

PEMANFAATAN KULIT BIJI METE UNTUK ARANG AKTIF SEBAGAI ADSORBEN TERHADAP PENURUNAN PARAMETER PHENOL

REUSE OF LEATHER OF METE'S SEED AS ADSORBENT FOR ACTIVATED CARBON TO REDUCE PHENOL PARAMETHIC

Ari Dwi Putranto¹⁾ dan M. Razif¹⁾

¹⁾Jurusan Teknik Lingkungan FTSP – ITS

email: razif@its.ac.id

Abstrak

Proses adsorpsi merupakan salah satu cara pengolahan air yang mengandung bahan organik, yang pada umumnya menggunakan karbon aktif sebagai bahan penyerap (adsorben). Kulit biji mete dapat digunakan sebagai bahan untuk menghasilkan arang aktif yang berkualitas baik, karena terdiri dari tiga lapisan kulit yaitu lapisan endokarp, mesokarp dan epikarp yang memiliki kandungan lemak dan protein yang tinggi. Bahan pengaktif (aktivator) yang digunakan yaitu H_3PO_4 , $ZnCl_2$ dan $NaOH$. Pada proses karbonasi dilakukan variasi suhu pemanasan. Karbon aktif yang dihasilkan diuji kemampuannya untuk mengadsorpsi limbah phenol dengan menggunakan persamaan Isoterm Langmuir, Isoterm Freundlich dan Isoterm BET. Hasil penelitian menunjukkan bahwa efisiensi penurunan phenol terbesar didapatkan oleh karbon aktif dengan aktivator $ZnCl_2$ dengan suhu pemanasan $600^{\circ}C$ selama 1 jam yaitu sebesar 96,9% sampai 98,5% dengan konsentrasi awal phenol 300 mg/l.

Kata kunci : adsorpsi, isotherm, kulit biji mete, phenol

Abstract

Adsorption process is one among other ways to treat water which contain organic matter, which commonly it uses activated carbon as adsorbent. The leathers of mete's seed can be employed as material to produce activated carbon with good quality because it has three layers of leather, which are : endocarp, mesocarp and epicarp that contain grease and protein. Activators were H_3PO_4 , $ZnCl_2$ and $NaOH$ to increase capacity of the carbon. Variation of temperature had been applied in carbonation process. Activated carbon which was produced had to be examined for its adsorption capability of phenol using Langmuir isotherm, Freundlich isotherm and BET isotherm. Results of the test demonstrate that the highest removal efficiency of phenol, 96,6 – 98,5 %, is reached by activated carbon with $ZnCl_2$ as activator, temperature $600^{\circ} C$ for one hour heating time and phenol initial concentration 300 mg/L.

Keywords : adsorption, isotherm, leather of mete's seed, fenol

1. PENDAHULUAN

Salah satu cara penanganan limbah dalam lingkungan air adalah dengan mengadsorpsi limbah ke dalam suatu media. Hal ini dilakukan dengan memasukkan adsorben (karbon aktif) dalam air, sehingga limbah yang terdapat dalam air akan diserap ke permukaan maupun ke dalam pori karbon aktif.

Kulit biji mete terdiri dari tiga lapisan kulit yaitu lapisan endokarp, mesokarp dan epikarp dengan kandungan lemak dan protein yang tinggi dimana didalamnya terdapat unsur esensial berupa karbon (C) sehingga kulit biji mete diduga dapat diguna-

kan sebagai bahan untuk menghasilkan arang aktif yang berkualitas baik.

Penelitian ini bertujuan untuk mengetahui kemampuan kulit biji mete sebagai karbon aktif untuk menurunkan limbah organik phenol.

Phenol merupakan senyawa organik dengan rumus molekul C_6H_5OH . Senyawa ini berbau khas dan bersifat racun serta korosif terhadap kulit (menimbulkan iritasi). Phenol dipilih sebagai adsorben karena menurut Jankowska (1991), adsorpsi isoterm phenol merupakan salah satu test adsorpsi yang melengkapi informasi sifat adsorpsi karbon aktif di dalam pengolahan air.

Pembuatan karbon aktif dilakukan dengan proses karbonasi dan dilanjutkan dengan proses aktivasi carbonaceous material berkarbon yang biasanya berasal dari tumbuh-tumbuhan. Adsorben yang paling baik adalah arang yang dihasilkan dari kayu, lignin, tempurung kelapa, kulit biji kacang, dan material-material serupa (Susana, 1993).

Proses karbonasi atau proses pembuatan karbon adalah peristiwa pirolisis bahan, yaitu karena adanya faktor panas maka akan terjadi proses dekomposisi komponen-komponen dalam bahan. Selama proses karbonisasi unsur-unsur bukan karbon seperti hidrogen dan oksigen dikeluarkan dalam bentuk gas dan atom-atom terbebaskan dari karbon elementer, membentuk kristal grafit elementer (Herawati, 1998).

Untuk memperoleh arang yang berpori dan luas permukaan yang besar hanya dapat diperoleh dengan cara mengaktivasi bahan yang telah dikarbonasi. Ada dua cara dalam melakukan proses aktivasi, yaitu aktivasi fisika (*Vapor Adsorben Carbon*) dengan menggunakan uap, udara atau gas tertentu selama proses karbonasi dan aktivasi kimia (*Chemical Impregnating Agent*) dengan merendam bahan baku pada bahan kimia seperti H_3PO_4 , $ZnCl_2$, $CaCl_2$, K_2S , HCl , H_2SO_4 , $NaCl$, $NaOH$, Na_2CO_3 sebelum proses karbonasi (Trihendardi, 1997).

Kulit biji mete terdiri dari tiga lapisan (Saragih, 2000) yaitu Lapisan Epikarp, merupakan lapisan paling luar sifatnya liat dan keras. Lapisan Mesokarp, lapisan yang berbentuk seperti sarang tawon dan banyak mengandung minyak kental bernama minyak laka atau CNSL (*Cashew Nut Shell Liquid*). Lapisan Endokarp, lapisan yang paling dalam agak tipis juga disebut sebagai kulit ari.

Adsorpsi adalah proses pengumpulan substansi terlarut (*soluble*) yang ada dalam larutan oleh permukaan benda penyerap dimana terjadi suatu ikatan kimia fisika antara substansi dan penyerapnya.

Adsorpsi diartikan sebagai jenis adhesi yang terjadi pada permukaan suatu media yang terkontak dengan media lain. Proses adsorpsi digambarkan sebagai proses molekul meninggalkan larutan dan menempel pada permukaan zat penyerap akibat ikatan fisika dan kimia.

Dalam adsorpsi digunakan istilah adsorbat dan adsorben dimana adsorbat adalah substansi yang ter-

serap atau substansi yang akan dipisahkan dari pelarutnya, sedangkan adsorben adalah suatu media penyerap (Isnania, 2000).

Adsorpsi diklasifikasikan menjadi 2 (dua) jenis yaitu Adsorpsi fisik terjadi terutama karena adanya ikatan Van Der Waals dan merupakan sebuah kejadian yang dapat balik. Adsorpsi Kimia dalam adsorpsi kimia terjadi reaksi kimia antara padatan dan larutan adsorbat, reaksi yang terjadi tidak dapat balik (Setyowati, 1998).

Beberapa faktor yang mempengaruhi berlangsungnya proses adsorpsi secara *batch* adalah karakteristik zat yang teradsorpsi (adsorbat), karakteristik zat pengadsorpsi (adsorben), derajat keasaman (pH), agitasi/pengadukan, temperatur, waktu kontak.

2. METODOLOGI

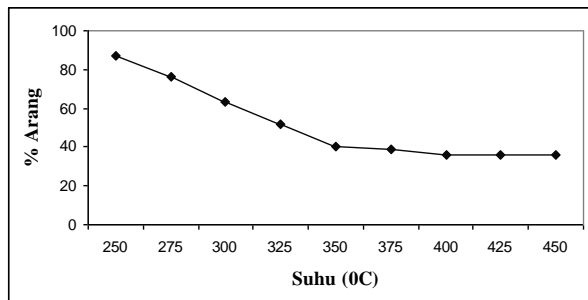
Pada penelitian ini terlebih dahulu dilakukan penelitian pendahuluan untuk menentukan suhu pemanasan dan lama pengadukan yang akan digunakan. Model reaktor yang digunakan untuk proses batch ini adalah seperangkat Jarrest yang memiliki alat pengukur putaran bersatuan rpm (rotation per minute). Sebagai bejana digunakan beker glass.

Aktivasi karbon aktif dilakukan dengan merendam 50 gram kulit biji mete dalam larutan H_3PO_4 5%, $ZnCl_2$ dan $NaOH$ 5%. Kemudian dipanaskan dengan dengan variasi suhu 500, 550 dan 600 °C selama 1 jam. Setelah itu dilakukan pengujian terhadap phenol secara batch dengan berat karbon aktif 0 mg, 100 mg, 700 mg dan 1000 mg.

3. HASIL DAN PEMBAHASAN

Perhitungan kadar air dilakukan dengan cara membagi jumlah selisih berat kulit mete setelah dan sebelum dipanaskan dengan berat setelah pemanasan. Dari hasil perhitungan didapatkan kadar air biji mete sebesar 8,77 %

Penentuan suhu pemanasan dilakukan dengan memasukkan 50 gram kulit biji mete kedalam furnace kemudian dipanaskan dengan variasi suhu 250, 275, 300, 325, 350, 375, 400, 425 dan 450 °C selama 1 jam. Arang yang terbentuk kemudian ditimbang untuk dihitung % arang yang terbentuk dengan membandingkannya dengan berat kulit biji mete mula-mula. Dari hasil percobaan didapatkan hasil seperti terlihat pada Gambar 1.



Gambar 1. Grafik Pengaruh Suhu Pemanasan Terhadap % Arang

Dari Gambar 1 dapat dilihat bahwa tinggi suhu berpengaruh terhadap jumlah karbon yang terjadi. Semakin tinggi suhu, karbon yang dihasilkan juga semakin sedikit. Pada awal pemanasan terjadi penurunan berat kulit biji mete yang sangat signifikan tetapi setelah suhu 400 °C penurunan berat kulit biji mete mendekati konstan. Dari hasil percobaan di atas maka dapat ditetapkan bahwa suhu pemanasan yang akan digunakan adalah 500, 550, dan 600 °C dengan jumlah arang yang terbentuk sebesar \pm 35%.

Penentuan waktu pengadukan ini dilakukan dengan konsentrasi phenol awal 300 mg/l dengan berat karbon aktif 1000 mg dan variasi waktu pengadukan 30, 40, 50 dan 60 menit. Hasil selengkapnya dapat dilihat pada Tabel 1.

Tabel 1. Penentuan Waktu Pengadukan

Berat Arang (gram)	Kecepatan Pengadukan (rpm)	Lama Pengadukan (menit)	Phenol Awal (mg/l)	Phenol Akhir (mg/l)
1	200	30	300	72,31
1	200	40	300	60,22
1	200	50	300	58,56
1	200	60	300	58,49

Dari Tabel 1, dapat dilihat bahwa waktu pengadukan berpengaruh terhadap jumlah polutan yang diadsorp. Semakin lama waktu pengadukan, polutan yang diadsorp juga semakin banyak ini dapat dilihat dari konsentrasi phenol akhir setelah pengadukan. Pada awal pengadukan terjadi penurunan jumlah phenol yang sangat signifikan tetapi setelah 50 menit penurunan jumlah phenol mendekati konstan. Dari hasil percobaan di atas maka dapat ditetapkan bahwa lama pengadukan yang akan digunakan untuk proses batch adalah 60 menit dengan kecepatan pengadukan 200 rpm.

Aktivasi karbon aktif dilakukan dengan cara merendam 50 gram kulit biji mete yang telah diukur

kadar airnya kedalam 500 ml larutan H₃PO₄ 5%, ZnCl₂ 5% dan NaOH 5% kemudian diaduk dengan kecepatan 200 rpm selama 1 jam. Setelah itu disaring dan dipanaskan dengan variasi suhu 500, 550 dan 600 °C selama 1 jam. Kemudian didinginkan dan dibilas dengan HCl dan aquadest berulang-ulang sampai pH mendekati netral. Dari percobaan didapatkan hasil seperti terlihat pada Tabel 2.

Tabel 2. Aktivasi Arang

Aktivator	Suhu (°C)	Lama Pemanasan (menit)	Pembilasan Aquades (ml)	pH	Suhu (°C)
H ₃ PO ₄	500	60	500	1,52	30,7
				3,05	29,8
				3,61	29,8
				4,15	29,9
				4,19	30,1
				1,78	32,1
	550	60	500	3,44	30,2
				3,91	30,4
				3,95	30,4
				3,98	30,3
				1,63	30,5
				2,72	30,6
ZnCl ₂	500	60	500	3,66	29,9
				3,89	30,3
				3,91	30,3
				1,60	29,7
				3,43	31,2
				5,22	30,8
	550	60	500	6,13	30,1
				6,26	30,2
				1,66	29,9
				2,88	29,9
				4,91	30,5
				5,98	30,9
NaOH	500	60	500	6,02	30,5
				1,6	31,1
				3,54	29,8
				4,89	30,2
				5,99	30,2
				6,09	30,3
	550	60	500	7,54	29,6
				8,04	29,8
				9,21	30,9
				9,66	30,5
				9,69	30,2
				7,81	30,1
600	60	500	8,45	30,1	
			9,01	30,9	
			9,71	30,4	
			9,75	30,5	
			7,42	29,1	
			8,19	30,2	
600	60	500	9,55	30,2	
			9,63	30,1	
			9,65	30,3	

Dari Tabel 2 dapat dilihat bahwa pembilasan dengan HCl yang diikuti dengan pembilasan dengan air secara berulang-ulang dapat menaikkan pH hingga mendekati normal. Pada karbon dengan aktivator

H₃PO₄ didapatkan data bahwa pH akhir yang dihasilkan berkisar 3,91–4,19 hal ini dikarenakan akti-faktor bersifat asam kuat. Pada karbon dengan akti-faktor ZnCl₂ didapatkan data bahwa pH akhir yang dihasilkan berkisar pada kisaran 6,02–6,26 hal ini dikarenakan aktivator bersifat netral. Dan pada kar-bon dengan aktivator NaOH didapatkan data bahwa pH akhir yang dihasilkan berkisar pada range 9,65 –9,69 hal ini dikarenakan aktivator bersifat basa kuat.

Uji karbon aktif terhadap penurunan parameter limbah organik (phenol) dilakukan dengan cara memasukkan karbon hasil aktivasi kedalam 5 buah beker glass dengan variasi berat 0, 100, 500, 700 dan 1000 mg kemudian ditambahkan dengan 200 ml larutan phenol 300 mg/l. Setelah itu dilakukan pengadukan dengan kecepatan 200 rpm selama 1 jam kemudian dibiarkan selama 30 menit agar mengendap lalu disaring dan filtrat diukur secara spektrofotometer. Tabel 3, Tabel 4 dan Tabel 5 menunjukkan penurunan phenol oleh karbon H₃PO₄, ZnCl₂ dan NaOH pada masing-masing va-riasi suhu.

Tabel 3. Penurunan Phenol oleh Karbon H₃PO₄ 500, 550 dan 600 °C

Karbon Aktif (mg)	Vol. Phenol (ml)	% penurunan Phenol oleh Karbon H ₃ PO ₄		
		500°C	550°C	600°C
0	200			
100	200	88,45	90,04	92,16
500	200	90,57	91,63	93,75
700	200	91,63	92,16	94,28
1000	200	92,16	92,69	94,81

Tabel 4. Penurunan Phenol oleh Karbon ZnCl₂ 500, 550 dan 600 °C

Karbon Aktif (mg)	Vol. Phenol (ml)	% penurunan Phenol oleh Karbon ZnCl ₂		
		500°C	550°C	600°C
0	200			
100	200	95,87	96,40	96,93
500	200	96,40	96,93	97,46
700	200	96,93	97,46	97,99
1000	200	97,46	97,46	98,52

Tabel 5. Penurunan Phenol oleh Karbon NaOH 500, 550 dan 600 °C

Karbon Aktif (mg)	Vol. Phenol (ml)	% penurunan Phenol oleh Karbon NaOH		
		500°C	550°C	600°C
0	200			
100	200	87,92	88,98	89,51
500	200	89,51	90,57	90,57
700	200	90,04	91,10	92,16
1000	200	90,57	92,16	92,69

Dari Tabel 3 sampai dengan Tabel 5 dapat dilihat bahwa penurunan phenol tertinggi terjadi pada kar-bon aktif dengan aktivator ZnCl₂ dengan pemanasan 600 °C. Hal ini dapat menjelaskan bahwa tinggi suhu aktivasi dan pH sangat berpengaruh pada daya serap karbon aktif. Menurut Jankowska (1991), syarat pH untuk kondisi adsorpsi karbon aktif ha-rus sesuai dengan kondisi zat yang akan diserap di-mana untuk limbah asam, pH adsorpsi harus diba-wah 7 dimana phenol merupakan asam lemah de-ngan Ka 1,2 10⁻¹⁰ sehingga kondisi pH yang sesuai untuk proses adsorpsi adalah berkisar antara 5,8 sampai 6,7.

Dari data penelitian proses batch yang didapat dengan menghubungkan antara konsentrasi akhir (Ce) dan dosis karbon dapat diketahui kemampuan adsorpsi masing-masing karbon. Kemudian dengan menghubungkan 1/Ce dan 1/(x/m) untuk masing-masing jenis karbon didapatkan persamaan iso-therm Langmuir, dengan menghubungkan log Ce dan log (x/m) untuk masing-masing jenis karbon didapatkan persamaan isotherm Freundlich dan de-ngan menghubungkan C/((Cs-C)(x/m)) dan (Cs-C) untuk masing-masing jenis karbon akan didapatkan persamaan isotherm BET.

Dengan menghitung regresi linier dari ketiga mo-del isotherm adsorpsi, di dapat nilai koefisien re-gresi (R²) untuk masing-masing jenis karbon, de-ngan ketiga model isotherm seperti tercantum pada Tabel 6.

Tabel 6. Nilai Koefisien Regresi untuk Masing-masing Model Isotherm Adsorpsi

Jenis Karbon	Koefisien Regresi (R ²)		
	Langmuir	Freundlich	BET
H ₃ PO ₄ 500 °C	0.9958	0.9595	0.9728
H ₃ PO ₄ 550 °C	0.9883	0.9789	0.9826
H ₃ PO ₄ 600 °C	0.9974	0.9744	0.9829
ZnCl ₂ 500 °C	0.9426	0.7934	0.9639
ZnCl ₂ 550 °C	0.8761	0.8846	0.9065
ZnCl ₂ 600 °C	0.9143	0.7683	0.9645
NaOH 500 °C	0.9961	0.9806	0.9822
NaOH 550 °C	0.976	0.9062	0.9881
NaOH 600 °C	0.9015	0.8139	0.9279

Tabel 6 menunjukkan bahwa nilai koefisien regresi tertinggi dicapai oleh model Isotherm Langmuir. Se-hingga untuk penentuan kapasitas adsorpsi karbon akan di gunakan persamaan isotherm Langmuir.

Alasan yang lain mengapa model isotherm Lang-muir digunakan untuk penentuan kapasitas adsorp-si karbon aktif dari kulit biji mete ini adalah karena

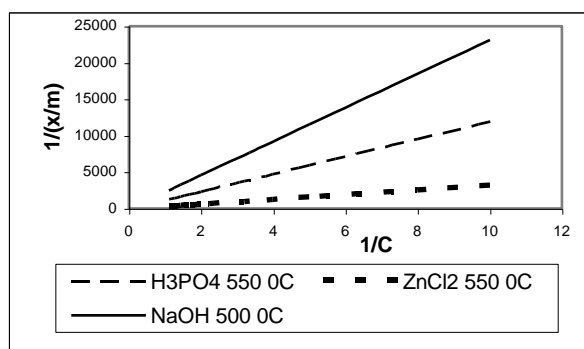
dimungkinkan bahwa proses yang terjadi adalah proses adsorpsi kimia. Pada proses adsorpsi phenol ini terjadi ikatan kovalen antara C pada karbon dengan C pada phenol.

Selain itu juga diperkirakan bahwa permukaan karbon mempunyai komposisi yang homogen, sesuai dengan asumsi yang digunakan dalam model isotherm Langmuir.

Persamaan isotherm Langmuir dari masing-masing jenis karbon dapat dilihat pada Tabel 7 dan perbandingan kemampuan adsorpsi dengan model isotherm Langmuir dapat dilihat pada Gambar 2.

Tabel 7. Nilai Konstanta Langmuir dan Persamaan Isotherm Langmuir untuk Masing-masing Variasi

Jenis Karbon	Persamaan Isotherm Langmuir
H ₃ PO ₄ 500 °C	$\frac{1}{x/m} = -30.9546 + 1135.0794 / C$
H ₃ PO ₄ 550 °C	$\frac{1}{x/m} = -37.7822 + 1196.9868 / C$
H ₃ PO ₄ 600 °C	$\frac{1}{x/m} = -30.3528 + 743.4042 / C$
ZnCl ₂ 500 °C	$\frac{1}{x/m} = -20.1029 + 290.3983 / C$
ZnCl ₂ 550 °C	$\frac{1}{x/m} = -27.6023 + 323.5617 / C$
ZnCl ₂ 600 °C	$\frac{1}{x/m} = -9,081 + 119.7113 / C$
NaOH 500 °C	$\frac{1}{x/m} = -9,081 + 119.7113 / C$
NaOH 550 °C	$\frac{1}{x/m} = -34.8352 + 1250.3919 / C$
NaOH 600 °C	$\frac{1}{x/m} = -27.5738 + 974.3462 / C$



Gambar 2. Perbandingan Isotherm Langmuir

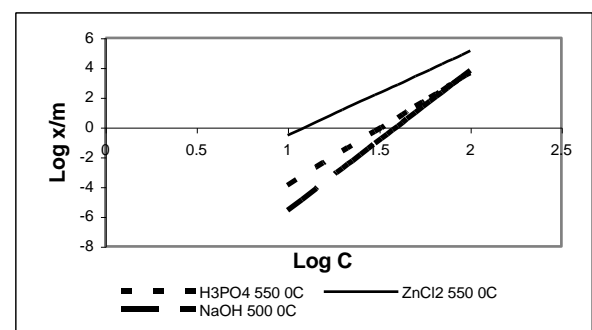
Dari Gambar 2 tersebut akan didapat interpretasi yaitu kapasitas adsorpsi tertinggi didapat oleh karbon katif NaOH 500 °C, karbon aktif H₃PO₄ 55 °C dan karbon aktif ZnCl₂ 550 °C. Ketiga garis isotherm tidak berpotongan satu sama lainnya menunjukkan ketiga jenis karbon tidak memiliki kapasitas adsorpsi yang sama.

Kemampuan model isotherm Langmuir sangat terbatas. Hal ini disebabkan karena pada model isotherm Langmuir, untuk konsentrasi tinggi terkadang akan didapat x/m dengan nilai negatif. Oleh karena itu pada umumnya membandingkan kapasitas karbon model isotherm Freundlich lebih banyak digunakan karena pada model isotherm Freundlich ini tidak terdapat nilai negatif, baik untuk x/m maupun Ce.

Persamaan isotherm Freundlich dari masing-masing jenis karbon dapat dilihat pada Tabel 8 dan perbandingan kemampuan adsorpsi dengan model isotherm Freundlich dapat dilihat pada Gambar 3.

Tabel 8. Nilai Konstanta Freundlich dan Persamaan Isotherm Freundlich untuk Masing-masing Variasi

Jenis Karbon	Intersep (log k)	K	Persamaan Isotherm Freundlich
H ₃ PO ₄ 500 °C	-9.2148	6.10E-10	Log x/m = -9.2148 + 5.772 Log C
H ₃ PO ₄ 550 °C	-11.4174	3.82E-12	Log x/m = -11.4174 + 7.533 Log C
H ₃ PO ₄ 600 °C	-8.0279	9.38E-09	Log x/m = -8.0279 + 5.6314 Log C
ZnCl ₂ 500 °C	-5.1653	6.83E-06	Log x/m = -5.1653 + 4.3195 Log C
ZnCl ₂ 550 °C	-6.2021	6.28E-07	Log x/m = -6.2021 + 5.6641 Log C
ZnCl ₂ 600 °C	-3.1721	0.000673	Log x/m = -3.1721 + 2.8127 Log C
NaOH 500 °C	-14.9429	1.14E-15	Log x/m = -14.9429 + 9.3828 Log C
NaOH 550 °C	-10.6955	2.02E-11	Log x/m = -10.6955 + 6.7905 Log C
NaOH 600 °C	-8.6168	2.42E-09	Log x/m = -8.6168 + 5.4525 Log C



Gambar 3. Perbandingan Isotherm Freundlich Karbon Aktif H₃PO₄, ZnCl₂, NaOH

Dari Gambar 3 tersebut didapat interpretasi sebagai berikut yaitu kapasitas adsorpsi karbon aktif H_3PO_4 $550^\circ C$ dan karbon aktif $NaOH$ $500^\circ C$ memiliki nilai kesetimbangan pada nilai $\log C = 1,9059$ atau pada konsentrasi phenol $80,5159$ mg/l. Sedangkan untuk semua konsentrasi phenol karbon aktif $ZnCl_2$ $550^\circ C$ memiliki kapasitas adsorpsi yang paling baik.

4. KESIMPULAN

Efisiensi penurunan phenol 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 phenol 300 mg/l. Suhu pemanasan $600^\circ C$ memberikan efisiensi penurunan phenol yang paling besar. Kemampuan/kapasitas adsorpsi untuk persamaan isotherm Langmuir untuk karbon aktif dengan aktivator $ZnCl_2$ dengan suhu pemanasan $600^\circ C$ selama 1 jam adalah $1/(x/m) = -9,081 + (119,7113/C)$, sedangkan untuk persamaan isotherm Freundlich adalah $\log x/m = -3,1721 + 2,8127 \log C$.

DAFTAR PUSTAKA

Herawati, D. (1998). **Uji Kemampuan Karbon Aktif Ampas Tebu dengan Aktivator K_2S terhadap Fenol**. Tugas Akhir Jurusan Teknik Lingkungan FTSP-ITS. Surabaya.

Isnania, (2000). **Uji Kemampuan Adsorpsi Arang Sekam terhadap Phenol**. Tugas Akhir Jurusan Teknik Lingkungan FTSP-ITS. Surabaya.

Jankowska, H. (1991). **Active Carbon**, edisi pertama. Ellis Horwood Limited. New York.

Saragih, Y.P.R. dan Haryadi, H. (2000). **METE: Budidaya Jambu Mete**. Penebar Swadaya Jakarta.

Setyowati, E. (1998). **Uji Kemampuan Karbon Aktif Ampas Tebu dengan Aktivator $ZnCl_2$ terhadap Fenol**. Tugas Akhir Jurusan Teknik Lingkungan FTSP-ITS. Surabaya.

Susana. (1993). **Proses Adsorpsi dan Efisiensi Karbon Aktif dalam Menurunkan Kadar Fenol di Air Limbah**. Tugas Akhir Jurusan Teknik Lingkungan FTSP-ITS. Surabaya.

Trihendardi, C. (1997). **Pembuatan Karbon Aktif Menggunakan Metode Chemical Impregnating Agent dengan Bahan Baku Serbuk Gergaji dari Pohon Kelapa dan Pengujiannya terhadap Penurunan Parameter Fenol**. Tugas Akhir Jurusan Teknik Lingkungan FTSP-ITS. Surabaya.