

STUDI ISOTERM DAN KINETIKA ADSORPSI BAHAN ORGANIK ALAMI (BOA) PADA AIR GAMBUT TERHADAP KARBON AKTIF KAYU ULIN DENGAN SISTEM BATCH

ISOTHERM AND KINETICS STUDY OF NATURAL ORGANIC MATTER (NOM) ADSORPTION IN PEAT WATER TOWARD ULINWOOD ACTIVATED CARBON USING A BATCH SYSTEM

Nida Noviani Elma¹, Mahmud¹, Badaruddin Mu'min¹

*¹Program Studi Teknik Lingkungan, Fakultas Teknik, Universitas Lambung Mangkurat Jl. Jend. Ahmad Yani Km 36, Banjarbaru, Kalimantan Selatan, 70714, Indonesia
E-mail: 1610815220021@mhs.ulm.ac.id*

Abstrak

Air gambut di Indonesia khususnya di Kalimantan Selatan sangat berlimpah dan memiliki potensi untuk dijadikan sebagai sumber air bersih. Keberadaan bahan organik yang tinggi di dalam air gambut membuat air gambut perlu dilakukan pengolahan terlebih dahulu. Salah satu pengolahan yang dapat dilakukan yaitu dengan proses adsorpsi. Adsorpsi suatu zat pada permukaan adsorben bergantung pada beberapa faktor dan memiliki pola isoterm dan kinetika tertentu. Penelitian ini bertujuan untuk menentukan model isoterm, dan model kinetika yang sesuai pada adsorpsi bahan organik alami (BOA) terhadap karbon aktif kayu ulin. Metode dalam penelitian ini menggunakan proses adsorpsi dengan adsorben karbon aktif kayu ulin. Model isoterm yang digunakan yaitu model Langmuir, model Freundlich, dan model Redlich-Peterson, sedangkan model kinetika yang digunakan ialah model Pseudo Orde Satu, Pseudo Orde Dua, dan Freundlich Modifikasi. Model isoterm Redlich-Peterson merupakan model yang sesuai untuk adsorpsi BOA air gambut terhadap karbon aktif kayu ulin dan model kinetika yang sesuai untuk adsorpsi BOA air gambut terhadap karbon aktif kayu ulin adalah model Pseudo Orde Dua.

Kata Kunci: Bahan Organik Alami, Isoterm, Karbon Aktif, Kayu Ulin, Kinetika

Abstract

Peat water in Indonesia, especially in South Kalimantan, is very abundant and has potential to be used as a source of clean water. The presence of high organic matter in peat water makes peat water need to be processed first. One of the processes that can be use is the adsorption process. The adsorption of a substance on the adsorbent surface depends on several factors and has a certain isotherms and kinetics pattern. This study aims to determine isotherm model and kinetic model that are appropriate in adsorption of natural organic matter (NOM) against the activated carbon of ulin wood. The method in this study uses adsorption process with activated carbon adsorbent of ulin wood. Isotherm models used are Langmuir model, Freundlich model, and Redlich-Peterson model, while kinetisc model used is Pseudo First Order model, Pseudo Second Order, and Modified Freundlich. The Redlich-Peterson isotherm model is a suitable model for adsorption of NOM in peat water against ulin wood activated carbon and a suitable kinetics model for adsorption of NOM in peat water toward ulin wood activated carbon is a Pseudo second order model.

Keywords: Natural Organic Matter, Isotherm, Activated Carbon, Ulin wood, Kinetic

1. Pendahuluan

Lahan gambut di Pulau Kalimantan berdasarkan data tahun 2011 memiliki total luas sebesar 4.777.905 Ha lahan gambut sedangkan untuk total luas lahan gambut yang ada di Kalimantan Selatan yaitu seluas 106.271 Ha (Ritung dkk., 2011). Air gambut memiliki pH rendah (bersifat asam), berwarna merah kecoklatan, kadar besi dan mangan yang tinggi, kekeruhan dan partikel tersuspensi rendah, serta tingginya kadar bahan organik alami (BOA). BOA merupakan salah satu parameter yang memiliki peranan penting dalam kualitas air khususnya dapat mempengaruhi proses pengolahan air minum (Mahmud dkk., 2012). Keberadaan bahan organik alami dalam air gambut menandakan tingginya intensitas warna pada air gambut, selain itu keberadaan BOA juga dapat menyebabkan bau dan rasa serta transport polutan organik dan anorganik (Kimura dkk., 2006). Warna merah kecoklatan pada air gambut dapat diakibatkan oleh kandungan zat organik terlarut yang tinggi yang berbentuk asam humus seperti asam humat dan asam fulvat (Apriani dkk., 2013). Pemanfaatan air gambut untuk dijadikan air bersih memerlukan pengolahan terlebih dahulu. Salah satu pengolahan yang dapat dilakukan yaitu dengan menggunakan proses adsorpsi.

Adsorpsi dikenal sebagai proses pengolahan yang efisien untuk menghilangkan kandungan zat organik, warna, bau serta minyak (Elystia dkk., 2016). Adsorpsi dengan sistem *batch* berarti selama proses berlangsungnya adsorpsi tidak ada *input* maupun *output* yang ditambahkan. Hal ini bertujuan untuk mengetahui karakteristik dari adsorbat dan adsorben. Adsorpsi suatu zat pada permukaan adsorben bergantung pada beberapa faktor serta mempunyai pola isoterm dan kinetika tertentu. Studi isoterm dan kinetika berguna bagi industri yang melibatkan proses adsorpsi baik dalam pengolahan air minum, sintesis resin dan lain-lain. Studi yang berkaitan dengan konstanta laju adsorpsi, kesetimbangan dan mekanisme adsorpsi penting dilakukan karena dapat dijadikan acuan atau informasi dasar dalam desain, operasi dan aplikasi skala pilot (Zahra dkk., 2014).

Kinetika adsorpsi menggambarkan tingkat laju penyerapan yang terjadi pada adsorben terhadap adsorbat (Widihati dkk., 2012). Kinetika adsorpsi dapat digunakan untuk menentukan mekanisme adsorpsi dan konstanta karakteristik adsorpsi (Mahmud dkk., 2012). Model isoterm yang digunakan dalam penelitian ini yaitu model Langmuir, model Freundlich dan model Redlich-Peterson, sedangkan model kinetika yang digunakan adalah model Pseudo Orde Satu, Pseudo Orde Dua dan model Freundlich Modifikasi.

Karbon aktif dapat dimanfaatkan untuk menurunkan kandungan bahan organik pada air gambut. Hal tersebut dikarenakan karbon aktif memiliki pori-pori yang berfungsi untuk menyerap polutan. Pori-pori pada karbon aktif dihasilkan dari proses aktivasi fisika maupun aktivasi kimia. Di Indonesia, karbon aktif yang digunakan banyak terbuat dari bahan baku berupa tempurung kelapa dan kayu-kayuan. Salah satu kayu-kayuan yang dapat dijadikan bahan baku karbon aktif yakni kayu ulin. Kayu ulin memiliki sifat yang kuat dan awet karena termasuk kedalam Kelas Kuat I dan Kelas Awet I dengan berat jenis $1,04 \text{ gr/cm}^3$. Tujuan penelitian ini adalah mendapatkan model isoterm dan kinetika isoterm yang sesuai pada adsorpsi BOA dalam air gambut terhadap karbon aktif kayu ulin, sehingga model-model tersebut dapat memberikan gambaran dan referensi pada skala yang lebih besar.

2. MATERIAL DAN METODE PENELITIAN

2.1 Material Penelitian

Bahan yang digunakan pada penelitian ini yakni air gambut, limbah potongan kayu ulin, akuades, larutan HCl 0,1 N, larutan NaOH 0,1 N, gas N₂, larutan KMnO₄ 0,1 N, larutan Iodium 0,1 N, Natrium Thiosulfat (Na₂S₂O₃) 0,1 N, larutan Asam Oksalat 0,01 N.

2.2 Metode Penelitian

1. Pembuatan Karbon Aktif Kayu Ulin

Potongan kayu ulin yang didapatkan di Jalan Dahlina Raya, Kecamatan Banjarbaru Selatan, Kota Banjarbaru dimasukkan ke dalam tabung karbonasi yang kemudian dialirkan gas N₂ selama 5 menit lalu gas N₂ dialirkan kembali dengan tekanan 15 bar selama 40 menit. Tabung karbonasi yang telah diberi tekanan dimasukkan ke dalam *furnace* untuk dilakukan proses pirolisis dengan suhu 200°C selama 2 jam. Setelah proses pirolisis selesai kemudian dilakukan proses karbonisasi dengan pembakaran di dalam *furnace* pada suhu 400°C selama 4 jam. Kemudian arang kayu ulin dihancurkan dan diayak hingga berbentuk serbuk dengan ukuran 80-100 *mesh*. Arang dari proses karbonisasi yang telah diayak kemudian diaktivasi secara fisika di dalam *furnace* dengan suhu 650°C selama 2 jam.

2. Pengujian Karakteristik Karbon Aktif Kayu Ulin

Pengujian yang dilakukan dalam pembuatan karbon aktif meliputi uji kadar air, uji kadar abu, dan uji daya serap iodium. Syarat tentang karbon aktif mengacu pada SNI 06-3730-1995. Perhitungan untuk mendapatkan kadar air, kadar abu dan daya serap iodium pada karbon aktif kayu ulin dapat dilihat pada persamaan (1), persamaan (2) dan persamaan (3).

$$\text{Kadar air (\%)} = \frac{a-b}{a} \times 100\% \dots \dots \dots (1)$$

$$\text{Kadar abu (\%)} = \frac{b}{a} \times 100\% \dots \dots \dots (2)$$

a adalah massa awal karbon aktif (gr), dan b adalah massa akhir karbon aktif (gr)
(Previanti dkk., 2015).

$$\text{Daya serap iod (mg/gr)} = \frac{(V_1 - V_2) \times N \times 126,9 \times 5}{a} \dots \dots \dots (3)$$

V₁ adalah volume titrasi awal larutan Na₂S₂O₃ (ml), V₂ adalah volume titrasi akhir larutan Na₂S₂O₃ (ml), N adalah normalitas Na₂S₂O₃ (N), dan a adalah masa awal karbon aktif (gr) (Yudhi, 2015).

3. Pengujian Kondisi Optimum Proses Adsorpsi

Kondisi optimum proses adsorpsi ditentukan berdasarkan nilai pH terbaik, waktu kontak setimbang dan dosis adsorben terbaik. Penentuan pH terbaik dilakukan dengan memvariasikan pH air gambut dengan variasi 3, 4, 5, 6, dan 7. Karbon aktif kayu ulin dimasukkan ke dalam air gambut sebanyak 200 mL dengan dosis 0,8 gr/L. Kemudian dikocok dengan *rotary shaker* pada kecepatan rotasi 180 rpm selama 240 menit, setelah itu disaring menggunakan kertas saring dan air gambut diuji kandungan BOA-nya menggunakan uji UV₂₅₄. Penentuan waktu kontak setimbang dilakukan dengan variasi waktu kontak yang digunakan yaitu adalah 5 menit, 10 menit, 15 menit, 30 menit, 60 menit, 120 menit, 180 menit, 240 menit, 300 menit, dan 360 menit. Karbon aktif kayu ulin sebanyak 0,8 gr/L dimasukkan ke dalam air gambut sebanyak 200 mL dengan pH terbaik. Kemudian dikocok dengan *rotary shaker* pada kecepatan rotasi 180 rpm, lalu disaring dan diuji kandungan BOA-nya menggunakan uji UV₂₅₄. Penentuan dosis adsorben terbaik dilakukan dengan memasukkan Karbon aktif kayu ulin dengan dosis yang bervariasi yaitu 0,4 gr/L, 0,6 gr/L, 0,8 gr/L, dan 1,0 gr/L. Kemudian dikocok dengan *rotary shaker* pada kecepatan rotasi 180 rpm dengan waktu kontak setimbang yang didapatkan sebelumnya, lalu disaring dan diuji kandungan BOA-nya menggunakan uji UV₂₅₄.

4. Percobaan Isoterm dan Kinetika Adsorpsi

Percobaan isoterm adsorpsi dilakukan dengan memasukkan 200 mL air gambut ke dalam erlenmeyer 250 ml dengan pH terbaik. Variasi konsentrasi larutan air gambut dilakukan pengenceran dengan akuades. Perbandingan larutan air gambut dengan akuades dilakukan dengan variasi yaitu 20%:80%, 40%:60%, 50%:50%, 60%:40%, 80%:20%, dan 100% air gambut. Larutan dalam erlenmeyer

ditambahkan karbon aktif kayu ulin dengan dosis terbaik, kemudian dikocok menggunakan *rotary shaker* pada kecepatan rotasi 180 rpm selama waktu kesetimbangan yang didapat. Setelah itu disaring dan diuji kandungan BOA-nya menggunakan uji UV₂₅₄. Percobaan kinetika dilakukan dengan memasukkan 200 mL air gambut ke dalam erlenmeyer 250 ml dengan pH terbaik lalu dtambahkan karbon aktif dengan dosis terbaik. kemudian dikocok dengan *rotary shaker* pada kecepatan rotasi 180 rpm selama waktu kontak 5 menit, 10 menit, 15 menit, 30 menit, 60 menit, 120 menit, 180 menit, 240 menit, 300 menit, dan 360 menit, lalu disaring dan diuji kandungan BOA-nya menggunakan uji UV₂₅₄.

3. HASIL DAN PEMBAHASAN

3.1 Karakteristik Karbon Aktif Kayu Ulin

Kayu ulin sebagai bahan baku pada penelitian ini sebelum digunakan sebagai adsorben dilakukan preparasi terlebih dahulu untuk mendapatkan karbon aktif yang selanjutnya dilakukan uji karakteristik karbon aktif kayu ulin. Proses preparasi kayu ulin dilakukan dengan memberikan tekanan injeksi N₂ sebesar 15 bar pada kayu ulin yang berada di tabung karbonasi, kemudian dilakukan proses pirolisis pada suhu 200°C selama 2 jam di dalam *furnace*. Proses karbonisasi terhadap kayu ulin dilakukan selama 4 jam di dalam *furnace* dengan suhu 400°C. Proses selanjutnya dalam proses preparasi karbon aktif kayu ulin adalah melakukan aktivasi fisika dengan suhu tinggi sebesar 650°C selama 2 jam di dalam *furnace* lalu karbon aktif kayu ulin siap dilakukan uji karakteristik. Pengujian karakteristik karbon aktif kayu ulin pada penelitian ini menggunakan uji kadar air, uji kadar abu, dan uji daya serap iodium. Hasil uji karakteristik karbon aktif kayu ulin yang telah di aktivasi dapat dilihat pada **Tabel 1**.

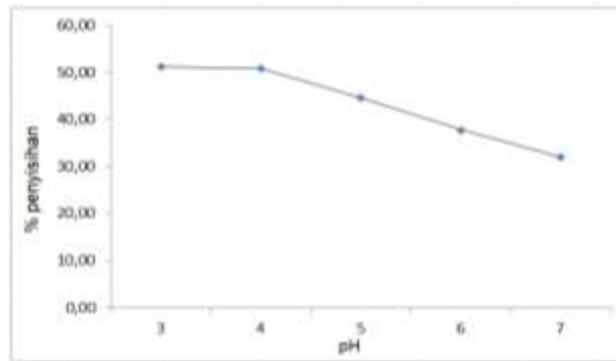
Tabel 1. Karakteristik Karbon Aktif Kayu Ulin

No.	Karakteristik	Satuan	Hasil Uji
1	Kadar Air	%	1
2	Kadar Abu	%	31
3	Daya Serap Iodium	mg/g	164,970

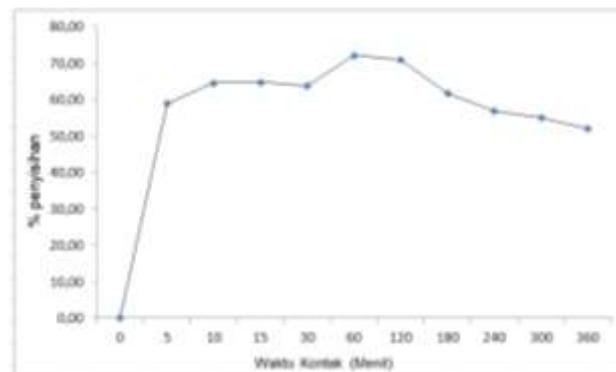
Pada **Tabel 1**, menunjukkan bahwa nilai kadar air karbon aktif kayu ulin dalam penelitian sebesar 1% sehingga kadar ini telah memenuhi syarat karbon aktif menurut SNI 06-3730-95 dengan nilai maksimal 15%. Pengujian kadar air bertujuan untuk mengetahui sifat higroskopis dari karbon aktif (Maulinda dkk., 2015). Kadar abu yang dihasilkan pada penelitian ini sebesar 31%, hasil tersebut masih belum memenuhi syarat karbon aktif menurut SNI 06-3730-95 yaitu maksimal 10%. Kadar abu yang berlebihan dapat mengakibatkan penyumbatan pada pori-pori karbon aktif, sehingga luas permukaan karbon aktif menjadi berkurang (Maulinda dkk., 2015). Daya serap iodium berhubungan dengan luas permukaan karbon aktif, semakin besar nilai iod maka semakin besar kemampuan dalam mengadsorpsi adsorbat atau zat terlarut (Polii, 2017). Hasil daya serap iodium pada penelitian ini masih belum memenuhi syarat karbon aktif menurut SNI 06-3730-95 dengan minimal 750 mg/g karena hanya menghasilkan daya serap iodium sebesar 164,970 mg/g, hal ini disebabkan masih adanya pori-pori karbon aktif yang tertutup oleh abu dan belum semua pori-pori karbon aktif terbuka secara optimal.

3.2 Penentuan Kondisi Optimum Proses Adsorpsi

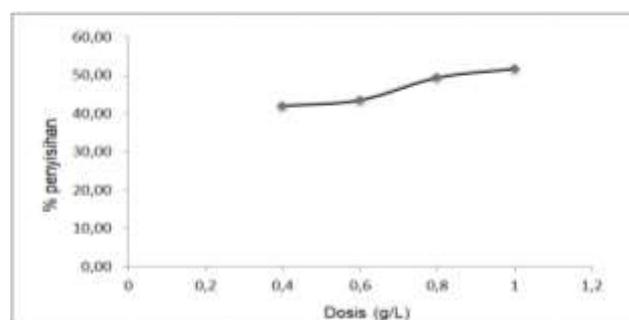
Kondisi optimum proses adsorpsi pada penelitian ini didasarkan pada pH terbaik, waktu kontak setimbang, dan dosis terbaik. Parameter tersebut ditentukan berdasarkan tingkat penyisihan bahan organik tertinggi dalam proses adsorpsi. Tingkat penyisihan untuk penentuan kondisi optimum dapat dilihat pada **Gambar 1**, **Gambar 2** dan **Gambar 3**.



Gambar 1. Tingkat Penyisihan BOA (UV_{254}) dengan Variasi pH Pada Kondisi $C_0 = 0,217 \text{ cm}^{-1}$, Dosis 0,8 gr/L Selama 240 menit



Gambar 2. Tingkat Penyisihan BOA (UV_{254}) dengan Variasi Waktu Kontak Pada Kondisi $C_0 = 0,217 \text{ cm}^{-1}$, pH 3 dengan Dosis 0,8 gr/L



Gambar 3. Tingkat Penyisihan BOA (UV_{254}) dengan Variasi Dosis Adsorben Pada Kondisi $C_0 = 0,217 \text{ cm}^{-1}$, pH 3 Selama 60 menit

Berdasarkan **Gambar 1** disajikan data tingkat penyisihan BOA dengan variasi pH, efisiensi penyisihan BOA yang terjadi pada pH 3 cukup baik dibandingkan dengan pH yang lebih tinggi

sehingga dari hasil tersebut didapatkan pH optimum yaitu pH 3 dengan tingkat penyisihan sebesar 51,27%. Pada **Gambar 2** dapat dilihat tingkat penyisihan BOA dengan variasi waktu kontak, waktu kontak setimbang berada pada waktu 60 menit dengan tingkat penyisihan sebesar 72,12%. Tingkat penyisihan BOA dengan variasi dosis seperti yang dapat dilihat pada **Gambar 3** menunjukkan bahwa dosis terbaik pada penelitian ini yaitu 1 g/L dengan tingkat penyisihan sebesar 51,73%. Kondisi operasi optimum proses adsorpsi BOA dalam air gambut terdapat pada pH 3, waktu kontak setimbang 60 menit, dan dosis 1 g/L. Kondisi ini dijadikan dasar dalam menentukan model isoterm dan kinetika adsorpsi pada penelitian ini.

3.3 Model Isoterm Adsorpsi

Model isoterm adsorpsi digunakan untuk menentukan penyerapan atau model kesetimbangan yang membantu menganalisis karakteristik adsorpsi berupa kapasitas dan mekanisme proses adsorpsi. Model isoterm adsorpsi didapatkan dengan memvariasikan konsentrasi bahan organik dalam kondisi suhu yang sama. Variasi konsentrasi BOA pada air gambut dilakukan dengan melakukan perbandingan antara air gambut dengan akuades, perbandingan yang digunakan ialah sampel 20:80, 40:60, 50:50, 60:40, 80:20, dan 100% air gambut. Pada **Tabel 2** disajikan data nilai UV_{254} yang didapatkan dengan menggunakan perbandingan volume air gambut dan akuades. Nilai UV_{254} yang ditunjukkan seperti pada **Tabel 2** digunakan sebagai konsentrasi awal (C_0) pada percobaan adsorpsi menentukan model isoterm.

Tabel 2. Nilai UV_{254} untuk Sampel Air Gambut yang Digunakan

No.	Sampel Air Gambut	Nilai UV_{254} (1/cm)		Rata-Rata (1/cm)
		1	2	
1	20:80	0,074	0,097	0,086
2	40:60	0,078	0,085	0,082
3	50:50	0,114	0,095	0,105
4	60:40	0,119	0,104	0,112
5	80:20	0,140	0,116	0,128
6	100	0,153	0,148	0,151

Persamaan (4) dan **Persamaan (5)** digunakan untuk menentukan nilai-nilai parameter adsorpsi pada permodelan Langmuir, **Persamaan (6)** dan **Persamaan (7)** untuk permodelan Freundlich, dan **Persamaan (8)** untuk permodelan Redlich-Peterson.

$$q_e = \frac{K_L q_{maks} C_e}{1 + K_L C_e} \dots\dots\dots(4)$$

$$\frac{C_e}{q_e} = \frac{1}{K_L q_{maks}} + \frac{1}{q_{maks}} C_e \dots\dots\dots(5)$$

$$q_e = K_f C_e^{1/n} \dots\dots\dots(6)$$

$$\log q_e = \log K_f + \frac{1}{n} \log C_e \dots\dots\dots(7)$$

$$q_e = \frac{K_R C_e}{1 + \alpha_R C_e^\beta} \dots\dots\dots(8)$$

q_e merupakan jumlah massa adsorbat terserap per unit massa adsorben pada kesetimbangan, C_e merupakan konsentrasi adsorbat dalam larutan pada saat keseimbangan, q_{maks} merupakan kapasitas adsorpsi maksimum pada model Langmuir, K_L merupakan konstanta keseimbangan model Langmuir, K_f merupakan faktor kapasitas dan $1/n$ merupakan konstanta model Freundlich, K_R dan αR merupakan konstanta Redlich-Peterson. **Tabel 3** menunjukkan nilai-nilai parameter isoterm adsorpsi BOA pada air gambut terhadap karbon aktif kayu ulin.

Tabel 3. Nilai Parameter dan Persamaan Model Isoterm Adsorpsi BOA Air Gambut Terhadap Karbon Aktif Kayu Ulin

No.	Model Isoterm	Parameter	Nilai	Persamaan Model Isoterm
1	Langmuir	q_{maks} ($cm^{-1}/g/L$)	0,128	$q_e = \frac{0,128 \times 28,907 \times C_e}{1 + 28,907 \times C_e}$
		K_L	28,907	
		R^2	0,9888	
2	Freundlich	K_F	0,28	$q_e = 0,28 \times C_e^{1/2,275}$
		n	2,275	
		R^2	0,9891	
3	Redlich-Peterson	K_1	170	$q_e = \frac{170 \times C_e}{1 + 614 \times C_e^{0,566}}$
		β	0,566	
		K_2	614	
		R^2	0,9930	

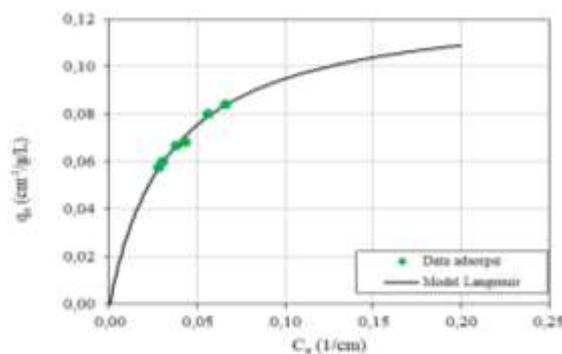
Model isoterm yang sesuai untuk proses adsorpsi BOA pada air gambut dapat ditentukan dengan melihat perbandingan nilai koefisien determinasi (R^2) pada setiap model isoterm, nilai R^2 yang mendekati satu merupakan model yang paling cocok dengan proses adsorpsi yang terjadi. Hubungan antara konsentrasi akhir (C_e) dengan kapasitas adsorpsi (q_e) ditunjukkan dengan plot linier setiap model adsorpsi, semakin tinggi konsentrasi adsorbat maka semakin tinggi jumlah bahan organik yang diserap (Santi, 2018). Model isoterm Langmuir dapat diartikan bahwa kapasitas adsorpsi maksimum terjadi akibat adanya lapisan tunggal (*monolayer*) adsorbat di permukaan adsorben. Pada parameter model isoterm Langmuir didapatkan nilai kapasitas adsorpsi maksimal (q_{maks}), nilai q_{maks} dalam penelitian ini sebesar $0,128 \text{ cm}^{-1}/g/L$. Nilai koefisien Langmuir (K_L) memiliki nilai sebesar 28,907. Nilai R^2 pada model isoterm Langmuir memiliki nilai sebesar 0,9888.

Model isoterm Freundlich digunakan untuk menggambarkan adsorpsi senyawa organik dan inorganik dalam larutan dan juga dapat diasumsikan bahwa memiliki permukaan heterogen (*multilayer*) (Vitasari dkk., 2009). Nilai K_f dan n merupakan konstanta dari isoterm Freundlich. K_f adalah konstanta yang menunjukkan tingkat adsorpsi, nilai K_f pada penelitian ini yaitu 0,28. Nilai n dengan kisaran 1 sampai 10 menunjukkan bahwa proses berlangsung dengan baik, pada penelitian ini nilai n isoterm Freundlich yaitu 2,275. Nilai $1/n$ kurang dari 1 juga menunjukkan proses adsorpsi yang berlangsung baik melalui adsorpsi secara fisika, semakin kecil nilai $1/n$ maka semakin baik heterogenitas pada proses adsorpsi yang terjadi (Zahra dkk., 2014). Nilai R^2 pada model isoterm Freundlich memiliki nilai sebesar 0,9891.

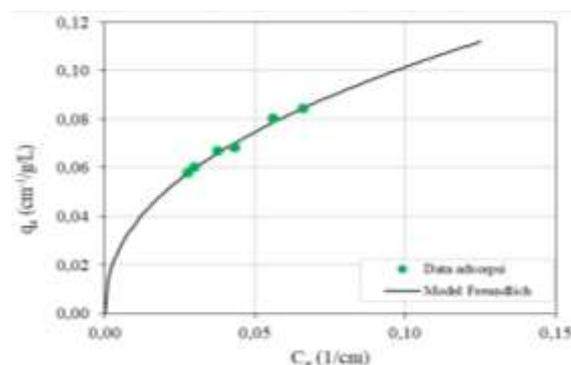
Nilai β pada model isoterm Redlich-Peterson menunjukkan bahwa proses adsorpsi BOA air gambut dominan terjadi pada ukuran molekul besar karena secara umum nilai β kurang dari 1. Nilai β pada

penelitian ini adalah 0,5605. Model isoterm Redlich-Peterson mengasumsikan adanya keberadaan penghalang padatan diantara pori dan adsorbat (Santi, 2018). Nilai R^2 pada model isoterm Redlich-Peterson yaitu 0,993.

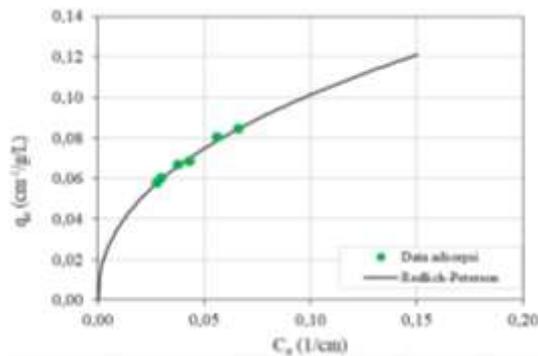
Model isoterm Langmuir, Freundlich, dan Redlich-Peterson sama-sama menunjukkan korelasi yang sangat baik, hal ini ditandai dengan tingginya nilai koefisien determinasi (R^2) setiap model yaitu $R^2 \geq 0,9$ (mendekati angka 1) seperti yang dapat dilihat pada **Tabel 3**. Nilai R^2 model isoterm Langmuir, Freundlich, dan Redlich-Peterson secara berturut-turut ialah 0,9888; 0,9891; dan 0,993, berdasarkan nilai-nilai R^2 tersebut ketiga model isoterm dapat digunakan dalam menggambarkan proses adsorpsi BOA pada air gambut terhadap karbon aktif kayu ulin dengan model isoterm Redlich-Peterson memiliki nilai R^2 yang tertinggi. Model isoterm Redlich-Peterson merupakan model yang menggabungkan elemen-elemen dari kedua persamaan Langmuir dan Freundlich dan mekanisme adsorpsinya merupakan penggabungan dari kedua isoterm tersebut serta tidak mengikuti adsorpsi monolayer yang ideal. **Gambar 4**, **Gambar 5**, dan **Gambar 6** menunjukkan grafik kesesuaian antara data adsorpsi dan model isoterm yang didapat.



Gambar 4. Data Adsorpsi dan Model Isoterm Langmuir pada Proses Adsorpsi BOA Air Gambut Terhadap Karbon Aktif Kayu Ulin



Gambar 5. Data Adsorpsi dan Model Isoterm Freundlich pada Proses Adsorpsi BOA Air Gambut Terhadap Karbon Aktif Kayu Ulin

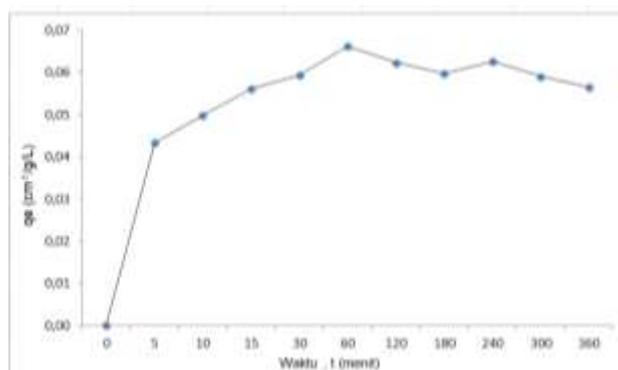


Gambar 6. Data Adsorpsi dan Model Isoterm Redlich-Peterson pada Proses Adsorpsi BOA Air Gambut Terhadap Karbon Aktif Kayu Ulin

3.4 Model Kinetika Adsorpsi

Kinetika adsorpsi menggambarkan tingkat laju penyerapan yang terjadi pada adsorben terhadap adsorbat (Widihati dkk., 2012). Salah satu tujuan utama percobaan kinetika adsorpsi ialah mendapatkan model kinetika yang sesuai pada bahan organik serta mendapatkan nilai-nilai parameter kinetika adsorpsi sehingga dapat digunakan untuk menentukan mekanisme adsorpsi dan laju adsorpsi yang terjadi pada adsorben terhadap adsorbat yang dipengaruhi oleh waktu (Mulida, 2016). Waktu yang diperlukan untuk mencapai kesetimbangan dipengaruhi oleh kemampuan adsorben dalam mengadsorpsi polutan yang berbeda-beda untuk masing-masing jenis polutan dan masing-masing jenis adsorben.

Menurut Langmuir selama terjadi kontak antara partikel adsorbat dan adsorben akan terjadi proses dua arah yaitu adsorpsi dan desorpsi. Laju adsorpsi sama dengan laju desorpsi pada saat terjadi kesetimbangan sehingga konsentrasi adsorbat dalam pelarutnya tetap. Waktu yang dibutuhkan dari mulai terjadi kontak adsorbat dengan adsorben sampai terjadi kesetimbangan dianggap bahwa semua bagian pada permukaan adsorben telah terisi oleh partikel adsorbat (Mulida, 2016). Pengaruh waktu kontak terhadap kapasitas adsorpsi ditunjukkan pada **Gambar 7**.



Gambar 7. Grafik Waktu Kontak Terhadap Kapasitas Adsorpsi

Pada **Gambar 7** menunjukkan bahwa bahan organik yang diserap oleh karbon aktif kayu ulin mencapai kondisi setimbang pada waktu 60 menit. Umumnya pada waktu kontak awal menunjukkan hasil yang masih belum konstan, hal ini terjadi karena pada awal penyerapan permukaan adsorben masih belum terlalu menyerap sehingga proses adsorpsi kurang maksimal (Pangestu, 2017). Proses adsorpsi pada titik kesetimbangan memiliki kecenderungan mengalami desorpsi sehingga

memungkinkan adanya molekul yang terlepas dan penyerapan sudah tidak terlalu signifikan. Nilai-nilai parameter model kinetika adsorpsi BOA air gambut terhadap karbon aktif kayu ulin dapat dilihat pada **Tabel 4**.

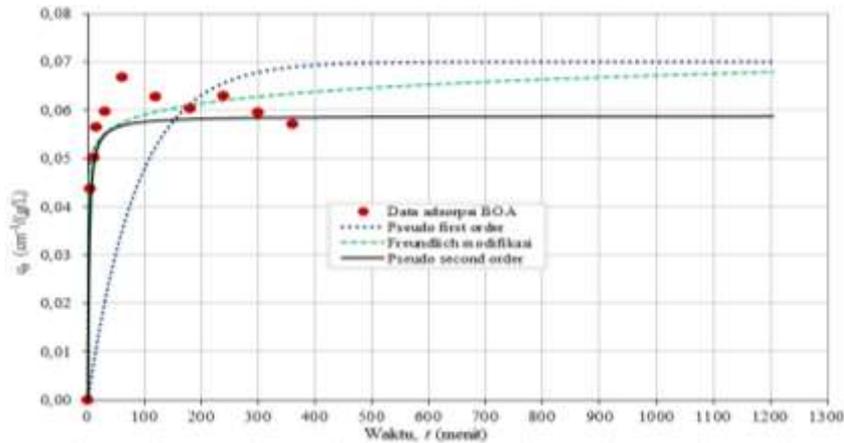
Tabel 4. Nilai Parameteredran Persamaan Model Kinetika Adsorpsi BOA Air Gambut Terhadap Karbon Aktif Kayu Ulin

No.	Model Kinetika	Parameter	Nilai	Persamaan Model Kinetika
1	Pseudo Orde Satu	q_e percobaan (cm^{-1})	0,070	$q_t = q_e \times \left(1 - \frac{1}{10^{0,0116 \times Ce/2,303}}\right)$
		q_e model (cm^{-1})	0,000073	
		K_1 (1/menit)	0,0116	
		R^2	0,1192	
2	Pseudo Orde Dua	q_e percobaan (cm^{-1})	0,070	$q_t = \frac{t}{\left(\frac{1}{(8,0782 \times 0,059^2)}\right) + (t/0,059)}$
		q_e model (cm^{-1})	0,059	
		K_2 (1/menit)	8,0782	
		R^2	0,9972	
3	Freundlich Modifikasi	q_e percobaan (cm^{-1})	0,070	$q_t = 0,3063 \times 0,149 \times (Ce \times 0,056)$
		K	0,3063	
		Slope	0,056	
		R^2	0,4952	

Data-data kinetika adsorpsi BOA air gambut terhadap karbon aktif kayu ulin akan di evaluasi dengan tiga model kinetika sistem liquid-solid yang telah banyak digunakan, yaitu model pseudo orde satu, model pseudo orde dua, dan model Freundlich Modifikasi. Model kinetika yang sesuai dipilih berdasarkan perbandingan nilai koefisien determinasi (R^2), nilai R^2 yang mendekati satu ialah model yang sesuai dengan proses adsorpsi BOA air gambut. Berdasarkan **Tabel 4** maka didapatkan nilai R^2 dan nilai parameter persamaan setiap model kinetika. Nilai R^2 dari model kinetika secara berturut-turut adalah 0,1192; 0,9972; dan 0,4952. Berdasarkan nilai R^2 dari setiap model kinetika yang didapatkan, model kinetika Pseudo orde dua adalah model kinetika yang cocok menggambarkan proses adsorpsi BOA air gambut terhadap karbon aktif kayu ulin karena memiliki nilai R^2 yang mendekati satu dan memiliki nilai tertinggi dibandingkan dengan dua model kinetika lainnya yaitu 0,9972.

Model Pseudo orde dua menggambarkan reaksi yang terjadi antara adsorben dengan adsorbat identik dengan reaksi kimia (Mulida, 2016). Sebagian besar model kinetika adsorpsi cocok dengan model kinetika Pseudo orde dua karena data adsorpsi untuk keseluruhan kisaran waktu kontak sebagian besar adalah adsorpsi dengan tingkat penyisihan adsorbat yang kecil dan berlangsung lambat sehingga memungkinkan laju adsorpsinya dikontrol oleh mekanisme adsorpsi secara kimia (Mahmud, 2012). Proses adsorpsi yang menghasilkan penyisihan adsorbat yang kecil dan berlangsung lambat kemungkinan laju adsorpsinya dikontrol oleh mekanisme adsorpsi secara kimia (Mulida, 2016). Hasil ini juga memiliki kesesuaian dengan penelitian-penelitian yang telah dilakukan (Mahmud dkk., 2012; Mulida, 2016; Pangestu, 2017; Santi, 2018). Grafik yang menunjukkan kesesuaian data adsorpsi dengan model kinetika adsorpsi BOA air gambut terhadap karbon aktif kayu ulin dapat dilihat pada **Gambar 8**. Berdasarkan **Gambar 8** dari ketiga model kinetika adsorpsi yang digunakan, model kinetika Pseudo orde dua hampir mendekati data-data dari hasil percobaan adsorpsi. Hal tersebut disebabkan nilai R^2 model Pseudo orde dua sangat besar dibandingkan dengan dua model kinetika lainnya. Pada model kinetika diperoleh model Pseudo orde dua yang memiliki

kecenderungan proses terjadi secara kimia. Apabila nilai R^2 pada Pseudo orde satu lebih besar dan mendekati angka 1 daripada nilai R^2 Pseudo orde dua maka dapat dikatakan adsorpsi yang berjalan melibatkan reaksi fisika, sebaliknya jika nilai R^2 pada Pseudo orde dua lebih besar dan mendekati angka 1 dari pada Pseudo orde satu maka dapat diasumsikan bahwa adsorpsi melibatkan reaksi kimia (Santi, 2018).



Gambar 8. Data Adsorpsi dan Model Kinetika pada Proses Adsorpsi BOA Air Gambut Terhadap Karbon Aktif Kayu Ulin

4. KESIMPULAN

Berdasarkan penelitian yang dilakukan, maka dapat diambil kesimpulan yakni Model Redlich-Peterson merupakan model isoterm yang sesuai untuk adsorpsi BOA pada air gambut terhadap karbon aktif kayu ulin. Model kinetika yang sesuai untuk menggambarkan proses adsorpsi BOA pada air gambut terhadap karbon aktif kayu ulin dari ketiga model kinetika digunakan adalah model kinetika Pseudo orde dua.

DAFTAR PUSTAKA

- Apriani, R. *et al.* (2013). Pengaruh Konsentrasi Aktivator Kalium Hidroksida (KOH) terhadap Kualitas Karbon Aktif Kulit Durian sebagai Adsorben Logam Fe pada Air Gambut. *PRISMA FISIKA*, Vol. 1 No. 2, 82-86. ISSN: 2337-8204
- Elysitia, S. *et al.* (2016). Penyisihan Zat Organik Dari Air Gambut Menggunakan Precipitated Calcium Carbonate (Pcc) Dari Limbah Cangkang Kerang Darah (Anadara Granosa). *Seminar Nasional Sains Dan Teknologi Lingkungan II*, 69-75
- Kimura, K. *et al.* (2006). Irreversible Fouling in MF/UF Membranes Cause by Natural Organic Matters (NOMs) Isolated from Different Origins. *Separation Science and Technology*, 41, 1331-1344
- Mahmud. *et al.* (2012). Adsorpsi Bahan Organik Alami (BOA) Air Gambut Pada Tanah Lempung Gambut Alami dan Teraktivasi: Studi Keseimbangan Isoterm dan Kinetika Adsorpsi. *INFO TEKNIK*, Vol. 13 No. 1
- Maulinda, L. *et al.* (2015). Pemanfaatan Kulit Singkong sebagai Bahan Baku Karbon Aktif. *Jurnal Teknologi Kimia Unimal* 4: 2, 11-19
- Mulida, W. (2016). Studi Isoterm dan Kinetika Adsorpsi Krom Heksavalen (Cr^{6+}) Terhadap Adsorben Gambut Dengan Sistem Batch. *Laporan Penelitian*. Fakultas Teknik Universitas Lambung Mangkurat Banjarbaru

- Pangestu, R. A. (2017). Studi Isoterm dan Kinetika Adsorpsi Krom (Cr) terhadap Karbon Aktif Serbuk Kayu Uin dengan Sistem *Batch*. *Skripsi*. Universitas Lambung Mangkurat
- Polii, F. F. (2017). Pengaruh Suhu dan Lama Aktivasi Terhadap Mutu Arang Aktif Dari Kayu Kelapa. *Jurnal Industri Hasil Perkebunan, Vol. 12 No. 2*, 21-28
- Previanti, P. *et al.* (2015). Daya Serap Dan Karakteristik Arang Aktif Tulang Sapi Yang Teraktivasi Natrium Karbonat Terhadap Logam Tembaga. *Chemica Et Natura Acta Vol. 3 No.2*, Agustus 2015:48-53
- Ritung, S. *et al.* (2011). Peta Lahan Gambut Indonesia Skala 1:250.000. *Balai Besar Litbang Sumberdaya Lahan Pertanian*. Bogor, Indonesia
- Santi, L. (2018). Studi Model Isoterm dan Kinetika Adsorpsi Bahan Organik Dalam Efluen IPAL Domestik Terhadap Powdered Activated Carbon (PAC) dengan Sistem *Batch*. *Skripsi*. Universitas Lambung Mangkurat
- Vitasari, D. *et al.* (2009). Kinetika dan Termodinamika Adsorpsi Cu²⁺ dengan Adsorben Karbon Aktif Arang Batu Bara. *Universitas Muhammadiyah Surakarta*.
- Widihati, I. A. *et al.* (2012). Studi Kinetika Adsorpsi Larutan Ion Logam Kromium (Cr) Menggunakan Arang Batang Pisang (Musa Paradisiaca). *Universitas Udayana. Bukit Jimbaran*
- Yudhi, N. (2015). Penentuan Daya Serap Arang Aktif Teknis Terhadap Iodium Secara Potensiometri
- Zahra, N. L. *et al.* (2014). Adsorpsi Zat Warna Tekstil Reactive Red 141 pada Tanah Liat Lokal Alami. *Arena Tekstil, 29(2)*, 63-72