



## PENDAHULUAN

Selama ini penggunaan buah alpukat varietas *Persea americana* Mill terbatas pada daging buah saja, seperti digunakan dalam pembuatan aneka minuman dan makanan, masker perawatan kulit, masker perawatan rambut, pembuatan minyak alpukat serta dapat digunakan dalam pengobatan. Sementara bijinya dianggap sebagai limbah bagi masyarakat. Salah satu kandungan biji alpukat adalah senyawa organik. Adanya senyawa organik menjadikan biji alpukat sebagai biomaterial yang berpotensi untuk dijadikan sebagai adsorben alternatif dengan biaya murah sehingga dapat dimanfaatkan untuk menyerap logam berat dalam larutan (Marshall dan Mitchell, 1996).

Penelitian Devi (2010) menyimpulkan bahwa biji alpukat dapat digunakan untuk mengurangi kadar COD dan BOD pada air limbah masing-masing sebesar 98,28% dan 99,19%. Selain itu, penelitian Bhaumik *et al* (2014) memperlihatkan bahwa bubuk biji alpukat mempunyai efisiensi penyerapan terhadap ion Cr (VI) pada air limbah sebesar 99,95% menggunakan konsentrasi  $H_2SO_4$  98% perbandingan 1:1 dengan tujuan agar terjadi proses karbonisasi dan aktivasi. Namun penggunaan biji alpukat dalam bentuk bubuk tanpa karbonisasi belum diketahui mengingat biji alpukat mengandung karbohidrat dan senyawa organik lainnya yang bersifat polar, maka sangat mungkin digunakan sebagai adsorben ion logam berat dalam larutan.

Maka melalui penelitian ini ingin diketahui potensi bubuk biji alpukat *Persea americana* Mill menggunakan aktivator  $H_2SO_4$  dengan

variasi konsentrasi 2,5; 5,0 dan 7,5% sebagai adsorben ion logam kadmium dan timbal dalam larutan, mengingat bahwa ion-ion logam berat tersebut banyak dijumpai pada lingkungan perairan khususnya perairan yang terletak di sekitar daerah industri.

Kadmium merupakan salah satu jenis logam berat yang berbahaya. Apabila logam ini terakumulasi di dalam tubuh dalam kadar yang tinggi akan menyebabkan kerusakan pada organ ginjal dan paru-paru. Kadmium banyak digunakan dalam berbagai kegiatan industri seperti industri pelapisan logam, industri baterai nikel-kadmium, industri cat, industri PVC atau plastik dan industri lainnya (Darmono, 2001). Timbal merupakan salah satu jenis logam berat yang memiliki tingkat toksisitas tinggi. Sumber utama timbal yang masuk ke lingkungan dapat berasal dari limbah industri seperti industri baterai, industri bahan bakar, industri kabel dan industri cat (Palar, 2004).

## METODE PENELITIAN

### a. Pengambilan Sampel

Sampel yang digunakan dalam penelitian ini adalah buah alpukat yang diambil secara acak dari salah satu pohon alpukat di rumah penduduk di daerah Kabupaten Kampar, Provinsi Riau.

### b. Persiapan Bubuk Biji Alpukat

Sampel biji alpukat dibersihkan dan dipisahkan dari kulit arinya, dicuci dengan akuades hingga bersih, dipotong-potong ukuran kecil, dikeringkan di bawah sinar matahari selama lebih kurang 5 hari dan

dihaluskan menjadi bubuk. Bubuk tersebut diayak lolos ukuran 100 mesh dan tertahan 200 mesh. Bubuk yang dihasilkan dicuci dengan larutan  $\text{NaHCO}_3$  1% kemudian dikeringkan menggunakan oven.

### c. Aktivasi bubuk biji alpukat

Bubuk biji alpukat masing-masing sebanyak 10 gram diaktivasi menggunakan 100 mL larutan  $\text{H}_2\text{SO}_4$  dengan variasi konsentrasi 2,5; 5,0 dan 7,5% (v/v) kemudian diaduk dengan pengaduk magnet selama 5 menit dan didiamkan selama 24 jam. Bubuk tersebut kemudian disaring dan dicuci dengan akuades hingga netral. Kemudian bubuk dikeringkan dalam oven pada suhu  $115^\circ\text{C}$  lalu didinginkan dan disimpan dalam desikator. Bubuk biji alpukat dilakukan karakterisasi menggunakan FTIR sebelum dan sesudah proses aktivasi.

### d. Karakterisasi bubuk biji alpukat

#### 1. Kandungan air (SNI 06-4253-1996)

Bubuk biji alpukat ditimbang sebanyak 0,5 gram. Bubuk tersebut dimasukkan ke dalam wadah yang sudah diketahui beratnya. Lalu wadah tersebut dimasukkan ke dalam oven suhu  $115^\circ\text{C}$  selama 30 menit. Setelah itu didinginkan dan disimpan dalam desikator selama 15 menit lalu ditimbang hingga konstan.

$$\text{Kandungan air (\%)} = \frac{w_1 - w_2}{w_0} \times 100\%$$

Keterangan :

$w_1$  = Berat sampel dan wadah sebelum pemanasan (g)

$w_2$  = Berat sampel dan wadah setelah pemanasan (g)

$w_0$  = Berat sampel (g)

#### 2. Kandungan abu (SNI 06-4253-1996)

Cawan krusibel kosong dicari berat konstannya dengan pemanasan pada suhu  $115^\circ\text{C}$  selama 30 menit kemudian didinginkan dalam desikator selama 15 menit dan ditimbang hingga konstan. Krusibel yang telah diketahui beratnya diisi dengan masing-masing 0,5 g bubuk biji alpukat dan ditutup. Kemudian dipanaskan dalam furnace pada suhu  $650^\circ\text{C}$  selama 3 jam. Setelah menjadi abu, kemudian didinginkan dalam desikator, lalu ditimbang hingga konstan.

$$\text{Kadar abu (\%)} = \frac{w_1 - w_2}{w_0} \times 100\% \quad (2)$$

Keterangan :

$w_1$  = Berat sampel setelah pemanasan (g)

$w_2$  = Berat krusibel kosong (g)

$w_0$  = Berat sampel (g)

#### 3. Adsorpsi terhadap iodium (SNI 06-4253-1996)

Bubuk biji alpukat dipanaskan dalam oven pada suhu  $115^\circ\text{C}$  selama 1 jam. Lalu didinginkan dalam desikator selama 30 menit. Sebanyak 0,5 g bubuk tersebut ditambahkan 50 mL larutan iodium 0,1 N, diaduk selama 15 menit dan didiamkan selama 1 jam. Kemudian diambil 5 mL larutan jernih, dititrasi dengan  $\text{Na}_2\text{S}_2\text{O}_3$  0,1 N. Bila warna kuning dari larutan telah samar, selanjutnya ditambah 1 mL larutan amilum 1%. Titrasi kembali secara teratur hingga warna biru hilang.

$$\text{Adsorpsi } \text{I}_2 \text{ (mg/g)} = \frac{(V_1 N_1 - V_2 N_2) \times 126,9 \times f_p}{W}$$

Keterangan :

$V_1$  = Larutan iodium yang dianalisis (mL)

$V_2$  = Larutan natrium tiosulfat yang diperlukan (mL)

$N_1$  = Normalitas iodium

$N_2$  = Normalitas natrium tiosulfat

$W$  = Berat sampel (g)

#### 4. Adsorpsi metilen biru (SNI-06-4253-1996)

Bubuk biji alpukat dipanaskan dalam oven pada suhu  $115^{\circ}\text{C}$  selama 1 jam dan didinginkan di dalam desikator selama 30 menit, kemudian sebanyak 0,5 g dari masing – masing bubuk dimasukkan ke dalam Erlenmeyer. Sebanyak 50 mL metilen biru 250 ppm ditambah ke dalam setiap bubuk, kemudian diaduk dengan pengaduk magnetik selama 15 menit, didiamkan selama 5 menit dan sentrifugasi 10 menit. Larutan jernih diukur absorbansinya pada panjang gelombang optimum.

$$\text{Luas permukaan } \left(\frac{\text{m}^2}{\text{g}}\right) = \frac{X_m \times N \times A}{B_m}$$

Keterangan :

$X_m$  = Jumlah metilen biru yang terserap tiap gram adsorben

$N$  = Bilangan Avogadro ( $6,02 \times 10^{23}$  molekul/mol)

$A$  = Luas permukaan metilen biru ( $197,197 \times 10^{-20}$  m<sup>2</sup>/mol)

$B_m$  = Berat molekul metilen biru (319,86 g/mol)

#### e. Penentuan Daya Serap Bubuk Biji Alpukat Dengan Aktivator $\text{H}_2\text{SO}_4$ 7,5% Terhadap Ion $\text{Cd}^{2+}$ dan $\text{Pb}^{2+}$ Berdasarkan Variasi Konsentrasi Larutan

##### 1. Daya serap bubuk biji alpukat terhadap ion $\text{Cd}^{2+}$

Sebanyak 0,1 g bubuk tanpa aktivasi dan aktivasi masing-masing

dimasukkan ke dalam gelas piala, kemudian ditambahkan 50 mL larutan kadmium dengan konsentrasi 1, 3 dan 5 ppm. Campuran distirer selama 15 menit dan didiamkan selama 24 jam, kemudian diambil bagian larutan jernih dan dianalisis dengan SSA-nyala pada panjang gelombang 228,8 nm.

##### 2. Daya serap bubuk biji alpukat terhadap ion $\text{Pb}^{2+}$

Sebanyak 0,1 g bubuk tanpa aktivasi dan aktivasi masing-masing dimasukkan ke dalam gelas piala, kemudian ditambahkan 50 mL larutan timbal dengan konsentrasi 1, 3 dan 5, 10 dan 20 ppm. Campuran distirer selama 15 menit dan didiamkan selama 24 jam, kemudian diambil bagian larutan jernih dan dianalisis dengan SSA-nyala pada panjang gelombang 283,3 nm

#### f. Analisis Data

Analisis data dari penyerapan bubuk biji alpukat sebagai adsorben ion kadmium dan timbal disajikan dalam bentuk tabel, grafik dan kurva kalibrasi.

### HASIL DAN PEMBAHASAN

#### 1. Pesiapan dan aktivasi bubuk biji alpukat

Biji alpukat digerus dan diayak menggunakan ayakan bertingkat lolos ukuran 100 mesh dan tertahan ukuran 200 mesh adalah untuk mendapatkan bubuk dengan ukuran partikel yang kecil dan homogen sehingga dapat memperbesar luas permukaan dari adsorben tersebut. Semakin luas permukaan adsorben maka kapasitas adsorpsi akan semakin besar, hal ini karena tumbukan efektif antara partikel



adsorben dan adsorbat akan meningkat seiring meningkatnya luas permukaan (Suryani, 2009).

Komposisi biji alpukat sebagian besar terdiri dari senyawa organik salah satunya adalah lemak. Lemak merupakan senyawa yang bersifat nonpolar dan tidak larut dalam air. Adanya lemak pada biji alpukat akan mempengaruhi serapan terhadap ion-ion logam, maka untuk menghilangkan lemak tersebut perlu dilakukan penambahan natrium bikarbonat ( $\text{NaHCO}_3$ ). Natrium bikarbonat dalam air akan terurai menjadi ion  $\text{Na}^+$ , ion tersebut akan mengikat asam lemak yang merupakan penyusun dari lemak pada bubuk biji alpukat. Agar reaksi dapat terjadi sempurna maka diperlukan proses pengocokan dan pengadukan untuk mengontakkan asam lemak dengan ion  $\text{Na}^+$  (Day dan Underwood, 1986). Sedangkan ion  $\text{HCO}_3^-$  dari natrium bikarbonat merupakan ion yang mudah terhidrolisis. Ion bikarbonat ( $\text{HCO}_3^-$ ) dalam air akan lepas menjadi  $\text{CO}_2$  dan  $\text{H}_2\text{O}$  (Vogel, 1990).

Selain lemak, biji alpukat juga mengandung senyawa-senyawa organik lainnya, oleh sebab itu perlu dilakukan aktivasi dengan menambahkan aktivator  $\text{H}_2\text{SO}_4$  dimana kemampuannya diuji dengan variasi konsentrasi 2,5; 5,0 dan 7,5% (Khairani, 2015). Aktivator asam sulfat memiliki sifat *dehydrating agent* yaitu dapat mengikat air dari molekul yang terikat padanya, hal ini karena asam sulfat memiliki afinitas yang besar terhadap air, sehingga dengan sifatnya tersebut maka proses aktivasi dapat menyebabkan pori-pori pada bubuk terbuka. Selain itu asam sulfat dapat melarutkan dan mengoksidasi senyawa-senyawa organik yang

menutupi permukaan bubuk sehingga dapat memperbesar luas permukaan bubuk, kemudian pencucian bubuk biji alpukat dengan akuades hingga pH netral adalah untuk menghilangkan sisa asam yang masih terdapat pada bubuk. Lalu bubuk biji alpukat disimpan di dalam desikator untuk menjaga agar bubuk dalam keadaan kering.

## 2. Karakterisasi bubuk

Karakterisasi bubuk biji alpukat terdiri dari pengukuran kadar air, kadar abu, adsorpsi terhadap iodium dan adsorpsi terhadap metilen biru dilakukan untuk menentukan konsentrasi optimum dari  $\text{H}_2\text{SO}_4$  sebagai aktivator bubuk dengan variasi 2,5; 5,0 dan 7,5%. Dari hasil karakterisasi diperoleh bahwa bubuk biji alpukat dengan konsentrasi aktivator  $\text{H}_2\text{SO}_4$  7,5% memiliki hasil karakterisasi yang lebih baik dibandingkan dengan bubuk pada konsentrasi lainnya, hal ini terlihat dari nilai kadar air dan kadar abu yang rendah serta daya serap iodium dan luas permukaan yang tinggi. Data pada Tabel 1. menunjukkan nilai kadar air terendah sebesar 13,82%. Penetapan kadar air bertujuan untuk mengetahui kandungan air dari bubuk. Aktivator  $\text{H}_2\text{SO}_4$  pada konsentrasi 7,5% berkerja optimal dalam melarutkan senyawa-senyawa yang menutupi permukaan bubuk sehingga saat pemanasan molekul-molekul air yang terperangkap akan lebih mudah untuk menguap. Selain itu, penurunan kadar air untuk bubuk seiring meningkatnya konsentrasi  $\text{H}_2\text{SO}_4$  menunjukkan sifat higroskopis dari aktivator. Bahan pengaktif yang bersifat higroskopis dapat menurunkan kadar air. Terikatnya molekul air oleh aktivator akan membuka pori-pori dari

bubuk (Pari, 2004). Sehingga dengan terbuka pori-pori bubuk akan

memperbesar luas permukaan bubuk.

Tabel 1: Karakterisasi bubuk biji alpukat dengan variasi konsentrasi H<sub>2</sub>SO<sub>4</sub>

Konsentrasi H <sub>2</sub> SO <sub>4</sub> (%)	Kadar Air (%)	Kadar Abu (%)	Adsorpsi Iodium (mg/g)	Adsorpsi Metilen Biru (m <sup>2</sup> /g)
2,5	16,54	0,10	522,1755	85,8565
5,0	15,50	0,08	488,5781	83,9738
<b>7,5</b>	<b>13,82</b>	<b>0,06</b>	<b>530,6693</b>	<b>87,5253</b>

Hal ini berdasarkan besarnya iodium yang terserap sebesar 265,2969 mg/g dibandingkan dengan adsorpsi bubuk terhadap iodium pada konsentrasi lainnya. Banyaknya iodium yang dijerap berkaitan dengan terbentuknya pori pada bubuk yang semakin banyak (Pari, 2004).

Daya serap iodium menunjukkan jumlah relatif mikropori yang terdapat pada adsorben (Heng *et al.*, 1985). Selain itu, penetapan adsorpsi terhadap iodium bertujuan untuk mengetahui kemampuan adsorben untuk menyerap larutan berwarna (Pujiarti dan Sutapa, 2005). Semakin besar angka iodium maka semakin besar kemampuan dalam mengadsorpsi adsorbat atau zat terlarut. Oleh karena itu, adsorpsi terhadap iodium merupakan indikator penting dalam menentukan kualitas adsorben. Besarnya iodium yang terserap pada bubuk dengan konsentrasi aktivator H<sub>2</sub>SO<sub>4</sub> 7,5% memiliki korelasi terhadap luas permukaan yang diperoleh dari adsorpsi bubuk terhadap metilen biru sebesar 87,5253 m<sup>2</sup>/g. Sehingga dapat disimpulkan bahwa semakin besar luas permukaan bubuk maka semakin besar daya adsorpsinya terhadap iodium.

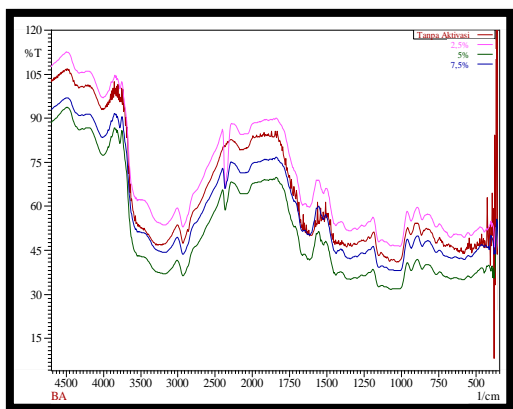
Penetapan kadar abu bertujuan untuk menentukan kandungan mineral atau logam dalam bentuk oksida dari bubuk biji alpukat. Kadar abu dapat

mempengaruhi kualitas bubuk sebagai adsorben. Hal ini disebabkan karena mineral yang masih tersisa akan menyebabkan terjadinya penyumbatan pori-pori adsorben sehingga mempengaruhi adsorpsi yang terjadi (Herlandien, 2013). Aktivator berfungsi sebagai zat pelarut mineral yang menutupi pori-pori sehingga semakin tinggi konsentrasi aktivator maka semakin banyak pula mineral yang larut dan menyebabkan terbukanya pori-pori serta memperbesar luas permukaan adsorben (Budiono *et al.*, 2007) sehingga mempengaruhi daya serap terhadap iodium dan metilen biru.

### 3. Karakterisasi gugus fungsi bubuk biji alpukat menggunakan FTIR

Adanya gugus fungsi pada permukaan bubuk biji alpukat baik sebelum maupun sesudah proses aktivasi diamati menggunakan spektroskopi FTIR. Gambar 1. menunjukkan spektrum FTIR sebelum dan sesudah proses adsorpsi. Bilangan gelombang pada 3045,73 cm<sup>-1</sup> menunjukkan adanya vibrasi gugus hidroksil (-OH) pada bubuk biji alpukat sebelum aktivasi sedangkan untuk bubuk setelah aktivasi terjadi pergeseran bilangan gelombang menjadi 3563,64 cm<sup>-1</sup>. Pada bilangan gelombang 2930 dan 1149,62 cm<sup>-1</sup> menunjukkan

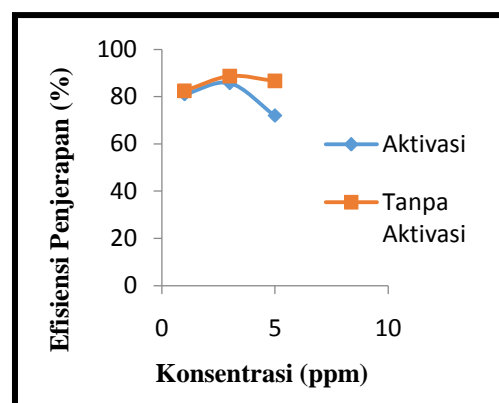
adanya vibrasi dari ikatan C-H alifatik dan C-O alkohol. Vibrasi ikatan C=O dapat ditemukan pada bubuk yang diaktivasi dengan konsentrasi H<sub>2</sub>SO<sub>4</sub> 5,0 dan 7,5% yaitu masing-masing pada bilangan gelombang 1717,68 dan 1716,72 cm<sup>-1</sup>. Vibrasi ikatan C=C pada bubuk sebelum aktivasi berada pada bilangan gelombang 1593,27 cm<sup>-1</sup> sementara pada bubuk yang diaktivasi dengan variasi 2,5; 5,0 dan 7,5% terjadi pergeseran bilangan gelombang masing-masing menjadi 1612,56; 1657,89 dan 1613,52 cm<sup>-1</sup>. Vibrasi ikatan C-N pada bubuk sebelum aktivasi berada pada 1073,43 cm<sup>-1</sup>, setelah aktivasi dengan variasi konsentrasi 2,5; 5,0 dan 7,5% bergeser menjadi 1007,85; 1011,71 dan 1007,85 cm<sup>-1</sup>. Selain itu, pada bubuk setelah aktivasi dengan variasi 2,5; 5,0 dan 7,5% masing-masing menunjukkan adanya gugus fungsi organoposfat pada bilangan 2331,07; 2331,07 dan 2313,71 cm<sup>-1</sup>, sedangkan pada bubuk tanpa aktivasi tidak ditemukan



Gambar 1. Karakterisasi gugus fungsi pada bubuk biji alpukat sebelum dan sesudah aktivasi H<sub>2</sub>SO<sub>4</sub> 2,4; 5,0 dan 7,5%

#### 4. Adsorpsi bubuk biji alpukat terhadap ion kadmium dan timbal

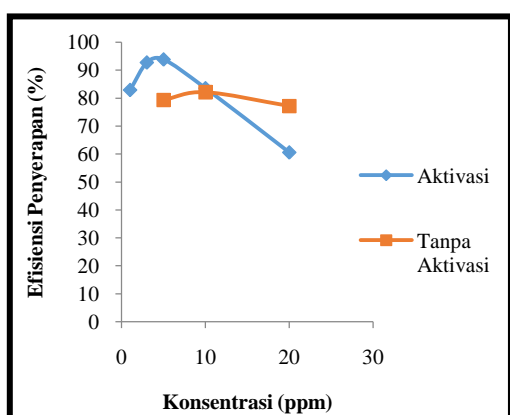
Penentuan daya adsorpsi bubuk biji alpukat baik tanpa aktivasi maupun aktivasi dengan aktivator H<sub>2</sub>SO<sub>4</sub> 7,5% dilakukan terhadap ion kadmium dengan variasi konsentrasi 1, 3 dan 5 ppm dengan waktu kontak 24 jam. Gambar 2. menunjukkan bahwa kemampuan serapan optimum dari bubuk biji alpukat tanpa aktivasi dan aktivasi berada pada konsentrasi 3 ppm dengan efisiensi penyerapan masing-masing adalah 88,7186% dan 85,7818%. Menurut Suryani (2009) semakin tinggi konsentrasi adsorbat, maka laju reaksi adsorpsi akan semakin cepat karena adanya daya dorong yang tinggi dari molekul adsorbat, namun pada kondisi tertentu akan stabil karena sudah mengalami kejenuhan dan terjadi proses kesetimbangan.



Gambar 2. Efisiensi penyerapan bubuk biji alpukat dengan aktivasi dan tanpa aktivasi berdasarkan variasi konsentrasi ion kadmium.

Kemampuan serapan bubuk tanpa aktivasi maupun aktivasi dengan aktivator H<sub>2</sub>SO<sub>4</sub> 7,5% juga dilakukan terhadap ion timbal dengan variasi

konsentrasi 1, 3, 5, 10 dan 20 ppm dengan waktu kontak 24 jam. Gambar 3. menunjukkan bahwa kemampuan serapan optimum dari bubuk biji alpukat tanpa aktivasi dan aktivasi masing-masing berada pada konsentrasi 10 dan 5 ppm dengan efisiensi penyerapan adalah 82,1124% dan 93,8792%. Dari data tersebut dapat disimpulkan bahwa bubuk dengan aktivasi memiliki efisiensi penyerapan yang lebih besar dari pada tanpa aktivasi, hal ini menunjukkan bahwa adanya proses aktivasi dengan activator  $H_2SO_4$  menyebabkan kapasitas dan efisiensi penyerapan terhadap ion timbal meningkat. Hal ini dapat disebabkan terjadinya adsorpsi kimia pada proses adsorpsi terhadap timbal dimana adanya ion-ion sulfat pada bubuk cenderung membentuk timbal sulfat dengan kelarutan kecil di dalam larutan.



Gambar 3. Grafik daya adsorpsi bubuk biji alpukat dengan aktivasi dan tanpa aktivasi berdasarkan variasi konsentrasi ion timbal

## KESIMPULAN

Dari penelitian ini dapat disimpulkan bahwa konsentrasi aktivator  $H_2SO_4$  optimum diperoleh

pada konsentrasi  $H_2SO_4$  7,5% dengan kadar air 13,82%, kadar abu 0,06%, adsorpsi iodium 265,2969 mg/g dan luas permukaan 87,5253 m<sup>2</sup>/g dan bubuk biji alpukat berpotensi sebagai adsorben ion kadmium (II) dan timbal (II) dengan efisiensi penyerapan masing-masing adalah 85,7818% dan 93,8792%.

## UCAPAN TERIMA KASIH

Penulis mengucapkan terima kasih kepada Ibu Dra. Hj. Itnawita, M.Si dan Ibu Ganis Fia Kartika, M.Si yang telah memberikan bimbingan, arahan serta saran dalam proses penyusunan hasil penelitian ini. Selain itu penulis juga mengucapkan terima kasih kepada rekan-rekan yang telah memberikan bantuan, dukungan dan masukan kepada penulis.

## DAFTAR PUSTAKA

- Bhaumik, M., Choi, H.J., Seopela, M.P., McCrindle, R.I. dan Maity, A. 2014. Highly Effective Removal of Toxic Cr(VI) from Wastewater Using Sulfuric Acid-Modified Avocado Seed. *Industrial & Engineering Chemistry Research*. 53:1214-1224.
- Budiono, A. Suhartana dan Gunawan. 2007. *Pengaruh Aktivasi Arang Tempurung Kelapa Dengan Asam Sulfat dan Asam Fosfat Untuk Adsorpsi Fenol*. Universitas Diponegoro.
- Darmono. 2001. *Lingkungan Hidup dan Pencemaran*. Universitas Indonesia Jakarta.



- Day, R.A dan Underwood, A.L. 1986. *Analisis Kimia Kuantitatif Edisi Kelima*. Erlangga, Jakarta.
- Devi, R. 2010. Innovative technology of COD and BOD reduction from coffee processing wastewater using avocado seed carbon (ASC). *Water, Air, Soil Pollut.* 207:299-306.
- Heng, S., Verheyen, T.V., Perry, G.J., MC Allan, C.G dan J.A. Harris. 1985. *Effect of chemical pretreatment on carbonization of Victorian Brown Coal*. Proceedings International Conference on Coal, Sydney.
- Herlandien, Y.L. 2013. Pemanfaatan Arang Aktif Sebagai Adsorben Logam Berat Dalam Air Lindi di TPA Pakusari Jember. *Skripsi*. Fakultas Matematika dan Ilmu Pengetahuan Alam, Universitas Jember.
- Khairani, F. 2015. Potensi Arang Aktif dari Tulang Kambing Sebagai Adsorben Ion Besi (III), Kadmium (II), Klorida dan Sulfat Dalam Larutan. *Skripsi*. Jurusan Kimia FMIPA UR.
- Marshall, W.E. dan Mitchell M.J. 1996. Agriculture by-product as metal adsorbent: sorption properties and resistance to mechanical abrasion. *Journal Chemistry Technology Biotechnol.* 66: 92-198.
- Palar, H. 2004. *Pencemaran dan Toksikologi Logam Berat Cetakan Kedua*. Rineka Cipta, Jakarta.
- Pari, G. 2004. Kajian Struktur Arang Aktif dari Serbuk Gergaji Kayu sebagai Adsorben Emisi Formaldehida Kayu Lapis. *Disertasi*. Pascasarjana IPB. Bogor.
- Pujiarti, R. dan Sutapa, J.G. 2005. Mutu Arang Aktif dari Limbah Kayu Mahoni (*Swietenia macrophylla king*) Sebagai Bahan Penjernih Air. *Jurnal Ilmu dan teknologi kayu tropis.* 3(2).
- Suryani, A. M. 2009. Pemanfaatan Tongkol Jagung Untuk Pembuatan Arang Aktif Sebagai Adsorben Pemurnian Minyak Goreng Bekas. *Skripsi*. FMIPA IPB, Bogor.
- Vogel. 1990. *Buku Teks Analisis Anorganik Kualitatif Makro dan Semimikro Bagian I*. Jakarta: Kalman Media Pustaka.

