

MODEL MATEMATIKA ISOTHERMAL BIOSORBEN KULIT LABU KUNING SEBAGAI PENGOLAHAN LIMBAH Pb ARTIFISIAL

Jainnul Setiawan*, Bagus Ibnu Hiban Rabani, Retno Dewati

Program Studi Teknik Kimia, Fakultas Teknik, Universitas Pembangunan Nasional "Veteran" Jawa Timur
Jalan Raya rungkut Madya Gunung Anyar, Surabaya Jawa Timur 60294, Indonesia

*Penulis korespondensi: jainnulsetiawan@gmail.com

Abstrak

Kulit labu kuning adalah bahan yang berpotensi untuk dijadikan biosorben karena mempunyai kandungan pektin 24,97% - 47,99%. Tujuan dari penelitian ini yaitu untuk mendapatkan model matematika yang sesuai pada proses adsorpsi limbah Pb artifisial dengan biosorben kulit labu kuning serta mempelajari pengaruh waktu adsorpsi dan massa biosorben terhadap daya adsorpsi biosorben kulit labu kuning dalam penyerapan limbah Pb artifisial. Proses pembuatan biosorben kulit labu kuning meliputi tahap dehidrasi, karbonisasi serta aktivasi. Biosorben yang telah terbentuk kemudian ditambahkan kedalam limbah Pb airtifisial dengan konsentrasi 100 ppm dan diaduk dengan magnetic stirrer selama 15 menit dengan kecepatan 150 rpm dengan variabel massa biosrben 3, 6, 9, 12, 15 gram dengan waktu pengontakan selama 30, 60, 90, 120, 150 menit. Berdasarkan hasil penelitian ini diperoleh hasil terbaik pada waktu 150 menit dengan massa 15 gram diperoleh presentase penurunan Pb sebesar 98,07%. Model matematika yang sesuai pada adsorpsi limbah Pb artifisial dengan biosorben kulit labu kuning adalah model Isoterm Langmuir. Persamaan yang dihasilkan yaitu $0,8415x + 4,4676$ dengan nilai $R^2 = 0,9777$.

Kata kunci: adsorpsi; biosorben; kulit labu kuning; limbah artifisial

MATHEMATICS ISOTHERMAL MODEL OF PUMPKIN PEEL BIOSORBENT AS ARTIFISIAL Pb WASTE TREATMENT

Abstract

Pumpkin peel is a material that may be used as a biosorbent because it has pectin content of 24.97% - 47.99%. The purpose of this study was to obtain suitable mathematical model for the adsorption process of artificial Pb waste with pumpkin peel biosorbent and to study the effect of adsorption time and biosorbent mass on the adsorption power of pumpkin peel biosorbent in the absorption of artificial Pb waste. The process of making pumpkin skin biosorbent includes stages of dehydration, carbonization, and activation. The biosorbent that has been formed is then added to the artificial Pb waste with concentration of 100 ppm and stirred using magnetic stirrer for 15 minutes at speed of 150 rpm with variable mass of 3, 6, 9, 12, 15 grams of biosorbent with contact time of 30, 60, 90, 120, 150 minutes. Results Based on this study, the best results were obtained at 150 minutes with a mass of 15 grams, the percentage reduction in Pb was 98.07%. The mathematical model that is suitable for adsorption of artificial Pb waste with pumpkin peel biosorbent is the Langmuir isotherm model. The resulting equation is $0.8415x + 4.4676$ with value of $R^2 = 0.9777$.

Keywords: adsorption; artificial waste; biosorben; pumpkin skin

PENDAHULUAN

Salah satu bahan pencemar dilingkungan adalah limbah logam berat. limbah logam berat tidak dapat terdegradasi secara biologis, sehingga menimbulkan suatu permasalahan pencemaran yang sangat serius. Salah satu polutan berbahaya yang terdapat dalam suatu limbah yaitu logam berat Pb. Berdasarkan dari sifat racunnya limbah logam berat

Pb ini dapat berdampak buruk pada kesehatan, yaitu dapat menyebabkan gangguan pada sistem saraf hingga meyebabkan kematian (Radyawati, 2011). Mengingat bahaya yang diakibatkan oleh logam berat Pb, maka perlu dilakukan upaya dalam mengurangi logam berat Pb yang terkandung pada limbah. Berbagai cara dilakukan dalam meminimalisir kontaminasi limbah logam berat pada lingkungan, seperti penggunaan bahan penyerap logam dari

produk biomaterial. Hal tersebut menyebabkan banyak pihak terdorong untuk menciptakan alternatif adsorben yang terbuat dari bahan baku yang bersifat ramah lingkungan namun memiliki tingkat efisiensi yang baik, ekonomis serta tingkat ketersediaan yang stabil. Produk biomaterial yang sering digunakan sebagai bahan penyerap logam adalah limbah hasil pertanian, seperti kulit jeruk, kulit pisang serta biji papaya.

Buah labu kuning sudah banyak dimanfaatkan dinegara-negara maju sebagai bahan baku industri makanan maupun minuman. Labu kuning di Indonesia mulai dimanfaatkan dalam pembuatan berbagai produk industri maupun rumah tangga seperti tepung, *cake* maupun kue kering. Pemanfaatan buah labu kuning yang terus meningkat secara tidak langsung akan menghasilkan limbah kulit labu kuning yang semakin banyak pula. Menurut penelitian (Purwani, 2004) 81% dari labu kuning merupakan daging buahnya, 12,55% nya merupakan kulit dan 6,45% adalah bijinya. Salah satu limbah pertanian yang berpotensi dijadikan biosorben yaitu kulit labu kuning. Menurut penelitian (Listyarini, 2020) bahwa salah satu senyawa yang terkandung dalam kulit labu kuning adalah pektin dengan kadar 24,97%-47,99%. Pektin sendiri mengandung beberapa gugus fungsional salah satunya adalah gugus karboksil dan gugus hidroksil. Keempat gugus fungsional tersebut mempunyai peranan penting pada proses penyerapan ion logam, dimana kemampuan yang paling besar dimiliki oleh gugus karboksil dalam mengikat ion logam. Gugus-gugus aktif yang terkandung pada pektin memiliki pasangang electron bebas terhadap kation logam (hidroksil) sehingga nantinya kation logam akan membentuk senyawa kompleks pektin dan logam.

Biosorben merupakan produk organik yang mempunyai banyak pori-pori pada permukaanya, dimana pada dinding pori-pori tersebut akan berlangsung proses adsorpsi (Siswarni, 2017). Biosorben sering diberikan perlakuan awal sebelum dilakukannya proses adsorpsi yaitu dilakukan proses aktivasi terlebih dahulu. Hal tersebut dilakukan agar biosorben yang dihasilkan memiliki luas permukaan yang besar karena terdapat faktor yang mempengaruhi dari proses penyerapan yaitu luas permukaan biosorben. Terdapat dua jenis proses aktivasi yaitu aktivasi fisika dan aktivasi kimiawi. Aktivasi kimia dilakukan dengan cara merendam karbon ke dalam bahan kimia yang berfungsi sebagai zat activator. Zat activator sendiri merupakan bahan kimia yang berfungsi sebagai reagen pengaktif dalam mengaktifkan atom karbon, sehingga karbon aktif yang dihasilkan mempunyai kemampuan adsorpsi yang lebih baik. Tujuan utama dari proses aktivasi tersebut yaitu untuk menghasilkan biosorben yang mempunyai jumlah pori-pori yang banyak serta dapat memperbesar dari diameter pori-pori biosorben yang diperoleh (Mastiani, 2018).

Berdasarkan SNI 06-3730-1995 biosorben yang baik mempunyai kadar air dan kadar abu maksimum 15%, serta mempunyai kadar karbon terikat minimal 65% (Sudrajat, 2011). Pada umumnya karbon aktif ini mempunyai manfaat yang cukup penting pada proses industri dikarenakan bisa menyerap warna, bau, maupun logam berat dari suatu limbah. Perkembangan dari industri yang cukup pesat menyebabkan risiko pencemaran lingkungan menjadi tinggi, sehingga hal tersebut berpengaruh terhadap penggunaan karbon aktif yang semakin meningkat pula (Wijaya, 2022)

Beberapa jenis biosorben memiliki perbedaan kapasitas atau kemampuan dalam proses adsorpsi, dimana nilai kapasitas adsorpsi ini dapat dihitung melalui model kesetimbangan adsorpsi. Model kesetimbangan adsorpsi dapat ditentukan dengan menggunakan pendekatan model isotherm adsorpsi. Isotherm adsorpsi akan menggambarkan kesetimbangan distribusi zat terlarut antara fase padat dan fase cair. Hasilnya biasanya dinyatakan sebagai plot dari konsentrasi bahan kimia teradsorpsi (mg/g) versus konsentrasi yang tersisa dalam larutan (mg/L). Hubungan antara konsentrasi adsorbat yang terdapat dalam larutan dengan jumlah adsorbat yang terserap pada temperature tetap dan keadaan setimbang dapat dinyatakan dengan isotherm adsorpsi. Terdapat dua jenis isotherm adsorpsi yaitu isotherm Langmuir dan isotherm Freundlich. Isotherm adsorpsi Freundlich digunakan untuk menggambarkan bahwa proses adsorpsi terjadi secara fisika. Sedangkan isotherm adsorpsi Langmuir dibuat untuk menunjukkan bahwa proses adsorpsi terjadi secara kimia (Barrow, 1979).

Beberapa penelitian telah dilakukan mengenai penggunaan karbon aktif dalam proses adsorpsi logam Pb diantaranya yaitu pada penelitian (Sanjaya, 2015) mengenai penggunaan karbon aktif dari kulit pisang dalam proses adsorpsi ion Pb didapatkan hasil bahwa adsorpsi Pb dengan konsentrasi 4 ppm dengan proses karbonisasi selama 30 menit pada suhu 400°C, dengan massa karbon aktif 2 gram serta waktu kontak 60 menit mempunyai kemampuan adsorpsi yang paling efektif, dimana persamaan langmuir lebih cocok digunakan dalam penelitian tersebut. Selain itu berdasarkan penelitian dari (Shafirinia, 2016) mengenai pengaruh variasi dari ukuran adsorben kulit pisang pada penyerapan limbah Pb diperoleh hasil bahwa kemampuan adsorpsi yang paling baik terjadi pada adsorben dengan ukuran 40 mesh dengan aktivasi menggunakan H₂SO₄ 1M selama 24 jam serta pengeringan pada oven dengan suhu 100°C selama 40 menit. Menurut penelitian (Sobah, 2020) mengenai adsorpsi limbah Pb menggunakan arang aktif tongkol jagung didapatkan hasil bahwa kemampuan adsorpsi yang efektif terjadi pada kecepatan pengadukan 150 rpm selama 15 menit dengan konsentrasi Pb 100 ppm, dimana persamaan langmuir lebih cocok digunakan dalam penelitian tersebut.

Tujuan dilakukannya penelitian ini yaitu untuk mendapatkan model matematika yang sesuai pada proses adsorpsi limbah Pb artifisial dengan biosorben kulit labu kuning serta mempelajari pengaruh waktu adsorpsi dan massa biosorben terhadap daya adsorpsi biosorben kulit labu kuning dalam penyerapan limbah logam Pb artifisial. Penentuan model matematika adsorpsi didasarkan pada model isotherm Langmuir dan isotherm freundlich.

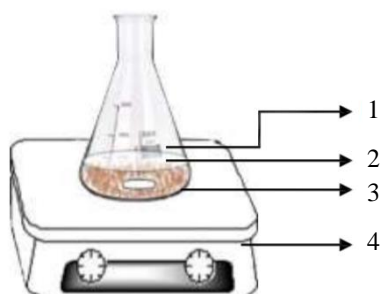
METODE PENELITIAN

Bahan

Pada penelitian ini bahan utama yang digunakan adalah kulit labu kuning yang didapatkan dari Desa Pakel, Kecamatan Montong, kabupaten Tuban, Jawa Timur. Kemudian limbah cair artifisial yang mengandung timbal (Pb) dari padatan $Pb(NO_3)_2$ dengan konsentrasi sebesar 88%. Sedangkan bahan pembantu yang digunakan meliputi, H_2SO_4 dengan konsentrasi 98%, HNO_3 dengan konsentrasi 68% dan Aquadest. Bahan-bahan tersebut diperoleh dari salah satu toko di Kota Surabaya.

Alat

Alat utama yang digunakan yaitu magnetic stirrer dan erlenmeyer (Gambar 1).



Gambar 1. Rangkaian alat adsorpsi

Keterangan:

1. Erlenmeyer
2. Larutan limbah Pb
3. Biosorben kulit labu kuning
4. Magnetic stirrer

Prosedur

Tahap dehidrasi

Kulit labu kuning dibersihkan terlebih dahulu, lalu dipotong menjadi bagian kecil sekitar 4-5 cm. Kemudian kulit labu kuning tersebut di-oven pada kondisi suhu $150^\circ C$ selama 30 menit. Proses pengeringan dilakukan agar kandungan air yang terdapat pada kulit labu kuning dapat berkurang.

Tahap karbonisasi

Kulit labu kuning yang telah kering dimasukkan kedalam *furnace* untuk dilakukan proses

karbonisasi pada temperatur $400^\circ C$ selama 45 menit. Karbon yang dihasilkan lalu ditumbuk dan disaring dengan ayakan 40 *mesh* sehingga nantinya diperoleh karbon dengan ukuran yang seragam.

Tahap aktivasi

Karbon kulit labu kuning yang diperoleh direndam kedalam H_2SO_4 1M dengan perbandingan volume H_2SO_4 dan massa karbon 2 : 1 selama 24 jam. Setelah diaktivasi karbon kulit labu kuning disaring dan dicuci menggunakan aquadest hingga pH netral. Kemudian karbon tersebut dilakukan proses pengeringan dengan oven pada suhu $100^\circ C$ selama 30 menit. Karbon aktif yang diperoleh kemudian dilakukan uji kadar air, kadar abu, kadar karbon terikat dan SEM.

Tahap uji prosimat

Karbon aktif kulit labu kuning yang telah diperoleh dilakukan proses uji proksimat. Proses uji proksimat ini meliputi uji kadar air, kadar abu dan kadar karbon terikat. Proses pengujian dilakukan untuk mengetahui kualitas dari karbon aktif kulit labu kuning yang dihasilkan.

Tahap pembuatan limbah Pb artifisial

$Pb(NO_3)_2$ yang telah dipersiapkan ditimbang sebanyak 1,6 gram. Kemudian $Pb(NO_3)_2$ dilarutkan dalam labu ukur dengan aquadest hingga 1000 ml. Didapatkan larutan induk Pb 1000 ppm. Larutan induk Pb 1000 ppm sebesar 10 ml dimasukkan pada labu ukur 100 ml. Selanjutnya diencerkan menggunakan HNO_3 0,5 M sampai batas atas. Didapatkan larutan limbah yang mengandung Pb dengan kadar 100 ppm.

Tahap adsorpsi limbah Pb artifisial

Karbon aktif kulit labu kuning dengan variabel berat 3, 6, 9, 12, dan 15 gram dimasukkan kedalam masing-masing Erlenmeyer yang berisi larutan Pb dengan konsentrasi 100 ppm dan diaduk dengan magnetic stirrer selama 15 menit dengan kecepatan 150 rpm dengan variasi waktu adsorpsi 30, 60, 90, 120, dan 150 menit pada suhu $30^\circ C$. Kemudian disaring sehingga filtrat akan terpisah dengan residunya. Filtrat kemudian dianalisa menggunakan alat *Atomic Absorption Spectrophotometry* (AAS). Selanjutnya dibuat model matematika biosorben kulit labu kuning berdasarkan data daya serap arang aktif yang telah didapatkan.

Analisa kadar Pb menggunakan AAS

Kadar Pb yang diuji menggunakan Atomic Absorption Spectrophotometry merupakan kadar Pb yang terdapat dalam filtrat setelah proses adsorpsi menggunakan biosorben kulit labu kuning yang telah mengalami proses aktivasi menggunakan zat aktivator H_2SO_4 . Data yang telah diperoleh dari hasil uji kemudian digunakan untuk menentukan besar

presentase penurunan Pb dengan menggunakan persamaan (1).

$$\% \text{ penurunan} = \frac{C_1 - C_2}{C_1} \times 100\% \quad (1)$$

Keterangan:

C_1 = konsentrasi awal Pb

C_2 = konsentrasi akhir Pb

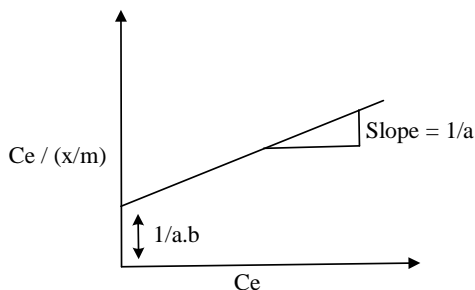
Analisa adsorpsi isotherm

Perhitungan untuk memperoleh model matematika isothermal biosorben kulit labu kuning dilakukan menggunakan persamaan Langmuir dan Freundlich. Hal ini dikarenakan model adsorpsi isotherm tersebut paling umum digunakan pada proses adsorpsi. Isotherm adsorpsi sendiri adalah suatu adsorpsi yang berlangsung pada temperatur tetap.

Isotherm Langmuir dinyatakan dengan persamaan (2).

$$\frac{C_e}{\left(\frac{x}{m}\right)} = \frac{1}{a \cdot b} + \frac{1}{a} C_e \quad (2)$$

Berdasarkan beberapa data yang telah diketahui. Maka dapat dibuat kurva dari data C_e terhadap $\left(\frac{C_e}{\left(\frac{x}{m}\right)}\right)$ yang nantinya dari data tersebut akan didapatkan persamaan linier dengan slope $\frac{1}{a}$ dan intersep $\frac{1}{a \cdot b}$, maka nilai a dan b dapat dicari.



Gambar 2. Hubungan antara $C_e/(x/m)$ dengan (C_e)

Isotherm Freundlich dinyatakan pada persamaan (3).

$$\ln \frac{x}{m} = \ln k + \frac{1}{n} \ln C_e \quad (3)$$

Keterangan:

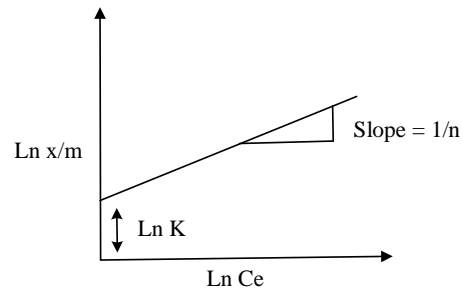
k, n = konstanta empiris isotherm Freundlich

$\ln C_e$ = konsentrasi kesetimbangan polutan setelah teradsorpsi

$\ln x/m$ = Jumlah polutan yang terserap per berat media penyerap

Berdasarkan beberapa data yang telah diketahui. Maka dapat dibuat kurva dari data $\ln x/m$ terhadap $\ln C_e$ yang nantinya dari data tersebut akan

didapatkan persamaan linier dengan slope $1/n$ dan intersep $\ln k$, sehingga nilai k dan n bisa dihitung.

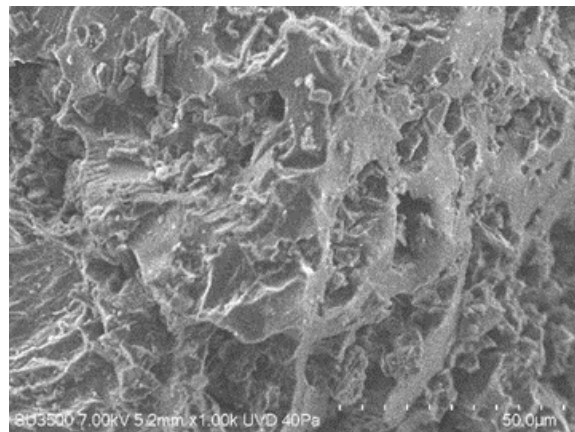


Gambar 3. Hubungan antara $\ln (x/m)$ dan $\ln C_e$ ((Metcalf and Eddy, 1991)

HASIL DAN PEMBAHASAN

Hasil analisa SEM

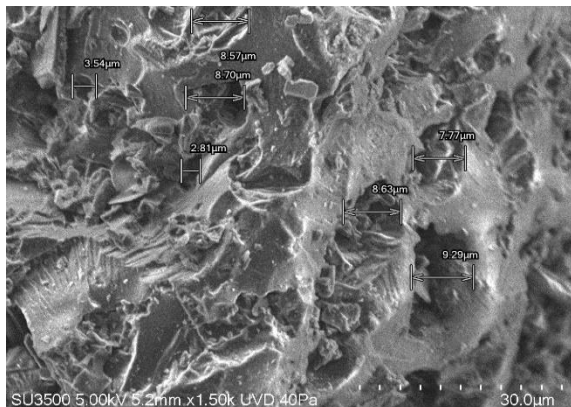
Tujuan dilakukannya Uji ini yaitu untuk mengerti struktur permukaan dari biosorben kulit labu kuning yang telah dihasilkan. Scanning Electron Microscopy (SEM) sendiri adalah mikroskop electron yang biasa digunakan pada saat melakukan analisa terhadap morfologi permukaan suatu bahan dengan resolusi tinggi dan detail yang sangat jelas. struktur permukaan dari biosorben kulit labu kuning sebelum proses aktivasi dan setelah proses aktivasi dapat diketahui pada Gambar 4 dan 5.



Gambar 4. Morfologi permukaan karbon aktif kulit labu kuning sebelum proses aktivasi dengan perbesaran 1500x

Berdasarkan hasil uji SEM pada karbon kulit labu kuning sebelum dan sesudah proses aktivasi, dapat diketahui bahwa permukaan karbon kulit labu kuning setelah proses aktifasi memiliki pori-pori yang cukup besar. Pada karbon aktif setelah proses aktivasi dengan perbesaran 1500x terlihat bahwa pori – pori yang terbentuk rata-rata memiliki diameter pori sebesar 8,1 mikrometer. Hal ini disebabkan oleh penambahan zat *activator* yang dapat memperluas permukaan karbon aktif sehingga dapat meningkatkan kemampuan adsorpsi terhadap molekul

adsorbat (Sanjaya, 2015). Hal tersebut menunjukkan bahwa molekul air maupun zat-zat pengotor sisa dari proses karbonisasi telah larut bersama zat activator, sehingga pori-pori karbon aktif yang dihasilkan lebih bersih dan daya serapnya akan meningkat.



Gambar 5. Morfologi permukaan karbon aktif kulit labukuning setelah proses aktivasi dengan perbesaran 1500x

Pada proses aktivasi kimia zat activator memiliki peranan penting dalam menghasilkan karbon aktif yang berkualitas baik. Hal tersebut disebabkan zat activator yang digunakan harus memiliki sifat dehydrator yang baik sehingga dapat mengikat molekul air maupun zat pengotor yang masih terkandung dalam pori-pori karbon aktif sisa dari proses karbonisasi. Pada penelitian ini digunakan jenis zat activator H_2SO_4 , dimana H_2SO_4 sendiri mempunyai sifat dehydrator yang baik (Aura, 2018). Hal tersebut dikarenakan zat yang bersifat asam mempunyai kemampuan yang lebih baik dalam mengikat molekul air, zat organik maupun anorganik yang ada di karbon aktif, sehingga karbon aktif yang diperoleh memiliki pori-pori yang lebih terbuka dan bersih. Berdasarkan penelitian yang dilakukan oleh (Wijaya, 2022) diperoleh hasil bahwa dengan menggunakan adsorben serbuk kayu jati diperoleh diameter pori sebesar 8,6 mikrometer, dimana semakin besar ukuran pori yang dihasilkan maka bidang kontak antara molekul adsorbat dengan adsorben juga akan semakin besar. Ukuran pori-pori karbon aktif sendiri berkaitan erat dengan kapasitas adsorpsi, dimana ukuran pori yang semakin besar menyebabkan kapasitas adsorpsi pada karbon aktif juga semakin besar.

Hasil analisa Proksimat

Tujuan dilakukannya uji Proksimat yaitu untuk mengetahui kualitas dari biosorben yang diperoleh. Uji ini meliputi analisa kadar air, kadar abu serta kadar karbon terikat.

Berdasarkan keseluruhan hasil analisa, karbon aktif yang diperoleh telah sesuai dengan standart nasional Indonesia (SNI) 06-3730-1995 yang

menandakan bahwa karbon aktif kulit labu kuning memenuhi syarat sebagai karbon aktif.

Tabel 1. Hasil analisa proksimat karbon aktif kulit labu kuning

Parameter	Kadar (%)	SNI 06-3730-1995
Karbon (C)	66,81	Minimal 65
Kadar air	0,98	Maksimal 15
Kadar abu	2,67	Maksimal 10

Parameter uji yang pertama yaitu kadar karbon terikat. Kandungan kadar karbon terikat adalah banyaknya karbon murni yang ada pada karbon aktif. Analisa dari kadar karbon ini dilakukan untuk mengetahui kandungan karbon murni yang masih ada pada karbon aktif tersebut. Hasil analisa kadar karbon yang tinggi menunjukkan tingkat kemurnian karbon yang baik. Berdasarkan penelitian yang dilakukan oleh (Alimah, 2011) pada saat proses aktivasi karbon aktif tempurung biji mete beberapa senyawa non karbon telah banyak yang hilang. ketika proses aktivasi beberapa senyawa non karbon sisa dari proses karbonisasi telah banyak yang larut bersama zat activator. Selain itu, proses karbonisasi juga mempengaruhi nilai dari kadar karbon terikat. Hal ini disebabkan pada saat proses karbonisasi beberapa senyawa non karbon akan menguap.

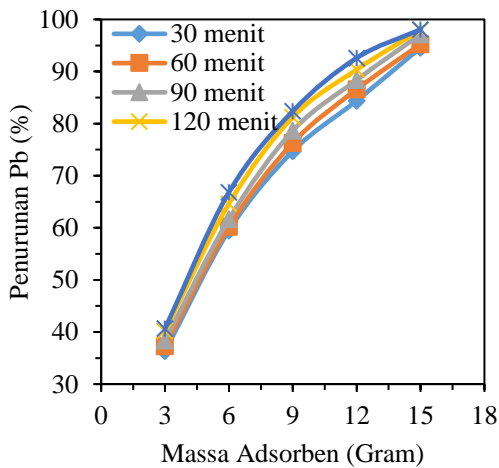
Parameter uji yang kedua yaitu kadar air. Kadar air dapat diartikan sebagai banyaknya air yang terdapat dalam karbon aktif. Analisa kadar air dilakukan untuk mengetahui sifat higroskopis dari karbon aktif yang dihasilkan. Berdasarkan penelitian yang dilakukan oleh (Hendrawan, 2017) temperature yang tinggi serta proses karbonisasi yang lama akan menyebabkan banyaknya kandungan air yang teruapkan dari karbon aktif ampas tahu. Pada saat proses karbonisasi beberapa molekul air yang terkandung pada karbon aktif akan menguap. Selain itu nilai kandungan air yang rendah juga dipengaruhi oleh proses aktivasi. Hal ini disebabkan ketika proses aktivasi zat activator akan mengikat beberapa molekul air sisa dari proses karbonisasi, sehingga kandungan air yang terdapat pada karbon aktif menjadi lebih rendah. Rendahnya kadar air menunjukkan bahwa air yang terdapat pada karbon aktif semakin sedikit. Nilai kandungan air yang semakin sedikit akan meningkatkan daya serap dari karbon aktif yang dihasilkan. Hal ini dikarenakan karbon aktif yang dihasilkan memiliki pori-pori yang lebih besar, sehingga daya serapnya juga akan semakin besar.

Parameter uji yang ketiga yaitu kadar abu. Kadar abu sendiri dapat diartikan sebagai sisa mineral yang tertinggal ketika proses karbonisasi. Hal ini dikarenakan bahan alam yang digunakan sebagai bahan dasar dalam pembuatan karbon aktif tidak hanya mengandung senyawa karbon saja, namun juga

mengandung beberapa mineral atau oksida logam. Senyawa tersebut ada yang hilang atau teruapkan pada saat proses karbonisasi, namun diperkirakan juga ada yang masih tertinggal dalam karbon setelah proses adsorpsi. Analisa kadar abu ini dilakukan untuk mengetahui jumlah logam oksida yang terkandung pada karbon aktif. Berdasarkan penelitian yang dilakukan oleh (Aryani, 2019) salah satu factor yang mempengaruhi nilai kadar abu yang dihasilkan adalah proses aktivasi, dimana pada saat proses aktivasi karbon aktif tempurung kelapa beberapa logam atau mineral yang terdapat dalam karbon aktif akan larut bersama zat activator. Mutu karbon aktif yang dihasilkan sangat dipengaruhi oleh nilai kadar abunya. Nilai kadar abu yang rendah menunjukkan sedikitnya mineral atau oksida logam yang terdapat pada pori-pori karbon aktif, sehingga pori-pori yang dihasilkan lebih banyak dan terbuka serta bisa menambah kemampuan serap dari karbon aktif yang dihasilkan.

Isoterm adsorpsi

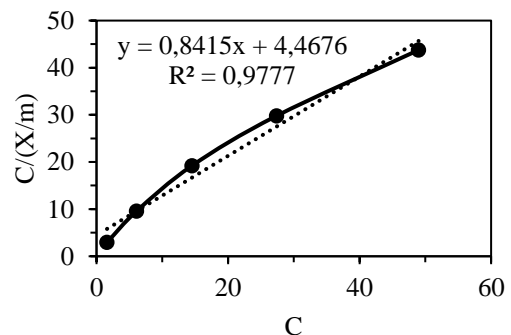
Berdasarkan hasil penelitian diperoleh data kadar timbal sebelum dan sesudah penggunaan karbon aktif dengan melakukan pengujian menggunakan metode AAS. Pemilihan metode AAS ini dilakukan berdasarkan beberapa pertimbangan yaitu dari keefektifan analisa dan dari segi biaya lebih ekonomis.



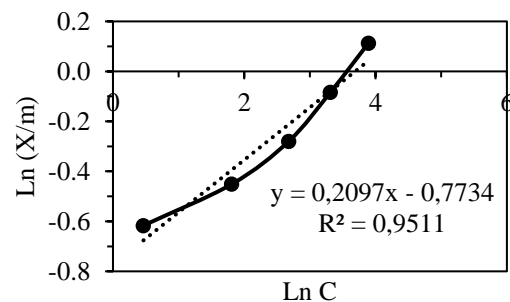
Gambar 6. Hubungan massa adsorben dengan persentase penurunan Pb pada kondisi waktu adsorpsi yang bervariasi

Berdasarkan Gambar 6, dapat dinyatakan terjadi kenaikan persentase penurunan kadar timbal secara berangsur - angsur sampai di menit ke-150. Hal ini berlaku pada hubungan waktu kontak dengan kadar Pb yang terserap. Menurut penelitian yang dilakukan oleh (Sera, 2019) semakin lama waktu pengontakan karbon aktif dari limbah bagas maka kesempatan terikatnya ion Pb oleh karbon aktif tersebut juga akan semakin besar. Dapat dilihat juga bahwa masa karbon aktif mempengaruhi kemampuan

karbon aktif dalam menyerap Pb, dimana penurunan kadar Pb yang didapatkan terlihat cenderung meningkat setiap bertambahnya massa adsorben. berdasarkan penelitian yang dilakukan oleh (Nurafriyanti, 2017) proses penambahan adsorben ampas daun teh akan menambah luas permukaan yang dapat menyerap ion Pb. Namun pada penelitian yang dilakukan (Widayatno, 2017) diperoleh hasil yang berbeda, dimana hasil analisa menunjukkan bahwa efisiensi penyerapan ion logam Pb tertinggi diperoleh ketika waktu 120 menit dengan massa 16 gram. Pada nilai variabel yang lebih tinggi hasil penurunan kadar Pb mengalami penurunan. Menurut penelitian yang dilakukan oleh (Sobah, 2020) Pada keadaan jenuh, adsorbat yang teradsorpsi akan berdesakan dipermukaan adsorben yang menyebabkan luas permukaan aktif adsorben mengecil sehingga tidak mampu mengadsorpsi ion logam kembali dan laju adsorpsi menjadi berkurang.



Gambar 7. Persamaan adsorpsi isoterm Langmuir dari C vs C/ (x/m)



Gambar 8. Persamaan adsorpsi isoterm Freundlich dari Ln C vs ln (x/m)

Berdasarkan Gambar 7 untuk isotherm Langmuir ketika waktu adsorpsi 150 menit dengan berat adsorben 15 gram diperoleh nilai R^2 yaitu 0,9777. Pada Gambar 8 untuk isotherm Freundlich ketika waktu adsorpsi 150 menit dengan berat adsorben 15 gram diperoleh nilai R^2 sebesar 0,9511. Nilai koefisien regresi linier (R^2) yang telah diperoleh dari kedua grafik kemudian dibandingkan untuk mengetahui model adsorpsi yang sesuai. Ketika nilai R^2 yang didapatkan mendekati 1 menunjukkan bahwa

pengaruh serta keterkaitan antar tiap variabel semakin tinggi. Dari hasil kedua grafik isotherm diatas diketahui bahwa adsorpsi logam Pb oleh karbon aktif kulit labu kuning cenderung mengikuti persamaan isotherm Langmuir dari pada isotherm Freundlich karena nilai R^2 untuk grafik Langmuir mendekati 1, yaitu 0,9777. Hal ini menunjukkan bahwa adsorpsi ion logam Pb berlangsung secara kimia dengan hanya membentuk satu lapisan yang bersifat homogen (Sanjaya, 2015).

Tabel 2. Nilai konstanta isotherm Langmuir dan Freundlich

Isotherm	Konstanta	Nilai
Langmuir	A	1,1883
	B	0,1883
Freundlich	K	2,1671
	N	4,7687

Pada Tabel 2 diketahui nilai a dan k yang menunjukkan kapasitas maksimum dari adsorpsi logam berat timbal oleh karbon aktif kulit labu kuning. Ketika nilai a yang diperoleh dari persamaan Isotherm Langmuir dan nilai k yang diperoleh dari persamaan Isotherm Freundlich besar maka kapasitas maksimum adsorpsi akan semakin besar pula. Dari hasil kedua grafik isotherm diatas diketahui bahwa adsorpsi logam Pb oleh karbon aktif kulit labu kuning cenderung mengikuti persamaan isotherm Langmuir. Nilai a yang diperoleh dari persamaan isotherm Langmuir menunjukkan kapasitas maksimum dari adsorpsi ion logam Pb oleh karbon aktif kulit labu kuning, dimana semakin besar nilai a pada persamaan Langmuir menunjukkan bahwa kapasitas maksimum adsorpsi semakin besar pula (Nurhidayah, 2015).

SIMPULAN

Berdasarkan penelitian yang telah dilakukan, adsorpsi logam berat Pb oleh karbon aktif kulit labu kuning untuk waktu kontak 150 menit dan berat adsorben 15 gram mengikuti model Isotherm Langmuir dengan persamaan $y = 0,8415x - 4,4676$ dengan nilai $R^2 = 0,9777$. Kemudian Daya serap karbon aktif kulit labu kuning terhadap logam berat Pb semakin meningkat bersamaan dengan meningkatnya waktu kontak dan bertambahnya berat karbon aktif yaitu pada kondisi optimum waktu pengontakan 150 menit dengan berat adsorben 15 gram diperoleh presentase penurunan kadar Pb sebanyak 98,07%.

SARAN

Sebaiknya untuk penelitian selanjutnya menggunakan variabel yang lain. Seperti ukuran karbon aktif, jenis zat *activator* ataupun waktu aktivasi untuk melihat pengaruh dari karbon aktif kulit labu kuning terhadap adsorpsi logam berat Pb.

DAFTAR PUSTAKA

- Alimah, D 2011, 'Sifat dan Mutu Arang Aktif Dari Tempurung Biji Mete (*Anacardium occidentale L*)', Jurnal Penelitian Hasil Hutan, Vol. 35, No. 2, hh 123-133
- Aryani, F 2019, 'Aplikasi Metode Aktivasi Fisika dan Aktivasi Kimia Pada Pembuatan Arang Aktif Dari Tempurung Kelapa (*Cocos nucifera L*)', Indonesian Journal Of Laboratory, Vol. 1, No. 2
- Aura, S. M 2018, 'Karakterisasi dan Interaksi Molekuler Asam Sulfat, Jurnal Kimia Fisika, Vol. 2, No. 1, hh 1-8.
- Barrow, G 1979, Physical Chemistry 4th ed, Mc Graw Hill International Book Company, Tokyo
- Hendrawan, Y 2017, 'Pengaruh Variasi Suhu Karbonisasi dan Konsentrasi Aktivator Terhadap Karakteristik Karbon Aktif dari Ampas Tahu (*Bagasse*) Menggunakan Activating Agen NaCl', Jurnal Keteknikaan Pertanian dan Biosistem, Vol. 5, No. 3, hh 200-207
- Listyarini, R 2020, 'Karakterisasi Bioplastik Dari Pektin Kulit Labu Kuning', Jurnal Kependidikan Kimia, Vol. 8, No. 1, hh. 11-18.
- Martini, S 2019, 'Pengaruh Proses Aktivasi Terhadap Kinerja Adsorben Organik Dari Kulit Buah Melon Dalam Menyerap Ion Logam Cr(III) Dari Limbah Cair Industri', Jurnal Distilasi, Vol. 4, No.2, hh 33-40.
- Metcalfe and Eddy, 1991, Wastewater Engineering : Treatment, Disposal and Reuse. 3 th Edition, McGraw-Hill Book Company Inc, Singapore
- Nurafriyanti, 2017, 'Pengaruh Variasi pH dan Berat Adsorben Dalam Pengurangan Konsentrasi Cr Total Pada Limbah Artifisial Menggunakan Adsorben Ampas Daun Teh', Jurnal Teknik Lingkungan, Vol. 3, No. 1, hh 56-65
- Purwani, E 2004, Pedoman Pembuatan Minuman Instan Labu Kuning dan Analisa Kelayakannya, Balai Besar Penelitian dan Pengembangan Pasca Panen Pertanian, Bogor.
- Radyawati, 2011, Pembuatan biocharcoal dari kulit pisang kepok untuk penyerapan logam timbal(Pb) dan logam seng(Zn), UNTAD Press, Palu
- Siswarni, MZ 2017, 'Pembuatan Biosorben Dari Biji Pepaya (*carica papaya L*) Untuk Penyerapan Zat Warna', Jurnal Teknik Kimia, Vol. 6, No. 2, hh 7-13.
- Sudrajat, R 2011, Arang Aktif : Teknologi Pengolahan dan Masa Depan, Badan Penelitian dan Pengembangan, Jakarta
- Sanjaya, A.S 2015, 'Studi Kinetika Adsorpsi Pb Menggunakan Arang Aktif Dari Kulit Pisang', Jurnal Konversi, Vol. 4, No. 1, hh 17-24.

- Shafirina, R 2016, 'Pengaruh Variasi Ukuran Adsorben dan Debit Aliran Terhadap Penurunan Khrom (Cr) dan Tembaga (Cu) Dengan Arang Aktif Dari Limbah Kulit Pisang Pada Limbah Cair Industri Pelapisan Logam (Elektroplating) Krom', Jurnal Teknik Lingkungan, Vol. 5, No. 1, hh 1-9.
- Sobah, S 2020, 'Keseimbangan Adsorpsi Isotermis Logam Fe (II) Pada Arang Tongkol Jagung', Jurnal Al Ulum Sains dan Teknologi, Vol. 5, No. 2, hh 1-6.
- Sera, R 2019, 'Pengaruh Temperatur dan Waktu Kontak Terhadap Adsorpsi Minyak Jelantah Menggunakan Adsorben Dari Bagas', Journal Balitbang Lampung, Vol. 7, No. 2, hh 181-196
- Widayatno, T 2017, 'Adsorpsi Logam Berat (Pb) Dari Limbah Cair dengan Adsorben Arang Bambu Aktif', Jurnal Teknologi Bahan Alam, Vol. 1, No. 1, hh 17-23
- Wijaya, L.S 2022, 'Arang Aktif Serbuk Kayu Jati Menggunakan Aktivator H₃PO₄ dan Modifikasi TiO₂', Jurnal Teknik Kimia, Vol. 16, No. 2, hh 73-79.