

PENGARUH MASSA ADSORBEN DAN LAJU PENGADUKAN TERHADAP PENYISIHAN FE, WARNA DAN PH AIR GAMBUT SECARA ADSORPSI DENGAN ADSORBEN CANGKANG BUAH KARET

Sesvi Bonita.B¹⁾, Edward HS²⁾, Syarfi Daud²⁾

¹⁾Mahasiswa Prodi Teknik Lingkungan ²⁾Dosen Teknik Lingkungan
Laboratorium Pengendalian dan Pencegahan Pencemaran Lingkungan
Program Studi Teknik Lingkungan S1, Fakultas Teknik Universitas Riau
Kampus Bina Widya Jl. HR. Soebrantas Km 12,5 Simpang Baru, Pekanbaru, 28293
Email: sesvibonita26@gmail.com

ABSTRACT

Water sources in peaty areas or swampy areas are generally shallow with brown water, high levels of humic acid, organic matter and iron. Rubber fruit shell is one of the organic wastes that has the potential to be used as an adsorbent because it contains quite a lot of lignin. This study aims to determine the effect of adsorbent mass and stirring rate in the adsorption process using rubber fruit shell adsorbents in peat water treatment. In peat water treatment the independent variables used in this study were the adsorbent mass of 5.5, 6.5 and 7.5 grams in 1000 ml and stirring speed of 90, 100, 110 and 120 rpm. The highest removal efficiency of Fe metal in peat water was 73.91%, with adsorbent mass of 6.5 grams and stirring speed of 90 rpm. The highest color removal efficiency was 64.87%, at a mass of 5.5 grams with a speed of 100 rpm, while for pH obtained a pH of 7.0, at a mass of 5.5 grams with a stirring speed of 90 rpm. The adsorption capacity for Fe metal was achieved at an adsorbent mass of 5.5 grams with a stirring speed of 120 rpm of 0.1732 mg/gr and the adsorption capacity for color was achieved at an adsorbent mass of 5.5 grams with the highest stirring speed of 100 rpm of 103.09 mg/gr. The equation of the selected Fe adsorption isotherm is the Langmuir isotherm with an R^2 value of 0.9998.

Keywords: rubber fruit shell, Adsorption, Peat Water, Adsorption Capacity

1. PENDAHULUAN

Gambut terbentuk dari timbunan sisa-sisa tanaman yang telah mati, baik yang sudah lapuk maupun belum. Timbunan terus bertambah karena proses dekomposisi terhambat oleh kondisi anaerob dan/atau kondisi lingkungan lainnya yang menyebabkan rendahnya tingkat perkembangan biota pengurai. Pembentukan tanah gambut merupakan proses geogenik yaitu pembentukan tanah yang disebabkan oleh proses deposisi dan transportasi, berbeda dengan proses pembentukan tanah mineral yang pada umumnya merupakan proses pedogenik (Hardjowigeno, 1986 dalam Agus dan Subiksa, 2008).

Sumber air di daerah bergambut atau daerah rawa umumnya dangkal dengan air berwarna cokelat, berkadar asam humus, zat organik dan besi yang tinggi (Zainuddin, 2013). Jenis air pada daerah seperti ini

disebut dengan air gambut. Warna pada air gambut berasal dari senyawa organik dan kadar logam yang ada. Jumlah air gambut yang dominan seharusnya dapat dijadikan sebagai salah satu alternatif sumber air bersih bagi masyarakat (Kusnaedi, 2006).

Besi (Fe) merupakan jenis logam pengotor yang terdapat dalam air gambut. Kandungan logam Fe dalam air dapat mengganggu aktivitas sehari-hari. Logam ini memberikan warna dan bau pada air sehingga merusak estetika. Logam Fe menyebabkan air berwarna kemerahan. Tubuh manusia sendiri membutuhkan zat besi yang bisa diperoleh dari air yang dikonsumsi. Namun, jika besi dikonsumsi secara terus menerus logam ini akan terakumulasi dan bersifat toksik bagi tubuh (Nainggolan, 2011). Air gambut dapat menjadi alternatif air bersih untuk kebutuhan rumah tangga. Air gambut juga dapat

menjadi sumber gangguan kesehatan bila tidak dikelola dan digunakan secara tepat, walaupun diakui sulit untuk mengukur dampak tersebut secara langsung. Untuk itu perlu dilakukan penelitian dan pengamatan yang terus menerus terhadap kualitas dan penggunaan air gambut serta penyakit-penyakit yang berkaitan dengan air gambut terutama penyakit kulit (Djuhariningrum.T, 2008).

Daerah yang terkena krisis sumber air bersih rentan terhadap penyakit kulit menular seperti gatal-gatal. Penyakit gatal-gatal dikarenakan minimnya pasokan sumber air bersih yang dimiliki yang hanya cukup untuk kebutuhan dapur saja (Hilda, 2011).

Salah satu cara untuk mereduksi kandungan logam Fe dalam air adalah dengan proses adsorpsi. Proses ini menggunakan bahan penyerap (adsorben) untuk menyerap logam dan zat pengotor lainnya. Bahan baku yang dapat dibuat menjadi karbon aktif adalah semua bahan yang mengandung lignin selulosa (lignin dan selulosa), baik yang berasal dari tumbuh-tumbuhan maupun dari binatang (Meilita dan Tuti, 2003). Adsorben yang harus dipilih adalah adsorben yang memiliki luas permukaan dan volume pori yang besar (Asih dkk, 2014).

Perkebunan karet di Indonesia sebagian besar dimiliki dan dikelola oleh masyarakat, tetapi yang dimanfaatkan hanyalah lateks saja sedangkan bagian lainnya tidak. Pengolahan bagian lain dari pohon karet yang belum dimanfaatkan seperti cangkang buah karet. Diketahui bahwa cangkang buah karet belum termanfaatkan secara optimal bahkan menjadi suatu limbah yang tidak memiliki nilai jual. Padahal bahan tersebut memiliki potensi untuk diolah menjadi produk yang lebih bermanfaat dan bernilai jual, misalnya sebagai bahan baku dalam pembuatan karbon aktif. Selain itu, karbon aktif dapat dibuat dari hampir semua bahan yang mengandung karbon. Salah satunya adalah dari tumbuhan, khususnya tumbuhan yang mengandung lignin atau zat kayu seperti batang pohon atau bagian tumbuhan yang lain yang mengandung lignin.

Secara fisik, cangkang buah karet memiliki ciri sebagai tumbuhan yang berlignin. Konstruksi cangkang yang keras mengindikasikan bahwa cangkang buah karet ini mengandung senyawa aktif berupa lignin. Selain pemanfaatannya yang masih kurang optimal, jika dibandingkan dengan buah lainnya bagian cangkang termasuk bagian yang mengandung lignin yang cukup banyak, sehingga bagian ini cukup potensial untuk diolah menjadi produk karbon aktif yang sangat bermanfaat dan bernilai jual yang tinggi.

2. METODE PENELITIAN

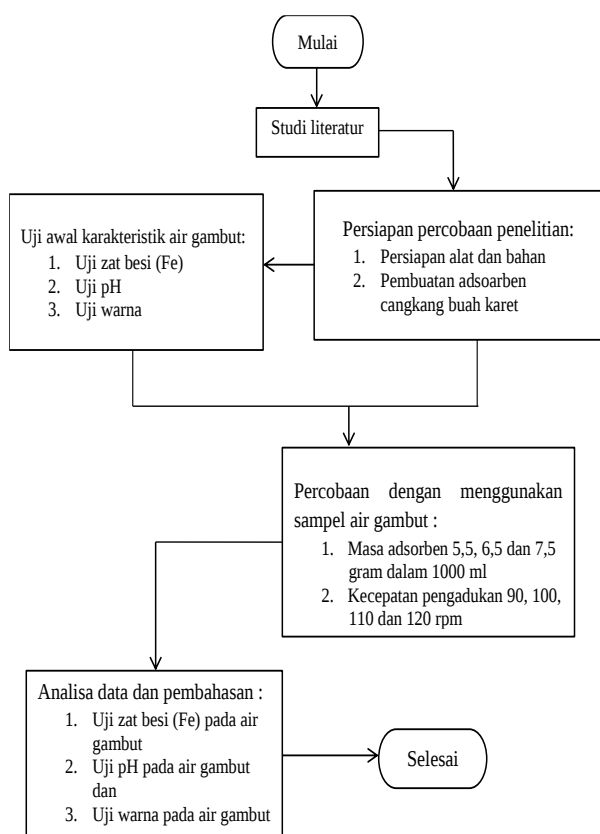
2.1 Alat dan Bahan

Peralatan yang digunakan dalam penelitian ini adalah *timbangan analitik, furnace, jar test, ayakan 120 mesh, gelas kimia, gelas ukur, lumpang, cawan porselin, desikator, corong, pipet tetes, batang pengaduk, aluminium foil, kertas saring whatman, colorimeter, pH meter dan AAS (atomic absorption spectroscopy)*.

Bahan yang digunakan pada penelitian ini adalah cangkang buah karet sebagai adsorben, asam fosfat (H_3PO_4) sebagai aktivasi dan aquades (H_2O). Sampel air gambut berasal dari Kualu, Kecamatan Tambang, Kabupaten Kampar, Riau.

2.2 Prosedur Penelitian

Untuk memudahkan prosedur penelitian, maka dibuat diagram alir penelitian terlebih dahulu. Diagram alir penelitian ini dapat dilihat pada Gambar 2.1



Gambar 2.1 Diagram alir penelitian

3. Hasil dan Pembahasan

3.1 Hasil Uji Karakteristik Awal Air Gambut

Air gambut yang digunakan pada penelitian ini yang berasal dari Kualu, Kecamatan Tambang, Kabupaten Kampar, Riau. ini memiliki karakteristik yang dapat dilihat pada Tabel 3.1 dibawah ini :

Tabel 3.1 Karakteristik Uji Awal Air Gambut

Parameter	Satuan	Penelitian ini*)	Syarat Air Bersih**)
Besi	Mg/L	1,3236	1
Warna	PtCO	874	50
pH	-	4,7	6,5-8,5

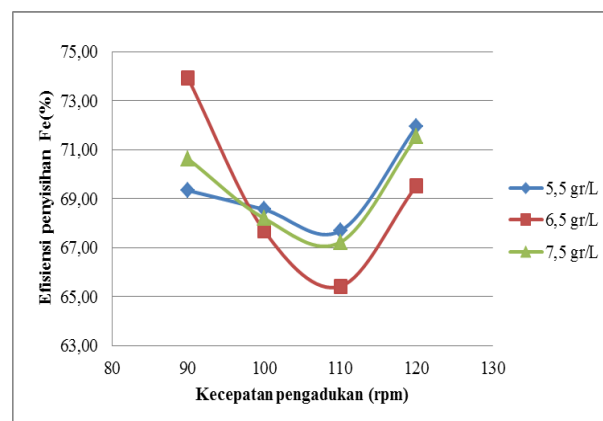
Sumber:*)Hasil Uji UPT Pengujian Bahan Konstruksi, Dinas Pekerjaan Umum dan Tata Ruang, Pekanbaru (2021).

**)Berdasarkan Permenkes RI No.32 /MENKES/PER/2017

Berdasarkan tabel diatas (3.1) menunjukkan konsentrasi logam besi (Fe), warna, dan pH melebihi ambang batas standar untuk keperluan air bersih menurut Peraturan Menteri Kesehatan Nomor 32 Tahun 2017, maka perlu dilakukan pengolahan lebih lanjut.

3.2 Pengaruh Massa Adsorben dan Kecepatan Pengadukan Terhadap Efisiensi Penyisihan Logam Fe

Penggunaan massa adsorben dalam jumlah yang tepat akan mempengaruhi efisiensi penyisihan logam Fe. Hasil analisa Pengaruh massa adsorben dan terhadap efisiensi penyisihan logam Fe dapat dilihat pada Gambar 3.1 berikut :



Gambar 3.1 Pengaruh Massa dan Laju Pengadukan Adsorben Terhadap Penyisihan Logam Fe

Berdasarkan Gambar 3.1 di atas dapat dilihat bahwa massa adsorben dan kecepatan pengadukan yang digunakan berpengaruh terhadap efisiensi penyisihan Fe pada air gambut. Efisiensi penyisihan Fe tertinggi sebesar 73,91% dengan konsentrasi sebesar 0,3453 mg/L. Kosentrasi dari penyisihan logam Fe ini telah memenuhi bahu mutu air bersih dengan batas maksimum sebesar 1 mg/L. Penambahan massa adsorben cangkang buah karet tertinggi didapatkan pada massa 6,5 gram dengan kecepatan pengadukan 90 rpm. Penelitian sebelumnya, Siti, dkk (2019) didapatkan efisiensi terhadap logam besi (III) sebesar 59% dengan waktu kontak 90 menit dan ukuran partikel 120 mesh.

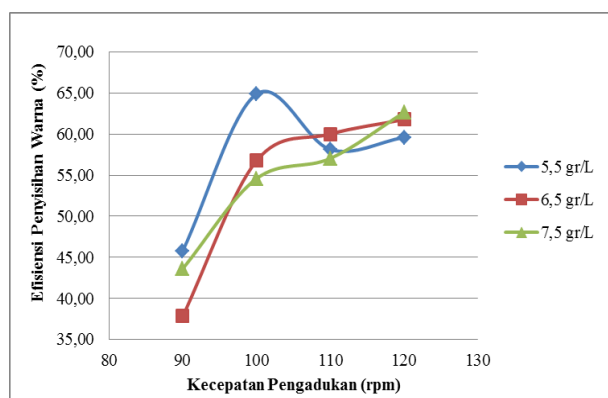
Umumnya dengan penambahan dosis adsorben maka jumlah situs aktif adsorpsi akan meningkat. Akan tetapi, jika penambahan adsorben terus dilakukan di atas jumlah optimal, situs yang aktif dapat menutup situs yang aktif satu sama lain (Tesyafe, et al., 2014), memungkinkan terjadinya tumpang tindih situs adsorpsi karena kepadatan adsorben yang berlebihan.

Sehingga konsentrasi ion yang telah terikat pada permukaan adsorben akan teradsorpsi kembali ke larutan (Tumin, N., et al. 2008).

Kecepatan pengadukan juga berpengaruh terhadap efisiensi penyisihan logam Fe. Efisiensi penyisihan logam Fe yang tertinggi didapatkan pada kecepatan pengadukan 90 rpm. Penambahan kecepatan pengadukan di 110 rpm mengalami penurunan efisiensi dikarenakan kecepatan terlalu cepat, namun dengan ditambahnya kecepatan dari 110 rpm ke 120 rpm efisiensi naik kembali. Sehingga dapat disimpulkan bahwa kecepatan pengadukan menentukan kontak antara adsorben dan adsorbat.

3.3 Pengaruh Massa Adsorben dan Kecepatan Pengadukan Terhadap Efisiensi Penyisihan Warna

Tingginya konsentrasi zat warna pada air gambut disebabkan karena adanya zat organik terlarut yang menyebabkan air berwarna dan bersifat asam. Berikut hasil analisa pengaruh massa adsorben terhadap efisiensi penyisihan warna.



Gambar 3.2 Pengaruh Massa dan Laju pengadukan Terhadap Penyisihan Warna

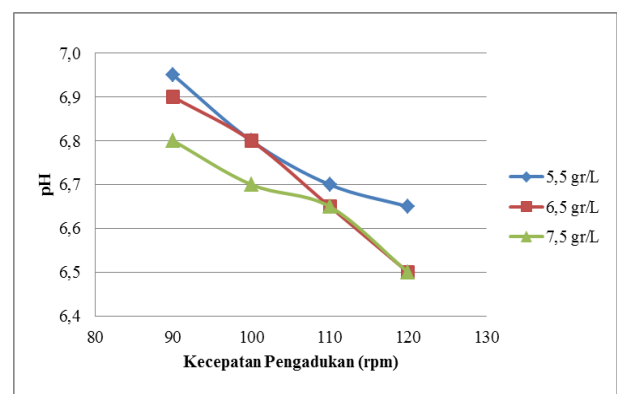
Berdasarkan Gambar 4.2 dapat dilihat bahwa adanya tren kenaikan efisiensi terhadap penyisihan warna. Efisiensi penyisihan warna dicapai sebesar 64,87% dengan konsentrasi warna 307 PtCo. Konsentrasi dari penyisihan warna ini belum memenuhi baku mutu air bersih dengan batas maksimum sebesar 50 PtCo. Efisiensi tertinggi didapatkan pada massa 5,5 gram dengan kecepatan pengadukan 100 rpm. Banyaknya massa adsorben mempengaruhi proses adsorpsi, dimana pada variasi massa

yang tinggi terdapat interferensi (gangguan) diantara ruang pengikatan akibat penggumpalan adsorben sehingga mengakibatkan permukaan aktif adsorben tidak seluruhnya terbuka untuk menyerap warna sehingga proses penyerapan tidak efektif.

Kecepatan pengadukan terhadap penyisihan warna cenderung meningkat seiring meningkatnya kecepatan pengadukan. Efisiensi kecepatan pengadukan tertinggi yang didapatkan yaitu 100 rpm, dikarenakan terlalu cepat pengadukan sehingga tidak bisa mengikat zat warna secara efektif. Terlalu cepatnya pengadukan membuat adsorben tidak sempat membentuk ikatan yang kuat dengan zat warna (Isna Syauqiah et al.,2011).

3.4 Pengaruh Massa Adsorben dan Kecepatan Pengadukan Terhadap Efisiensi pH

Hasil penelitian dari masing-masing variasi massa adsorben dan kecepatan pengadukan pada yang dilakukan pada air gambut yang dapat dilihat pada gambar 3.3 dibawah ini:



Gambar 3.3 Pengaruh Massa Adsorben dan Kecepatan Pengadukan Terhadap Efisiensi pH

Berdasarkan gambar 4.3 menunjukkan pada massa 5,5 gram didapatkan pH 7,0. Konsentrasi dari penyisihan pH ini telah memenuhi baku mutu air bersih dengan batas maksimum pH sebesar 6,5-8,5. Terlihat massa 6,5 dan 7,5 gram mengalami penurunan, dengan meningkatnya dosis adsorben maka akan meningkat juga efisiensi penyisihan, setelah mencapai maksimum maka akan mengalami penurunan efisiensi (S. Padmavathy K et al., 2016). Hasil penelitian

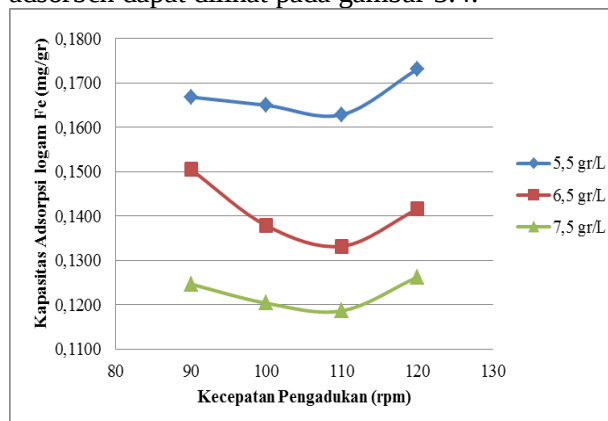
menunjukkan bahwa efisiensi adsorpsi sangat bergantung pada jumlah adsorben yang dimasukkan (Anwar, Jamil., *et al.*, 2010).

Dari gambar menunjukkan kecepatan pengadukan terbaik dicapai pada kecepatan 90 rpm. Sedangkan pada Kecepatan pengadukan diatas 90 rpm mengalami penurunan. Kecepatan pengadukan berpengaruh atas kenaikan efisiensi penyisihan. Semakin besar kecepatan pengadukan maka semakin baik proses adsorpsi yang berlangsung, tetapi pengadukan yang terlalu cepat membuat proses adsorpsi tidak berjalan dengan optimal. Pengadukan yang terlalu cepat akan membuat permukaan adsorben rusak yang disebabkan kecepatan pengadukan, sehingga membuat penyerapan pada permukaan adsorben tidak berjalan dengan optimal. Hal ini disebabkan bahwa salah satu faktor yang mempengaruhi adsorpsi adalah pH, dimana tingkat keasaman adsorbat berpengaruh pada proses adsorpsi, Karena asam organik lebih mudah teradsorpsi pada pH rendah, (Syauqyah dkk, 2011).

3.5 Kapasitas Adsorpsi

3.5.1 Kapasitas Adsorpsi logam Besi (Fe)

Penentuan kapasitas adsorpsi bertujuan untuk mengetahui banyaknya logam Fe yang mampu diserap oleh setiap gram adsorben cangkang buah karet. Hasil penelitian kapasitas adsorpsi variasi massa dan laju pengadukan adsorben dapat dilihat pada gambar 3.4:



Gambar 3.4 Kapasitas Adsorpsi Logam Fe Dari Variasi Massa dan kecepatan

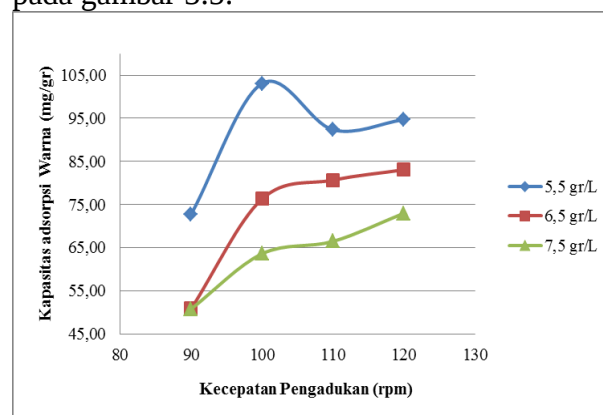
Berdasarkan Gambar 3.4 kapasitas adsorpsi Fe tertinggi dicapai pada massa adsorben 5,5 gram dengan kecepatan pengadukan 120 rpm sebesar 0,1732 mg/gr. Semakin besar jumlah massa adsorben maka kapasitas adsorpsi untuk logam Fe akan

semakin tinggi. Menurut Nurhasni (2012) bertambahnya massa adsorben berarti akan menambah jumlah partikel dan luas permukaan akan semakin besar, sehingga menyebabkan nilai efisiensi penyisihan juga bertambah. Namun dengan bertambahnya nilai efisiensi penyisihan berarti mengakibatkan penurunan kapasitas adsorpsi. Penurunan kapasitas adsorpsi ini akan mengakibatkan desorpsi. Desorpsi adalah kondisi dimana ketika adsorben sudah jenuh atau mendekati jenuh, maka adsorbat yang telah terserap akan terlepas dari adsorben dan kembali menjadi pengotor di sampel, sehingga menurunkan efisiensi penyisihan.

Pada penelitian ini kapasitas adsorpsi juga dipengaruhi oleh kecepatan pengadukan. Semakin cepat pengadukan penyerapan logam Fe semakin meningkat karena pengadukan akan menyebabkan adsorben dapat bercampur lebih cepat sehingga proses adsorpsi berlangsung lebih cepat (Syauqyah dkk, 2011).

3.5.2 Kapasitas Adsorpsi Warna

Penentuan kapasitas adsorpsi bertujuan untuk mengetahui banyaknya warna yang mampu diserap oleh setiap gram adsorben cangkang buah karet. Hasil penelitian kapasitas adsorpsi variasi massa dan laju pengadukan adsorben dapat dilihat pada gambar 3.5:



Gambar 3.5 Kapasitas Adsorpsi Warna Dari Variasi Massa dan kecepatan

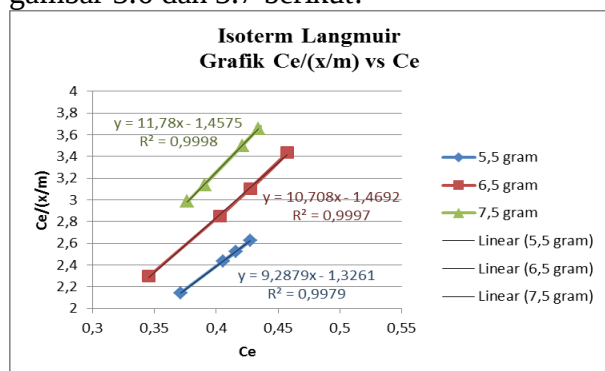
Berdasarkan gambar 4.5 kapasitas adsorpsi tertinggi dicapai pada massa 5,5 gram dengan kecepatan pengadukan 100 rpm sebesar 103,09 mg/g. Semakin banyak massa adsorben maka kapasitas adsorpsi akan semakin tinggi. Hal ini disebabkan oleh

adanya sisi aktif adsorben yang sudah semuanya berikatan dengan adsorbat. Peningkatan kapasitas penyerapan berbanding dengan massa yang digunakan. Akan tetapi, jika penambahan adsorben terus dilakukan di atas jumlah optimal, situs yang aktif dapat menutup situs yang aktif satu sama lain (Tesyafe, et all., 2014).

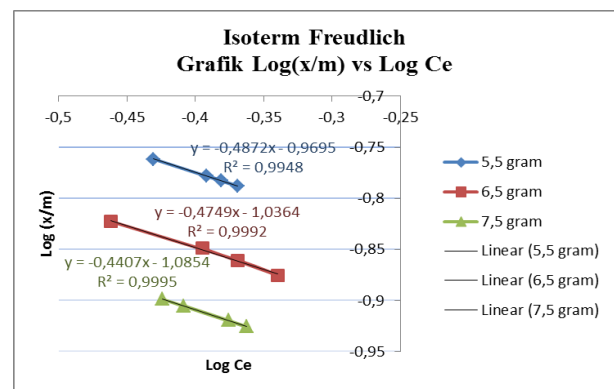
Pada penelitian ini kapasitas adsorpsi juga dipengaruhi oleh kecepatan pengadukan. Pengadukan yang terlalu cepat akan membuat permukaan adsorben rusak yang disebabkan kecepatan pengadukan, sehingga membuat penyerapan pada permukaan adsorben tidak berjalan dengan optimal. Oleh karena itu, dengan kecepatan pengadukan yang tepat akan membuat adsorbat mudah terserap pada permukaan adsorben (Isna dkk, 2011).

3.6 Penentuan Jenis Isoterm freundlich dan Langmuir

Penentuan isoterm adsorpsi dilakukan dengan merubah persamaan isoterm Langmuir dan Freundlich menjadi kurva kesetimbangan garis lurus. Penentuan model kesetimbangan bergantung pada harga koefisien determinan (R^2) dengan harga yang tinggi atau mendekati angka satu. Penentuan jenis isoterm adsorpsi oleh adsorben cangkang buah karet tipe *langmuir* dan *freundlich* dapat dilihat pada gambar 3.6 dan 3.7 berikut:



Gambar 3.6 Kurva perbandingan data untuk logam Fe model Langmuir



Gambar 2. Kurva perbandingan data untuk logam Fe model Freundlich

Tabel 3.2 Perbandingan Persamaan Garis Isoterm *Langmuir* dan *Freundlich* Variasi Massa dan Laju Pengadukan Untuk Logam Fe

Freundlich				Langmuir			
Persamaan garis	K	N	R ²	Persamaan garis	a	B	R ²
$y = -0,4407x - 1,0854$	12,1730	0,4407	0,9995	$y = 11,78x - 1,4575$	0,0848	8,097	0,9998

Pengujian persamaan adsorpsi Freundlich dan Langmuir dibuktikan dengan grafik linearisasi yang baik dan mempunyai harga koefisien determinasi $R^2 \geq 0,9$ (mendekati angka 1). Dari Tabel 4.2 terlihat bahwa persamaan adsorpsi ion logam Fe oleh adsorben memenuhi persamaan adsorpsi Langmuir dengan nilai R^2 0,9998 dan adsorpsi *Freundlich* dengan nilai R^2 0,9995. Hal ini menunjukkan bahwa persamaan *Langmuir* dan *Freundlich* dapat diterapkan pada proses adsorpsi ion logam besi (Fe) oleh cangkang buah karet. Model persamaan Freundlich mengasumsikan bahwa terdapat lebih dari satu lapisan permukaan (*multilayer*) dan sisi bersifat heterogen, yaitu adanya perbedaan energi pengikat pada tiap-tiap sisi dimana proses adsorpsi di tiap-tiap sisi adsorpsi mengikuti isoterm Langmuir. Oleh karena itu penentuan daya adsorpsi maksimum pada proses penyerapan logam Besi (Fe) dihitung dengan menggunakan persamaan adsorpsi Langmuir karena dilakukan terhadap lapisan tunggal (*monolayer*) zat yang teradsorpsi dari ion logam besi (Fe) pada setiap permukaan dalam satuan mg ion logam besi yang teradsorpsi/gram. Hasil perhitungan

menunjukkan bahwa daya adsorpsi maksimum adalah 0,0848 mg/gram.

3.7 Kesimpulan

Pada penelitian ini dapat disimpulkan sebagai berikut:

1. Efisiensi penyisihan logam Fe pada air gambut tertinggi yaitu 73,91% dengan konsentrasi 0.3453 mg/L, pada massa adsorben 6,5 gram dan kecepatan pengadukan sebesar 90 rpm. Efisiensi penyisihan warna tertinggi yaitu 64,87% dengan konsentrasi 307 PtCo, pada massa 5,5 gram dengan kecepatan 100 rpm, sedangkan untuk pH didapatkan pH 7,0, pada massa 5,5 gr dengan kecepatan pengadukan sebesar 90 rpm.
2. Kapasitas adsorpsi Fe dicapai pada massa adsorben 5,5 gram dengan kecepatan pengadukan 120 rpm sebesar 0,1732 mg/gr dan untuk kapasitas adsorpsi warna dicapai pada massa adsorben 5,5 gram dengan kecepatan pengadukan 100 rpm sebesar 103,09 mg/gr
3. Persamaan isotherm adsorpsi logam Fe yang terpilih adalah isotherm Langmuir dengan diperoleh nilai R^2 sebesar 0,9998.

Daftar Pustaka

- Agus, F. dan I. G. M. Subiksa. 2008. Lahan Gambut: Potensi untuk Pertanian Dan Aspek Lingkungan. Balai Penelitian Tanah Dan World Agroforestry Centre (ICRAF). Bogor. Indonesia. 36 hal.
- Anwar, J., Shafique, E., Zaman, W. U., Salman, Mu., Dar, A. dan Anwar, S. 2010. *Removal Pb(II) And Cd(II) From Water By Biosorption On Peel Of Banana*. Institute Of Chemistry. Vol. 101. Issue 6 : 1752-1755.
- Asih, L.C., Sudarno dan Hadiwidodo, M. 2014. *Pengaruh Ukuran Media Adsorbendan Konsentrasi Aktivator Naoh Terhadap Efisiensi Penurunan Logam Berat Besi (Fe), Seng (Zn) dan Warna Limbah Cair Industri Galvanis Menggunakan Arang Sekam Padi : Studi Kasus PT. Cerah Sempurna-Semarang*. Universitas Diponegoro, Semarang.
- Isra, dkk. 2019. *Pengaruh Massa Dan Waktu Kontak Adsorben Cangkang Buah Ketapang Terhadap Efisiensi Penyisihan Logam Dan Zat Organik Pada Air Gambut*. Jom FTEKNIK Volume 6 Edisi 2 Juli s/d Desember 2019.
- Kusnaedi, 2006. *Mengolah Air Gambut Dan Air Kotor Menjadi Air Bersih*.
- Kusnaedi. 2010. *Mengolah Air Kotor Untuk Air Minum*. Penebar Swadaya: Jakarta.
- Meilita, T & Tuti, S. 2003. *Arang Aktif (Pengenalan dan Proses Pembuatannya)*.
- Nainggolan, D. 2011. *Pengaruh penyemprotan Zn, Fe, dan B pada daun tanaman jagung (Zea mays L) yang ditanam diareal pengendapan tailing*. Skripsi sarjana pertanian fapertek unipa (tidak dipublikasikan).
- Peraturan Menteri Kesehatan RINo. 32 Tahun 2017 *tentang Standar Baku Mutu Kesehatan Lingkungan Dan Persyaratan Kesehatan Air Untuk Keperluan Higiene Sanitasi, Kolam Renang, Solus Per Aqua dan Pemandian Umum*. Pertama. Yogyakarta: Gadjah Mada University Press.
- Siti, dkk. 2019. *Pembuatan Karbon Aktif Dari Cangkang Buah Karet Dengan Aktivator H3PO4 Untuk Adsorpsi Logam Besi (III) Dala Larutan*. Volume 1 Nomor 2, Agustus 2019.
- Tutik M dan Faizah H, 2001. "Aktivasi Arang Tempurung Kelapa Secara Kimia dengan Larutan Kimia ZnCl₂, KCl dan HNO₃, Jurusan Teknik Kimia UPN, Yogyakarta.
- Zainudin., Hariadi, S. 2013. *Pengaruh Eceng Gondok dan Kapur Terhadap UnitPengolahan Air Gambut*. PILAR Jurnal Teknik Sipil 9 (2).