

Metode Regresi Linier dan Non Linier untuk Model Kinetika Adsorpsi Logam Fe, Cu, dan Zn Menggunakan Karbon Aktif Tempurung Kelapa

Yeti Widyawati¹, Reviana Inda Dwi Suyatmo^{2*}, Wahyu Mulia Hadi¹,
dan Muhamad Arif Budi¹

¹Teknik Kimia Fakultas Teknologi Industri, Universitas Jayabaya

²Teknik Kimia, Politeknik STMI Jakarta

*) Corresponding author: revi@stmi.ac.id

(Received: 02 Nov 2020 • Revised: 20 Nov 2020 • Accepted: 25 Nov 2020)

Abstract

as coconut shells. This research aims to study the process of making activated charcoal from coconut shells and to find the kinetics constants for adsorption iron (Fe), copper (Cu), and zinc (Zn) metal using activated carbon from coconut shells. The preparation of activated charcoal from coconut shells was carried out by carbonation at 600 °C. Activation of charcoal was carried out using 10% phosphoric acid for 15 hours, then drying for 3 hours at 110 °C. Heavy metal adsorption was carried out in batches. As much as 6 grams of activated carbon from coconut shells was put into a solution containing heavy metals. Every 15, 30, and 60 minutes, the metal concentration was measured using AAS. The results showed that the activated charcoal had met the requirements according to SNI-06-3730-1995. Linear and non-linear regression methods were both equally good for finding kinetics constants in the second-order pseudo kinetics model with R^2 value of 1 for both Zn, Cu, and Fe. The q_e values in the metal adsorption process of Zn, Cu, and Fe were 14.12 mg/g.min, 14.10 mg/g.min, and 13.90 mg/g.min. Meanwhile, the h values are 6.36 mg/g.min, 65.36 mg/g.min, and 64.93 mg/g.min.

Abstrak

Adsorpsi merupakan metode yang potensial digunakan untuk mengolah logam berat seperti Cu, Fe dan Zn. Adsorben dapat dibuat dari limbah pertanian seperti tempurung kelapa. Penelitian ini bertujuan untuk mempelajari proses pembuatan karbon aktif dari tempurung kelapa serta mencari konstanta kinetika pada proses penjerapan logam Besi (Fe), Tembaga (Cu), dan Seng (Zn) menggunakan karbon aktif dari tempurung kelapa. Preparasi karbon aktif dari tempurung kelapa dilakukan dengan cara karbonasi pada suhu 600 °C. Pengaktifan karbon dilakukan dengan menggunakan asam fosfat 10% selama 15 jam kemudian pengeringan selama 3 jam pada suhu 110 °C. Penjerapan logam berat dilakukan secara *batch*. Sebanyak 6 gr karbon aktif dari tempurung kelapa dimasukkan ke dalam larutan yang mengandung logam berat. Setiap 15, 30, 60 menit konsentrasi logam disampling untuk diukur kadar logamnya menggunakan ICP. Hasil penelitian menunjukkan bahwa karbon aktif yang dibuat sudah memenuhi syarat sesuai dengan SNI-06-3730-1995. Metode Regresi linier dan non linier sama baiknya untuk mencari konstanta kinetika pada model pseudo kinetika orde 2 dengan nilai R^2 adalah 1 baik logam Zn, Cu, Fe. Nilai q_e pada proses adsorpsi logam Zn, Cu, dan Fe sebesar 14,12 mg/g menit, 14,10 mg/g menit, dan 13,90 mg/g menit sedangkan nilai h sebesar 6,36 mg/g menit, 65,36 mg/g menit, dan 64,93 mg/g menit.

Keywords: *activated carbon, adsorption, coconut shell, kinetic, regression*

PENDAHULUAN

Air limbah dari berbagai industri seperti cat dan pigmen, produksi kaca, operasi penambangan, pelapisan logam, dan proses pembuatan baterai diketahui mengandung kontaminasi seperti logam berat. Logam berat seperti Pb, Cd, Cr, Ni, Zn, Cu dan Fe terdapat dalam air limbah industri, logam berat dalam air limbah ini tidak dapat terurai secara hayati dan keberadaannya dalam danau dan sungai menyebabkan bioakumulasi pada organisme hidup, yang menyebabkan beberapa gangguan kesehatan pada hewan, tumbuhan dan manusia seperti kanker, gagal ginjal dan kerusakan pada perut hewan pengerat [1] Oleh sebab itu air limbah yang mengandung logam berat perlu diolah terlebih dahulu hingga ambang batas yang di izinkan sebelum dibuang ke lingkungan. Metode seperti pertukaran ion, koagulasi-flokulasi, transfer membran dan oksidasi telah diterapkan untuk mengelola logam berat dalam air yang tercemar. Adsorpsi merupakan proses yang potensial untuk digunakan untuk mengolah limbah logam berat karena ekonomis dan sederhana [2-4]. Karbon aktif adalah adsorben umum yang digunakan secara luas, karena volume pori dan luas permukaannya yang tinggi [5]. Namun Karbon aktif komersial memiliki harga yang mahal, sehingga penelitian diarahkan untuk menghasilkan karbon aktif dari bahan yang lebih murah dan terbarukan untuk penanganan pencemaran lingkungan [6]. Baru-baru ini upaya telah dilakukan untuk menggunakan limbah pertanian yang murah dan tersedia seperti tempurung kelapa, kulit jeruk, sekam padi, sekam kacang dan serbuk gergaji sebagai adsorben untuk menghilangkan logam berat dari air limbah [7-9]. Tempurung kelapa adalah produk sampingan yang masing-masing terdiri dari 35-45% dan 23-43% lignin dan selulosa [10]. Bertindak sebagai adsorben untuk adsorpsi ion logam dan juga selulosa mengandung asam karboksilat dan fenolat yang merupakan gugus fungsional polar yang membantu dalam pengikatan logam [11]. karbon aktif yang diperoleh dari tempurung kelapa memiliki kemampuan yang sangat baik untuk menahan ion logam Cd^{2+} [11], Mn^{2+} , Fe^{2+} , Ni^{2+} dan Cu^{2+} dari larutan air pada konsentrasi yang diteliti [12]. Untuk merancang alat maka model matematika dikembangkan untuk mencari parameter isotherm adsorpsi dan kinetika adsorpsi ion logam Cd^{2+} , Mn^{2+} , Fe^{2+} , Ni^{2+} dan Cu^{2+} . Dengan metode Regresi linier Model isotherm Langmuir dan persamaan pseudo Kinetika orde dua paling baik menggambarkan proses adsorpsi yang terjadi adsorpsi ion logam Cd^{2+} [11], Mn^{2+} , Fe^{2+} , Ni^{2+} dan Cu^{2+} [12]. Penelitian yang dilakukan dalam [13], bahwa karbon aktif dari tempurung kelapa dapat menyerap dengan baik ion Zn^{2+} dan Pb^{2+} . Dengan metode regresi linier menunjukkan bahwa model reaksi pseudo-orde dua paling baik menggambarkan proses adsorpsi. Penelitian ini selain mempelajari pembuatan karbon aktif dari tempurung kelapa, tujuan penelitian ini untuk mengevaluasi metode regresi mana yang lebih baik antara regresi linier dan non linier dalam mencari parameter kinetik pada proses adsorpsi ion Zn^{2+} , Fe^{2+} dan Cu^{2+} oleh karbon aktif dari tempurung kelapa.

METODE PENELITIAN

Bahan dan Alat

Bahan baku yang digunakan adalah tempurung kelapa yang diperoleh dari pabrik pembuatan santan kelapa di Imogiri Bantul Yogyakarta, aquadest, larutan standar besi 5 mg/L, (1000 mg/L Merck, Germany), larutan standar tembaga 5 mg/L (1000 mg/L Merck, Germany), larutan standar seng 5 mg/L (1000 mg/L Merck, Germany), larutan H_3PO_4 10 % (85% Purity Merck, Germany), larutan $Na_2S_2O_3$ 0,1 N (97% Purity Merck, Germany), larutan standar primer $K_2Cr_2O_7$ 0,1 N (99,9% Purity Merck, Germany), larutan HCl 2 N,

(37% purity Merck, Germany), larutan KI 10%, (99,5% purity Merck, Germany), larutan iodine 10%, (99,8% purity Merck, Germany), HNO₃ pekat (65% purity Merck, Germany). Peralatan yang digunakan adalah tanur listrik (Barstad Thermolyne), ICP OES, (Varian 735 ES), oven (Memmert UF55), desikator, mortar, pipet volumetrik, buret, pH meter (HANA), pompa vakum, over head stirrer (Velp Scientifica).

Proses Pembuatan Karbon Aktif

Karbon tempurung kelapa dibuat bentuk granul hingga ukuran yang 2-4 mm. Selanjutnya karbon aktif direndam dalam activator asam fosfat (H₃PO₄) dengan konsentrasi 10%. Aduk selama 15 jam menggunakan alat *overhead stirrer*, lalu di filter untuk memisahkan larutan dengan karbon aktif menggunakan pompa vakum. Karbon aktif selanjutnya dicuci dengan *aquadest* hingga pH netral, dan dilakukan pengeringan menggunakan oven (Memmert UF55) suhu 110°C selama 3 jam. Karbon aktif yang diperoleh kemudian diuji kadar air, kadar abu, *volatile meter*, *fix carbon* dan daya serap Iodin. Penentuan kadar air, kadar karbon, dan zat mudah menguap sesuai dengan prosedur pada standar SNI No.06-3730-1995 [14].

Adsorpsi dengan Metode Batch

Air simulasi dibuat dengan cara mengencerkan larutan standar besi (Fe), seng (Zn), dan tembaga (Cu) sehingga diperoleh konsentrasi yang sesuai fakta dilapangan. Sebanyak 500 ml *aquadest* lalu tambahkan larutan standar besi (Fe), seng (Zn), dan tembaga (Cu) masing-masing sebanyak 25 ml. Karbon aktif dan air simulasi dikontakkan dengan perbandingan tertentu, tambahkan asam nitrat 1 ml dan filtrat diuji kadar logam menggunakan ICP OES (Varian 735 ES).

Penentuan Waktu Kontak Optimum Biosorpsi Ion Fe, Zn, dan Cu

Sebanyak massa optimum biosorben tempurung kelapa teraktivasi dimasukkan ke dalam labu Erlenmeyer 50 mL dan masing-masing ditambahkan 50 mL larutan logam Fe, Cu dan Zn dan dikocok dengan menggunakan shaker selama 20 menit. Kemudian campuran tersebut disaring dan masing-masing filtratnya ditampung kemudian filtrat dikomplekskan. Lalu masing-masing filtrat tersebut diukur absorbansinya dengan menggunakan ICP pada panjang gelombang maksimum. Percobaan diulang dengan waktu kontak berbeda masing-masing 15, 30, 60 dan 90 menit.

Penentuan Isoterm Adsorpsi Ion Logam Fe, Cu, dan Zn

Sebanyak 6 gr karbon aktif tempurung kelapa dimasukkan ke dalam tiga labu Erlenmeyer 1 L yang terdapat 525 mL ion Logam Zn, Cu dan Fe dengan konsentrasi 5 ppm, sampel diambil pada waktu 0 menit, 15 menit, 30 menit, 60 menit. Kemudian campuran tersebut disaring dan masing-masing filtratnya ditampung kemudian filtrat dikomplekskan. Lalu masing-masing filtrat tersebut diukur absorbansinya dengan menggunakan ICP pada panjang gelombang maksimum.

Model Matematika dan Analisis Data

Banyaknya ion logam Fe, Cu dan Zn yang teradsorpsi untuk tiap (mg/g) biosorben dan % adsorpsi ditentukan dengan menggunakan persamaan:

$$qe = \frac{C_0 - C_e}{W} V \quad (1)$$

Dimana

- q_e = jumlah ion logam teradsorpsi (mg/g),
- C_0 = konsentrasi ion logam sebelum adsorpsi (mg/L),
- C_e = Konsentrasi ion logam setelah adsorpsi (mg/L),
- V = Volume larutan ion logam (L),
- W = Berat biosorben (g).

Model pseudo kinetika orde pertama

Laju orde pertama kinetika, secara umum ditunjukkan pada 2:

$$\frac{dq}{dt} = k(q_e - q) \quad (2)$$

Dimana q adalah jumlah ion metal yang terjerap setiap waktu (mg/g). k adalah konstanta laju adsorpsi (min^{-1}). Persamaan 2 dapat diintegrasikan dan kondisi batas $t=0$ dan $qt=0$, $t=t$ dan $q=qt$ disubstitusikan sehingga didapat persamaan 3.

$$\ln(q_e - qt) = \ln(q_e) - kt \quad (3)$$

Model pseudo kinetika orde kedua

Data laju adsorpsi juga dianalisa menggunakan model pseudo kinetika orde kedua seperti pada persamaan 4.

$$\frac{dq}{dt} = h(q_e - q)^2 \quad (4)$$

Dimana h adalah laju adsorpsi awal ($\text{mg.g}^{-1}\text{min}^{-1}$). Persamaan 4 dapat diintegrasikan dan kondisi batas $t=0$ dan $qt=0$, $t=t$ dan $q=qt$ disubstitusikan sehingga didapat persamaan 5.

$$\frac{t}{qt} = \frac{1}{h} + \frac{1}{q_e} t \quad (5)$$

Error Analisis

Pada penelitian ini, linier dan nonlinier regression analisis ditunjukkan untuk menghitung nilai konstanta kinetika. R^2 dan SSE merupakan fungsi error yang digunakan untuk mengevaluasi penerapan masing-masing model kinetika ke dalam data eksperimen menggunakan fungsi solver add-in padan Microsoft Excel.

HASIL DAN PEMBAHASAN

Karakteristik Karbon Aktif

Proses preparasi aktivasi karbon aktif dilakukan melalui tahap dehidrasi, karbonisasi, dan aktivasi. Proses dehidrasi dilakukan untuk menghilangkan kandungan air yang terdapat pada tempurung kelapa dengan cara pemanasan suhu $105^{\circ}\text{C} \pm 5^{\circ}\text{C}$. Proses karbonisasi dilakukan dengan pemanasan suhu 900°C dengan bantuan pemanasan menggunakan tanur dalam keadaan wadah tertutup agar terjadi pembakaran sempurna. Selama proses ini unsur-unsur selain karbon seperti hidrogen dan oksigen dikeluarkan dalam bentuk gas dan atom yang terbebaskan membentuk kristal grafit. Adanya hidrogen dan oksigen mempunyai pengaruh yang besar pada sifat-sifat karbon aktif. Proses selanjutnya aktivasi karbon dengan cara perendaman menggunakan asam fosfat agar diperoleh luas bidang serapan pori-pori pada permukaan karbon aktif. Karakterisasi sifat fisik karbon aktif berbasis tempurung kelapa dapat dilihat pada Tabel 1.

Tabel 1. Karakterisasi karbon aktif

Parameter	Hasil	SNI 06-3730-1995
Kadar Air (%)	2,299	Maks. 15
Kadar Abu (%)	2,688	Maks. 10
Volatile Matter (%)	0,188	Maks. 25
Fix Carbon (%)	94,824	Min 65
Daya Serap Iodine (mg/g)	300,998	Min 750

Kadar Air

Pengujian kadar air dilakukan untuk mengetahui kandungan air yang terdapat pada produk karbon aktif. Pengujian ini dilakukan dengan cara pemanasan pada suhu 105°C kurang lebih selama 3 jam pada tanur untuk memastikan kandungan air dalam karbon aktif. Selain itu, penetapan kadar air karbon aktif bertujuan untuk mengetahui sifat higroskopis karbon aktif. Nilai kadar air yang diperoleh sebesar 2,299 %, nilai ini sudah memenuhi nilai keberterimaan berdasarkan SNI 06-3730-1995 [14] yaitu maksimal 15%. Kadar air diasumsikan sebagai air yang terjebak dalam rongga karbon aktif yang dapat menutupi pori-pori sehingga berpengaruh pada kualitas karbon aktif. Semakin kecil nilai kadar air maka dapat dikatakan semakin baik kualitas karbon aktifnya. Adanya molekul-molekul air yang terperangkap di dalam sisi heksagonal karbon aktif pada saat proses pendinginan merupakan salah satu penyebab nilai kadar air yang tinggi. Selain itu, nilai kadar air tinggi yang ditunjukkan karbon aktif setelah adanya aktivasi juga dapat terjadi karena sifat higroskopis karbon aktif cenderung lebih besar setelah proses karbonisasi.

Kadar Abu

Pengukuran kadar abu dilakukan menggunakan metode gravimetri yaitu dengan melakukan pemanasan pada suhu tinggi di dalam tanur. Kadar abu diasumsikan sebagai sisa mineral yang tertinggal ketika sampel dibakar. Di dalam bahan dasar karbon aktif, terkandung senyawa-senyawa mineral dan senyawa karbon dimana sebagian mineral telah hilang pada saat proses karbonisasi dan aktivasi. Berdasarkan SNI 06-3730-1995 [14], kadar abu di dalam karbon aktif tidak boleh melebihi 10%. Kandungan abu ini sangat berpengaruh

terhadap kualitas dari karbon aktif. Keberadaan kandungan abu yang berlebihan dapat menyebabkan adanya penyumbatan pori-pori sehingga luas permukaan karbon aktif menjadi berkurang. Pada karbon aktif yang sudah teraktivasi diperoleh kandungan abu sebesar 2,688 %. Hasil ini telah memenuhi syarat keberterimaan sesuai dengan SNI 06-3730-1995 [14]. Nilai kandungan abu ini menunjukkan adanya reaksi pertukaran ion antara gugus hidroksida yang terdapat pada gugus selulosa dalam karbon aktif dengan gugus fosfat yang berasal dari activator H_3PO_4 sehingga proses oksidasi lebih lanjut dapat terhambat.

Zat Terbang (*Volatile Matter*)

Kadar zat terbang dilakukan menggunakan metode gravimetri dengan memanaskan karbon pada suhu $950^{\circ}C$ selama tujuh menit dalam keadaan tertutup. Pengujian ini bertujuan untuk mengetahui banyaknya kemungkinan terdapatnya zat-zat volatile organik yang terdapat pada karbon aktif. Zat-zat organik tersebut akan menguap pada suhu tertentu bila dipanaskan. *Volatile matter* biasanya berasal dari gugus hidrokarbon alifatik atau rantai lurus yang mudah terputus karena ada pemanasan pada suhu tertentu. Pengujian dengan penutupan dilakukan untuk menghindari adanya reaksi oksidasi pada saat pembakaran, apabila pembakaran dilakukan dalam keadaan terbuka maka karbon akan teroksidasi dan terbakar dengan sempurna membentuk abu. Nilai kadar zat terbang yang diperoleh sebesar 0,188 %. Nilai ini sudah sesuai dengan syarat keberterimaan yang dikeluarkan oleh SNI 06-3730-1995 [14]. Nilai volatile matter ini diukur untuk mengetahui adanya reaksi antara atom karbon dengan uap air membentuk senyawa non karbon yang menguap seperti CO , CO_2 , CH_4 , dan H_2 pada proses aktivasi.

Fix Carbon

Fix carbon merupakan pengukuran kandungan karbon dalam sampel karbon aktif yang tertinggal bersamaan dengan nilai abu setelah dihilangkan nilai zat terbang atau *volatile matter*. Nilai *fix carbon* ini merupakan kandungan karbon yang tidak menguap pada saat pemanasan pada suhu tinggi atau pada saat penetapan nilai zat terbang (*volatile matter*). Penetapan nilai *fix carbon* ini dilakukan menggunakan kalkulasi total atau secara pengukuran tidak langsung dengan menghitung sisa persentase dari nilai kandungan air, abu, dan *volatile matter* dalam sampel karbon aktif. Pada sampel karbon aktif dari bahan tempurung kelapa ini diperoleh nilai *fix carbon* sebesar 94,824 %, nilai ini telah memenuhi standar yang ditetapkan SNI 06-3730- 1995[14] yaitu minimal 60%. Semakin besar nilai kandungan *fix carbon* maka kualitas karbon aktif semakin baik karena nilai abu dan *volatile matter* yang dikandung akan semakin kecil. Kandungan *fix carbon* dalam sampel karbon aktif ini juga dipengaruhi dengan adanya kandungan selulosa atau lignin yang dapat terkonversi membentuk karbon di dalam sampel.

Daya Serap Iodine

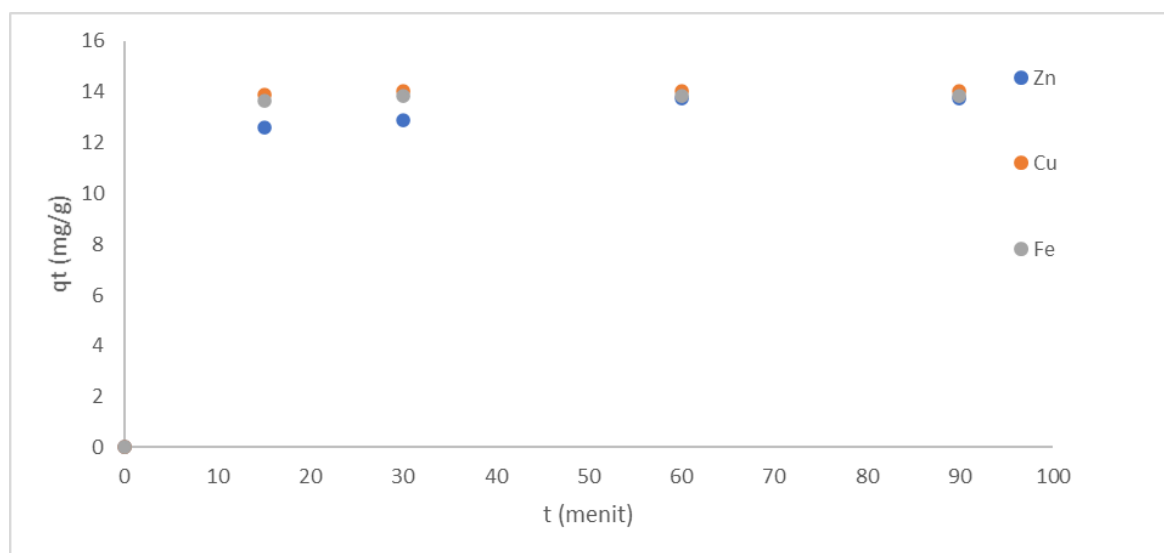
Parameter daya serap iodine merupakan parameter yang penting untuk menilai kualitas karbon aktif. Parameter ini menunjukkan kemampuan karbon aktif dalam menyerap zat-zat yang memiliki ukuran lebih kecil dari 10 \AA . Daya serap iodine ini biasanya digunakan sebagai indikator utama dalam menentukan kualitas dari karbon aktif. Pengukuran ini dilakukan untuk mengetahui kemampuan karbon aktif dalam menyerap larutan berwarna/kotoran yang ada di dalam sampel. Kemampuan karbon aktif dalam menyerap zat ini akan lebih optimal apabila karbon aktif sudah dikondisikan ke dalam keadaan bebas air

sehingga pori karbon aktif tidak terhalangi oleh kandungan air dalam sampel. Pada karbon aktif dari tempurung kelapa ini diperoleh nilai daya serap iodine sebesar 300,998 mg/g. Sesuai dengan standar keberterimaan yang dikeluarkan oleh SNI 06-3730-1995 [14], maka nilai daya serap iodine karbon aktif ini belum memenuhi karena nilai yang diberikan lebih kecil dari minimum daya serap iodine yang telah ditetapkan oleh SNI 06-3730-1995 [14] yaitu minimal 750 mg/g. Adanya nilai daya serap iodine ini menunjukkan bahwa dalam karbon aktif bahan tempurung kelapa memiliki daya serap yang dapat digunakan sebagai adsorben untuk menyerap logam-logam atau pengotor yang dapat mencemari air seperti logam besi. Akan tetapi, nilainya masih belum memenuhi syarat keberterimaan. Hal ini dapat saja terjadi karena kurang tingginya suhu pemanasan saat karbonisasi sehingga masih adanya senyawa organik yang menutupi permukaan karbon aktif.

Proses adsorpsi menggunakan adsorbat iodine merupakan jenis adsorpsi fisika dimana adsorbat tidak menembus masuk ke dalam adsorben. Energi yang digunakan pun merupakan energi ikatan yang kecil dimana ion-ion adsorbat yang terikat oleh adsorben dapat dilepas kembali. Nilai daya serap yang ditunjukkan sampel tempurung kelapa ini menunjukkan kemampuan karbon aktif dalam mengadsorpsi komponen logam, semakin besar nilai daya adsorpsinya terhadap iodine maka dapat dikatakan karbon aktif memiliki luas permukaan yang besar.

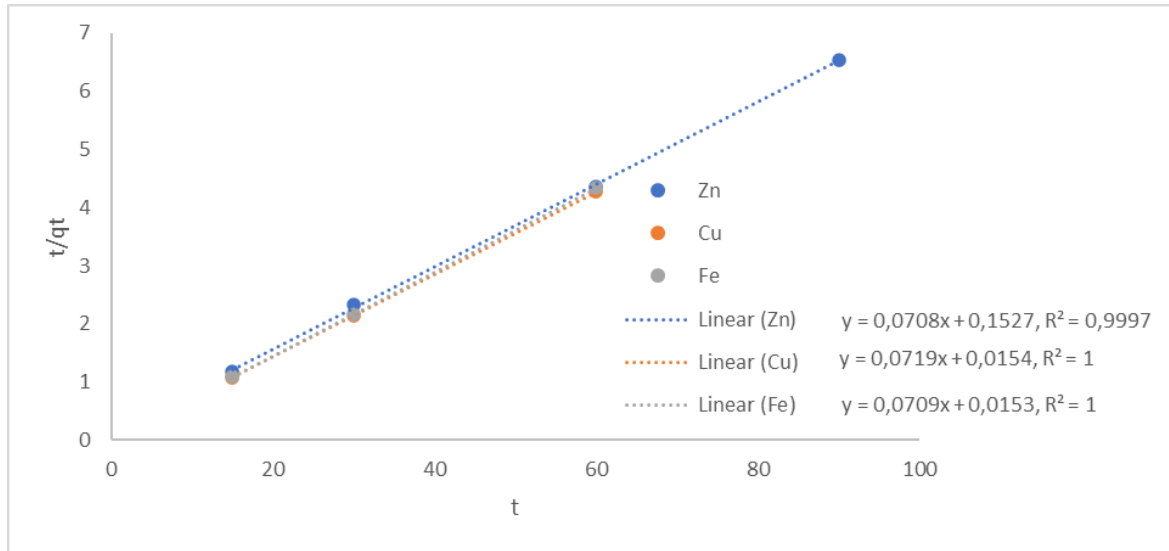
Hal ini dapat saja terjadi karena dalam pembuatan karbon aktif ini penghalusan dilakukan hingga ukuran yang sangat kecil yaitu 200 mesh. Semakin kecil ukuran karbon aktif maka semakin besar luas permukaan sehingga kontak adsorpsi akan semakin besar. Aktivasi dengan cara penggabungan antara menggunakan zat kimia dan proses oksidasi fisika ini dapat mempermudah terbukanya pori karbon aktif sehingga memiliki luas permukaan penyerapan serta kemampuan daya serap yang besar.

Kinetika Adsorpsi Logam Zn, Cu, dan Fe

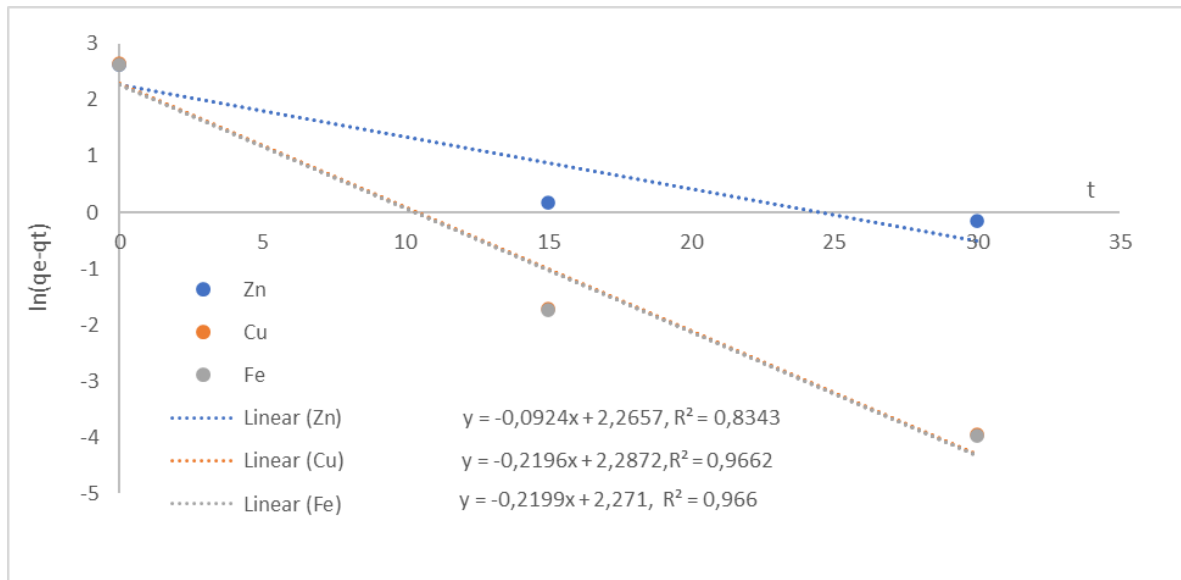


Gambar 1. Laju adsorpsi Logam Zn, Cu, dan Fe setiap waktu

Gambar 1. Merupakan laju kinetika dari adsorpsi logam Zn, Cu, dan Fe oleh karbon aktif dari tempurung kelapa. Dimana semakin lama proses penjerapan maka semakin banyak logam yang terjerap dan pada menit ke 60 terjadi keseimbangan antara konsentrasi logam di permukaan karbon aktif dengan konsentrasi logam yang ada pada cairan, dimana nilai ke eksperimen untuk Zn, Cu, dan Fe adalah sebesar 13,76 mg/g. 14,05 mg/g dan 13,85 mg/g.



Gambar 2. Model Kinetika Reaksi Pseudo Linear Orde Pertama Adsorpsi Logam Zn, Cu, dan Fe oleh Karbon Aktif dari Tempurung Kelapa.



Gambar 3. Model Kinetika Reaksi Pseudo Linear Orde Pertama Adsorpsi Logam Zn, Cu dan Fe oleh Karbon Aktif dari Tempurung Kelapa.

Tabel 2. Nilai Konstanta Kinetika Reaksi Pseudo Linear Orde Pertama dan Kedua Adsorpsi Logam Zn, Cu, dan Fe oleh Karbon Aktif dari Tempurung Kelapa.

Senyawa	Pseudo Orde 1				Pseudo Orde 2			
	k (g/mg menit)	qe (g/mg)	SSE	R ²	qe (g/mg)	h (mg/g menit)	SSE	R ²
Zn	0,092	9,63		0,834	14,12	6,36		0,99
Cu	0,219	9,84		0,966	14,10	65,36		1
Fe	0,219	9,68		0,966	13,90	64,93		1

Tabel 3. Nilai Konstanta Kinetika Reaksi Pseudo NonLinear Orde Pertama dan Kedua Adsorpsi Logam Zn, Cu dan Fe oleh Karbon Aktif dari Tempurung Kelapa.

Senyawa	Pseudo Orde 1				Pseudo Orde 2			
	k (g/mg menit)	q _e (g/mg)	SSE	R ²	q _e (g/mg)	h (mg/g menit)	SSE	R ²
Zn	0,054	16,12	1,51	0,67	14,29	5,71	0,0038	0,99
Cu	0,136	42,8	3,12	0,73	14,11	65,44	2,52x10 ⁻⁵	1
Fe	0,219	9,68	0,97	0,97	13,90	65,00	2,52x10 ⁻⁵	1

Pada penelitian ini, data penelitian kinetika adsorpsi logam Zn, Cu, dan Fe oleh karbon aktif tempurung kelapa dicocokkan dengan model pseudo linear orde pertama dan orde ke dua. Gambar 3 merupakan plot antara $\ln(q_e - q_t)$ terhadap t untuk mencari konstanta pseudo kinetika orde pertama. Demikian pula konstanta kinetika pseudo kinetika orde kedua h dan q_e dapat dicari dengan memplot t/q_t terhadap t seperti yang ditunjukkan pada Gambar 4. Nilai konstanta pseudo linier kinetika orde pertama dan kedua dapat dilihat pada Tabel 3 dan Nilai konstanta pseudo non linier kinetika orde pertama dan kedua dapat dilihat pada Tabel 4. Regresi linear lebih baik merepresnetasikan data dibandingkan regresi non linier. Hal ini dibuktikan dengan nilai R^2 untuk model Pseudo kinetika orde pertama lebih mendekati 1 dan nilai SSE untuk Regresi linier bernilai lebih kecil dibandingkan regresi non linier. Pseudo kinetika orde kedua lebih baik merepresentasikan data yang didapat pada eksperimen dibandingkan pseudo kinetika orde pertama. Hal ini dapat dilihat nilai R^2 dari pseudo kinetika orde kedua bernilai 1. Fakta ini menunjukkan bahwa adsorpsi logam berat oleh karbon aktif dari tempurung kelapa merupakan teradsorpsi secara kimia. Dalam adsorpsi kimia, logam berat menempel pada permukaan adsorben membentuk ikatan kovalen dan cenderung mencari situs yang memaksilmalkan bilangan koordinasinya dengan permukaan [12]. Hal serupa dihasilkan oleh peneliti dalam [13] di mana Pseudo kinetika orde kedua lebih baik merepresentasikan data yang didapat pada eksperimen. Nilai q_e yang didapatkan secara teortis pada model pseudo kinetika orde 2 memiliki nilai mendekati nilai q_e hasil eksperimen. Nilai error antara q_e eksperimen dan terotis untuk ion Zn, Cu dan Zn adalah 2,56%, 0,37% dan 0,45%. Nilai h pada ion Fe dan Cu bernilai sama yakni 65 g/mg menit. Nilai h berbanding lurus dengan kuadrat q_e .

KESIMPULAN

karbon aktif yang dibuat sudah memenuhi syarat sesuai dengan SNI-06-3730-1995. Metode Regresi linier dan non linier sama baiknya untuk mencari kontanta kinetika pada model pseudo kinetika orde 2 dengan nilai R^2 adalah 1 baik logam Zn, Cu, Fe. Nilai q_e pada proses adsorpsi logam Zn, Cu, dan Fe sebesar 14,12 g/mg, 14,10 g/mg dan 13,90 g/mg. Sedangkan nilai h sebesar 6,36 mg/g menit, 65,36 mg/g menit dan 64,93 mg/g menit.

UCAPAN TERIMAKASIH

Penulis mengucapkan terimakasih kepada Fakultas Teknologi Industri atas dana hibah penelitian yang diberikan pada tahun anggaran 2019/2020 dengan nomor kontrak 71.016/S.KontrakPenelitian/Dekan/FTIUIJ/XI/2019.

DAFTAR PUSTAKA

- [1] E. A. Mehmet , D. Sukru , O. Celalettin and K. Mustafa , "Heavy metal adsorption by modified oak sawdust," *J. of Hazard. Mater*, vol. 141, no. 1, pp. 77-85, 2007.
- [2] O. A. Olafadehan and D. S. Aribike, "Treatment of Industrial wastewater effluent," *J. of Nig. Soc. of Chem. Engrs*, vol. 19, no. 1, pp. 50-53, 2000.
- [3] S. Hokkanen, E. Repo and S. Lou, "Removal of arsenic (V) by magnetic nanoparticle activated micro fibrillated cellulose," *J.Chem. Eng.*, vol. 260, no. 1, p. 886–894, 2015.
- [4] J. G. M. S.´. B. J.´. L. Z.´. B. M.´. B. B.´. ,. M. M. T.Z. Minovic´, "Surface characterization of mesoporous carbon cryogel and its application in arsenic (III) adsorption from aqueous solutions," *J. Microporous and Mesoporous Materials*, vol. 201, no. 1, pp. 271-276, 2015.
- [5] D. Adinata , W. Daud and M. K. Aroua, "Preparation and characterization of activated carbon from palm shell by chemical activation with K₂CO₃," *J.Bioresour.Technol*, vol. 98, no. 1, p. 145–149, 2007.
- [6] K. Singh, A. W. Sadiq and C. Ram, "Treatment of oil refinery effluent using locally made adsorbent from agricultural residue: A review," *J. of Chm. and Env*, vol. 22, no. 1, p. 65–74, 2018.
- [7] K. Kadirvelu, K. Thamaraiselvi and Namasivayam, "Removal of Heavy Metals from Industrial Wastewaters by Adsorption onto Activated Carbon Prepared from an Agricultural Solid Waste.," *J.Bioresource Technology*, vol. 76, no. 1, pp. 63-65., 2001.
- [8] V. Vaishnav , K. Daga, S. Chandra and M. Lal , "Adsorption Studies of Zn (II) ions from Wastewater using Calotropis procera as an Adsorbent," *.J.Recent.Sci*, vol. 1, no. 1, pp. 160-165, 2012.
- [9] A. A. a. I. J.C., A. A. Abia and J. C. Igwe , "Sorption Kinetics and Intraparticulate diffusivities of Cd, Pb, and Zn ions on Maize Cob," *J. of Biotech*, vol. 4, no. 6, pp. 509-512, 2005.
- [10] G. H. Pino, L. M. Souzademesquita, M. L. Torem and G. A. Pi, "Biosorption of cadmium by green coconut shell powder," *Minerals Engineering*, vol. 19, no. 5, p. 380–387, 2006.
- [11] Moreno-Piraján, J. C. Garcia-Cuello and V. S. Gi, "The removal and kinetic study of Mn, Fe, Ni and Cu ions from wastewater onto activated carbon from coconut shells.," *J.Adsorption*, vol. 17, no. 1, pp. 505-514, 2011.
- [12] E. Bernard , A. Jimoh and J. O. Odigure, "Heavy Metals Removal from Industrial Wastewater by Activated Carbon Prepared from Coconut Shell," *Journal of Chemical Sciences*, vol. 8, no. 3, pp. 2-9, 2013.
- [13] O. A. Carrijo, R. S. Liz and N. Makishima, "Fiberofgreencoconut shell as agricultural substratum," *J.Brazilian Horticul-ture*, vol. 20, no. 1, p. 533–535, 2002.
- [14] SNI, 1995, SNI 06-3730-1995: Arang Aktif Teknis, Badan Standardisasi Nasional, Jakarta
- [15] O. A. Carrijo, R. S. Liz and N. Makishima, "Fiberofgreencoconut shell as agricultural substratum," *J.Brazilian Horticul-ture*, vol. 20, no. 1, p. 533–535, 2002.