Optimum Penurunan Kesadahan Total Sampel air

Berdasarkan Gambar 6, waktu optimum penurunan kesadahan air didapatkan pada selang waktu 4 jam. Kemudian pada selang waktu 6-24 jam kemampuan adsorben arang batang pisang mulai menurun. Hal ini disebabkan terjadi interaksi antara ion-ion logam yang telah mengisi rongga-rongga pada permukaan adsorben arang batang pisang. Pada selang waktu 1-4 jam kemungkinan ion-ion yang memiliki ukuran ion yang beragam yang mengisi rongga-rongga di permukaan arang batang pisang. Namun setelah lewat dari selang waktu 4 jam, ion-ion logam yang memiliki ukuran ion lebih kecil akan mudah terlepas sehingga kemampuan adsorpsi arang batang pisang mulai menurun. Nilai kesadahan total sampel air menurun hingga 115,603 mg/L dari nilai kesadahan total awal sebesar 178,660 mg/L dengan waktu optimum selama 4 jam. Arang batang pisang efektif menurunkan kesadahan air sebesar 0,1241 mg/g.

## SIMPULAN DAN SARAN

### Simpulan

Berdasarkan hasil penelitian dan pembahasan, maka dapat dikemukakan beberapa simpulan, sebagai berikut :

1. Luas permukaan arang batang pisang didapatkan sebesar 3,3932 m<sup>2</sup>/g dengan panjang gelombang maksimum yang digunakan adalah 663 nm.
2. Kapasitas adsorpsi arang batang pisang terhadap ion logam Ca<sup>2+</sup> sebesar 2,8112 mg/g pada konsentrasi 100 ppm dan waktu setimbang 90 menit, sedangkan kapasitas adsorpsi arang batang pisang untuk ion logam Mg<sup>2+</sup> sebesar 2,3371 mg/L pada konsentrasi 75 ppm dan waktu setimbang 90 menit. Pada pH 7,00 kapasitas adsorpsi arang batang pisang terhadap ion Ca<sup>2+</sup> dan Mg<sup>2+</sup> mencapai keadaan maksimum yakni sebesar 4,1197 mg/g dan 3,0210 mg/g.
3. Penurunan nilai kesadahan total sampel air diperoleh sebesar 63,057 mg/L dengan waktu optimum selama 4 jam.

#### Saran

Berdasarkan hasil penelitian dan simpulan, maka dapat disarankan, sebagai berikut :

1. Perlu dilakukan aktivasi dengan H<sub>2</sub>SO<sub>4</sub> agar adsorpsi arang batang pisang lebih baik dalam menyerap ion logam.
2. Perlu dilakukan proses desorpsi arang batang pisang untuk mengetahui jenis ikatan yang lebih spesifik.

#### UCAPAN TERIMA KASIH

Melalui kesempatan ini penulis menyampaikan banyak-banyak terima kasih kepada Bapak Anak Agung Bawa Putra, S.Si., M.Si. dan James Sibarani, S.Si., M.Si., Ph.D. atas saran dan masukannya, serta pihak-pihak lain yang telah membantu dalam penyelesaian penelitian ini.

#### DAFTAR PUSTAKA

- Asmiyawati, C., 2004, Modifikasi Silika Gel dengan Gugus Sulfonat untuk Meningkatkan Kapasitas Adsorpsi
- Atkins, P.W., 1990, *Physical Chemistry*, 4<sup>th</sup> ed W. H. Freeman, New York
- Atastina, S. B., Praswasti, P. D. K., Wulan , dan Syarifudin, 2008, Penghilangan Kesadahan Air yang Mengandung Ion Ca<sup>2+</sup> dengan Menggunakan Zeolit Alam Lampung sebagai Penukar Kation, *Skripsi*, Universitas Indonesia, Kampus Baru UI, Jakarta
- Bahtiar, A. R., 2008, Penurunan Kesadahan Air Menggunakan Serbuk Sekam Padi Perlakuan dengan NaOH, *Skripsi*, Politeknik Kesehatan Makasar, Makasar
- Bilbao, R., Arauzo, J., and Salvador, M. L., 1995, Kinetics and Modeling of Gas Formation in the Thermal Decomposition of Pow and Pine Sawdust, *Journal Ind. Eng. Chem. Res.*, 34 : 786-792
- Castelan, G. W., 1982, *Physical Chemistry*, 3<sup>rd</sup> edition, Addison Wesley Publishing Company, Amsterdam
- Gabriel, J. F., 2001, *Fisika Lingkungan*, Hipokrates, Jakarta
- Gabrielli, C., Maurin, G., Francy-Chausson, H., They, P., Tran, T.T.M., and Tlili, M., 2006, Electrochemical water softening: principle and application. *Desalination*, 201 : 150–163
- Giles, D. G. and Loehr, R. C., 1994, Waste Generation and Minimization in Semiconductor Industry, *J. Environ. Eng., ASCE*, 120 : 72–86
- Husni H., Supriandy, S., Yusri, B., and Sulaiman, J, 2004, Preparation of Activated Carbon Banana Stem by Pyrolysis and Activating Using Nitrogen Gas, *Proceedings: National Conference on Chemical Engineering Sciences and Applications (CHESA)*, Banda Aceh, Indonesia
- Jain, A., 2006, Design Parameters for a Rice Husk Throatless Gasifier. *Agricultural Engineering International, Science Direct*, India
- Khopkar, S. M., 2002, *Konsep Dasar Kimia Analitik*, Universitas Indonesia Press, Jakarta
- Kusnaedi, 2002, *Mengolah Gambut dan Air Kotor untuk Air Minum*, Penebar Swadaya, Jakarta

- Muhammad, M. dan Achmad, S., 1990, *Aplikasi Analisis Spektrofotometer UV-VIS*, Mecphiso, Surabaya
- Mumpton, F.A. and Sand, L.B., 1978, *Natural Zeolit : A New Industrial Comodity*, Pergamon Press, Oxford, h.118-19
- Nirmalasari, M.A.Y., 2011, Studi Kinetika Adsorpsi Larutan Ion Logam Kromium (Cr) Menggunakan Arang Batang Pisang (Musa paradisiaca), *Skripsi*, Universitas Udayana, Jimbaran
- Osiptow, L. J., 1962, *Surface Chemistry, Theory and Industrial Application*, Rienhold Publishing Company, London
- Park, J. S., Song, J. H., Yeon, K. H. And Moon, S. H., 2007, Removal of Hardness Ions from Tap Water Using Electromembrane Processes, *Desalination*, 202
- Risanto, N., Wardani, R. S., dan Mifbakhudin, 2009, Pengaruh Variasi Konsentrasi Ekstrak Serbuk Biji Kelor (Moringa olievera lam) Terhadap Penurunan Kesadahan sumur Artetis, *Skripsi*, Universitas Muhammadiyah Semarang, Semarang
- Sulistiyana, 2011, Studi Pendahuluan Adsorpsi Kation  $Ca^{2+}$  dan  $Mg^{2+}$  (Penyebab Kسادahan) Menggunakan Selulosa Bakterial Nata De Coco Dengan Metode Batch, *Prosiding*, ITS, Surabaya