

TEKNIK PIROLISIS PEMBUATAN NANOMATERIAL LIMBAH BIJI JABON PUTIH (*Anthocephalus cadamba*) DAN KAPASITAS ADSORPSI TERHADAP ION Cd^{2+}

T. Abu Hanifah

¹Mahasiswa S3 PPS Ilmu Lingkungan Universitas Riau
Kampus Pattimura Pekanbaru, 28282, Indonesia
abuabuhanif63@gmail.com

Abstract

White jabon is one yield of jabon tree (*Anthocephalus cadamba*) which is less utilization. The purpose of this research was characterized the white jabon fruit carbon with variation carbonization temperature and ability to adsorpt cadmium metal. Variation carbonization temperature of white fruit jabon is 300, 400 and 500°C. The characterization of white jabon fruit carbon is amount of water, ashes, iodine adsorpt and methylene blue adsorpt. Functional group in carbon was characterized by FTIR. The concentration of cadmium metal in solution before and after adsorption was analyze with ICP (Inductively Coupled Plasma). The optimum carbonization temperature of white jabon fruit is 300°C with amount of water is 2.19%, ashes 14.59%, iodine adsorpt 977.30 mg/g and methylene blue adsorpt 21.89 mg/g. Efficiency of Cd^{2+} adsorpt in white jabon carbon is 97.6123%.

Keywords: adsorpt, carbon, carbonization temperature

PENDAHULUAN

Buah jabon putih (*Anthocephalus cadamba*) merupakan salah satu contoh biomassa. Biomassa adalah bahan yang berasal dari zat organik yang dapat diperbaharui. Biomassa secara alami mengandung makromolekul berupa selulosa, protein dan lignin (Tangio, 2013). Menurut Mulyana dkk., (2011) pohon jabon mengandung selulosa 52,4%, lignin 25,4% dan silika 0,1%. Penelitian Sutrisno dkk., (2015) juga menyatakan pohon jabon mengandung 60 - 70% glukosa (monomer selulosa). Selulosa sangat berperan dalam menentukan karbon pada arang (Pari, 2011). Tingginya selulosa pada pohon jabon maka diharapkan buah jabon juga mengandung selulosa yang tinggi. Kemungkinan ini didukung oleh pernyataan Rustam dkk., (2017) yang menyebutkan bahwa dalam buah jabon putih mengandung karbohidrat, protein, glukosa dan maltosa. Hal ini memperbesar kemungkinan adanya selulosa pada buah jabon dan potensi dijadikannya sebagai arang.

Menurut Ramdja dkk., (2008) kebutuhan arang aktif di Indonesia untuk industri relative tinggi, namun pemenuhan kebutuhan arang aktif ini masih diimpor dari luar negeri. Padahal di Indonesia terdapat sumber daya alam yang melimpah yang dapat dijadikan sebagai arang aktif. Salah satunya adalah buah jabon. Oleh karena masih kurangnya pemanfaatan buah jabon di Indonesia maka pada penelitian ini diujikan mengubah buah jabon menjadi arang aktif agar dapat menjadi salah satu sumber arang aktif dan memenuhi kebutuhan arang aktif di Indonesia saat ini tanpa harus diimpor dari luar negeri.

Kadmium adalah salah satu logam berat yang terakumulasi di air dan tanah akibat adanya pembukaan lahan (penggalian tanah) (Oktaria dkk., 2015). Air permukaan oleh masyarakat untuk kegiatan rumah tangga dan aliran permukaan (Anita dkk., 2013). Logam kadmium mempunyai sifat toksisitas (racun), sehingga apabila air yang terakumulasi kadmium digunakan masyarakat dapat membahayakan kesehatan. Pengurangan kadmium ini dapat dilakukan menggunakan metode adsorpsi dengan adsorben arang aktif.



Arang adalah adsorben yang mempunyai efektifitas paling baik dalam proses adsorpsi karena arang aktif mempunyai struktur berpori dan luas permukaan (Rao dkk, 2006).

Arang yang baik merupakan arang yang memenuhi standar SNI-06-3730-1995 dengan kadar air $\leq 15\%$, kadar abu $\leq 10\%$, daya jerap iodin ≥ 750 mg/g dan metilen biru ≥ 120 mg/g agar dapat menyerap ion kadmium dengan baik. Arang didapatkan melalui proses karbonisasi. Salah satu yang mempengaruhi proses karbonisasi adalah suhu. Belum adanya penelitian tentang suhu karbonisasi buah jabon putih ini maka dalam penelitian ini akan analisis suhu optimum untuk karbonisasi buah jabon putih.

METODE PENELITIAN

Alat dan bahan

Alat yang digunakan dalam penelitian ini adalah pH meter, *furnace*, ayakan, alu, lumpang, desikator, cawan krusibel, *magnetic stirrer*, peralatan gelas, timbangan analitik, ICP-OES Spectrometer Optima 8x000 Series-Perkin Elmer, UV-Vis Agilent Technologies Cary 60, *Sentrifuse* dan FTIR IRPrestige-2. Bahan yang digunakan dalam penelitian ini adalah buah jabon, akuades, akuad DM, NaOH, KIO₃ 0,1 N, H₂SO₄ 10%, Na₂S₂O₃ 0,1 N, KI 10%, Iodium (I₂) 0,1 N, larutan amilum 1 %, larutan metilen biru 1, 2, 3, 4,5 ppm dan 250 ppm, larutan kadmium 0,1,2,3,4,5 dan 100 ppm (dalam CdCl₂), dan kertas saring *Whatmant* 42.

Pengambilan dan preparasi buah jabon

Buah jabon putih yang telah masak diambil di sekitar daerah Riau yaitu Kabupaten Sungai Petapahan Kuantan Singingi, Sungai Kampar dan rawa-rawa daerah Rumbai Provinsi Riau. Kemudian buah jabon yang telah dikumpulkan dikompositkan. Buah jabon putih dicuci dengan air bersih. Kemudian buah jabon dipotong-potong dan dicuci dengan akuades. Buah dikeringkan dengan sinar matahari sampai buah jabon kering.

Pembuatan arang buah jabon

Buah jabon difurnace pada suhu 300°C, 400°C dan 500°C selama ± 1 jam. Kemudian arang didinginkan dan disimpan dalam desikator. Arang digerus dan diayak. Arang yang digunakan adalah arang yang lewat pada ayakan 100 mesh dan tertahan pada 200 mesh.

Karakterisasi arang buah jabon

Kadar air (SNI 06-3730-1995)

Arang buah jabon putih yang dikarbonisasi pada suhu 300,400 dan 500°C masing-masing ditimbang sebanyak 0,1 gram. Kemudian arang dimasukkan ke dalam cawan penguap yang telah diketahui bobot konstan. Cawan penguap berisi arang dioven pada suhu $100 \pm 5^\circ\text{C}$ selama 30 menit dan setelah itu dinginkan dalam desikator selama 15 menit. Cawan penguap yang berisi arang ditimbang hingga konstan kadar air dihitung menggunakan persamaan 1.

$$\text{Kadar air (\%)} = \frac{A - (W_2 - W_1)}{A} \times 100\% \quad \dots (1)$$

Keterangan:

W_1 = Berat cawan penguap kosong (g)

W_2 = Berat cawan penguap + arang (g)

A = Berat arang (g)



Kadar abu (SNI 06-3730-1995)

Arang krusibel kosong dicari berat konstannya dengan pemanasan pada suhu $100 \pm 5^\circ\text{C}$ selama 30 menit kemudian didinginkan dalam desikator selama 15 menit dan ditimbang hingga konstan. Krusibel yang beratnya telah diketahui diisi dengan 0,1 gram arang buah jabon dan ditutup. Kemudian difurnace pada 800°C selama ± 2 jam. Setelah menjadi abu kemudian didinginkan dalam desikator, lalu ditimbang sampai konstan. Kadar abu dihitung berdasarkan **persamaan 2**.

$$\text{Kadar abu} = \frac{W_2 - W_1}{A} \times 100\% \quad \dots\dots\dots(2)$$

Keterangan:

W_1 = Berat krusibel + arang (g)

W_2 = Berat krusibel + abu (g)

A = Berat arang awal (g)

Adsorpsi arang terhadap iodium (SNI 06-3730-1995)

Arang buah jabon dipanaskan dalam oven pada suhu $100 \pm 5^\circ\text{C}$ selama 1 jam. Arang buah jabon didinginkan dalam desikator selama 30 menit. Sebanyak 0,5 gram arang buah jabon dimasukkan ke dalam gelas beker 250 mL. Kemudian ditambahkan 50 mL larutan iodium 0,1 N dan diaduk menggunakan pengaduk magnet selama 15 menit. Lalu diamkan selama 1 jam. Larutan jernih pada bagian atas diambil dan disentrifugasi selama 15 menit pada kecepatan 2000 rpm. Sebanyak 5 mL larutan dimasukkan ke dalam erlenmeyer 100 mL. Larutan tersebut dititrasi dengan $\text{Na}_2\text{S}_2\text{O}_3$ 0,1 N hingga berwarna kuning pucat dan ditambahkan 1 mL amilum 1% dan dititrasi kembali sampai warna biru pada larutan hilang. Daya jerap arang terhadap iodium dihitung menggunakan **persamaan 3**.

$$\text{Daya jerap iodin (mg/g)} = \frac{(V_1 N_1 - V_2 N_2) \times 126,91 \times fp}{w} \quad \dots\dots\dots(3)$$

Adsorpsi arang terhadap metilen biru (SNI-06-3730-1995)

Arang buah jabon sebanyak 0,25 dimasukkan ke dalam gelas *beaker* 250 mL dan dipanaskan dalam oven pada suhu $100 \pm 5^\circ\text{C}$ selama 1 jam. Arang buah jabon didinginkan dalam desikator selama 30 menit. Sebanyak 25 mL larutan metilen biru 250 ppm ditambahkan ke dalam sampel dan diaduk menggunakan pengaduk magnetik selama 15 menit dan didiamkan selama 60 menit. Lalu larutan disentrifugasi selama 10 menit. Larutan jernih bagian atas diambil dan diukur adsorbansinya pada panjang gelombang maksimum. Metilen biru yang teradsorpsi pada arang dihitung menggunakan **persamaan 4**.

$$\text{Daya jerap metilen biru (mg/g)} = \frac{X_0 - X}{W_a} \times V \quad \dots\dots\dots(4)$$

Keterangan :

X_0 = Konsentrasi awal (mg L^{-1})

X = Konsentrasi akhir (mg L^{-1})

V = Volume larutan (L)

W_a = Berat sampel (g)

$$\text{Luas permukaan adsorben (m}^2/\text{g)} = \frac{(X_m) \times N \times A}{BM} \quad (5)$$

Keterangan :

X_m = Jumlah metilen biru yang terjerap tiap gram arang.

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

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

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



Karakterisasi gugus fungsi arang buah jabon

Arang buah jabon diambil satu spatula kemudian dicampurkan dengan serbuk KBr (5-10% sampel). Campuran tersebut ditekan menggunakan alat penekan mekanik hingga membentuk lempengan tipis dan diletakkan pada wadah sampel. Sampel yang telah disiapkan kemudian dianalisis menggunakan instrumen FTIR.

Adsorpsi arang terhadap ion logam kadmium

Arang buah jabon sebanyak 0,5 gram dicampurkan dengan 50 mL larutan kadmium klorida (CdCl_2) 100 ppm. Campuran distirer selama 15 menit, lalu dibiarkan selama 24 jam. Kemudian bagian larutan yang jernih dipipet dan dianalisis dengan menggunakan *Inductively Coupled Plasma* (ICP).

Analisis data

Analisis data karakterisasi arang dan adsorpsi logam kadmium pada arang aktif buah jabon putih disajikan dalam bentuk tabel, grafik dan kurva kalibrasi. Data-data yang didapatkan akan dibandingkan dengan SNI 06-3730-1995 agar didapatkan arang terbaik.

HASIL DAN PEMBAHASAN

Pembuatan arang jabon putih

Karbonisasi arang dilakukan pada suhu 300, 400 dan 500°C dikarenakan suhu lainnya terbentuknya arang adalah pada suhu 275°C. Hal ini dinyatakan oleh peneliti Jubilate dkk., (2016) bahwa proses karbonisasi terjadi pada suhu 300-800°C dan pernyataan peneliti Tirono & sabit (2011) bahwa pada suhu 275°C terjadi pelepasan H_2O dan CO_2 dari selulosa yang menghasilkan arang dan metana. Karena suhu 275°C barulah terjadi pembentukan arang, maka suhu karbonisasi untuk buah jabon ini dilakukan pada suhu mulai dari 300°C. Apabila karbonisasi dilakukan pada suhu lebih rendah dari 300°C kemungkinan proses karbonisasinya tidak sempurna sedangkan jika suhu terlalu tinggi maka pori yang terbentuk akan rusak dan arang akan berubah menjadi abu (Jubilate dkk., 2012). Berdasarkan pernyataan ini maka dalam penelitian dipilih variasi suhu karbonisasi buah jabon adalah 300, 400 dan 500°C.

Karbonisasi pada penelitian ini menggunakan metode kenaikan suhu secara bertahap dan penurunan suhu secara bertahap. Kenaikan dan penurunan suhu secara bertahap bertujuan agar proses karbonisasi buah jabon ini juga terjadi secara bertahap. Sesuai dengan pernyataan Nurdiansyah & Susanti (2014) dimana karbonisasi ini terjadi dengan tahap dehidrasi pada suhu 170°C dan pernyataan Tirono & Sabit (2011) mulai pembentukan karbon pada suhu 275°C. Berdasarkan 2 pernyataan diatas maka pada suhu 170°C akan terjadi penguapan air dan senyawa-senyawa organik. Salah satu senyawa organik yang akan diuapkan pada tahap ini dan diketahui terdapat pada buah jabon ini adalah etanol (Chandel dkk., 2011). Pada suhu 275°C akan terjadi pemecahan senyawa organik berupa selulosa menjadi karbon dan senyawa non organik akan berubah menjadi tar yang terdapat pada buah jabon.

Arang buah jabon putih diayak dengan ukuran 100 mesh sebelum dikarakterisasi. Tujuan dari pengayakan ini adalah untuk menyamakan atau menhomogenkan ukuran arang saat dikarakterisasi. Karena apabila ukurannya tidak seragam maka luas permukaan arangnya juga tidak seragam (Jubilate dkk., 2016). Hal ini akan mempengaruhi hasil karakterisasi dari arang karena apabila ukuran arang yang tidak seragam maka interaksi



antara adsorben dengan adsorbat akan berbeda. Pengecilan ukuran arang ini juga bertujuan memperbesar luas permukaan pada arang karena semakin kecil arang, maka pori-porinya akan semakin kecil. Berdasarkan pada pernyataan Pambayun dkk., (2013) semakin kecil pori-pori arang maka akan semakin besar luas permukaannya. Hal ini dikarenakan semakin kecil ukuran pori-pori arang maka jumlah pori arang akan semakin banyak dan tempat adsorbat terjerat juga besar.

Karakterisasi arang buah jabon

Hasil karakterisasi arang buah jabon yang dikarbonisasi pada variasi suhu karbonisasi tertera pada Tabel 1.

Tabel 1. Karakterisasi arang buah jabon

suhu	kadar air (%)	kadar abu (%)	Daya jerap iodine (mg/g)	Daya jerap metilen biru (mg/g)	Luas Permukaan (m ² /g)
300°C	2,19	14,59	977,30	21,89	81,25
400°C	2,07	20,37	760,54	21,74	80,69
500°C	1,75	21,67	481,87	13,81	51,29
SNI	≤ 15	≤10	≥ 750	≥ 120	

Kadar air

Kadar air berasal dari air yang terjebak pada pori arang (Jubilate dkk., 2016). Pada penelitian ini karbonisasi dari suhu 300,400 dan 500°C, kadar ainya semakin menurun yaitu dengan nilai 2,19% (300°C), 2,07% (400°C) dan 1,75% (500°C). Hal ini dikarenakan semakin tinggi suhu karbonisasi maka air yang diuapkan akan semakin banyak. Hal ini sesuai dengan pernyataan Tarmuzi & Syaputra (2015) bahwa semakin tinggi suhu maka zat-zat yang terurai dan gas (senyawa) serta air yang teruapkan akan semakin banyak. Sehingga dengan suhu 400 dan 500°C yang suhunya lebih tinggi dari 300°C maka semakin banyak air yang diuapkan saat proses karbonisasi, sehingga kadar airnya lebih kecil.

Kadar abu

Kadar abu pada arang menunjukkan jumlah mineral yang terdapat pada arang. Hal ini dikarenakan abu dapat terbentuk karena adanya reaksi oksidasi dari mineral yang terdapat pada arang dan menghambat pori-pori yang terdapat pada arang (Pari dkk., 2006). Pada arang yang dikarbonisasi dengan variasi suhu, kadar abunya semakin meningkat dari 300,400 dan 500°C dengan nilai 14,59%, 20,37% dan 21,67%. Seperti yang diungkapkan Tarmuzi & Syaputra (2015) semakin tinggi suhu maka akan semakin banyak zat-zat yang terurai dan penguapan gas. Jadi suhu 400 dan 500°C yang lebih tinggi maka akan semakin banyak terjadi penguraian senyawa pada buah jabonnya sehingga abu yang dihasilkan juga banyak pada suhu

Kadar abu pada arang buah jabon melebihi standar SNI 06-3730-1995 dengan nilai lebih besar dari 10%. Hal ini kemungkinan dikarenakan mineral pada buah jabon yang tinggi. Berdasarkan penelitian Setyaningsih, dkk., (2017) yang menyatakan bahwa tumbuhan jabon putih ini yang digunakan sebagai tumbuhan fitoremediasi, sehingga kemungkinan menyebabkan tanaman jabon putih ini mempunyai kandungan mineral yang tinggi salah satunya dibagian buahnya.

Daya jerap iodium

Daya jerap iodine ini menentukan jumlah ukuran mikropori pada arang



ukuran kecil dari 10\AA . Pada arang yang dikarbonisasi dari suhu $300, 400$ dan 500°C daya jerap iodiumnya semakin menurun yakni dari $777,30\text{ mg/g}$, $735,19\text{ mg/g}$ dan $481,87\text{ mg/g}$. Kecilnya daya jerap iodium pada arang 400 dan 500°C dibandingkan arang 300°C dikarenakan kadar abu dari arang 400 dan 500°C yang lebih tinggi dibandingkan arang 300°C . Kadar abu yang tinggi pada arang 400 dan 500°C menyebabkan iodin yang terjerap lebih sedikit karena pori-pori pada 400 dan 500°C yang tertutup oleh abu. Hal ini menyebabkan daya jerap iodin pada arang 400 dan 500°C tidak sesuai dengan syarat SNI 06-3730-1995 karena nilai daya jerap iodiumnya yang lebih kecil dari 750 mg/g .

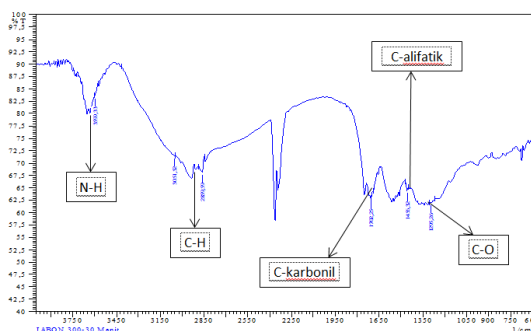
Daya jerap metilen biru

Hasil daya jerap metilen biru arang buah jabon putih yang dikarbonisasi dengan variasi suhu $300, 400$ dan 500°C berturut-turut adalah $21,89\text{ mg/g}$, $21,74\text{ mg/g}$ dan $13,81\text{ mg/g}$. Hasil ini menunjukkan nilai jerap metilen biru tidak sesuai dengan syarat SNI 06-3730-1995 dengan standar minimal 120 mg/g . Semakin tinggi suhu karbonisasi buah jabon, daya jerap metilen biru juga semakin kecil. Hal ini memperkuat kemungkinan pori jabon yang tertutup oleh abu pada buah jabon. Pambayun dkk., (2013) menyatakan abu arang terbentuk karena adanya pembakaran bidang arang. Berdasarkan pernyataan di atas kemungkinan dikarenakan suhu karbonisasi buah jabon putih 400 dan 500°C ini yang tinggi maka pembakaran bidang arang semakin banyak dan menghasilkan abu yang banyak dan menutup pori arang. Metilen biru yang berukuran makro, tidak dapat terjerap pada pori yang tertutup oleh abu.

Berdasarkan karakterisasi arang buah jabon diatas, didapatkan suhu optimum karbonisasi buah jabon adalah 300°C selama 1 jam. Namun karena tingginya kadar abu pada buah jabon yang dikarbonisasi dengan waktu 1 jam, maka waktu karbonisasi diturunkan menjadi 30 menit. Menurunkan waktu karbonisasi menurunkan kadar abu menjadi $5,74\%$, tetapi menaikkan kadar air menjadi $4,71\%$, dan daya jerap iodin menjadi $1078,89\text{ mg/g}$. Meningkatkan jerap iodium ini menandakan lebih banyak mikropori pada waktu 30 menit sehingga sangat baik untuk penyerapan ion logam kadmium.

Analisis gugus fungsi

Gugus fungsi pada arang buah jabon tertera pada hasil FTIR **Gambar 1**.



Gambar 1. Hasil FTIR arang buah jabon putih

Gugus fungsi yang terdapat pada arang buah jabon adalah NH yang menunjukkan dengan bilangan gelombang 3593 cm^{-1} dengan serapannya berbentuk pita kembar, C-H aromatik pada bilangan gelombang 3000-an cm^{-1} . Bilangan gelombang 1702 cm^{-1} menunjukkan adanya gugus C karbonil dan bilangan gelombang 1426 cm^{-1} menandakan adanya gugus C-H alifatik.

Hasil FTIR buah jabon ini menunjukkan adanya kandungan lignin pada buah



karbon. Hal ini dibuktikan dengan munculnya bilangan gelombang 1702 cm^{-1} merupakan C=O dan 1456 adalah C-H alifatik yang merupakan ciri khas dari lignin (Pari dkk., 2011).

Gugus NH pada arang buah jabon ini kemungkinan berasal dari protein yang terdapat pada buah jabon. Adanya serapan N-H ini membuktikan adanya kandungan protein pada buah jabon. Banyaknya gugus fungsi pada arang buah jabon ini menandakan masih banyak senyawa organik selain karbon yang terdapat pada arang buah jabons serta masih terdapat selulosa dan lignin yang belum tekarbonisasi.

Adsorpsi arang pada arang buah jabon

Kemampuan arang buah jabon dalam mengadsorpsi ion logam kadmium tertera pada Tabel 2.

Tabel 2. Adsorpsi ion kadmium pada arang

Arang	C_o (ppm)	C_e (ppm)	E (%)	Q (mg/g)
300°C	101,4468	2,4222	97,6123	9,8689

Peterangan :

C_o : Konsentrasi larutan kadmium sebelum di adsorpsi

C_e : Konsentrasi larutan kadmium setelah di adsorpsi

E : Efisiensi adsorpsi

Q : Kapasitas adsorpsi

Adsorpsi ion kadmium pada arang buah jabon mencapai 97,6123%. Banyaknya ion kadmium yang teradsorpsi kemungkinan dikarenakan tingginya jerap iodine saat karakterisasi. Ion logam kadmium teradsorpsi pada pori-pori yang berukuran mikro pada arang buah jabon. Berdasarkan nilai daya jerap iodine yang tinggi pada arang buah jabon ini memperkuat kemungkinan besarnya adsorpsi ion kadmium pada mikropori arang buah jabon. Kadmium yang mempunyai nomor atom 48 dan iodine 53, dengan perbedaan nomor atom yang kecil ini kemungkinan ukuran ionnya juga kecil yang menandakan logam kadmium akan terjerap pada mikropori. Karena jerap iodine pada buah jabon besar, menandakan makropori pada arang buah jabon ini besar. Oleh sebab itu, tempat terjerap kadmium dengan ukuran yang sesuai juga banyak, sehingga kadmium lebih banyak terjerap pada arang buah jabon setelah aktivasi.

KESIMPULAN DAN SARAN

Adapun kesimpulan dari penelitian ini adalah suhu optimum karbonisasi arang buah jabon putih adalah 300°C dengan daya jerap iodine dan metilen lebih tinggi dibandingkan suhu 400 dan 500°C . Arang buah jabon mampu mengadsorpsi kadmium dengan baik dengan efektivitas adsorpsi 97,6123%. Saran untuk penelitian tentang adsorben buah jabon selanjutnya adalah dapat mencoba membuat arang aktif dari buah jabon merah dan dibandingkan hasil adsorpsinya dengan arang buah jabon pada penelitian ini.

UCAPAN TERIMA KASIH

Ucapan terima kasih kepada Allah S.W.T yang mengilhami saya melakukan penelitian dan menulis karya ilmiah ini. Saya juga mengucapkan terima kasih kepada laboran Laboratorium Forensik Lingkungan Fakultas FMIPA UNRI dan Laboratorium PT. Chevron Pasific Indonesia, Duri.



DAFTAR PUSTAKA

- Anita, S., Helmi Z., & Thamrin. 2013 . Kualitas sungai petapahan kecamatan gunung toar kabupaten. *Jurnal*. Halaman : 46–58.
- Chandel, M.K., & Kumar, S. 2011. *Studies of the genoprotective /antioxidant potential of methanol extrack of Anthocephalus cadamba (Roxb) Miq. J.Med.Plants. Res.* 5(19) : 4764-4470.
- Hubilate, F., Zahara, T.A., & Syahbanu,I. 2016. pengaruh aktivasi arang dari limbah kulit pisang kepok sebagai sebagai adsorben besi (II) pada air tanah. *JKK*. 5(4) : 14-21
- Mulyana,D., Asmarahman, C., & Fahmi,I. 2011. *Panduan Lengkap Bismis dan Bertanam Kayu Jabon*. PT.Agro Media Pustaka, Jakarta Selatan.
- Mursyiah, H., & Susanti D. 2013. Pengaruh variasi temperatur karbonisasi dan karbon aktif tempurung kelapa dan kapasitansi electric double layer capacitor. *Jurnal Teknik Pomith*. 2(1) : 13-18.
- Oktaria, N., Hanifah, T.A., & Anita, S. 2015. Analisis kandungan logam merkuri, kadmium, timbal dan sianida pada aliran sungai indragigiri, Kabupaten Indragiri Hulu. *JOM FMIPA UNRI*. 2(2) : 83 - 90.
- Rambayun, G. S., Yulianto, R. Y. E., Rachimoellah, M., Putri, E. M. M., Kimia, J. T., & Industri, F. T. 2013. Pembuatan karbon aktif dari arang tempurung kelapa dengan aktivator zncl 2 dan na 2 co 3 sebagai adsorben untuk mengurangi kadar fenol dalam air limbah. *Jurnal Teknik Pomits*. 2(1) : 116 - 120.
- Sari, G., Tohir D., Magpuudin., & Ferry J. 2006. Adsorben pada pemurnian minyak goreng bekas (*activated charcoal from wood sawdust as adsorbent material for frying oil refinery*). *Jurnal Penelitian Hasil Hutan*. 24 (4), : 309 – 322.
- Sari, G. 2011. Pengaruh selulosa terhadap struktur karbon arang Bagian I: Pengaruh suhu karbonisasi. *Jurnal Penelitian Hasil Hutan*. 29(1) : 33-45
- Ramdhana, A.F., Halim, M., & Handi, J. 2008. Pembuatan karbon aktif dari pelepah kelapa (*Cocus nustea*). *Jurnal Teknik Kimia*. 15 (2) :1-3.
- Suharni, E., Suharni, T.K., Suhartanto, M.R., & Sudrajat, D.J. 2017. Daya simpan benih jabon putih [*Neolamarckia cadamba (Roxb.) Bosser*] berdasarkan populasi dan karakteristik benih. *Jurnal Penelitian Hutan Tanaman*.14(1) :19-33
- Setyaningsih, L., Setiadi,Y., Budi,S.W., & Sopandi, E. 2017. Lead accumulation by jabon seedling (*Anthocephlaus cadamba*) on tailing media with application of composite and arbuscular mycorrhizal fungi. *Earth and Enviromental Science*. pp:1-11.
- Syamsudin, T.S., Alamsyah, E.M., & Purwasasmita, B.S. 2015. Synthesis and characterization of bio-based nanomaterials from jabon (*anthocephalus cadamba (roxb.) Miq*) wood bark: an organic waste material from community forest. *J.Math.Fund.Sci*.47(2) : 205-208.

Hak Cipta Dilindungi Undang-Undang

1. Dilarang mengutip sebagian atau seluruh karya tulis ini tanpa mencantumkan sumber:

a. Pengutipan hanya untuk kepentingan pendidikan, penelitian, penulisan karya ilmiah, penyusunan laporan, penulisan kritik atau tinjauan suatu masalah.

b. Pengutipan tidak merugikan kepentingan umum Universitas Riau.

2. Dilarang mengumumkan dan memperbanyak sebagian atau seluruh karya tulis ini dalam bentuk apapun tanpa izin Universitas Riau.

