BIOSORPSI SENYAWA FENOL OLEH SABUT KELAPA SAWIT

Rahmiana Zein[1], Edison Munaf[1], Admin Alif[2], Yeni Santi Dewi[1] dan Dewi Kumala Sari[1]

[1]Laboratorium Kimia Analisa Lingkungan, FMIPA Univesitas Andalas
[2]Laboratorium Elektro/Fotokimia, FMIPA Universitas Andalas

INTISARI

Penelitian biosorpsi senyawa fenol oleh sabut kelapa sawit ini dilakukan dua tahap penelitian, yaitu optimalisasi kondisi penyerapan phenol oleh sabut kelapa sawit, dan aplikasi dalam skala laboratorium. Efisiensi penyerapan phenol oleh sabut kelapa sawit dibandingkan dengan penyerapan phenol oleh karbon aktif, yang merupakan material yang telah dijual secara komersial. Pengukuran konsentrasi phenol pada semua perlakuan dilakukan dengan mengomplekskannya dengan 4-aminoantipyrine dalam suasana basa dan kompleks berwana merah yang terbentuk diukur dengan spektrofotometer pada panjang gelombang 510 nm.

Hasil penelitian menunjukkan bahwa limbah sabut kelapa sawit mempunyai kemampuan untuk menyerap senyawa phenol dengan efisiensi penyerapan mencapai 80-90%. Dengan kapasistas penyerapan phenol adalah 40,6 mg per g sabut kelapa sawit. Selain itu dari pengujian yang dilakukan, terlihat bahwa kemampuan limbah sabut kelapa sawit dalam menyerap senyawa phenol tidak berbeda dengan material karbon aktif yang telah dijual secara komersial.

ABSTRACT

The biosorpstion study of phenol substance on palm press fiber was devoted into two steps, i.e., optimization conditions for the adsorption of phenol by palm pressed fiber and application in laboratory scale. The adsorption efficiencies is compared with the activated carbon which was commercially available. The concentration of phenols in all treatments is measured as complex phenol–4aminoantipyrine and detected using spectrophotometer at 510 nm.

The results shows that palm pressed fibers has the capabilities as material for adsorption of phenol substance, with the adsorption efficiencies ca. 80-90%, while the sorption capacities is 40.6 mg/g. From the experiment it was found that sorption capabilities of palm pressed fibers in agreement with the activated carbon which commercially available. From the results obtained it can be concluded that palm pressed fiber has a potential and capability and an alternative material for the removal of toxic pollutant from waste water.

PENDAHULUAN

Senyawa phenol telah diketahui secara luas merupakan salah satu bahan pencemar berbahaya. Air limbah dari industri coke, industri kertas, konversi batu bara dan industri kayu lapis mengandung phenol hingga beberapa gram per liter air limbahnya. Meskipun sejumlah biomaterial seperti lumut[1], gambut[2], serbuk gergaji kayu[3], limbah daun teh[4] dan sekam padi[5] telah diteliti dan digunakan untuk menyerap logam-logam berat dalam air limbah, tetapi sedikit sekali penelitian yang dilaporkan tentang penyerapan phenol dengan menggunakan biosorben atau biomaterial[6].

Pengembangan metoda analisa untuk memonitor kandungan phenol dalam air limbah

sudah lebih establish[7], sementara metoda untuk menghilangkan bahan pencemar senyawa phenol saat ini masih diteliti.

Penggunaan jamur funalia trogii (Malatya) telah dikembangkan oleh[8]. Dimana dengan penggunaan jamur tersebut konsentrasi senyawa phenol dalam air limbah industri minyak zaitun dapat dikurangi hingga 80%. Kelemahan dari metoda ini adalah dibutuhkan pengembang biakan jamur untuk digunakan dalam skala industri. Peneliti lain mencoba menghilangkan senyawa phenol dalam air limbah dengan melakukan ozonisasi senyawa phenol yang terdapat dalam air limbah dari industri minyak shlae, sebagai mana yang dilaporkan oleh Trapido[9]. Proses ozonisasi senyawa phenol ini sangat tergantung dari pH air limbah.

Dalam penelitian awal, Munaf dan kawan-kawan[6] telah berhasil menghilangkan senyawa phenol yang terdapat dalam air limbah industri kayu lapis dan air limbah industri rumah sakit dengan menggunakan sekam padi sebagai material penyerap. Pada penelitian tersebut sekam padi dihalurkan dan diayak dengan ukuran partikel yang bervariasi dari 150 – 450 μm.

Limbah sabut kelapa sawit[10], mengandung konstituen utama yang terdiri dari selulosa (40%), hemiselulosa (29%) dan lignin (20%). Konstituen ini mempunyai gugus fungsi yang bersifat polar termasuk diantaranya alkohol, aldehid, ketone, asam karboksilat dan eter. Gugus fungsi tersebut merupakan sisi yang potensial untuk pertukaran ion, pengompleksan dan pembentukan kelat dengan senyawa pencemar. Sehingga dengan mengatur kondisi penyerapan, diharapkan senyawa-senyawa phenol akan dapat diserap oleh sabut kelapa sawit yang telah diperlakukan. Konsentrasi larutan phenol sebelum dimasukkan ke kolom dan yang keluar dari kolom dihitung dengan cara mengompleksken larutan phenol dengan 4-aminoantipyrin, dan kompleks berwarna merah yang terbentuk diukur pada panjang gelombang 510 nm.

METODA PENELITIAN

Bahan kimia dan peralatan yang digunakan

Semua bahan kimia yang digunakan pada penelitian ini adalah reagen dengan tingkat kemurnian yang tinggi (analytical reagent grade) keluaran E. Merck (Darmstadt, German), kecuali jika disebutkan lain. Larutan standar phenol, 4-aminoantipyrine (Wako pure chemical Co., Osaka, Jepang), amonium hidroksida, amonium klorida dan kalium ferisianida digunakan sebagai reagen.

Kolom eksperimen dilakukan dengan menggunakan kolom gelas (ukuran 150 x 10 mm I.D.). Glass wool ditempatkan pada bagian atas kolom gelas untuk menghindari terjadinya floating. Konsentrasi larutan phenol sebelum dan sesudah keluar dari kolom dianalisa dengan menggunakan peralatan spektrofotometer, UV-Vis Spectrophotometer, Spectronic 21 (Milton Roy, England).

Prosedur kerja

Perlakuan sabut kelapa sawit

Sabut kelapa sawit diambil dari limbah pabrik pengolahan kelapa sawit PT. Mutiara Agam, Pasaman. Perlakuan untuk sabut kelapa sawit sebagaimana yang digambarkan terdahulu[11]

Penentuan konsentrasi larutan phenol

5 mL Larutan phenol dengan konsentrasi 50 mg/L dimasukkan kedalam labu ukur 50 mL. Kemudian ditambahkan 20 mL aquades , 1 mL 4-aminoantipyrine 2% dan diikuti dengan penambahan 1 mL larutan kalium ferisianida 8%. Selanjutnya ditambah dengan larutan ammonium hidroksida. Larutan diaduk dan ditepatkan volumenya hingga tanda batas. Larutan ditepatkan pH nya menjadi 10 dengan pengaturan penambahan larutan ammonium hidroksida dan larutan buffer. Larutan kompleks berwarna merah yang terbentuk kemudian diukur pada panjang gelombang 510 nm.

Untuk mendapatkan konsentrasi optimal untuk pembentukan kompleks phenol – 4 aminoantipyrine, beberapa parameter seperti

pengaruh panjang gelombang, pH larutan, konsentrasi larutan kalium ferisianida, konsentrasi pengomplek 4-aminoantipyrine dan waktu kesetabilan kompleks yang terbentuk telah dipelajari secara detail.

Penyerapan senyawa phenol

2 g sabut kelapa sawit yang telah diperlakukan dimasukkan kedalam kolom gelas. Kemudian dialirkan air secara perlahan-lahan untuk membasahi material. Larutan phenol kemudian dilewatkan kedalam kolom. Untuk pengerjaan secara statis (metoda batch) 2 g material sabut kelapa sawit yang telah diperlakukan ditempatkan dalam erlenmeyer 25 mL. Kemudian di tambahkan larutan phenol. Konsentrasi awal dan konsentrasi akhir dari larutan phenol setelah penyerapan ditentukan dengan mengomplekskannya dengan 4-aminoantipyrine dalam kondisi basa (pH 10) seperti pada prosedur 4.2.2. Warna merah yang terbentuk kemudian diukur absorbannya pada panjang gelombang optimal.

Untuk mendapatkan kondisi optimal penyerapan, beberapa parameter seperti pengaruh ukuran partikel sabut kelapa sawit, temperatur pemanasan, waktu kontak, dan pH material telah dipelajari secara detail.

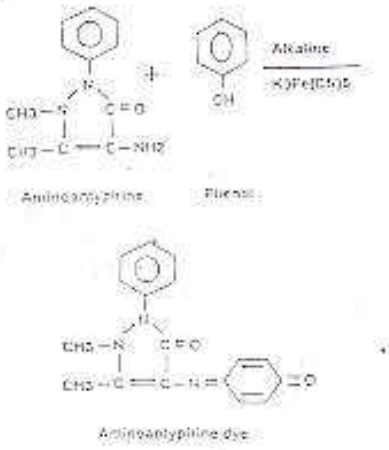
Aplikasi untuk menghilangkan senyawa phenol dalam air limbah

250 mL air limbah dari industri kayu lapis dan limbah rumah sakit yang telah disaring dilewatkan kedalam kolom eksperimen. Kecepatan aliran larutan sampel yang dimasukkan kedalam kolom dan kecepatan aliran larutan yang keluar dari kolom diatur sama. Konsentrasi larutan phenol yang terdapat dalam air limbah dan konsentrasi setelah melewati kolom ditentukan dengan cara seperti diatas.

HASIL DAN DISKUSI

Pemilihan kondisi optimal pembentukan warna kompleks

Kosentrasi dan pH larutan memegang peranan penting pada pembentukan komplek phenol – 4 aminoantipyrine. Jadi kontrol pH dan konsentrasi pereaksi yang teliti merupakan hal yang penting untuk dapat memberikan kesensitifan dan keboleh ulangan yang baik. Mekanisme reaksi dari senyawa phenol dengan 4-aminoantipyrine diperlihatkan pada gambar 1 dibawah ini.



Gambar 1. Mekanisme reaksi pembentukan komplek berwarna phenol – 4 aminoantipyrine

Pengaruh pH pada pembentukan kompleks

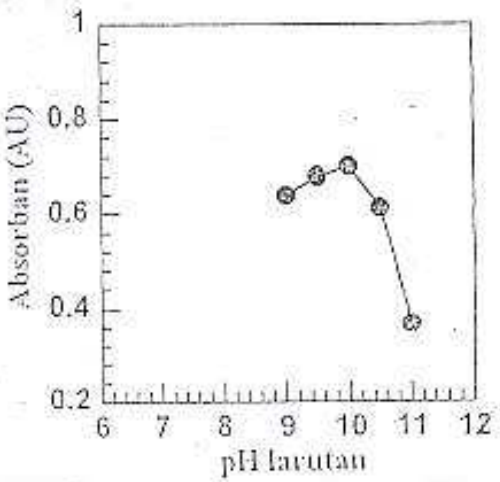
Reaksi phenol dengan 4 – aminoantipyrine berlangsung dalam suasana basa. Reaksi berlangsung pada rentang pH 7-11. Hasil pada Gambar 2 memperlihatkan perubahan absorban kompleks yang terbentuk pada pengerjaan pengukuran dengan pH yang bervariasi dari 7 sampai 11.

Dengan berubahnya pH, intensitas serapan akan bertambah besar dengan meningkatnya pH larutan, dan mencapai optimal pada pH 10. Jika pH larutan dinaikkan menjadi 11, intensitas serapan menunjukkan penurunan. Jadi pH larutan kompleks 10 dipilih sebagai pH optimum.

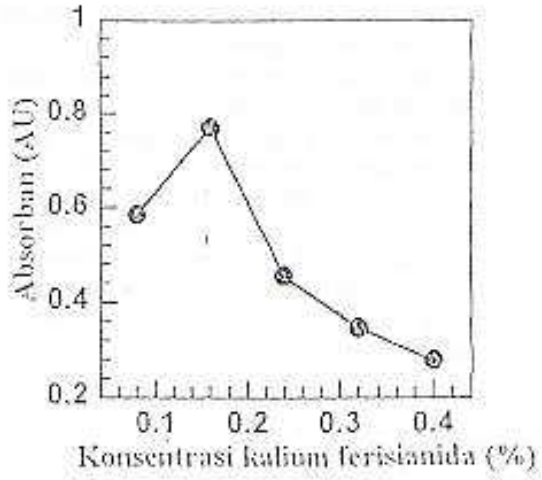
Pengaruh konsentrasi larutan kalium ferisianida terhadap intensitas serapan

Gambar 3 memperlihatkan pengaruh konsentrasi larutan kalium ferisianida [$K_3Fe(CN)_6$] pada reaksi pembentukan kompleks. Jika larutan larutan $K_3Fe(CN)_6$

divariasikan dari 0,08 – 0,4 %, intensitas serapan akan bertambah hingga konsentrasi larutan 0,16%, dan akan berkurang pada konsentrasi larutan ferisianida yang lebih besar. Sehingga untuk pengerjaan selanjutnya konsentrasi $K_3Fe(CN)_6$ 0,16% digunakan sebagai pengoksidasi phenol.



Gambar 2. Pengaruh pH pada pembentukan kompleks phenol – 4aminoantipyrine

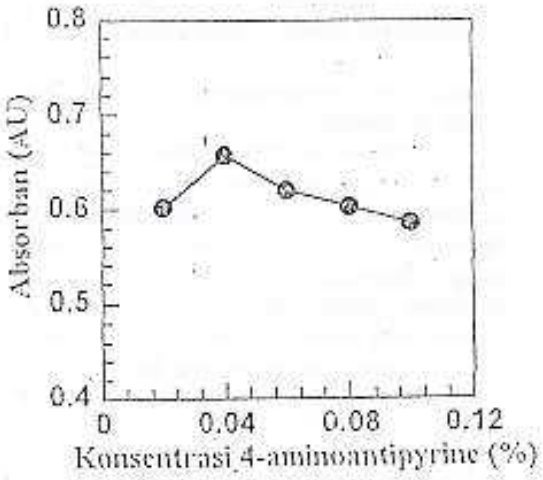


Gambar 3. Pengaruh konsentrasi larutan $K_3Fe(CN)_6$ terhadap respon serapan

Pengaruh konsentrasi larutan 4-aminoantipyrine terhadap intensitas serapan

Gambar 4 memperlihatkan pengaruh konsentrasi larutan 4 - aminoantipyrine sebagai pembentuk warna. Jika larutan 4-aminoantipyrine divariasikan dari 0,02 hingga 0,1 %, signal serapan menunjukkan tendensi peningkatan hingga konsentrasi larutan 4-aminoantipyrine mencapai 0,04%, dan menunjukkan penurunan yang relatif konstan pada konsentrasi larutan yang lebih besar. Konsekuensinya konsentrasi larutan 4-aminoantipyrine dengan konsentrasi 0,04% ditetapkan sebagai konsentrasi larutan yang optimal.

Kompleks phenol–4aminoantipyrine akan stabil 20 menit setelah reaksi. Intensitas serapan akan berkurang setelah 40 menit, yang berarti komplek phenol-4aminoantipyrine akan mulai terurai kembali 40 menit setelah. Jadi pengukuran intensitas serapan komplek phenol – 4 aminoantipyrine dilakukan 20 menit setelah reaksi.



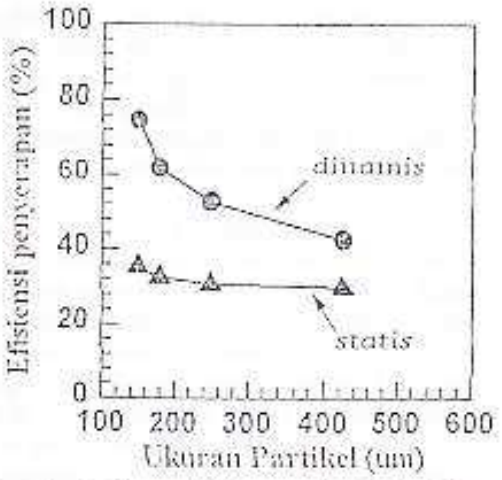
Gambar 4. Pengaruh konsentrasi larutan 4-aminoantipyrine terhadap intensitas serapan

Pemilihan kondisi penyerapan phenol oleh sabut kelapa sawit

Pengaruh ukuran partikel pada penyerapan phenol

Kapasitas penyerapan sabut kelapa sawit sebagaimana halnya resin penukar sintetik lainnya banyak dipengaruhi oleh aktifitas permukaan, yaitu luas permukaan spesifik yang dapat digunakan untuk interaksi antara larutan dan permukaan material penyerap, yang dapat berkontak dengan larutan[12]. Konsekuensinya, diharapkan kapasistas penyerapan akan bertambah dengan bertambahnya luas permukaan dari sabut. Dengan kata lain penyerapan oleh material dengan ukuran partikel yang lebih kecil akan dapat menyerap senyawa phenol lebih banyak dari pada serapan oleh material sabut kelapa sawit yang lebih besar ukuran partikelnya.

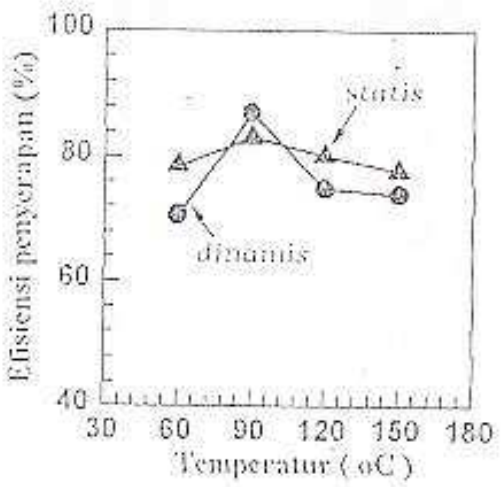
Gambar 5 memperlihatkan persentase senyawa phenol yang dapat diserap oleh sabut kelapa sawit dalam berbagai variasi ukuran partikel. Terlihat bahwa penyerapan phenol optimum pada ukuran partikel 150 μm. Dari hasil juga dapat dilihat bahwa serapan phenol dengan cara dinamis (74,47%) lebih besar dibandingkan cara statis (35,12%).



Gambar 5. Pengaruh ukuran partikel sabut kelapa sawit terhadap penyerapan phenol.

Pengaruh suhu pemanasan sabut kelapa sawit terhadap efisiensi penyerapan

Pengaruh pemanasan sabut kelapa sawit pada penyerapan phenol telah diuji dengan mempelajari efisiensi penyerapan oleh material dalam keadaan tidak dipanaskan dan dipanaskan (hingga 150 °C) berdasarkan berat material yang sama. Material dipanaskan sebelum digunakan sebagai penyerap. Hasilnya dapat dilihat pada Gambar 6. Terlihat bahwa efisiensi serapan meningkat secara gradual hingga temperatur pemanasan 90 °C pada cara statis dan dinamis, dan berkurang pada temperatur yang lebih tinggi. Hal ini mungkin disebabkan rusaknya sebagian gugus fungsi yang bertindak sebagai sisi aktif pada temperatur pemanasan diatas 90 °C. Untuk pengerjaan selanjutnya, material terlebih dahulu dipanaskan 90 °C selama 30 menit sebelum digunakan.



Gambar 6 Pengaruh suhu pemanasan terhadap penyerapan phenol oleh sabut kelapa sawit

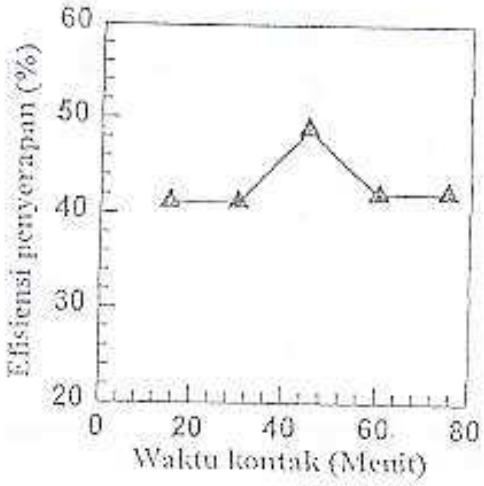
Pengaruh waktu kontak terhadap efisiensi serapan phenol

Pengaruh waktu kontak terhadap efisiensi serapan senyawa phenol oleh material uji hanya dilakukan secara statis atau batch. Dari waktu kontak yang diteliti antara15 – 75

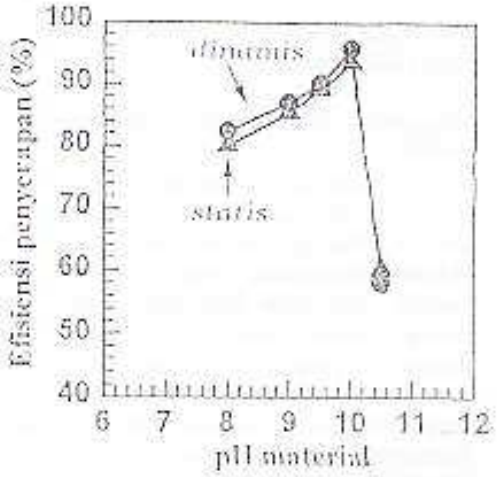
menit, efisiensi serapan phenol oleh material uji optimal pada waktu kontak 45 menit, dengan efisiensi serapan 48,82%. Hasilnya dapat dilihat pada gambar 7. Sehingga untuk pengerjaan dengan cara statis, 45 menit digunakan sebagai waktu kontak optimal antara senyawa phenol dengan material uji

Pengaruh pH terhadap efisiensi penyerapan

Efisiensi penyerapan phenol sangat dipengaruhi oleh pH medium atau material. Sebelum larutan phenol dengan pH yang bervariasi dari 8 – 10,5 dilewatkan pada material, Sabut kelapa sawit terlebih dahulu dikondisikan dengan mengalirkan larutan blanko yang pH nya bersesuaian dengan pH larutan. Pada Gambar 8 dapat dilihat pengaruh pH material terhadap efisiensi penyerapan phenol oleh sabut kelapa sawit secara statis dan dinamis. Efisiensi penyerapan pada kedua cara tersebut diatas akan maksimum pada pH material 10, dimana efisiensi penyerapan pada kedua cara statis dan dinamis sekitar 93-95%.



Gambar 7. Pengaruh waktu kontak terhadap efisiensi penyerapan dengan cara statis



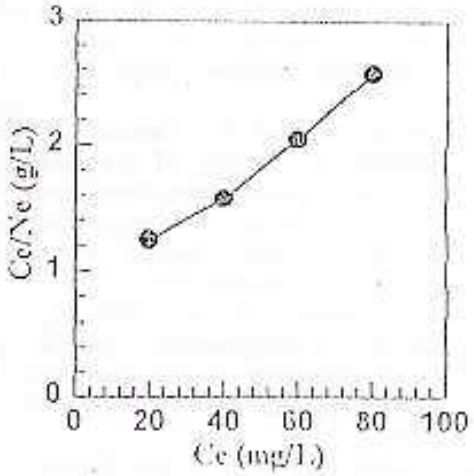
Gambar 8. Pengaruh pH terhadap efisiensi penyerapan

Langmuir isotherm

Distribusi dari zat terlarut, yaitu senyawa phenol, antara fasa cair dan fasa pada dapat diterangkan dengan beberapa pendekatan matematis seperti model standar Langmuir[13]. Model Langmuir menyarankan sebagai sebuah hipotesa bahwa penyerapan terjadi pada sebuah permukaan yang homogen melalui penyerapan monolayer tanpa adanya interaksi antara molekul-molekul penyerap. Hasil penyerapan yang diperoleh pada saat kesetimbangan dapat digunakan untuk menentukan jumlah maksimum phenol yang dapat diserap oleh sabut kelapa sawit dengan menggunakan persamaan isoterm Langmuir yang dimodifikasi :

$$Ce/Ne = 1/N^*b + Ce/N^*$$

Dimana Ce (mg/L) adalah konsentrasi larutan phenol pada saat kesetimbangan, Ne (mg/g) adalah jumlah phenol yang diserap per unit berat dari sabut kelapa sawit pada saat kesetimbangan, b adalah konstanta Langmuir yang berhubungan dengan energi penyerapan (mg/L) dan N* adalah kapasitas penyerapan maksimum dari sabut kelapa sawit. Plot dari isoterm Langmuir untuk sistim phenol-sabut kelapa sawit dapat dilihat pada Gambar 9. Dari gambar dapat dilihat bahwa kapasitas penyerapan optimal phenol adalah 40,6 mg/g material.



Gambar 9. Isoterm Langmuir untuk sistim phenol – sabut kelapa sawit

Perbandingan kemampuan penyerapan phenol antara sabut kelapa sawit dan karbon aktif

Untuk melihat kemampuan penyerapan phenol oleh biomaterial yang diteliti, yaitu sabut kelapa sawit maka metoda ini dibandingkan dengan material penyerap karbon aktif yang telah dikomersialkan. Pengujian dilakukan dengan kolom eksperimen dengan 3 kali ulangan. Hasilnya dapat dilihat pada Tabel 1.

Dari tabel terlihat bahwa efisiensi penyerapan phenol oleh biomaterial sabut kelapa tidak berbeda dengan karbon aktif.

Tabel 1. Studi perbandingan kemampuan sabut kelapa sawit dan karbon aktif dalam menyerap phenol

Material	Konsentrasi phenol (mg/L)*		Efisiensi penyerapan (%)
	Awal	Akhir	
Karbon Aktif	5	0,89	82,2
Sabut kelapa sawit	5	0,96	80,8

**Hasil rata-rata dari 3 kali pengukuran*

Aplikasi pada sampel air limbah yang sebenarnya

Untuk memperifikasi kemampuan sabut kelapa sawit untuk menyerap senyawa phenol yang terdapat dalam air limbah yang sebenarnya. Metoda yang diusulkan ini telah diaplikasikan untuk menyerap penol yang terdapat dalam air limbah industri kayu lapis dan air limbah rumah sakit. Air limbah yang digunakan disaring terlebih dahulu untuk menghilangkan partikel-partikel padat, sebelum dialirkan kedalam kolom yang telah dipaking dengan material sabut kelapa sawit.

Volume larutan sampel yang digunakan adalah 250 mL dan dialirkan kedalam kolom yang telah dipakng dengan 2 g sabut kelapa sawit. Kecepatan aliran larutan phenol yang masuk dan keluar dari kolom dikontrol agar tetap sama. Konsentrasi larutan phenol sebelum dan sesudah keluar dari kolom ditentukan dengan cara prosedur yang telah diterangkan diatas. Hasil nya dapat dilihat pada Tabel 2.

Tabel 2. Penyerapan senyawa phenol dari air limbah industri kayu lapis dan limbah rumah sakit

Sampel	Konsentrasi phenol (mg/L)*		Efisiensi penyerapan (%)
	Awal	Akhir	
Limbah industri kayu lapis	1,53	0,44	71,24
Limbah rumah sakit	3,47	0,79	77,23

**Hasil rata-rata dari 3 kali pengukuran*

Dari Tabel 2 terlihat bahwa phenol yang diserap dari limbah industri kayu lapis dan limbah rumah sakit masing-masingnya adalah 71,24 dan 77,23%. Hasil ini sedikit lebih rendah dari pada penyerapan dengan menggunakan larutan standar phenol. Hal ini mungkin disebabkan karena limbah rumah sakit dan industri kayu lapis mengandung banyak senyawa organik yang memungkinkan terjadinya kompetisi penyerapan oleh sisi aktif.

KESIMPULAN DAN SARAN

Dari hasil penelitian pemanfaatan limbah sabut kelapa sawit sebagai material penyerap phenol dapat disimpulkan bahwa biomaterial dari limbah sabut kelapa sawit dapat menyerap senyawa phenol dengan efisiensi penyerapan sekitar 80-85%. Kapasitas penyerapan senyawa phenol oleh sabut kelapa sawit adalah 40,6 mg/g material.

Dari penelitian juga didapatkan bahwa kemampuan material uji memberikan hasil yang tidak begitu berbeda jika dibandingkan dengan kemampuan bahan penyerap karbon aktif yang telah dijual secara komersial.

DAFTAR PUSTAKA

1. Lee, C.K. and Low, K.S., Removal of copper from solution using moss, *Environ. Technol. Lett.*, **10**, 395-404, 1989.
2. Chaney, R.L., and Hundaman, P.T., Use of peat moss column to remove cadmium from waste water, *J. Water Poll. Contr. Fed.*, **51**, 17-21, 1979.
3. Lens, P.N., Vochten, P.M., Speleers, L. and Verstraete, W.H., Direct treatment of domestic waste water by percolation over peat, bark and woodchips, *Water Res.*, **28**, 17-26, 1994.
4. Tan, W.T. and Majid Khan, A.R., Removal of lead, cadmium and zinc by waste tea leaves, *Environ. Technol., Lett.*, **9**, 1223-1232, 1989.
5. Munaf, E. and Zein, R., The use of rice husk for removal of toxic metals from waste water, *Environ. Technol.*, **18**, 359-362, 1997.
6. Munaf, E., Zein, R., Kurniadi, R. and Kurniadi, I., The use of rice husk for removal of phenol from waste water as studied using 4-aminoantipyrine spectrophotometric method, *Environ. Technol.*, **18**, 354-358, 1997.
7. Venkateswarlu, B. and Seshaiah, K., Sensitive spectrophotometric method for the determination of propoxur using 4-aminoantipyrine, *Analyst*, **42(1)**, 73-76, 1995.
8. Yesilada, O., Fiskin, K. and Yesilada, E., The use of white rot fungus funalia trogii (Malatya) for the decolouriation and phenol removal from olive mill waste water, *Environ. Technol.*, **16**, 95-100, 1995.
9. Trapido, M., Veressinita, Y. and Munter, R., Ozonation of phenols containing in waste water from oil shale chemical treatment, *Environ. Technol.*, **16**, 233-241, 1995.
10. Cong, C.C. and Hamzah, N.N., Delignification pretreatment of palm pressed fibre by chemical methods, *Pertanika*, **12(3)**, 399-403, 1989.
11. E. Munaf, R. Zein, Refilda dan Y. Maryati, J. Kimia Andalas, V(1), 1999, in press.
12. Unger, K.K., Porous silica. *J. Chromatogr. Lib.*, **16**, 30-50, 1979.
13. Kinniburgh, D.H., General purpose adsorption isotherms. *Environ. Sci. Technol.*, **20**, 895-904, 1986.