

ADSORPSI KARBON AKTIF DARI SABUT KELAPA (*Cocos nucifera*) TERHADAP PENURUNAN FENOL

Astria Abdullah, Asri Saleh, dan Iin Novianty
Jurusan Kimia, Fakultas Sains dan Teknologi, UIN Alauddin Makassar
Email: astria_rhya@yahoo.com

Abstract: Coconut coir can be used as an activated carbon for phenol removal, because of carbon element which is containing in Coconut coir make it to own a potency as an activated carbon. Research on activated carbon adsorption of phenol to the decline of coconut coir (*Cocos nucifera*) has been performed. This study begins with the dehydration and carbonization stage. Coconut coir activated carbon with 3 activator namely sulfuric acid (H_2SO_4), sodium hydroxide (NaOH) and zinc chloride ($ZnCl_2$). Coconut coir activated carbon in this study using a variable dose of 500 mg carbon, 1000 mg and 1500 mg. This study aimed to determine the characteristics of the water content, the adsorption capacity of phenol on activated carbon from coconut husk carbon activation results and determine the maximum adsorption capacity of activated carbon from coconut husk carbon in the adsorption of phenol. Activators most good at absorbing phenol is sodium hydroxide (NaOH) with the absorption efficiency of 93.01% at a mass of 1.5 g.

Keywords: activated carbon, adsorption, coconut coir (*Cocos nucifera*), phenol

1. PENDAHULUAN

Pesatnya perkembangan teknologi baik di negara maju maupun negara berkembang selalu dihadapkan dengan masalah pencemaran lingkungan yang salah satunya yaitu pencemaran air yang berdampak terhadap makhluk hidup sekitar. Limbah cair yang dihasilkan mempunyai potensi yang dapat membahayakan masyarakat dan lingkungan. Peningkatan jumlah industri akan selalu diikuti oleh pertambahan jumlah limbah, baik berupa limbah padat, cair maupun gas. Salah satu limbah industri yang berbahaya adalah fenol dengan konsentrasi yang tinggi. Apabila limbah fenol tercemar di lingkungan, maka akan membahayakan bagi kesehatan, karena batas konsentrasi fenol yang baik dalam suatu limbah sekitar 0,1-2,0 mg/L. Fenol banyak digunakan pada berbagai industri seperti industri kimia, kertas, cat, tekstil, rumah sakit dan industri lainnya (Cut Yulvizar, 2010).

Fenol salah satu senyawa yang akhir-akhir ini menjadi permasalahan utama dalam pencemaran lingkungan dan kesehatan manusia. Fenol dapat menimbulkan sifat toksik yaitu dapat membahayakan kesehatan dan dapat

menimbulkan bahaya kesehatan terhadap manusia atau dapat menyebabkan kematian apabila zat tersebut masuk kedalam tubuh manusia, serta bersifat korosif pada kulit dan lambung juga bersifat karsinogenik yaitu sifat mengendap dan merusak terutama pada organ paru-paru. Metode adsorpsi merupakan salah satu upaya untuk menurunkan kadar fenol dalam limbah industri dan rumah sakit dengan menggunakan sabut kelapa sebagai adsorben (Cut Yulvizar *et. al.*, 2010).

Pemilihan sabut kelapa dikarenakan sabut kelapa merupakan limbah yang dihasilkan dari buah kelapa yang bila dikabonkan dan menjadi karbon aktif dapat mempunyai nilai jual yang tinggi. Salah satu pemanfaatan sabut kelapa adalah sebagai karbon aktif. Sabut kelapa dapat digunakan sebagai karbon aktif karena mengandung unsur karbon (C) dan strukturnya yang keras. Sabut kelapa terdiri dari serat dan gabus yang menghubungkan satu serat dengan serat lainnya, dimana serat adalah bagian yang berharga dari sabut, dengan pemanfaatan limbah tersebut, maka akan dihasilkan produk yang bernilai ekonomis dalam bentuk karbon yang kemudian dapat diproses lebih lanjut menjadi karbon aktif (Dini Pertiwi dan Welly Herumurti, 2013).

Sabut kelapa mengandung senyawa lignin (29,4%), selulosa (26,6%), nitrogen (0,1%), air (8%) dan abu (0,5%). Berdasarkan penelitian Arif dwi putranto dan Muh. Razif (2005) efisiensi penurunan fenol terbesar didapatkan oleh karbon aktif dengan aktifator $ZnCl_2$ dengan suhu pemanasan $600^{\circ}C$ selama 1 jam sebesar 96,9% sampai 98,5% dengan konsentrasi awal fenol 300 mg/L. Sedangkan berdasarkan penelitian yang dilakukan oleh Dini Pertiwi dan Welly Herumurti, karbon aktif sabut kelapa memiliki kemampuan dalam menurunkan fenol sebesar 98,49%. Sedangkan pada karbon aktif komersial sebesar 98,28%.

Berdasarkan uraian tersebut diatas, maka dilakukan penelitian dengan judul adsorpsi karbon aktif dari sabut kelapa (*Cocos nucifera*) terhadap penurunan fenol. Hasil dari penelitian ini diharapkan dapat manfaat dan solusi dalam pemanfaatan limbah sabut kelapa.

2. METODE PENELITIAN

Alat

Alat yang digunakan dalam penelitian ini adalah spektrofotometer UV Vis, *Shaker*, oven, neraca analitik, ayakan, desikator, kertas pH universal, kiln drum, cawan penguap/cawan porselin, alat gelas yang umum digunakan di laboratorium dan aluminium foil.

Bahan

Bahan yang digunakan pada penelitian ini yaitu sampel (sabut kelapa), akuades (H_2O), akuabides, asam sulfat (H_2SO_4), fenol (C_6H_5OH), kertas saring Whatman No. 42, natrium hidoksida ($NaOH$), dan zink klorida ($ZnCl_2$).

Prosedur Penelitian

Pembuatan Karbon Aktif

Proses pembuatan karbon aktif dari sabut kelapa dilakukan dengan menimbang sampel (sabut kelapa (*Cocos nucifera*)) sebanyak 10 kg, kemudian dipanaskan dengan menggunakan klin drum sampai terbentuk menjadi karbon, setelah itu digerus, untuk mendapatkan ukuran karbon yang lebih kecil, sampel diayak dengan ukuran 100 mesh. Karbon yang terbentuk ditimbang kembali dan dibandingkan dengan berat mula-mula sebelum terbentuk menjadi karbon.

Penentuan Kadar Air

Sebanyak 1 gram karbon sabut kelapa dimasukkan kedalam cawan porselin yang telah diketahui beratnya, ditimbang dan kemudian dipanaskan selama 4 jam pada suhu $105^{\circ}C$ dan dimasukkan ke dalam desikator, setelah itu ditimbang kembali sampel sabut kelapa yang telah dipanaskan. Sampel yang sudah ditimbang dihitung kadar airnya dengan cara membagi jumlah selisih berat sabut kelapa setelah dan sebelum pemanasan dengan berat setelah pemanasan.

Aktivasi Karbon Aktif

Karbon yang dihasilkan diaktifkan secara kimia yaitu 50 g karbon direndam ke dalam 500 mL larutan asam sulfat (H_2SO_4) 5%, 50 g karbon direndam ke dalam 500 mL natrium hidoksida ($NaOH$) 5%, dan 50 g karbon direndam kedalam 500 mL zink klorida ($ZnCl_2$) 5%, selama 24 jam kemudian ditiriskan. Setelah itu disaring dan dibilas dengan akuades (H_2O) berulang-ulang sampai pH mendekati netral, diukur pH-nya dengan menggunakan kertas pH universal. Setelah itu karbon yang sudah teraktivasi di oven pada suhu $105^{\circ}C$, selama 1 jam, setelah itu dimasukkan kedalam desikator untuk proses pendinginan.

Uji Karbon Aktif Terhadap Penurunan Limbah Organik (Fenol)

Karbon hasil aktivasi ditimbang dengan massa yang berbeda yaitu 500 mg, 1000 mg, dan 1500 mg, kemudian ditambahkan dengan 200 mL larutan fenol 300 mg/L, dishaker dan diaduk dengan kecepatan 200 rpm selama 1 jam, diendapkan selama 30 menit, disaring dan kemudian dipisahkan antara filtrat

dengan residu, diambil filtratnya kemudian diukur dengan menggunakan alat spektrofotometer uv-vis.

3. HASIL DAN PEMBAHASAN

Hasil

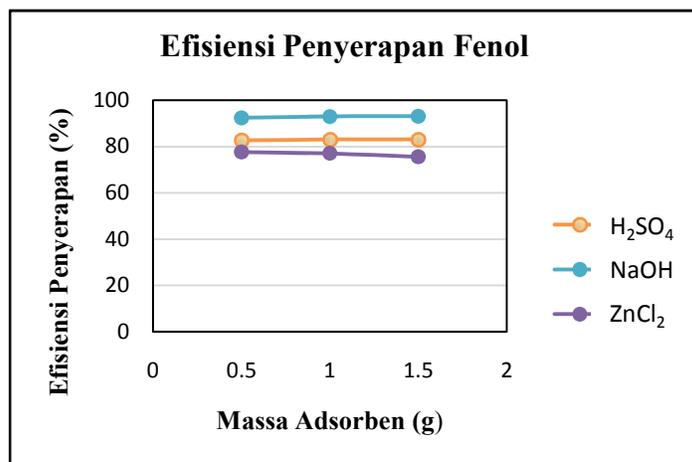
Kemampuan Karbon Aktif dalam Mengadsorpsi Fenol

Pada penentuan kadar fenol yang teradsorpsi, digunakan limbah sintetik dengan konsentrasi 300 ppm dengan menggunakan tiga aktivator yaitu asam sulfat (H_2SO_4) 5%, natrium hidroksida (NaOH) 5% dan zink klorida (ZnCl_2) 5% dengan variabel massa yang berbeda yaitu: 0,5 g; 1,0 g; dan 1,5 g.

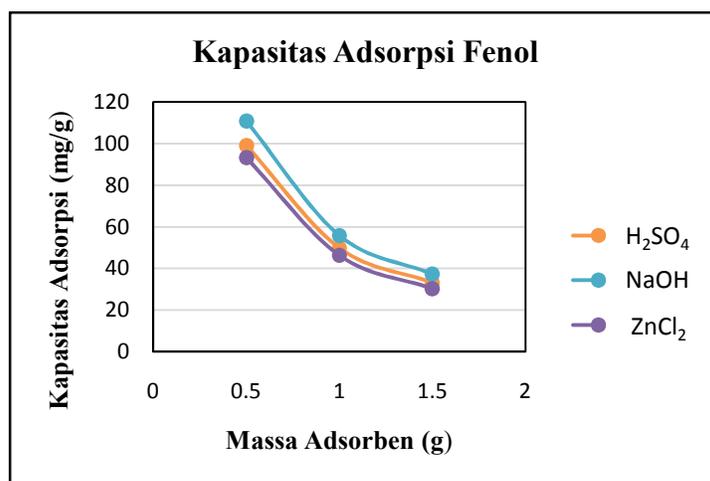
Tabel 1. Efisiensi Penyerapan dan Kapasitas Adsorpsi dari Karbon Aktif Sabut Kelapa

No	Aktivator	Efisiensi Penyerapan (%)	Kapasitas Adsorpsi (mg/g)
1.	H_2SO_4 0,5 g	82,58	99,09
2.	H_2SO_4 1,0 g	82,93	49,76
3.	H_2SO_4 1,5 g	82,96	33,07
4.	NaOH 0,5 g	92,35	110,82
5.	NaOH 1,0 g	92,93	55,76
6.	NaOH 1,5 g	93,01	37,20
7.	ZnCl_2 0,5 g	77,62	93,15
8.	ZnCl_2 1,0 g	77,03	46,22
9.	ZnCl_2 1,5 g	75,57	30,23

Berdasarkan data pada tabel 1, diperoleh grafik perbandingan antara jenis aktivator dan massanya terhadap daya adsorpsi karbon aktif terhadap fenol seperti pada Gambar 1:



Gambar 1. Efisiensi Penyerapan Fenol



Gambar 2. Kapasitas Adsorpsi Fenol

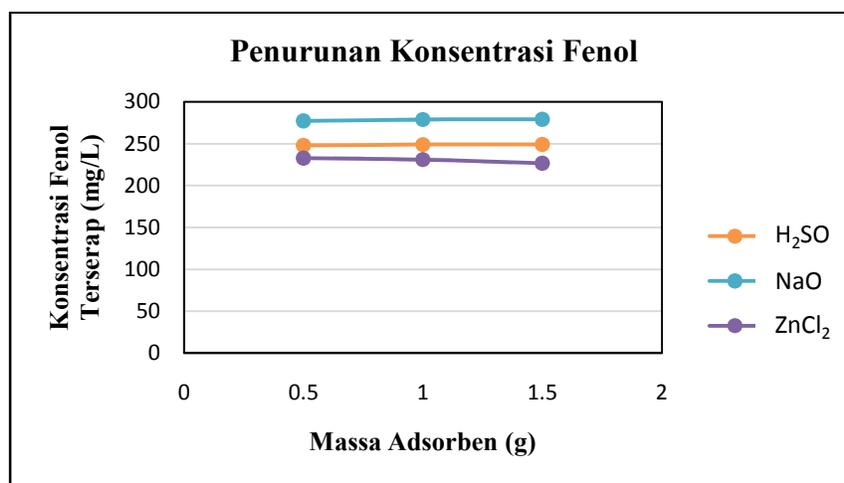
Pengaruh Aktivator dan Massa

Tabel 2. Pengaruh Aktivator dan Massa

No	Aktivator	Sampel (g)	Konsentrasi Akhir (mg/L)	Konsentrasi Terserap (mg/L)
1.	H ₂ SO ₄	0.5	52.26	247.74
		1.0	51.21	248.79
		1.5	51.01	248.99
2.	NaOH	0.5	22.96	277.04
		1.0	21.22	278.78
		1.5	20.97	279.03

		0.5	67.12	232.88
3.	ZnCl ₂	1.0	68.90	231.10
		1.5	73.28	226.72

Berdasarkan pada tabel 2, maka diperoleh grafik perbandingan konsentrasi fenol yang teradsorpsi oleh karbon aktif sabut kelapa seperti pada Gambar 3.



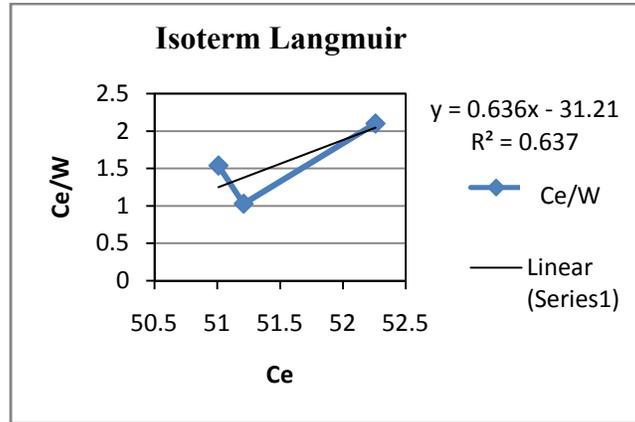
Gambar 3. Penurunan Konsentrasi Fenol

Isoterm Adsorpsi

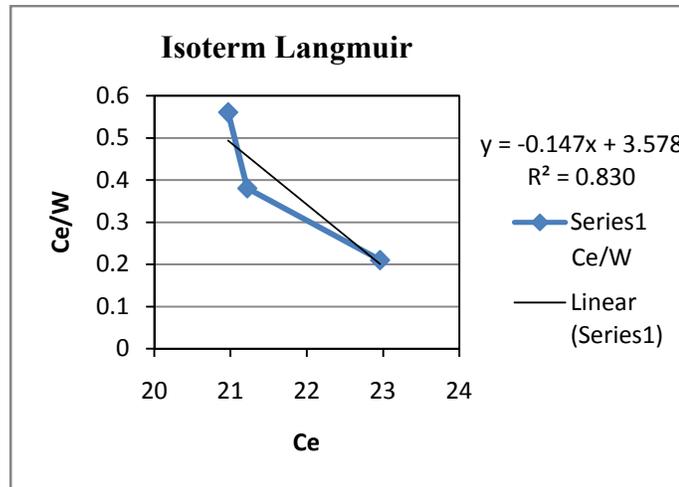
Tabel 3. Isoterm Adsorpsi (Langmuir dan Freundlich)

X	Abs	Co-Ce	Ce	Log Ce	W	Log W
H ₂ SO ₄ 0,5 g	3,3065	247,74	52,26	1,7182	24,774	1,3940
H ₂ SO ₄ 1,0 g	3,2397	248,79	51,21	1,7094	49,760	1,6969
H ₂ SO ₄ 1,5 g	3,2267	248,99	51,01	1,7077	33,199	1,5211
NaOH 0,5 g	3,5582	277,04	22,96	1,3610	110,816	2,0446
NaOH 1,0 g	3,2891	278,78	21,22	1,3267	55,756	1,7463
NaOH 1,5 g	3,2494	279,03	20,97	1,3216	37,204	1,5706
ZnCl ₂ 0,5 g	3,0841	232,88	67,12	1,8269	93,152	1,9692
ZnCl ₂ 1,0 g	3,1642	231,10	68,90	1,8382	46,220	1,6648
ZnCl ₂ 1,5 g	3,3654	226,72	73,28	1,8650	30,229	1,4804

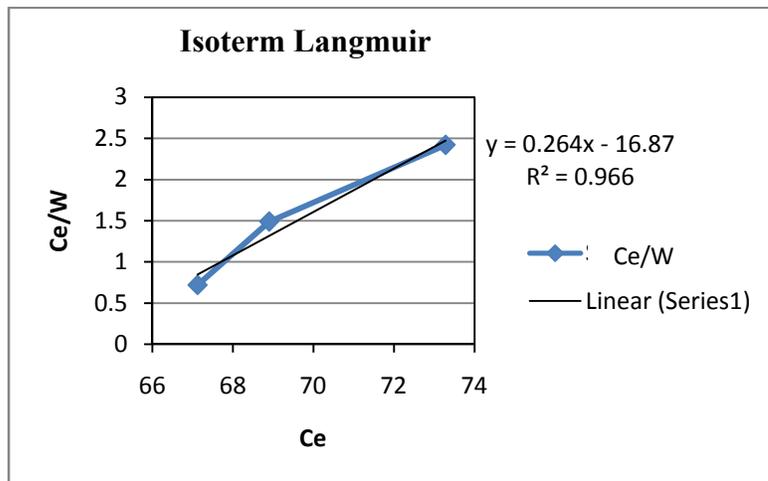
Berdasarkan data pada tabel 3, diperoleh grafik perbandingan antara jenis aktivator dan massanya dengan data Langmuir dan Freundlich seperti pada gambar di bawah ini.



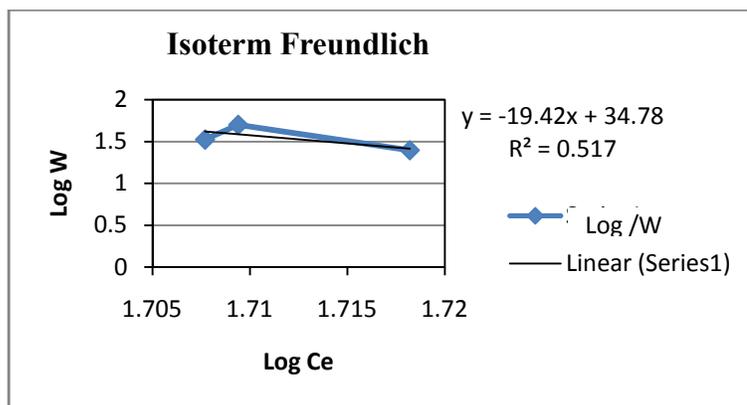
Gambar 4. Isoterm Langmuir Karbon Aktif Sabut Kelapa Teraktivasi H₂SO₄



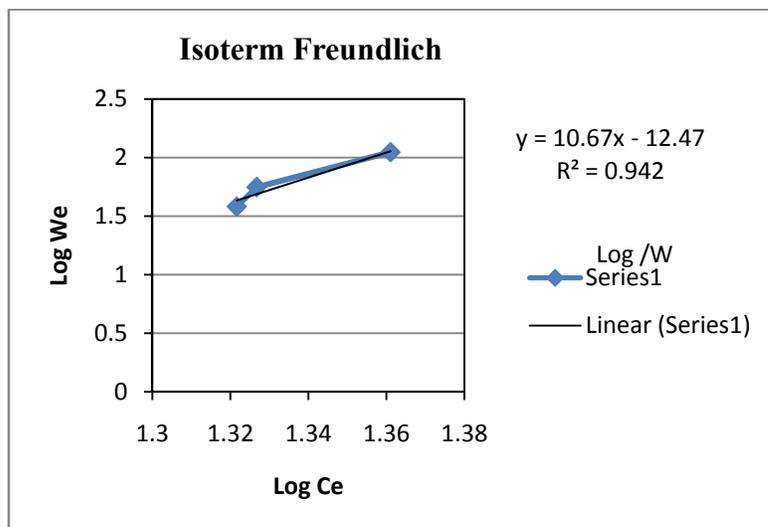
Gambar 5. Isoterm Langmuir Karbon Aktif Sabut Kelapa Teraktivasi NaOH



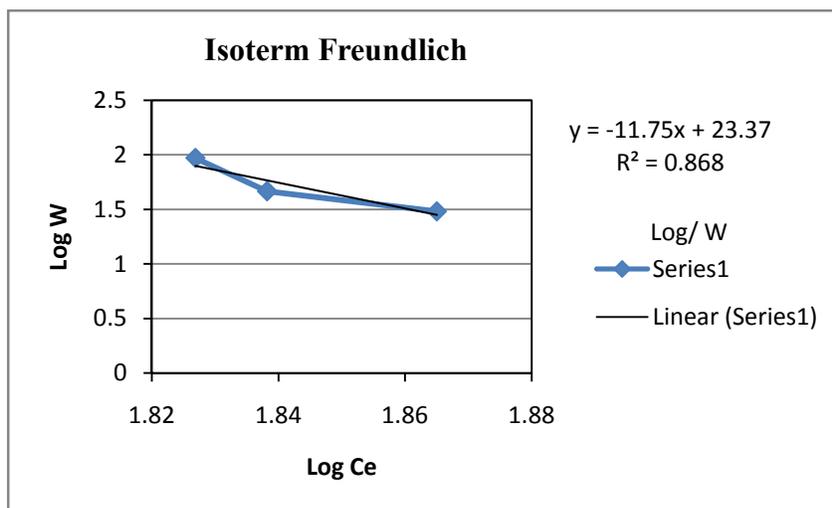
Gambar 6. Isoterm Langmuir Karbon Aktif Sabut Kelapa Teraktivasi $ZnCl_2$



Gambar 7. Isoterm Freundlich Karbon Aktif Sabut Kelapa Teraktivasi H_2SO_4



Gambar 8. Isoterm Freundlich Karbon Aktif Sabut Kelapa Teraktivasi $NaOH$



Gambar 9. Isoterm Freundlich Karbon Aktif Sabut Kelapa Teraktivasi $ZnCl_2$

Pembahasan

Karbon Aktif

Karbonasi adalah suatu proses pirolisis pada suhu 400-900°C. Pirolisis adalah suatu proses untuk merubah komposisi kandungan kimia dari bahan organik dengan cara dipanaskan dengan tidak ada kandungan udara sekitar. Jadi bahan dasar “diselimuti” gas inert untuk mencegah bahan terbakar karena adanya udara sekitar. Biasanya gas nitrogen (N_2) dan argon (Ar) digunakan pada proses karbonasi. Ukuran partikel karbon akan mempengaruhi luas permukaan karbon aktif yang dihasilkan. Penghalusan melalui penyaringan atau pengayakan akan mengubah ukuran partikel karbon menjadi lebih kecil. Semakin kecil ukuran partikel dari karbon atau karbon maka semakin besar luas permukaan karbon yang akan mengalami kontak dengan *dehidratyng agent* pada saat aktivasi berlangsung sehingga lebih banyak karbon atau karbon yang teraktivasi dan semakin banyak pori yang terbentuk pada karbon atau karbon. Jumlah karbon yang diperoleh pada proses ini sebanyak 600 gram.

Salah satu sifat dari karbon aktif yang mempengaruhi kualitas karbon aktif adalah kadar air. Dari hasil perhitungan didapatkan kadar air karbon sabut kelapa sebanyak 1,15% dan setelah aktivasi didapatkan kadar air untuk karbon teraktivasi H_2SO_4 sebanyak 0,34%, karbon teraktivasi NaOH 0,49% dan karbon teraktivasi $ZnCl_2$ 0,37%. Berdasarkan SII 0258-88 mengenai syarat mutu karbon aktif, kadar air pada karbon maksimal 4,4%.

Melalui uji kadar air ini dapat diketahui seberapa banyak air yang dapat teruapkan agar air yang terikat pada karbon aktif tidak menutup pori dari karbon aktif itu sendiri. Hilangnya molekul air yang ada pada karbon aktif

menyebabkan pori-pori pada karbon aktif semakin besar. Semakin besar pori-pori maka luas permukaan karbon aktif semakin bertambah. Bertambahnya luas permukaan ini mengakibatkan semakin meningkatnya kemampuan adsorpsi dari karbon aktif. Meningkatnya kemampuan adsorpsi dari karbon aktif maka semakin baik kualitas dari karbon aktif tersebut. Nilai kadar air dari semua sampel yang dihasilkan memenuhi standar kualitas karbon aktif berbentuk serbuk menurut Standar Industri Indonesia (SII 01-6095-1999) yaitu maksimal dari 4%.

Pengaruh Aktivator dan Massa

Aktivasi kimia digunakan karena memiliki beberapa keunggulan dibandingkan dengan aktivasi fisika seperti suhu aktivasi yang digunakan relatif rendah dan pori-pori yang terbentuk lebih banyak sehingga luas permukaannya lebih besar. Asam sulfat dipilih sebagai aktivator karena memiliki sifat *dehydrating agent* dan memiliki lebih banyak situs aktif dibandingkan dengan aktivator asam pada umumnya. Selain itu, asam sulfat juga dapat membuka dan memperluas pori-pori pada karbon dengan cara menghancurkan kotoran berupa oksida-oksida logam (magnesium, besi, aluminium dan kalsium) yang menutupi pori-pori karbon tersebut.

Penggunaan fenol sebagai sampel untuk diadsorpsi dikarenakan oleh kapasitasnya sebagai pencemar sangatlah banyak. Fenol biasanya dihasilkan dari hasil buangan rumah sakit dan buangan limbah industri.

Metode yang digunakan untuk menurunkan konsentrasi fenol adalah metode adsorpsi, karena selain mudah dilakukan, efektivitasnya tinggi dan biaya yang diperlukan relatif murah. Sabut kelapa mengandung senyawa lignin (29,4%), selulosa (26,6%), nitrogen (0,1%), air (8%) dan abu (0,5%). Berdasarkan penelitian Arif Dwi Putranto dan Muh. Razif (2005) efisiensi penurunan fenol terbesar didapatkan oleh karbon aktif dengan aktivator $ZnCl_2$ dengan suhu pemanasan $600^\circ C$ selama 1 jam sebesar 96,9% sampai 98,5% dengan konsentrasi awal fenol 300 mg/L. Sedangkan berdasarkan penelitian yang dilakukan oleh Dini Pertiwi dan Welly Herumurti, Karbon Aktif sabut kelapa memiliki kemampuan dalam menurunkan fenol sebesar 98,49%. Sedangkan pada karbon aktif komersial sebesar 98,28%.

Berdasarkan tabel 1, kemampuan karbon aktif dari sabut kelapa dalam menyerap fenol dengan aktivator H_2SO_4 dengan berat massa 0,5 g; 1,0 g; 1,5 g berturut-turut adalah 247,74 ppm; 248,79 ppm; 248,99 ppm; dan dengan aktivator NaOH dengan berat massa 0,5 g; 1,0 g; 1,5 g berturut-turut adalah 277,04 ppm; 278,78 ppm; 279,03 ppm, dan dengan aktivator $ZnCl_2$ dengan berat massa 0,5 g; 1,0 g; 1,5 g, berturut-turut adalah 232,88 ppm; 231,10 ppm;

226,72 ppm dengan efisiensi serapan berturut-turut yaitu untuk H_2SO_4 (82,58 %; 82,93 %; 82,96 %), dan untuk NaOH (92,35 %; 92,93 %; 93,01 %), dan untuk ZnCl_2 (77,62 %; 77,03 %; 75,57 %). Sedangkan untuk kapasitas adsorpsi hasil yang diperoleh berturut-turut yaitu untuk H_2SO_4 (99,09 mg/g; 49,76 mg/g; 33,07 mg/g), untuk NaOH (110,82 mg/g; 55,76 mg/g; 37,20 mg/g) dan untuk ZnCl_2 (93,15 mg/g; 46,22 mg/g; 30,23 mg/g).

Sesuai dengan hasil penelitian yang telah dilakukan, untuk aktivator asam sulfat (H_2SO_4) dan natrium hidroksida (NaOH), semakin tinggi massa karbon yang digunakan semakin besar daya adsorpsinya terhadap fenol. Sebaliknya pada aktivator zink klorida (ZnCl_2), semakin tinggi massa karbon yang digunakan, semakin rendah daya adsorpsinya terhadap fenol. Hal ini dimungkinkan karena daya hancurnya terhadap karbon kecil, sehingga pori-pori pada karbon tidak terbuka semua sehingga mempengaruhi daya serapnya. Sedangkan untuk nilai kapasitas adsorpsi, semakin tinggi massa karbon semakin menurun kapasitas adsorpsinya. Hal ini dikarenakan pada saat ada peningkatan massa adsorben maka ada peningkatan presentase nilai efisiensi adsorpsi dan penurunan kapasitas adsorpsi.

Isoterm Adsorpsi

Pada penelitian ini, ada dua model isoterm yang digunakan yaitu isoterm Langmuir dan isoterm Freundlich. Tujuan menggunakan isoterm Freundlich dan Langmuir adalah untuk mendapatkan persamaan kesetimbangan yang dapat digunakan untuk mengetahui seberapa besar massa adsorbat yang dapat di adsorpsi oleh adsorben. Isoterm Freundlich digunakan dengan asumsi bahwa lapisan multilayer yang ikatan antara adsorben dengan adsorbatnya terjadi karena gaya Van der Waals sehingga ikatannya tidak terlalu kuat, sedangkan isoterm Langmuir digunakan dengan asumsi bahwa lapisan yang terbentuk adalah lapisan monolayer yang ikatan adsorben dengan adsorbatnya cukup kuat karena terbentuknya suatu ikatan kimia. Untuk mengetahui persamaan isoterm yang akan digunakan dalam penentuan kapasitas adsorpsi adsorben terhadap fenol, maka dilakukan perhitungan dan pengeplotan data dengan menggunakan masing-masing persamaan isoterm. Kemudian dibandingkan semua nilai regresi (R^2) yang didapatkan dari kedua persamaan Langmuir dan Freundlich. Kemudian akan dipilih persamaan yang akan menghasilkan garis regresi yang paling linear dengan konstanta regresi linear (R^2) yang terbesar.

Berdasarkan gambar 3 sampai 8, dapat dilihat bahwa adsorpsi fenol dengan menggunakan karbon aktif dari sabut kelapa mengikuti persamaan isoterm Langmuir. Hal ini dapat dilihat dari nilai regresi yang paling besar pada karbon aktif teraktivasi zink klorida (ZnCl_2) yaitu sebesar 0,966. Alasan yang

lain mengapa model isoterm Langmuir digunakan untuk penentuan kapasitas adsorpsi karbon aktif dari sabut kelapa (*Cocos nucifera*) ini adalah karena dimungkinkan bahwa proses yang terjadi adalah proses adsorpsi kimia. Selain itu juga diperkirakan bahwa permukaan karbon mempunyai komposisi yang homogen, sesuai dengan asumsi yang digunakan dalam model isoterm Langmuir.

4. PENUTUP

Kesimpulan

Dari hasil penelitian yang telah dilakukan dengan menggunakan karbon aktif dari sabut kelapa sebagai adsorben untuk menyerap fenol, maka dapat ditarik kesimpulan sebagai berikut:

1. Karbon aktif sabut kelapa memiliki kemampuan dalam menurunkan fenol sebesar 93,01%.
2. Aktivator yang paling baik dalam mengadsorpsi fenol adalah aktivator NaOH dengan massa 1,5 g.
3. Pengolahan limbah fenol menggunakan karbon aktif sabut kelapa (*Cocos nucifera*) mengikuti model isoterm adsorpsi Langmuir.

Saran

Berdasarkan hasil penelitian, adapun saran yang dapat diberikan sebagai tindak lanjut dari penelitian ini antara lain:

1. Penelitian yang telah dilakukan mengenai penggunaan karbon aktif dari sabut kelapa sebagai adsorben dapat dijadikan sebagai alternatif biomaterial untuk mengurangi konsentrasi fenol.
2. Para pelaku industri sebaiknya menjadikan karbon aktif dengan skala besar sehingga dapat digunakan sebagai adsorben pengolahan limbah untuk mengurangi polutan sebelum di buang ke lingkungan.

DAFTAR PUSTAKA

- Amin M., dan Fu'ad A., 2009, *Pemanfaatan Limbah Serat Sabut Kelapa Sebagai Bahan Pembuat Helm Pengendara Kendaraan Roda Dua*.
- Ariyanto, 2010, Investasi Biofuel dari Sabut Kelapa, *Jurnal Kimia*.
- Asbahani, 2013, *Pemanfaatan Limbah Ampas Tebu sebagai Karbon Aktif untuk Menurunkan Kadar Besi pada Air Sumur*, 13 (1).
- Bintang, M., 2010, *Biokimia Teknik Penelitian*. Edisi I, Cet. I; Jakarta: Erlangga.
- Departemen Agama RI, 2002, *Al-Quran dan Terjemahannya*, Semkabon: CV. Asy-Syifa. 2002.

Devina, 2011, *Spektrofotometer Serapan UV-Vis*, Jakarta.

Fessenden, R. J., dan Fessenden J. S. 1982, *Organik Chemistry*. Terj. Aloysius Hadyana Pudjaatmaka, *Kimia Organik*. Jakarta: Erlangga.