Pengaruh Massa dan Ukuran Partikel Adsorben Kulit Singkong Terhadap Efisiensi Penyisihan Fe Pada Air Gambut

Winda Afmarenti[1)], **Syarfi Daud**[2)], **Ivnaini Andesgur**[3)]
[1)]Mahasiswa Teknik Lingkungan Fakultas Teknik Universitas Riau
[2)]Dosen Teknik Lingkungan Fakultas Teknik Universitas Riau
Program Studi Teknik Lingkungan S1
Fakultas Teknik Universitas Riau
Kampus Bina Widya, Jl. HR Soebrantas, Km.12,5, Panam – Pekanbaru
Email: afmarenti.winda@yahoo.com

ABSTRACT

Peat water is surface water are blackish brown and metals Fe which requires effective and efficient processing to be worthy for use by the public. Various types of adsorbents continue to be developed, one of which is the cassava skin adsorbent. The purpose of this study was to determine metal removal efficiency of Fe in the peat water, calculating the adsorption capacity and determine the appropriate type of isotherm. Fixed variables used in this study is the stirring speed of 100 rpm and a contact time of 60 minutes. For independent variables used consisted of adsorbent mass variation of 0.5; 1; 1.5; 2 g and a particle size variation -50+100; -100+170 and -170 mesh. Removal efficiency of Fe metals concentrations higher 75,46% by mass of adsorbent 2 g with a particle size of -170 mesh. Metal adsorption capacity of Fe achieved the highest on the mass of 0.5 grams with a particle size of -170 mesh amounted to 0,2928 mg Fe/g. Types of adsorption isotherms corresponding to Fe by cassava skin adsorbents is Freundlich isotherm with R^2 values of 0.9508.

Keywords: *Adsorbent, Adsorption, Cassava Skin, Fe, Peat Water.*

PENDAHULUAN

Salah satu bahan yang dapat digunakan sebagai adsorben adalah kulit singkong. Kulit singkong biasanya dimanfaatkan sebagai kompos dan pakan ternak. Kulit singkong juga dapat dimanfaatkan sebagai adsorben karena mengandung lignin, selulosa, dan hemiselulosa yang dapat menyerap ion logam (Artiyani, 2011). Kriteria pemilihan adsorben antara lain: kemampuan ketersediaan bahan dasar, harganya tidak mahal, memiliki kandungan karbon yang tinggi serta memiliki unsur inorganik (seperti abu) yang rendah (Manocha Satish, 2003). Adsorben kulit singkong telah berhasil menurunkan kadar TSS sebesar 96,7% pada limbah tepung tapioka (Rajagukguk, 2017) dan menurunkan kadar logam Pb pada limbah electroplating sebesar 95,46% (Gin *et al.,* 2014).

Air gambut mengandung kadar pH rendah (3-4) sehingga bersifat sangat asam, zat organik tinggi, berwarna kuning hingga coklat tua (pekat) dan kandungan Fe yang tinggi. Kandungan Fe dalam air gambut bila melewati baku mutu air bersih akan membahayakan kesehatan antara lain : iritasi kulit, gangguan pencernaan, dan gangguan pernapasan (Azamia, 2012).

Penyisihan logam Fe pada air gambut dapat menggunakan metode koagulasi, membran, pertukaran ion, dan adsorpsi. Metode adsorpsi merupakan metode yang paling banyak digunakan dalam menyerap ion logam dari larutan (Buhani dkk, 2010). Metode adsorpsi memiliki kelebihan dari metode yang lain karena prosesnya lebih sederhana, biayanya relatif murah, ramah lingkungan (Gupta dan Bhattacharyya, 2006) dan tidak adanya efek samping gas beracun (Blais dkk, 2006). Proses adsorpsi diharapkan dapat menyisihkan ion-ion logam berat pada larutan.

METODOLOGI

Bahan-bahan yang digunakan dalam penelitian ini adalah : Air gambut berasal dari jalan Kesadaran Parit Indah, Kelurahan Tangkerang Labuai, Kecamatan Bukit Raya, Kota Pekanbaru; Limbah kulit singkong; aktivator NaOH 0,1 N, aquades.

A. Variabel Penelitian

Variabel Tetap

Variabel tetap yang digunakan dalam penelitian ini adalah kecepatan pengadukan 100 rpm dan waktu kontak 60 menit.

Variabel Berubah

Variabel berubah yang digunakan dalam penelitian ini yaitu :

a. Massa adsorben 0,5; 1; 1,5 dan 2 gram.
b. Ukuran partikel adsorben -50+100; -100+170 dan -170 mesh.

B. Prosedur Penelitian

Preparasi Kulit Singkong

Kulit singkong dijemur dibawah sinar matahari selama 5 hari. Setelah kering dipotong kecil-kecil (1-2 cm).

Proses Karbonisasi

Proses karbonisasi dilakukan menggunakan furnance yang dipanaskan dengan suhu 300°C selama 2 jam (Ikawati dan Melati, 2010). Kemudian arang didinginkan dalam desikator, setelah dingin arang digerus halus dan diayak dengan ukuran -50+100; -100+170 dan -170 mesh.

Proses Aktivasi

Arang yang telah diayak kemudian diaktivasi dengan cara direndam dengan NaOH 0,1 N selama 22 jam (Utomo, 2014). Setelah itu disaring dengan kertas saring untuk memisahkan endapan dengan larutannya, kemudian arang yang disaring dicuci dengan aquades agar pH menjadi netral lalu dipanaskan dengan oven pada suhu 105°C selama 4 jam kemudian didinginkan didalam desikator.

Pengujian karakterisasi Adsorben kulit singkong (SII No. 0258-88)

1. Kadar Air

Sebanyak 1 gram arang aktif dimasukkan kedalam cawan yang telah diketahui beratnya, kemudian dimasukkan kedalam oven pada suhu 105°C selama 1 jam. Selanjutnya didinginkan dalam desikator dan ditimbang beratnya.

2. Kadar Abu *(Ash Content)*

Sebanyak 1 gram arang aktif dimasukkan ke dalam cawan yang telah diketahui beratnya. Kemudian dumasukkan ke dalam furnance dan dibakar pada suhu 800°C selama 2 jam. Setelah itu di dinginkan di dalam desikator dan ditimbang beratnya.

3. Kadar Zat Terbang *(Volatile Matter)*

Sebanyak 1 gram arang aktif dimasukkan ke dalam cawan yang telah diketahui beratnya. Kemudian dimasukkan ke dalam furnace dan dipanaskan pada suhu 950°C, setelah suhu tercapai selanjutnya didinginkan dalam desikator kemudian ditimbang beratnya

4. Kadar Karbon (Fixed Carbon)

Penetapan kadar karbon pada arang aktif tidak dilaksanakan secara langsung tetapi didapat dari hasil perhitungan secara tidak langsung.

Proses Adsorpsi

Adsorben kulit singkong yang telah digerus halus dengan ukuran -50+100; -100+170 dan -170 mesh ditimbang masing-masing 0,5; 1; 1,5 dan 2 gram. Setelah ditimbang, masing-masing dimasukkan kedalam 200 ml air gambut, kemudian dilakukan pengadukan dengan kecepatan 100 rpm selama 60 menit. Kemudian di endapkan 1 hari dan disaring dengan kertas saring. Kemudian dilakukan analisa Fe menggunakan AAS (atomic absorption spectroscopy).

HASIL DAN PEMBAHASAN

Hasil Uji Awal Air Gambut

Adapun hasil uji awal kandungan logam Fe pada air gambut ini dapat dilihat pada Tabel 1 :

Tabel 1. Hasil Analisis Karakteristik Awal Air Gambut

No	Parameter	Hasil Analisa	Satuan	Baku Mutu Air Bersih *)
1.	Besi (Fe)	1,0664	mg/L	1

*) Permenkes No.416/MENKES/PER/IX/1990

Berdasarkan Tabel 1 menunjukkan bahwa hasil uji karakteristik air gambut menunjukkan nilai Fe yang diizinkan adalah 1,0 mg/l sedangkan nilai Fe pada air gambut melebihi baku mutu dengan nilai 1,0664 mg/l. Oleh karena itu, perlu dilakukan pengolahan lebih lanjut agar air gambut tersebut memenuhi standar baku mutu air bersih yang telah ditetapkan.

Karakterisasi Arang Aktif

Karakterisasi arang aktif kulit singkong dilakukan meliputi kadar air, kadar abu, kadar volatile dan fixed karbon menurut SII No. 0258-88 yang disajikan pada Tabel 2

Tabel 2. Hasil Uji Karakterisasi Arang Aktif Kulit Singkong

Ukuran Partikel (Mesh)	Kadar Air (%)	Kadar Abu (%)	Kadar *Volatile* (%)	*Fixed Carbon* (%)
-50+100	1,6	4,80	6,4	88,78
-100+170	1,4	2,82	2,51	94,67
-170	1,27	2,63	2,10	95,27
SII No. 0258-88	Max 15%	Max 10%	Max 25%	Min 65%

Kadar Air

Nilai kadar air arang aktif yang dihasilkan berkisar 1,27% sampai 1,60% dan telah memenuhi persyaratan SII No. 0258-88, yaitu kurang dari 15%. Rendahnya kadar air ini menunjukkan bahwa molekul air yang terdapat dalam arang aktif kulit singkong telah berkurang karena menguap pada saat proses karbonisasi. Selain itu, rendahnya kadar air juga dipengaruhi oleh proses aktivasi dengan NaOH. Menurut Artiyani dkk (2017) NaOH memiliki sifat higroskopis yang dapat menyerap kandungan air. Terikatnya molekul air yang ada pada arang aktif oleh aktivator NaOH menyebabkan pori-pori pada arang aktif semakin besar. Semakin besar pori-pori maka luas permukaan arang aktif semakin bertambah. Bertambahnya luas permukaan ini mengakibatkan semakin meningkatnya kemampuan adsorpsi dari arang aktif dan semakin baik kualitas arang aktif tersebut (Ikawati dan Melati, 2010).

Kadar Abu

Nilai kadar abu yang diperoleh berturut-turut berdasarkan variasi ukuran partikel 4,80 %, 2,82 % dan 2,63 %. Kadar abu sudah memenuhi syarat karbon aktif menurut SII No. 0258-88 bahwa kandungan abu yang di izinkan untuk arang aktif adalah max 10 %. Kadar abu terbaik diperoleh pada ukuran partikel -170 mesh sebesar 2,63 %. Kadar abu yang rendah mengindikasikan bahwa oksida mineral seperti Na, K, Mg dan Ca yang tersisa pada arang aktif jumlahnya sangat sedikit. Keberadaan abu yang berlebihan dapat menyebabkan terjadinya penyumbatan pori-pori karbon aktif, sehingga luas permukaan karbon aktif menjadi berkurang sehingga mempengaruhi proses adsorpsi (Maulinda, 2015).

Kadar Zat Menguap

Nilai kadar zat menguap yang diperoleh pada penelitian ini telah sesuai dengan SII No. 0258-88 yaitu kurang dari 25%. Nilai terendah diperoleh pada ukuran partikel -170 mesh sebesar 2,10%. Hal ini menunjukkan senyawa non karbon seperti H dan O yang terikat kuat pada atom C sudah menguap pada suhu 950°C (Ikawati dan Melati, 2010).

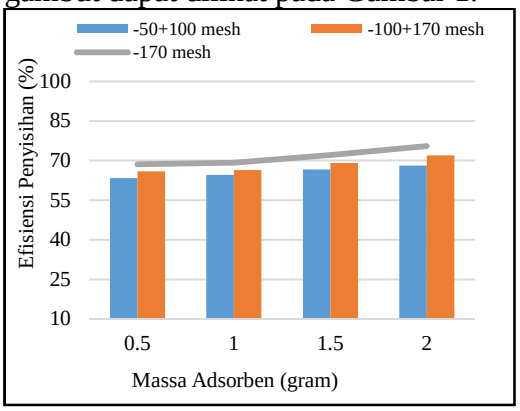
Fixed Carbon

Nilai kadar abu dan kadar zat yang menguap pada arang aktif kulit singkong telah memenuhi persyaratan SII No. 0258-88 dengan nilai yang rendah sehingga kadar karbon terikat

(fixed karbon) yang diperoleh cukup tinggi yaitu sebesar 95,27% pada ukuran partikel -170 mesh. Kadar karbon terikat (*fixed karbon*) dipengaruhi oleh kadar abu dan kadar zat menguap setiap sampel. Semakin tinggi kadar abu dan kadar zat menguap maka kadar karbon terikat akan semakin rendah. Apabila proses karbonisasi berjalan sempurna maka bahan baku arang akan menguapkan zat ekstraktif sebanyak-banyaknya sehingga kadar zat mudah menguap yang tertinggal sedikit dan akibatnya kadar karbon yang terikat akan meningkat (Amin, 2016).

Pengaruh Massa Adsorben Terhadap Efisiensi Penyisihan Fe

Hasil analisa pengaruh massa adsorben kulit singkong terhadap efisiensi penyisihan Fe pada air gambut dapat dilihat pada Gambar 1.

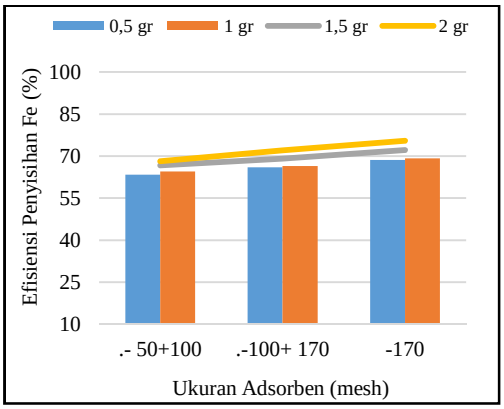


Gambar 1 Pengaruh Massa Adsorben Terhadap Efisiensi Penyisihan Logam Fe pada Air Gambut

Berdasarkan gambar 1 dapat dilihat bahwa massa adsorben yang digunakan berpengaruh terhadap efisiensi penyisihan Fe pada air gambut. Hasil analisa pada penelitian ini berdasarkan variasi massa adsorben kulit singkong menunjukkan bahwa efisiensi penyisihan logam Fe tertinggi dicapai pada massa 2 gram dengan efisiensi penyisihan logam Fe 75,46%. Bertambahnya jumlah adsorben kulit singkong sebanding dengan bertambahnya jumlah partikel dan luas permukaan adsorben kulit singkong sehingga menyebabkan jumlah tempat mengikat ion logam juga bertambah dan efisiensi penyisihan pun meningkat. Pernyataan tersebut sejalan dengan penelitian Sya'ban (2010) menggunakan adsorben tempurung kelapa dalam menurunkan logam Fe dengan variasi massa 0,1; 0,2; 0,3; 0,4 dan 0,5 gram. Hasil terbaik didapatkan pada massa 0,5 gram dengan efisiensi 41,6%. Jika dibandingkan dengan hasil penelitian ini menggunakan adsorben kulit singkong dengan variasi massa 0,5; 1; 1,5 dan 2 gram dan didapatkan massa terbaik pada massa 2 gram dengan efisiensi penyerapan Fe sebesar 75,46%. Efisiensi penyisihan logam Fe oleh adsorben kulit singkong lebih tinggi jika dibandingkan dengan adsorben tempurung kelapa karena massa yang digunakan oleh adsorben kulit singkong lebih besar, sehingga lebih banyak menyerap logam Fe.

Pengaruh Ukuran Partikel Adsorben Kulit Singkong Terhadap Efisiensi Penyisihan Fe

Pengaruh ukuran partikel terhadap efisiensi penyisihan Fe pada air gambut dapat dilihat pada Gambar 3.

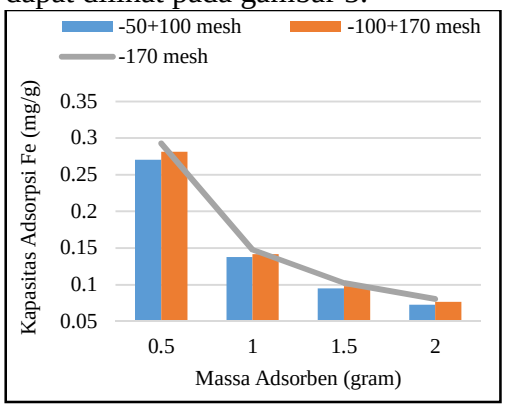


Gambar 3 Pengaruh Ukuran Partikel Adsorben terhadap Efisiensi Penurunan Fe Pada Air Gambut

Dilihat pada gambar 3 bahwa efisiensi penyisihan logam Fe terendah adalah pada ukuran partikel -50+100 mesh dan efisiensi logam Fe tertinggi pada ukuran partikel -170 mesh. Hal ini disebabkan semakin halus ukuran partikel adsorben, efisiensi penyisihan semakin meningkat. Menurut Handiyatmo (1999), semakin kecil ukuran partikel adsorben maka semakin banyak adsorbat yang terserap. Hal ini disebabkan karena ukuran partikel yang kecil mempunyai tenaga inter molekuler yang lebih besar sehingga penyerapannya menjadi lebih baik. Pernyataan tersebut sejalan dengan penelitian Siregar (2017) menggunakan adsorben limbah *biosolid* IPAL PKS dengan variasi ukuran partikel 100 dan 120 mesh dalam menyisihkan kadar logam Fe. Hasil terbaik yang didapatkan pada ukuran partikel 120 mesh dengan efisiensi penyisihan Fe sebesar 55,87%. Sedangkan penelitian ini menggunakan adsorben kulit singkong dengan variasi ukuran partikel -50+100; -100+170 dan -170 mesh. Hasil terbaik yang didapatkan pada ukuran partikel -170 mesh dengan efisiensi penyisihan Fe sebesar 75,46%. Dari variasi ukuran partikel kedua adsorben tersebut, yang paling tinggi dalam menyisihkan logam Fe adalah ukuran partikel -170 mesh dari adsorben kulit singkong. Hal ini karena semakin tinggi ukuran mesh, ukuran partikelnya semakin halus sehingga luas permukaan karbon aktif semakin besar, dengan demikian semakin banyak jumlah bagian aktif yang tersedia sehingga menyebabkan semakin banyak partikel adsorbat yang dapat diserap.

Kapasitas Adsorpsi Logam Fe

Hasil penentuan kapasitas adsorpsi variasi massa adsorben dan ukuran partikel adsorben untuk logam Fe dapat dilihat pada gambar 5.



Gambar 5 Perbandingan kapasitas adsorpsi variasi massa dan ukuran partikel untuk logam Fe

Berdasarkan Gambar 5, kapasitas adsorpsi Fe tertinggi dicapai pada massa adsorben 0,5 gram dengan ukuran partikel -170 mesh sebesar 0,2928 mg Fe/gram adsorben dan kapasitas adsorpsi Fe terendah dicapai

massa adsorben kulit singkong 2 gram dengan ukuran partikel -50+100 mesh sebesar 0,0726 mg Fe/gram. Dilihat dari hasil analisa ini, penggunaan massa adsorben berpengaruh terhadap kapasitas adsorpsi. Semakin tinggi massa adsorben kapasitas adsorpsinya akan semakin menurun. Penurunan kapasitas adsorpsi disebabkan oleh adanya sisi aktif adsorben yang belum semuanya berikatan dengan adsorbat. Istighfarini (2017) juga mengatakan hal yang sama, dengan menggunakan adsorben sabut kelapa didapatkan hasil semakin besar massa adsorben sabut kelapa yang digunakan maka kapasitas adsorpsi logam Fe akan semakin menurun. Kapasitas adsorpsi juga dipengaruhi oleh ukuran partikel adsorben. Berdasarkan hasil penelitian, dapat diketahui bahwa ukuran partikel paling halus yaitu -170 mesh memiliki kapasitas adsorpsi yang paling baik dibandingkan dengan ukuran partikel yang kasar yaitu -50+100 mesh. Hal ini menyangkut luas permukaan adsorben yang tersedia untuk dapat menyerap adsorbat pada sampel air gambut. Hal ini diperkuat oleh Sukir (2008) yang mengatakan bahwa semakin tinggi ukuran mesh karbon, kapasitas adsorpsinya semakin besar karena semakin tinggi ukuran mesh, ukuran partikelnya semakin halus sehingga luas permukaan karbon aktifnya semakin besar, dengan demikian semakin banyak jumlah bagian aktif yang tersedia menyebabkan semakin banyak partikel adsorbat yang dapat diserap.

Penentuan Jenis Isotherm Adsorpsi Logam Fe yang sesuai

Penentuan jenis isotherm adsorpsi oleh adsorben kulit singkong tipe Langmuir dan freundlich dapat dilihat pada Tabel 3.

Tabel 3 Perbandingan Persamaan Garis pada Variasi Massa untuk logam Fe

Isoterm Langmuir				**Isoterm Freundlich**			
Persamaan Garis	**a**	**b**	**R^2**	**Persamaan Garis**	**k**	**n**	**R^2**
y = -4,893 + 1,9685	93.0036	-0,2043	0,778	y = 2,3278 + 0,953	8,974	0,4295	0,9508

Berdasarkan Tabel 3 dapat dilihat bahwa pengujian data-data menggunakan isoterm Langmuir dan Freundlich menunjukkan nilai R^2 yang baik. Jenis isoterm adsorpsi oleh adsorben kulit singkong pada logam Fe cenderung mengikuti jenis isoterm Freundlich daripada langmuir, hal ini dapat dilihat dari nilai R^2 untuk logam Fe yaitu 0,9508 yang paling mendekati angka 1. Pada isoterm Freundlich, adsorpsi yang terjadi secara fisik dan membentuk lebih dari satu lapisan (*multilayer*). Pada

adsorpsi fisik adsorbat tidak terikat kuat pada permukaan adsorben sehingga adsorbat dapat bergerak dari suatu bagian permukaan ke permuakaan yang lain, dan pada permukaan yang ditinggalkan oleh adsorbat dapat digantikan oleh adsorbat yang lainnya. Adsorpsi fisik ini terjadi karena adanya gaya Van Der Waals yaitu gaya tarik menarik yang lemah antara adsorbat dengan permukaan adsorben (Jasmal, 2015).

Kesimpulan

1. Efisiensi penyisihan logam Fe pada air gambut yang tertinggi yaitu pada massa adsorben 2 gram dan ukuran partikel -170 mesh dengan efisiensi penyisihan Fe sebesar 75,46%.
2. Nilai kapasitas adsorpsi tertinggi oleh adsorben kulit singkong terhadap logam Fe 0,2928 mg Fe/gram yang dicapai pada massa adsorben 0,5 gram dan ukuran partikel -170 mesh.
3. Adsorpsi logam Fe oleh adsorben kulit singkong mengikuti isoterm Freundlich dengan nilai R^2 yaitu 0,9508. Jenis isoterm Freundlich adalah adsorpsi yang terjadi secara fisik dan membentuk lebih dari satu lapisan (*multilayer*).

Saran

Pada penelitian lanjutan diperlukan variasi waktu kontak untuk mengetahui waktu kesetimbangan serta dilakukan adsorpsi menggunakan adsorben kulit singkong terhadap adsorbat lainnya.

Daftar Pustaka

Ahayla, N., Ramachandra T.V dan Kanamadi R.D. 2005. Biosorption of Chromium (VI) from Aqueous Solution by The Husk of Bengal Gram (Cicer Arientinum). *Electronic Journal of biotechnology. Vol 8, No. 3.*

Amin, A., Sitorus, S., dan Yusuf, B. 2016. Pemanfaatan Limbah Tongkol Jagung (*Zea Mays L*) Sebagai Arang Aktif Dalam Menurunkan Kadar Amonia, Nitrit Dan Nitrat Pada Limbah Cair Industri Tahu Menggunakan Teknik Celup. *Jurnal Kimia Mulawarman Volume 13 Nomor 2 Mei 2016.*

Artiyani, A. 2011. Bioetanol dari Limbah Kulit Singkong Melalui Proses Hidrolisis dan Fermentasi dengan Saccaromyec Cerevisiae. *Tesis*. Institut Teknologi Sepuluh Nopember, Surabaya.

Azamia, M. 2012. Pengolahan Limbah Cair Laboratorium Kimia Dalam Penurunan Kadar Organik Serta Logam Berat Fe, Mn, Cr Dengan Metode Koagulasi Dan Adsorpsi. *Skripsi*. Universitas Indonesia.

Blais, J.F., B. Dufresne., and G. Mercier. 2000. *State of The Art of Technologies for Metal Removal From Industrial Effluents*. Rev. Sci. Eau. 12(4): 687- 711.

Buhani, Suharso, and Sumadi. 2010. *Adsorption Kinetics and Isotherm of Cd (II) Ion on*

Nannochloropsis sp Biomass Imprinted Ionic Polymer. Desalination. 259:140-146.

Cahyono, A.D., Tuhu, A.R. 2015. Pemanfaatan Fly Ash Batubara Sebagai Adsorben Dalam Penyisihan COD Dari Air Limbah Cair Domestik Rumah Susun Wonorejo Surbaya. *Jurnal Ilmiah Teknik Lingkungan Vol. 4 No.1*

Deny, Y.A., dan Lestari, Y.D. 2015. Potensi Kulit Salak (*Salacca Zalacca*) Sebagai Adsorben Zat Warna Remazol. *Jurnal Ilmiah Vol. IV, Nomor 07, Tahun 2015*.

Gin, W.A., Jimoh, A., and Valsamidou, E. 2011. Removal of Nickel, Copper, Zinc and Chromium from Syntethic and Industrial Wastewater by Electrocoagulation. *International Journal of Environmental Sciences, Volume 1 No 5*. Yunani: Technological Education Isntitute TEI of Kavala.

Gupta, S.S., and K.G. Bhattacharyya. 2006. Adsorption of Ni(II) on Clay. *Journal Chemist Science. 295: 21-32.*

Handiyatmo.E.T., 1999. *Adsorpsi Polutan Komponen Ganda Senyawa Fenol (2,4 DCP dan Fenol) Dengan Zeolit*. Jurusan Teknik Kimia Fakultas Teknik Universitas Gadjah Mada, Yogyakarta.

Ikawati dan Melati. 2010. Pembuatan Karbon Aktif Dari Limbah Kulit Singkong UKM Tapiok a Kabupaten Pati. *Skripsi.* Jurusan Teknik Kimia. Universitas Diponegoro, Semarang.

Isa, I. 2007. Pelatihan Pembuatan Arang Aktif Pada Masyarakat di Desa Batulayar Kecamatan Bongomeme Kabupaten Gorontalo. Laporan PPM UNG.

Istighfarini, S.A.E. 2017. Pengaruh Massa dan Ukuran Partikel Adsorben Sabut Kelapa Terhadap Efisiensi Penyisihan Fe Pada Air Gambut. *Skripsi.* Program Studi Teknik Lingkungan, Fakultas Teknik. Universitas Riau, Pekanbaru.

Jasmal., Sulfikar. dan Ramlawati. 2015. Kapasitas Adsorpsi Arang Aktif Ijuk Pohon Aren (Arenga pinnata) terhadap Pb^{2+}. *Vol.IV No 1. Maret 2015, Hal. 57-66.* Semarang.

Maulinda, L., Nasrul, ZA., dan Dara, N.S. Pemanfaatan Kulit Singkong Sebagai Bahan Baku Karbon Aktif. *Jurnal Teknologi Kimia Unimal 4:2 November (2015) 11-19.*

Manocha, S.M. 2003. *Porous Carbons. Sadhana volume 28 part 1 & 2 pp 335-348*. India.

Rajagukguk, F. H. 2011. Efektivitas Karbon Aktif Kulit Singkong Untuk Menurunkan Kadar Biological Oksigen Demand (BOD) dan Total Suspended Solid (TSS) Air Limbah Pabrik Tepung Tapioka. *Skripsi.* Fakultas Kesehatan Masyarakat, Universitas Sumatera Utara, Medan.

Sukir. 2008. Pembuatan Dan Karakterisasi Karbon Aktif Dari

Sekam Padi. *Tesis.* Institut Teknologi Bandung.

Utomo, S. 2014. Pengaruh Aktivasi dan Ukuran Partikel Terhadap Daya Serap Karbon Aktif dari Kulit Singkong dengan Aktivator NaOH. *Jurnal Seminar Nasional Sains dan Teknologi , 14 November 2014.* Jakarta.