

Pola adsorpsi pewarna azo oleh biosorben dari kulit pisang

(Adsorption behaviour of azo dyes by banana peel biosorbents)

Endang Widjajanti LFX, Marfuatun, dan Dewi Yuanita

Juridik Kimia, FMIPA, Universitas Negeri Yogyakarta (UNY),
Kampus Karangmalang, Sleman, DI Yogyakarta 55281
tel. 08122753549, faks. (0274) 548203

Abstrak

Penelitian ini bertujuan untuk menentukan massa optimum, waktu agitasi optimum, dan mengetahui pengaruh konsentrasi untuk adsorpsi pewarna *direct red* oleh adsorben arang kulit pisang kepok dan kulit pisang ambon, serta menentukan pengaruh konsentrasi aktivator NaOH terhadap kemampuan adsorpsi kulit pisang kepok dan ambon pada adsorpsi pewarna *direct red*.

Subyek penelitian ini adalah kulit pisang dan arang kulit pisang ambon dan kepok. Sedangkan obyek penelitian ini adalah efisiensi adsorpsi. Sebagai parameter dalam penelitian ini adalah massa adsorben, waktu agitasi, konsentrasi pewarna, dan konsentrasi aktivator NaOH. Daya adsorpsi kulit pisang terhadap pewarna *direct red* ditentukan berdasarkan selisih kadar pewarna sebelum dan sesudah adsorpsi. Sedangkan kadar pewarna ditentukan menggunakan spektrofotometer sinar tampak pada panjang gelombang optimumnya.

Hasil penelitian memperlihatkan bahwa massa optimum dan waktu agitasi untuk adsorpsi pewarna *direct red* oleh adsorben arang kulit pisang ambon dan kulit pisang kepok adalah 0,5 gram per 50 mL larutan adsorbat dan 2 jam. Konsentrasi pewarna *direct red* tidak mempengaruhi efisiensi adsorpsi arang kulit pisang ambon pada massa adsorben dan waktu agitasi optimum, tetapi berpengaruh terhadap efisiensi adsorpsi arang kulit pisang kepok. Konsentrasi aktivator NaOH yang memberikan kemampuan adsorpsi kulit pisang ambon dan kulit pisang kepok terbesar pada adsorpsi pewarna *direct red* adalah 0,5 M dan 1 M.

Kata kunci: kulit pisang, arang kulit pisang, *direct red*, waktu agitasi

Abstract

This study aims to determine the optimum mass, optimum agitation times and the effect of the concentration of direct red dye was adsorbed by charcoal of ambon and kepok banana peels. And to determine the influence of activator concentration of NaOH on the adsorption capacity of ambon and kepok banana peels on the adsorption of direct red dye.

The subject of this study is the ambon and kepok banana peels. The object of this study is the efficiency of adsorption. The parameters in this study are the mass of adsorbent, agitation times, dye concentrations, and the concentration of NaOH activator. Adsorption capacity of banana peels to direct red dye is determined by the difference of concentration before and after adsorption. The concentration of dye was determined using a spectrophotometer at an optimum wavelength of visible light.

The result shows that the optimum mass and agitation time for direct red dye adsorption which are adsorbed by the charcoal both of ambon and kepok banana peels adsorbent is 0.5 grams per 50 mL of the adsorbate and 2 hours, respectively. Direct red dye concentration does not affect the efficiency of adsorption ambon banana peel charcoal but influences the efficiency of adsorption kepok banana peel charcoal. The greatest adsorption ability of ambon and kepok banana peels are given by NaOH activator at 0.5 M and 1 M.

Key words: banana peel, banana peel charcoal, direct red, agitation time

Pendahuluan

Salah satu isu serius saat ini adalah adanya krisis air. Kelangkaan air diakibatkan

adanya perubahan ekosistem dan pencemaran air. Krisis air yang terjadi di Indonesia diakibatkan lemahnya sistem pengelolaan sumber daya air dan lingkungan. Ini berarti

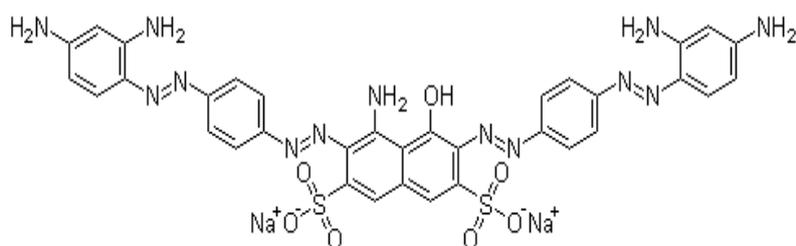
masih banyak pengguna air yang tidak memperhatikan atau tidak mengelola air limbah dengan benar sehingga berakibat timbulnya pencemaran seperti pencemaran akibat limbah rumah tangga dan industri. Salah satu industri yang dapat menyebabkan pencemaran air adalah industri yang menggunakan bahan pewarna diantaranya industri kerajinan bambu, industri batik, dan industri kertas. Air buangan atau limbah industri tersebut umumnya masih mengandung bahan pewarna atau bahan penyusunnya seperti struktur azo, gugus benzena, hidroksi, amina atau thiol dari polimer [1].

Zat warna sintetis banyak digunakan secara luas di berbagai proses industri, seperti pada pewarnaan tekstil kertas bewarna dan foto bewarna. Akan tetapi, dalam proses pewarnaan dihasilkan sekitar 10-50% limbah zat warna, yang pada akhirnya masuk ke lingkungan. Zat warna sintetis dirancang sebagai zat yang tetap stabil (tahan) oleh panas, pencucian, dan serangan mikroba. Oleh karena itu, zat warna tidak dapat didegradasi secara biologis dengan pengolahan konvensional. Stabilitas warna dari zat warna dipengaruhi oleh cahaya, pH, oksidator, reduktor, dan surfaktan.

Penggolongan zat warna azo adalah penggolongan zat warna berdasarkan kromofor

atau gugus yang menyebabkan molekul menjadi bewarna. Zat warna azo (-N=N-) merupakan golongan zat warna yang paling banyak dipakai (60-75%), mempunyai berbagai variasi jenis warna, mempunyai struktur yang besar, sehingga sulit untuk didegradasi secara biologis. Penggolongan reaktivitas zat warna didasarkan pada cara proses pewarnaan serat, dan zat warna reaktif biasanya mengandung banyak kromofor azo.

Kromofor zat warna reaktif biasanya merupakan sistem azo dan antrakuinon dengan berat molekul relatif kecil. Gugus-gugus reaktif merupakan bagian-bagian dari zat warna yang mudah lepas. Dengan lepasnya gugus reaktif ini, zat warna menjadi mudah bereaksi dengan serat kain. Di samping terjadinya reaksi antara zat warna dengan serat membentuk ikatan primer kovalen yang merupakan ikatan pseudo ester atau eter, molekul air pun dapat juga mengadakan reaksi hidrolisa dengan molekul zat warna dengan memberikan komponen zat warna yang tidak reaktif lagi. Reaksi hidrolisa tersebut akan bertambah cepat dengan kenaikan temperatur. Sebagai contoh adalah pewarna *direct red* dan pewarna *direct blue*.



Gambar 1. Struktur molekul pewarna *direct red*.

Zat warna *direct* bersifat larut dalam air sehingga dapat langsung dipakai dalam pencelupan serat selulosa seperti katun, rayon dan rami. Zat warna *direct* relatif murah harganya dan mudah pemakaiannya, tetapi warnanya kurang cerah dan tahan luntur, serta hasil celupannya kurang baik. Selain zat warna *direct* biasa, terdapat pula zat warna *direct* khusus yang tahan luntur hasil celupannya lebih baik, yaitu zat warna *direct* yang mengandung logam.

Pengolahan limbah pewarna sulit dilakukan karena pewarna memiliki struktur

aromatik yang sulit dibiodegradasi. Penanganan limbah pewarnaan bisa dilakukan dengan berbagai cara diantaranya filtrasi, flokulasi, penghilangan warna (*decoloring*), dan adsorpsi. Adsorpsi merupakan salah satu teknik pengolahan limbah yang banyak digunakan dalam berbagai industri seperti industri tekstil, electroplating, dan baterai. Teknik adsorpsi relatif sederhana dan ekonomis untuk menghilangkan polutan dari air bilasan industri tekstil. Banyak senyawa yang dapat digunakan sebagai bahan adsorben seperti diatomae [1,2], kulit kacang [3]

zeolit [4], bentonit [5], dan kitosan [6] atau biosorben seperti pada penelitian yang dilakukan Rajashree K, Neha G dkk [7] yang menggunakan serbuk cangkang telur untuk mengadsorpsi pewarna *brilliant green*, serbuk daun nangka untuk mengadsorpsi pewarna metilen biru [8]. Masing-masing adsorben tersebut memiliki kemampuan mengadsorpsi pewarna namun daya adsorpsinya relatif masih rendah dan setelah adsorpsi, adsorbennya sulit untuk didegradasi. Oleh sebab itu, perlu dicoba adsorben yang mudah didegradasi atau yang berasal dari tumbuhan seperti kulit pisang sebagai bio-adsorben.

Kulit pisang merupakan limbah pangan yang mempunyai nilai ekonomis rendah karena hanya dimanfaatkan sebagai makanan ternak atau hanya dibuang begitu saja. Peningkatan nilai ekonomis limbah kulit pisang dapat dilakukan dengan meningkatkan fungsi kulit pisang, misalnya untuk mengadsorpsi limbah pewarnaan. Pemanfaatan limbah kulit pisang sebagai adsorben dalam pengolahan limbah pewarnaan mempunyai nilai lebih karena adsorben ini mudah didegradasi. Kulit pisang banyak mengandung selulosa. Selulosa merupakan polimer alami yang memiliki rongga-rongga. Rongga ini diharapkan mampu digunakan untuk 'menjebak' senyawa pewarna.

Buah pisang (*Musaceaea sp*) banyak disukai untuk dikonsumsi secara langsung sebagai buah atau diolah menjadi produk konsumsi lain seperti sale pisang, kripik pisang, selai pisang, dan lain sebagainya. Pengolahan pisang umumnya menghasilkan limbah kulit pisang. Limbah ini masih tidak bisa dimanfaatkan oleh penduduk sekitar, melainkan hanya sebagai limbah tak berguna.

Pisang mengandung berbagai macam senyawa seperti air, gula pereduksi, sukrosa, pati, protein kasar, pektin, protopektin, lemak kasar, serat kasar, dan abu [9]. Sedangkan dalam kulit pisang terkandung senyawa pektin dan selulosa yang cukup besar. Pektin merupakan polimer dari asam D-galakturonat yang dihubungkan oleh ikatan-1, 4 glikosidik.

Beberapa penelitian telah menggunakan kulit pisang sebagai adsorben untuk mengadsorpsi ion logam [10-11]. Kulit pisang sebagai adsorben untuk mengadsorpsi Pb(II) dan Cd(II) dalam air memperlihatkan bahwa tipe adsorpsi adalah Langmuir dan mempunyai daya adsorpsi 5,71 mg/g untuk Pb(II) dan 2,18 mg/g untuk Cd(II). Sedangkan Jamil RM, Saima Q [12]

menyimpulkan bahwa kulit pisang merupakan suatu biosorben yang ekonomis dan mampu mengadsorpsi ion Cr(III). Sedangkan penelitian Pairat K, Wanna S, dan Surachai W [13] memperlihatkan bahwa pH maksimum untuk adsorpsi ion Cd (II) adalah 5 dan pola adsorpsinya mengikuti kurva S. Berbeda dengan penelitian Castro RSD, Caetano L, Ferreira G, dkk [14] yang mendapatkan pH optimum untuk adsorpsi ion Cu(II) dan Pb(II) antara 3 sampai 5 dengan waktu adsorpsi sekitar 10 menit. Ternyata adsorben kulit pisang sejauh yang peneliti baca belum pernah digunakan untuk mengadsorpsi pewarna. Penelitian Endang W, Regina T., dan M. Pranjoto [5] menjelaskan bahwa adsorben zeolit, bentonit dan kitosan mampu mengadsorpsi ion logam dan pewarna. Dengan demikian, kemungkinan besar kulit pisang juga mampu mengadsorpsi pewarna azo.

Proses adsorpsi dipengaruhi oleh beberapa faktor diantaranya pH sistem, rasio massa adsorben dengan adsorbat, suhu adsorpsi, waktu agitasi, dan konsentrasi adsorbat. Agar diperoleh daya adsorpsi yang tinggi maka perlu ditentukan kondisi optimum proses adsorpsi terlebih dahulu, misalnya menentukan pH optimum dan waktu adsorpsi.

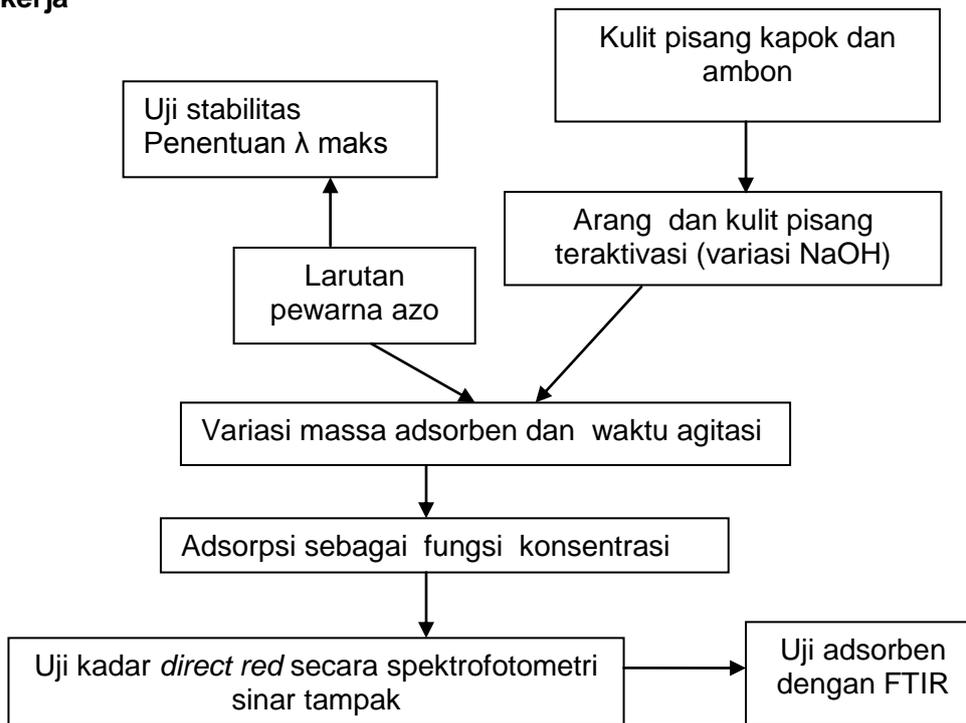
Penelitian ini bertujuan untuk mengetahui kemampuan adsorpsi adsorben yang berasal dari kulit pisang terhadap pewarna azo yaitu *direct red* dan *direct blue* pada berbagai waktu agitasi dan berbagai variasi konsentrasi pada kondisi waktu agitasi optimum. Pewarna ini dipilih karena banyak digunakan sebagai pewarna tekstil atau bambu pada kerajinan bambu.

Kemampuan adsorpsi adsorben dari limbah kulit pisang dapat ditentukan dengan membandingkan konsentrasi pewarna sebelum dan setelah adsorpsi. Sedangkan analisis terhadap adsorben dari kulit pisang dilakukan menggunakan FTIR sebelum dan setelah adsorpsi.

Metode Penelitian

Subjek penelitian ini adalah kulit pisang kepok dan ambon. Sedangkan obyek penelitian ini adalah daya adsorpsi arang kulit pisang kepok dan ambon terhadap pewarna *direct red* serta daya adsorpsi kulit pisang kapok dan ambon teraktivasi NaOH. Sebagai variabel bebas dalam penelitian ini adalah massa adsorben, waktu agitasi, konsentrasi *direct red* dan konsentrasi NaOH.

Skema kerja



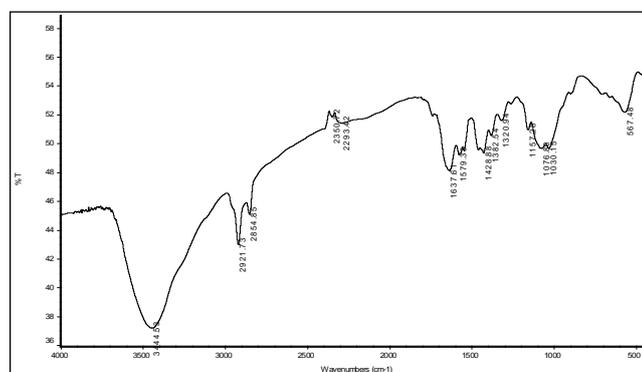
Hasil dan Diskusi

Penelitian ini dimulai dengan membuat arang aktif dari kulit pisang dan mengaktivasi kulit pisang. Kulit pisang yang dipilih adalah kulit pisang ambon dan kulit pisang kepok. Sebagai aktivator digunakan NaOH pada berbagai variasi konsentrasi. Kulit pisang baik yang diarangkan maupun yang diaktivasi dikarakterisasi menggunakan spektrofotometer infra merah. Demikian pula setelah adsorpsi karakterisasi terhadap arang kulit pisang dan kulit pisang teraktivasi dilakukan menggunakan spektrofotometer infra merah. Sedangkan

konsentrasi pewarna *direct red* diukur menggunakan spektrofotometer sinar tampak pada panjang gelombang maksimum 497 nm dan dikalibrasi terhadap kurva standard *direct red* dengan persamaan $y = 0.0222 - 0.00933x$.

Karakterisasi arang kulit pisang

Karakterisasi kitosan dilakukan dengan spektrofotometer FTIR. Spektrum arang kulit pisang maupun kulit pisang teraktivasi dapat dilihat pada Gambar 2, dan hasil identifikasi gugus-gugus fungsi spektra infra merah dapat dilihat dalam Tabel 1.



Gambar 2. Spektrum IR arang kulit pisang dan kulit pisang teraktivasi.

Tabel 1. Hasil identifikasi gugus fungsi spektrum infra merah.

Bilangan Gelombang (cm ⁻¹)	Interpretasi Gugus Fungsi
3444,53	Gugus OH
2921,73 2854,85	Vibrasi rentangan gugus –CH ₂ dan –CH ₃
1637,61	Gugus karbonil –C=O
1382,54	Vibrasi tekuk –CH ₂
1157,28	Vibrasi rentangan –CO

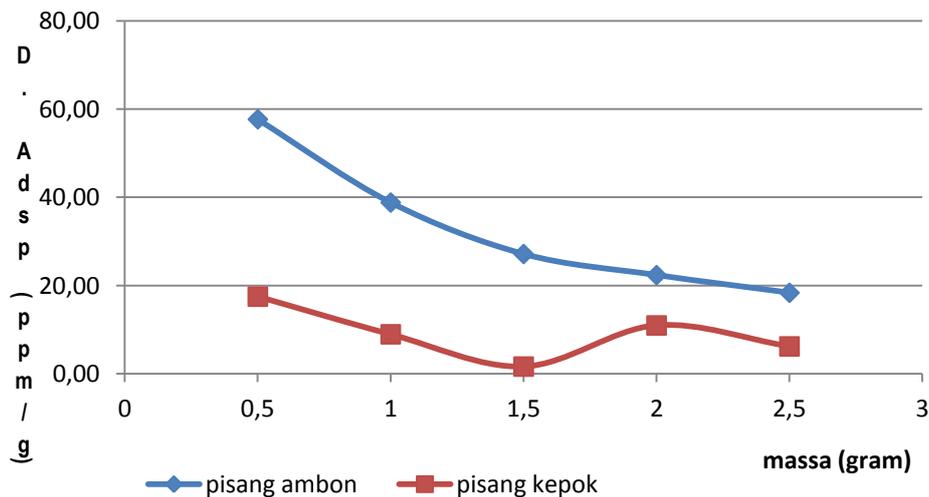
Berdasarkan hasil karakterisasi menggunakan spektrofotometer infra merah nampak bahwa tidak ada penambahan puncak dengan intensitas yang berarti. Ini memperlihatkan kemungkinan bahwa kemungkinan pewarna terikat sangat lemah pada permukaan adsorben arang kulit pisang. Atau dapat dikatakan bahwa adsorpsi yang terjadi cenderung fisisorpsi.

Variasi massa adsorben

Daya adsorpsi adsorben dipengaruhi oleh jumlah atau banyaknya adsorben yang digunakan untuk mengadsorpsi pewarna sehingga daya adsorpsi sering dinyatakan sebagai banyaknya adsorbat dalam ppm per gram adsorben. Untuk mengetahui daya adsorpsi terbaik pada berbagai variasi massa

adsorben maka dilakukan proses adsorpsi pada berbagai variasi massa adsorben yaitu 0,5; 1,0; 1,5; 2,0, dan 2,5 gram dengan volume adsorbat (pewarna *direct red*) tetap yaitu 100mL pada konsentrasi tetap 50 ppm. Sedangkan lama kontak antara adsorben dan adsorbat juga dibuat tetap yaitu 2 jam. Gambar 3 memperlihatkan hubungan antara daya adsorpsi arang kulit pisang ambon dan kepok terhadap pewarna *direct red*. Makin banyak permukaan adsorben yang kontak dengan adsorbat maka akan makin besar kemungkinan terjadinya adsorpsi.

Menggunakan Gambar 3 terlihat bahwa daya adsorpsi arang kulit pisang ambon terhadap pewarna *direct red* lebih besar dibandingkan daya adsorpsi arang kulit pisang kepok terhadap pewarna yang sama pada semua variasi massa adsorben.



Gambar 3. Daya Adsorpsi arang kulit pisang terhadap pewarna sebagai fungsi massa adsorben.

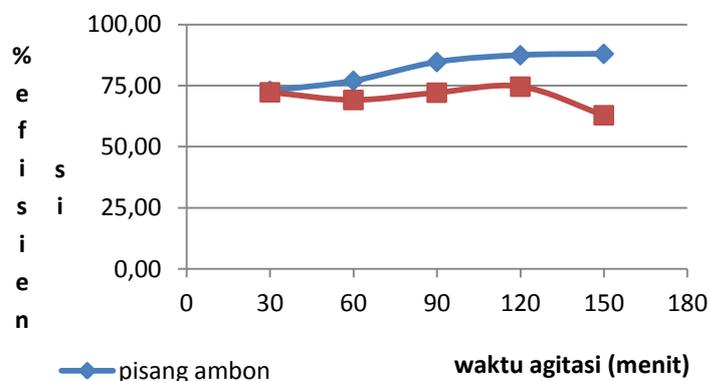
Selain itu, dapat pula diamati pada Gambar 3 bahwa daya adsorpsi terbesar baik untuk arang kulit pisang ambon maupun arang kulit pisang

kepok untuk massa adsorben 0,5 gram dengan volume pewarna 50 mL atau pada perbandingan adsorben–adsorbat 1gram : 100 mL.

Perbandingan antara massa adsorben dan volume adsorbat yang didapat ternyata sama dengan yang didapat pada penelitian Endang W, Regina T dan M. Pranjoto [5]. Berdasarkan data tersebut nampak bahwa kemampuan adsorpsi tidak semata-mata bergantung pada banyaknya permukaan yang bersentuhan dengan adsorbat, tetapi juga bergantung pada berbagai faktor yang lain, seperti posisi situs aktif, tegangan sterik pada antar muka, serta reaktifitas situs aktif.

Variasi waktu agitasi

Proses adsorpsi dipengaruhi juga oleh lamanya kontak antara adsorben dengan



Gambar 4. Daya Adsorpsi arang kulit pisang terhadap pewarna sebagai fungsi waktu agitasi.

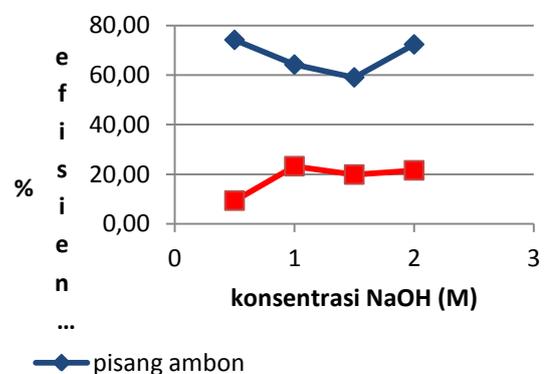
Untuk waktu agitasi 24 jam arang pisang ambon mempunyai efisiensi sebesar 90% dan arang pisang kepok sebesar 81,51%. Ini berarti bahwa setelah 24 jam efisiensi hampir sama. Waktu agitasi untuk arang pisang ambon maupun arang pisang kepok optimum adalah 2 jam seperti pada Gambar 4. Adsorpsi pewarna pada berbagai waktu agitasi dengan arang pisang ambon ternyata lebih kuat dibandingkan menggunakan arang pisang kepok.

Variasi konsentrasi aktivator NaOH

Kulit pisang sebagian pisang terdiri dari selulosa dan lignin. Untuk menghilangkan lignin, maka kulit pisang yang telah dikeringkan direndam dalam larutan Natrium hidroksida selama 24 jam. Kulit pisang yang telah direndam larutan natrium hidroksida dicuci dengan akuades untuk menurunkan pH sampai mendekati netral. Natrium hidroksida yang digunakan untuk aktivasi bervariasi yaitu mulai 0,5 M, 1M, 1,5 M, dan 2 M.

adsorbat. Secara logika makin lama waktu kontak, maka akan semakin banyak yang teradsorpsi karena kesempatan permukaan atau situs aktif bertemu adsorbat semakin banyak. Namun proses adsorpsi merupakan proses kesetimbangan, selain terjadi adsorpsi terjadi pula desorpsi. Jika proses adsorpsi telah mencapai maksimum, maka secara otomatis akan terjadi proses desorpsi. Untuk itu dalam penelitian ini waktu agitasi dibuat maksimum yaitu 24 jam dengan asumsi bahwa pada waktu agitasi maksimum proses adsorpsi telah maksimum dan telah terjadi kesetimbangan antara proses adsorpsi dan desorpsi.

Kulit pisang yang telah diaktivasi dikeringkan dan dihaluskan dengan ukuran 16 mesh. Kemudian kulit pisang aktif digunakan untuk adsorpsi dengan metode batch menggunakan larutan pewarna direct 50 ppm dengan perbandingan adsorben : adsorbat 1 gram : 100 mL dengan waktu kontak 2 jam.



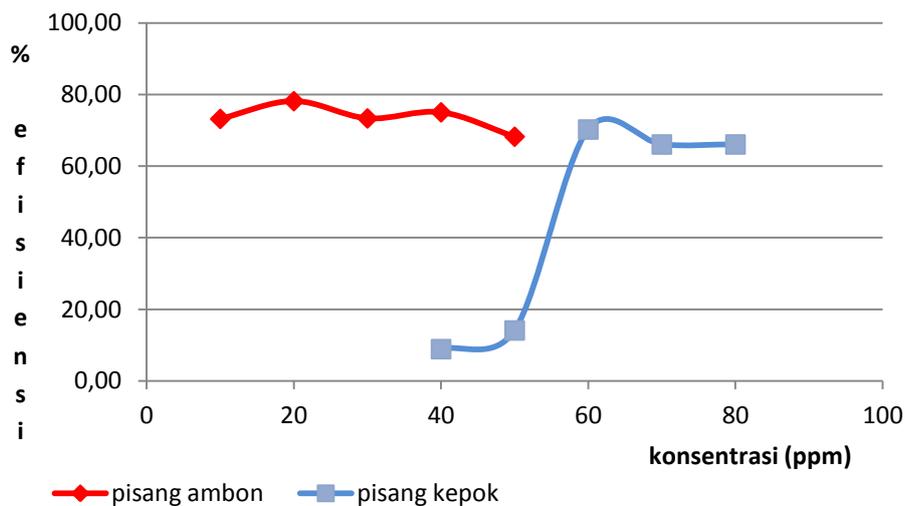
Gambar 5. Efisiensi adsorpsi kulit pisang teraktivasi pada berbagai konsentrasi NaOH terhadap pewarna.

Gambar 5 memperlihatkan bahwa konsentrasi NaOH yang menghasilkan efisiensi terbesar untuk kulit pisang ambon adalah 0,5 M sedangkan untuk kulit pisang kepok adalah 1 M. Perbedaan ini mungkin disebabkan kandungan selulosa antara pisang ambon dan pisang kepok tidak sama, sehingga kebutuhan NaOH juga berbeda. Dalam kurva juga terlihat bahwa efisiensi adsorpsi kulit pisang ambon juga lebih besar dibandingkan adsorpsi menggunakan kulit pisang kepok.

Variasi konsentrasi pewarna

Konsentrasi pewarna *direct red* dalam penelitian ini dibuat bervariasi agar dapat diketahui pengaruh konsentrasi terhadap kemampuan adsorpsi adsorben arang kulit pisang. Arang kulit pisang ambon maupun kepok digunakan untuk mengadsorpsi pewarna *direct red* pada berbagai variasi konsentrasi. Sistem

adsorpsi yang digunakan adalah sistem *batch* dengan perbandingan adsorben dan adsorbat 1g : 100 mL, dan adsorpsi dilakukan selama 2 jam. Konsentrasi yang digunakan untuk adsorpsi menggunakan arang pisang ambon adalah dari 10 ppm sampai 50 ppm, sedangkan untuk arang kulit pisang kepok menggunakan konsentrasi pewarna dari 40 sampai 80 ppm. Hasil pengamatan memperlihatkan bahwa konsentrasi tidak mempengaruhi efisiensi adsorpsi arang kulit pisang ambon, sebaliknya konsentrasi pewarna berpengaruh terhadap efisiensi arang kulit pisang kepok. Gambar 6 memperlihatkan bahwa konsentrasi tidak begitu berpengaruh terhadap efisiensi adsorpsi arang kulit pisang ambon meskipun konsentrasi ditingkatkan. Namun, untuk arang pisang kepok efisiensi adsorpsi meningkat seiring dengan meningkatnya konsentrasi pewarna, dan efisiensi adsorpsi terbesar tercapai pada konsentrasi 60 ppm.



Gambar 6. Efisiensi Adsorpsi kulit pisang ambon dan kepok terhadap pewarna *direct red* pada berbagai konsentrasi *direct red*.

Kesimpulan

Berdasarkan hasil penelitian, maka dapat disimpulkan:

1. Massa optimum untuk adsorpsi pewarna *direct red* oleh adsorben arang kulit pisang ambon dan kulit pisang kepok adalah 0,5 gram per 50 mL larutan adsorbat.
2. Waktu agitasi optimum untuk adsorpsi pewarna *direct red* oleh adsorben arang kulit

pisang ambon dan arang kulit pisang kepok adalah 2 jam.

3. Konsentrasi pewarna *direct red* tidak mempengaruhi efisiensi adsorpsi arang kulit pisang kepok pada massa adsorben dan waktu agitasi optimum, tetapi berpengaruh terhadap efisiensi adsorpsi arang kulit pisang kepok. Konsentrasi pewarna yang memberikan efisiensi adsorpsi arang pisang kepok terbesar adalah 60 ppm.

4. Konsentrasi aktivator NaOH yang memberikan kemampuan adsorpsi kulit pisang ambon dan kulit pisang kepok terbesar pada adsorpsi pewarna *direct red* adalah 0,5 M dan 1 M.

Daftar Pustaka

- [1] Renita Manurung, Rosdanelli Hasibuan, Irvan. 2004. Perombakan Zat Warna Azo Reaktif Secara Anaerob – Aerob. *E-USU Repository*.
- [2] Khashayar Badii, Famarz DA, et al, 2010, Adsorption of Acid Blue Dye on Diatomite in aqueous Solutions, *Indian Journal of Chem. Technol*, 17, p 7-16.
- [3] Shawabkeh RA, & Tutuji MF, 2003, *Experimental Study and Modeling of Basic Dye Sorption by Diatomaceous Clay*. *Appl Clay.Sci*, 24, 111.
- [4] Gong R.Ding, Li M. Yang C, Liu H & Sun Y, 2005, Utilization of Powdered Peanut Hull as Biosorben for Removal of Anionics dyes from aqueous Solution, *Dyes. Pigm*, 64, 187.
- [5] Endang W. Laksono, Regina Tutik P, M. Pranjoto Utomo, 2010, *Pola Adsorpsi Zeolit terhadap Pewarna Azo Metil Merah dan Metil Jingga*, *Laporan Penelitian*, FMIPA UNY.
- [6] Sonawane S, Chaudhari,P., Ghodkhe, S. et al, 2009, Ultrasound assisted adsorption of basic dye onto organically modified bentonite (nanoclay), *J. SCI. IND. RES* , 68, 162-167.
- [7] Endang Widjajanti, 2009, Kajian Penggunaan Adsorben sebagai alternatif Pengolahan limbah zat pewarna tekstil. Prosiding Seminar Nasional Kimia FMIPA UNY, Yogyakarta.
- [8] Rajashree Kobiraj, Neha Gupta, Atul Kumar Kuwashaa and M.C Chattopadhyaya, 2012, Determination of equilibrium, kinetic and thermodynamic parameters for the adsorption of Brilliant green dye from aqueous solutions onto eggshell powder, *Indian Journal of Chemical Technology*, Vol 19, 26-31.
- [9] Md. Tamez Uddin, Md. Rukanuzzaman, Md. Maksudur Rahaman Khan and Md. Akhtarul Islam, 2009, Jackfruit (*arthocarpus heterophyllus*) leaf Powder. An effective adsorbent for removal of methylene blue from aqueous solutions. *Indian Journal of Chem. Technol*, 16, 142-149.
- [10] Robertson, E. (1993). Evaluasi Nutrisi, Korelasi Vegetatif dan Kemungkinan Kulit Pisang sebagai makanan ternak ruminansia menggunakan teknik in vitro dan in situ, *Karya Ilmiah*. Bogor: fakultas Peternakan, IPB
- [11] Jamil Anwar, Umer Shafique, Waheed-uz-Zaman, 2010, Removal of Pb(II) and Cd(II) from Water by Adsorption on peels of banana, *Bioresource Technology*, 101, 1752-1755.
- [12] G. Annadurai, RS Juang and DJ. Lee, 2002 Adsorption of heavy metals from banana and orange peels. *Water Science Technology* Vol 47, 1 , 185-190.
- [13] Mas Rosemal H, Mas Haris, Kathiresan Sathasivam. 2009. The Removal of Methyl red from Aqueous Solutions Using Banana Pseudostem Fibers. *American Journal of Applied Sciences* 6 (9) 1690-1700.
- [14] Jamil R. Memon, Saima Q. Memon, Muhammad I. Bhangar and Muhammad Y. Khuhawar ,2008, *Banana Peel: A Green and Economical Sorbent for Cr (III) Removal*, *Pak. J. Anal. Environ. Chem*. Vol. 9, No. 1, 20 – 25.

