

ADSORPSI Fe DENGAN AMPAS TEBU TERMODIFIKASI KALIUM HIDROKSIDA

Sri Sunarsih¹, Sri Hastutiningrum², Dewi Wahyuningtyas³

^{1,2}Jurusan Teknik Lingkungan IST AKPRIND Yogyakarta, Jln Bima Sakti no 3 Yogyakarta 55221

³Jurusan Teknik Kimia IST AKPRIND Yogyakarta, Jln Kalisahak no 28 Yogyakarta 55222

Email : srisunarsih@akprind.ac.id

Abstrak

Penelitian ini bertujuan membuat adsorben ampas tebu termodifikasi dengan penambahan KOH 0,1 M. Ampas tebu termodifikasi (AT) yang dihasilkan diuji kadar air, kadar abu dan kapasitas serapannya terhadap I₂ dengan metoda titrasi iodimetri serta kemampuannya mengadsorpsi logam Fe dari larutan. Setiap pengamatan terhadap AT dibandingkan dengan ampas tebu tidak termodifikasi.

Optimasi kondisi adsorpsi terhadap Fe dilakukan dengan mengamati pengaruh konsentrasi awal, berat adsorben, dan pH larutan. Pengamatan pengaruh konsentrasi dilakukan dengan memvariasi konsentrasi Fe dari 2 - 10 mg/L. Fe yang tidak diadsorpsi AT dikomplekskan dengan larutan 1,10-fenantrolin dan diamati serapannya menggunakan spektrofotometer UV-Vis. Untuk mengamati pengaruh berat adsorben, maka AT yang ditambahkan bervariasi dari 50 - 150 mg terhadap 25 mL larutan Fe. Cara yang sama dilakukan untuk pengamatan pengaruh pH yakni dengan memvariasi harga pH dari 3, 5, 7, dan 9.

Hasil penelitian menunjukkan bahwa adsorpsi optimum terhadap logam Fe terjadi pada konsentrasi awal Fe sebesar 6 ppm dengan ukuran butiran 60 mesh yakni sebesar 983,9 mg Fe/1 g AT. Sedangkan uji pengaruh konsentrasi awal Fe dari 2-10 ppm menunjukkan konsentrasi optimum untuk proses adsorpsi adalah 10 ppm. Pada variasi penambahan berat maka terlihat tren adsorpsi yang terus bertambah dengan penambahan AT, begitu pula dengan pH.

Kata kunci: Ampas tebu termodifikasi, adsorpsi, Fe, KOH

Pendahuluan

Berbagai aktivitas industri banyak menimbulkan pencemaran pada air permukaan dan air tanah dengan kontaminan pigmen warna, logam berat, maupun senyawa organik toksik, surfaktan, garam, asam, basa, dan pelarut. Air yang terkontaminasi ini dapat menimbulkan berbagai macam penyakit seperti gangguan pertumbuhan, kanker, kerusakan organ tubuh, kerusakan sistem syaraf dan yang paling ekstrim adalah kematian. Kontaminasi pigmen warna yang terpapar ke badan air dapat menimbulkan gangguan proses fotosintesis biota perairan, toksik dan mengganggu pada proses desinfeksi memakai sinar UV (Ashoka dan Inamdar, 2010, Azhar, et al, 2005 serta Balaji, Sasikala, dan Muthuraman, 2014).

Berbagai macam metode dapat digunakan untuk menurunkan kadar polutan di dalam air. Secara konvensional dilaksanakan menggunakan proses biodegradasi aerobik untuk mengurangi kontaminan pigmen warna anionik yang larut dalam air. Namun proses ini lambat dan tidak terlalu efektif. Sebagian besar pigmen warna komersial bersifat resisten terhadap biodegradasi, fotodegradasi maupun oksidator. Dekontaminasi yang dipilih biasanya menggunakan cara fisika atau kimia. Biayanya cukup mahal dan tidak mencakup spektrum pigmen warna yang luas (Azhar, et al, 2005). Dekontaminasi logam berat dapat menggunakan pengendapan, filtrasi membran, kopensipitasi, bioremediasi dan adsorpsi (Khan, Ibrahim dan Subramaniam, 2004).

Berbagai penelitian menunjukkan bahwa proses adsorpsi untuk menghilangkan bermacam-macam kontaminan air merupakan metoda yang efektif, ekonomis dan berkelanjutan. Adsorben yang paling banyak digunakan adalah karbon aktif karena memiliki kapasitas adsorpsi lebih tinggi dibanding adsorben lain. Kelemahannya adalah harganya yang cukup mahal dan proses regenerasinya menyebabkan sebagian karbon menjadi rusak. Pilihan berikutnya adalah menggunakan karbon aktif yang berasal dari bahan baku limbah biomassa karena tidak memerlukan bahan kimia yang banyak, mudah diimplementasikan, efektivitasnya tinggi dan prosesnya cepat (Khan, Ibrahim dan Subramaniam, 2004 serta Balaji, Sasikala, dan Muthuraman, 2014, Ashoka dan Inamdar, 2010).

Usaha untuk mendapatkan adsorben yang murah ini mengarah kepada pemanfaatan limbah biomassa yang mudah diperoleh seperti ampas tebu, tempurung kelapa, kulit jeruk, sekam padi, kulit nangka, tongkol jagung, limbah

apel dan serbuk gergajian. Para peneliti memberikan perhatian yang besar terhadap pengembangan permukaan karbon termodifikasi yang berasal dari bahan-bahan lokal tersebut untuk menangani logam berat yang terdapat pada limbah. Sayangnya, tanpa perlakuan pendahuluan untuk memodifikasi secara kimia, kapasitas adsorpsi berbagai limbah biomassa tersebut sangat rendah (Krishnan dan Anirudhan, 2003, Abdullah et al., 2014).

Salah satu limbah biomassa yang sangat efektif mengadsorpsi kontaminan logam berat (khususnya Fe) dan cukup melimpah ketersediaannya adalah ampas tebu. Selama ini pemanfaatan yang paling banyak adalah sebagai bahan bakar boiler, atau dipasok sebagai bahan baku industri pulp dan *particle board*. Ampas tebu juga sering dibakar untuk menghasilkan uap dan sumber energi listrik pabrik gula. Hal ini akan mengurangi dampak negatif gas rumah kaca dari pembangkit listrik konvensional. Negara-negara penghasil gula seperti Brazil, Mauritius, India, Australia, El Salvador, Nicaragua, Guatemala, Columbia, dan Philippina mengoperasikan pembangkit listrik skala besar dari limbah ampas tebu (Eggleston and Lima, 2015, serta Balaji, Sasikala, dan Muthuraman, 2014).

Dalam proses produksi, setiap satu ton gula rafinasi dihasilkan ampas tebu sebanyak 2 ton. Total produksi ampas tebu kering di seluruh dunia adalah sekitar 54 juta ton per tahun. Selain murah, keuntungan lain pemakaian ampas tebu adalah pertumbuhan industri gula cukup cepat, merupakan tanaman yang tersebar relatif merata di berbagai negara, untuk memutihkannya hanya memerlukan sedikit energi dan bahan kimia. (Krishnan dan Anirudhan, 2003 serta Atikah, 2012).

Ampas tebu memiliki serat bagus dan kandungan atom karbon sangat tinggi. Komposisi kimianya bergantung pada faktor intrinsik dan ekstrinsik seperti genotip, kematangan (lignifikasi), serta faktor lingkungan. Senyawa kimia penyusunnya terdiri atas 32 - 50% selulose, 19-25% hemiselulose, dan 23 -32% lignin. Komposisi seperti ini relatif resisten terhadap proses biodegradasi. Jika ditinjau dari unsur penyusunnya, ampas tebu terdiri atas 9.78% silika dan 90.22% karbon. Dari komposisi penyusunnya ini mudah difahami bahwa ampas tebu dapat menghasilkan karbon aktif yang cukup banyak dan cocok sebagai sumber bahan baku karbon aktif (Zandersons, Suhardy dalam Atikah, 2012 serta Balaji, Sasikala, dan Muthuraman, 2014, Eggleston and Lima, 2015).

Ampas tebu alamiah merupakan adsorbent senyawa organik yang buruk termasuk terhadap zat warna pada gula maupun ion logam. Untuk meningkatkan kapasitas adsorpsinya terhadap molekul organik atau ion logam, ampas tebu harus dimodifikasi secara fisik atau kimia (Krishnan and TS Anirudhan, 2003).

Krishnan dan Anirudhan (2003) melakukan karbonasi ampas tebu pada temperatur 200°C dan diaktivasi dengan uap sulfur dan dimanfaatkan untuk adsorpsi logam kadmium(II) secara *batch*. Proses dijalankan dengan memvariasi konsentrasi, waktu kontak, dosis adsorben, pH, temperatur dan kekuatan ion. Penyisihan maksimum terjadi pada kisaran pH 5.0 - 9.0. Adsorpsi maksimum sebesar 98.8 % (24.70 mg/g) terjadi menggunakan karbon yang mengandung sulfur 8.9 % pada pH 6.0 dari konsentrasi Cd(II) awal sebesar 50 mg/dm³. Hasil pengamatan juga memperlihatkan bahwa penurunan kekuatan ion pada larutan meningkatkan kapasitas adsorpsi.

Khan, Ibrahim dan Subramaniam (2004) mereview penyisihan logam berat dari air limbah seperti Cd (II) dan Pb(II) dengan beberapa adsorben limbah pertanian. Proses adsorpsi Pb (II) mengikuti model Langmuir dan adsorpsi Cd (II) berada pada *multilayer*, terutama bila temperatur lebih dari 30°C. Bila kekuatan ion bertambah, kapasitas adsorpsi maksimum berkurang. Pada kondisi khusus (pH 6.0, 30°C, dan kekuatan ion 0.1 mol/dm³, lignin ampas tebu yang terkarboksimetilasi dapat mengadsorpsi Pb(II) secara lebih selektif dibanding Cd(II). Analisis faktorial adsorpsi Pb(II) menunjukkan bahwa temperatur merupakan faktor paling penting dalam sistem adsorpsi tunggal dan kemampuan adsorpsi akan bertambah dengan kenaikan temperatur. Sedangkan logam kromium diadsorpsi dengan ampas tebu dan serat kelapa secara *batch*. Secara umum adsorpsi paling efektif pada pH dan konsentrasi Cr(VI) rendah. Karbon serat kelapa yang diaktifkan merupakan yang paling aktif diantara 4 adsorbent yang diteliti. Adsorben ini sangat stabil pada pH lebih tinggi, disusul karbon aktif ampas tebu, ampas tebu tanpa modifikasi dan abu ampas tebu. Penyisihan maksimum mencapai sekitar 99.8% pada pH 2.

Abdullah, et al (2005) memodifikasi ampas tebu dengan formaldehid dan asam sulfat untuk mengadsorpsi zat warna metil merah dengan memvariasi dosis adsorben, konsentrasi awal zat warna, pH dan waktu kontak. Hasilnya menunjukkan jumlah adsorben berbanding lurus dengan zat warna yang terserap. Persentase serapan lebih besar pada konsentrasi metil merah yang rendah. Terlihat pula bahwa ampas tebu yang dimodifikasi dengan asam sulfat memiliki unjuk kerja yang lebih baik dibanding yang dimodifikasi dengan formaldehid.

Ampas tebu yang dimodifikasi dengan formaldehid dan asam sulfat juga dapat mengadsorpsi zat warna metil merah. Kapasitas adsorpsi dipengaruhi pH, konsentrasi awal, berat adsorbent, waktu kontak dan temperatur. Terlihat bahwa efisiensi adsorpsi ampas tebu termodifikasi asam sulfat lebih tinggi dibanding yang diberi formaldehid, dan kapasitas adsorpsi lebih tinggi pada konsentrasi zat warna yang lebih rendah. Jika pH larutan atau adsorbent bertambah, maka efisiensi adsorpsi juga bertambah. Ditunjukkan pula bahwa ampas tebu termodifikasi merupakan adsorbent yang efektif dan murah untuk menghilangkan zat warna dari larutan, kemungkinan dapat digunakan untuk menghilangkan warna air limbah dalam reaktor batch atau tanki pengaduk (Ashoka dan Inamdar, 2010)

Atikah (2012) mengadsorpsi *crude palm oil* (CPO) di dalam air dengan ampas tebu dan ampas tebu termodifikasi dengan asam sulfat untuk menurunkan kontaminan senyawa organik pada air limbah industri. Terlihat bahwa partikel yang berukuran lebih kecil memiliki kapasitas adsorpsi lebih besar. Proses modifikasi dengan asam sulfat tidak menaikkan kapasitas adsorpsi secara signifikan.

Balaji, Sasikala, dan Muthuraman (2014) meneliti kapasitas penyisihan ampas tebu dan sabut kelapa terhadap besi total dengan variabel pH, dosis adsorben, konsentrasi awal dan waktu kontak. Kapasitas adsorpsi mencapai maksimum pada kisaran pH 4-5. Kapasitas adsorpsi sabut kelapa sebesar 96% dan ampas tebu sebesar 93%.

Bahadur dan Paramatma (2014) meneliti efektivitas adsorpsi ampas tebu termodifikasi dengan asam sulfat pekat rasio 500 g/L. Untuk estimasi gugus fungsi yang mengandung oksigen digunakan metoda Boehm. Gugus fungsi asam, luas permukaan spesifik dan kapasitas adsorpsi bertambah sangat besar dengan proses modifikasi kimia tersebut. Pemisahan Cr(VI) dari larutan diamati terhadap pengaruh pH, konsentrasi logam, dan waktu kontak. Kapasitas adsorpsi Cr(VI) maksimum teramati 131.68 mg/g pada pH optimum pada temperatur lab. Waktu kesetimbangan Cr(VI) 180 menit. Kinetika adsorpsi mengikuti order pseudo-dua. Isoterm adsorpsi bersesuaian dengan isoterm Langmuir dan Freundlich.

Kanaujia, Singh B dan Singh SK (2015) mengadsorpsi florida secara *batch* menggunakan karbon ampas tebu dan ampas tebu termodifikasi. Karbonasi dilakukan pada temperature 500°C selama 20-25 menit, dicuci dengan 4N HCl, dilanjutkan dengan 4N NaOH dan dicuci dengan akudes. Modifikasi ampas tebu dilakukan dengan asam sulfat pekat, dipanaskan pada temperatur 150°C selama 24 jam, direndam natrium bikarbont 1 % selama 12 jam, dan dikeringkan selama 24 jam pada temperatur 105°C. Proses optimasi dilakukan dengan memvariasi pH, dosis adsorbent, konsentrasi florida dan waktu kontak. Hasilnya menunjukkan bahwa penyisihan karbon ampas tebu sebesar 51.8% dan ampas tebu termodifikasi 58.4% dari larutan florida 5 mg/L pada pH 6.0, dengan waktu kontak 75 menit dan dosis adsorben 4 gm/L. Semua data adsorpsi mengikuti isotherm Freundlich dan kinetika reaksi menunjukkan order pseudo dua

Berdasar estimasi potensi ampas tebu yang cukup melimpah dan peluang penggunaannya dalam berbagai proses pengelolaan limbah, maka penelitian tentang potensi ampas tebu termodifikasi sebagai adsorben kontaminan logam (termasuk logam Fe) memiliki banyak peluang untuk diimplementasikan.

Metode Penelitian

Alat yang digunakan dalam penelitian ini adalah seperangkat alat gelas, neraca analitik, spektrofotometer, *hot plate*, *magnetic stirrer*, desikator, ayakan ukuran 40 mesh, 60 mesh dan 80 mesh, *shaker*, oven dan pH-meter.

Bahan utama yang digunakan dalam penelitian ini adalah ampas tebu yang diperoleh dari pabrik gula Madukismo Yogyakarta. Sedangkan bahan kimianya meliputi HCl, hidroksilamin hidroklorida, 1,10 Fenantrolin, ammonium asetat dan Feri ammonium sulfat grade analisis, KOH, akuades, arang aktif komersial dan kertas saring Whatman 42.

Pembuatan ampas tebu termodifikasi dilakukan dengan memotong-potong menjadi sekitar 2 cm, dicuci bersih dengan akuades kemudian dikeringkan beberapa hari dengan sinar matahari. Ampas tebu kering direndam dalam larutan KOH 0,1 N selama semalam, disaring dan dibilas dengan akuabides. Untuk menghilangkan sisa KOH, ampas tebu direndam dalam larutan CH₃COOH selama 2-3 jam dan dicuci lagi dengan akuabides sampai air cucuannya netral. Bahan ini dikeringkan dalam oven pada temperatur 105 °C dan diblender serta diayak dengan ukuran 40, 60 dan 80 serta disimpan rapat dalam wadah kedap udara.

Larutan baku Fe dibuat dengan menimbang garam Fe(NH₄OH)₂SO₄ sebanyak 0,30 gram, ditambahkan 5 mL larutan asam sulfat 2M untuk menghindari proses hidrolisis dan dilarutkan menjadi 1000 mL.

Penentuan kadar air bahan baku dan AT dilakukan dengan menimbang 1 gram ampas tebu kering dan dicatat sebagai massa mula-mula (a), dipanaskan dalam oven pada temperatur 105 ± 2 °C selama 3 jam. Ampas tebu ini kemudian dimasukkan dalam desikator hingga kering lalu ditimbang (b).

Penentuan kadar abu dilakukan dengan menimbang 500 mg ampas tebu ditimbang dan dianggap massa mula-mula (a), dipanaskan pada temperatur 600 °C selama 4 jam. Setelah pemanasan selesai, tutup *furnace* dibuka selama 1 menit untuk menyempurnakan proses pengabuan. Selanjutnya dimasukkan dalam desikator hingga kering dan diperoleh massa yang konstan (b).

Kapasitas adsorpsi arang aktif dan AT terhadap iod ditentukan secara iodometri dengan larutan standar Na₂S₂O₃ 0,1 N dengan indikator amilum 1% dan dititrasi kembali sampai larutan tidak berwarna. Titrasi juga dilakukan untuk larutan blanko, ampas tebu dan AT.

Kurva kalibrasi dibuat dengan larutan deret standar Fe konsentrasi 2, 4, 6, 8 dan 10 ppm dan diamati serapannya dengan spektrofotometri UV-Vis pada panjang gelombang 510 nm.

Pengaruh ukuran butiran diamati dengan menginteraksikan 25 mL larutan Fe konsentrasi 6 dengan 100 mg ampas tebu berbeda ukuran butirannya (A20, A40 dan A60), sedangkan 3 larutan yang lainnya ditambah dengan ampas tebu termodifikasi (T20, T40 dan T60). Sisa Fe dikomplekskan dengan larutan 1,10-fenantrolin 0,1% dan diamati serapannya dengan spektrofotometri UV-Vis pada panjang gelombang 510 nm.

Pengaruh konsentrasi awal diteliti metode *batch* dengan konsentrasi larutan Fe bervariasi dari 2,4,6,8 dan 10 ppm, dikomplekskan dengan larutan 1,10-fenantrolin 0,1%,. Serapannya diukur dengan spektrofotometer UV-Vis pada panjang gelombang 510 nm.

Pengaruh berat adsorben diamati dengan memvariasi AT yang diinteraksikan seberat 50, 75, 100, 125 dan 150 mg dengan 25 mL larutan Fe konsentrasi 10 ppm. Logam Fe yang tidak teradsorpsi dikomplekskan dengan larutan 1,10-fenantrolin 0,1% dan diamati serapannya dengan spektrofotometer UV-Vis pada panjang gelombang 510 nm.

Untuk mengamati pengaruh pH, 4 larutan Fe 10 ppm diatur pada nilai pH 3, 5, 7 dan 9 kemudian ditambahkan AT seberat 150 mg. Sisa Fe yang tidak teradsorpsi dikomplekskan dengan larutan 1,10-fenantrolin 0,1% dan diamati serapannya dengan spektrofotometer UV-Vis pada panjang gelombang 510 nm.

Hasil dan pembahasan.

Hasil penggilingan ampas tebu memperlihatkan bahwa butir-butir partikel yang diperoleh berbentuk jarum. Bentuk jarum ini dapat menimbulkan sedikit kesulitan dalam proses modifikasi, khususnya pada tahap penyaringan. Untuk memisahkan AT dari larutan KOH maupun asam asetat maka diperlukan kertas saring rangkap agar kertas saring tidak bocor tertusuk partikel ampas tebu.

Setelah dimodifikasi dengan KOH, ampas tebu dicuci dengan asam asetat sampai netral. Dalam penelitian ini konsentrasi asam asetat pencuci adalah 5 % dengan asumsi sama dengan konsentrasi KOH. Namun asumsi ini keliru, mengingat larutan KOH yang digunakan dalam proses modifikasi sudah disaring, sehingga yang tertinggal pada AT sebenarnya hanya sedikit. Untuk menetralkan hanya diperlukan sedikit asam, sehingga asam asetat pencucinya dapat memakai konsentrasi lebih encer. Pemakaian asam asetat yang kadarnya lebih tinggi akan menyebabkan jumlah air pencuci yang digunakan cukup banyak dan proses penyaringan memerlukan waktu lama.

Hasil pemanasan 1,000 g ampas tebu (AT) dalam oven pada suhu 105 ± 2 °C selama 3 jam dapat diamati pada tabel berikut:

Tabel 1. Hasil penentuan kadar air ampas tebu (AT)

Ukuran (mesh)	Penimbangan ke (g)				Kadar air (%)
	1	2	3	4	
40	0,921	0,919	0,914	0,914	8,6
60	0,954	0,952	0,948	0,948	5,2
80	0,959	0,956	0,953	0,953	4,7

Hasil pengamatan kadar air memperlihatkan bahwa makin kecil ukuran butiran, kadar airnya semakin rendah (bahan lebih kering). Hal ini disebabkan makin kecil ukuran butiran, maka permukaannya semakin luas sehingga dalam proses pemanasan kandungan airnya makin mudah menguap. Dapat juga dianggap bahwa makin kering suatu produk butiran biomassa, maka sifatnya akan semakin rapuh dan mudah patah menjadi butiran-butiran kecil. Dengan demikian, berarti bahwa bahan yang kadar airnya lebih rendah akan patah menjadi butiran yang ukurannya lebih kecil.

Hasil penelitian kadar abu terhadap ampas tebu dan ampas tebu termodifikasi disajikan dalam tabel berikut:

Tabel 2. Hasil penentuan kadar abu ampas tebu (A) dan AT

Ukuran (mesh)	Berat (mg)	Berat Abu (mg)	Kadar Abu (%)
A 40	0,501	0,045	8,98
A 60	0,499	0,006	1,20
A 80	0,501	0,053	10,58
AT 40	0,501	0,041	8,18
AT 60	0,250	0,020	7,97
AT 80	0,499	0,053	10,62

Hasil tersebut menunjukkan bahwa kadar abu antara ampas tebu dan ampas tebu yang termodifikasi tidak ada perbedaan nyata atau tidak mengarah kepada trend tertentu. Kadar abu mengindikasikan jumlah bagian yang bersifat anorganik, yang tidak terbakar pada proses pengabuan. Dari data di atas dapat diperkirakan bahwa proses modifikasi ampas tebu dengan menambahkan KOH 0,1 M dan mencucinya dengan CH₃COOH tidak mengubah kandungan bahan anorganiknya; berarti tidak melarutkan bagian-bagian anorganik tersebut. Kemungkinan besar, unsur-unsur yang bersifat anorganik terikat dalam struktur lignin, selulosa atau hemiselulosa sehingga tidak mudah larut dengan penambahan basa.

Hasil Penentuan Kapasitas Adsorpsi Ampas Tebu, AT dan Arang Aktif Terhadap Iod

Tabel 3. Penentuan kapasitas adsorpsi bahan terhadap I₂.

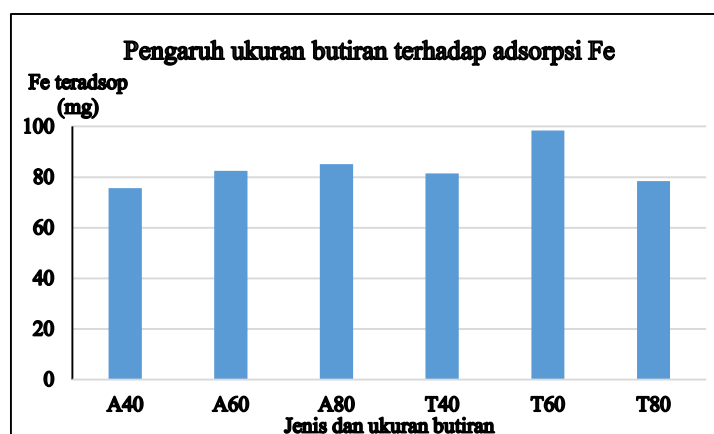
Adsorben	Kapasitas adsorpsi (mg/gr bahan)		Rerata
	1	2	
Ampas tebu	10,16	9,53	9,85
AT	12,07	11,78	11,91
Arang aktif	25,72	25,72	25,72

Data tersebut memperlihatkan bahwa kapasitas adsorpsi ampas tebu termodifikasi (AT) mengalami sedikit peningkatan dibanding ampas tebu yang tidak dimodifikasi. Hal ini kemungkinan terjadi karena proses penambahan KOH akan memutus ikatan hidrogen antar rantai selulosa, lignin dan hemiselulosa sehingga situs-situs adsorpsi menjadi lebih terbuka.

Modifikasi yang dilakukan oleh Krishnan dan Anirudhan (2003) menggunakan uap sulfur dan diukur kapasitas diperoleh hasil kapasitas adsorpsi terhadap Cd sebesar 24.70 mg/g. Sedangkan Bahadur dan Paramatma (2014) memodifikasi dengan menggunakan asam sulfat pekat dan mendapatkan hasil pengukuran kapasitas adsorpsi terhadap Cr(VI) maksimum teramati 131.68 mg/g. Dalam percobaan ini, diperoleh apasitas adsorpsi terhadap Fe sebesar 983,9 mg/g AT60, jika konsentrasi awal Fe sebesar 6 ppm.

Hasil pengamatan absorbansi larutan standar Fe untuk membuat kurva kalibrasi. Sampai dengan konsentrasi 10 ppm, kurva absorbansi vs konsentrasi masih linier, berarti masih berlaku hukum Lambert -Beer, bahwa absorbansi berbanding lurus dengan konsentrasi larutan Fe dalam sampel yang diamati. Kurva tidak menunjukkan deviasi positif maupun negatif, berarti masih valid untuk menjadi dasar penentuan konsentrasi larutan sampel yang pengamatannya dilakukan pada kondisi yang sama.

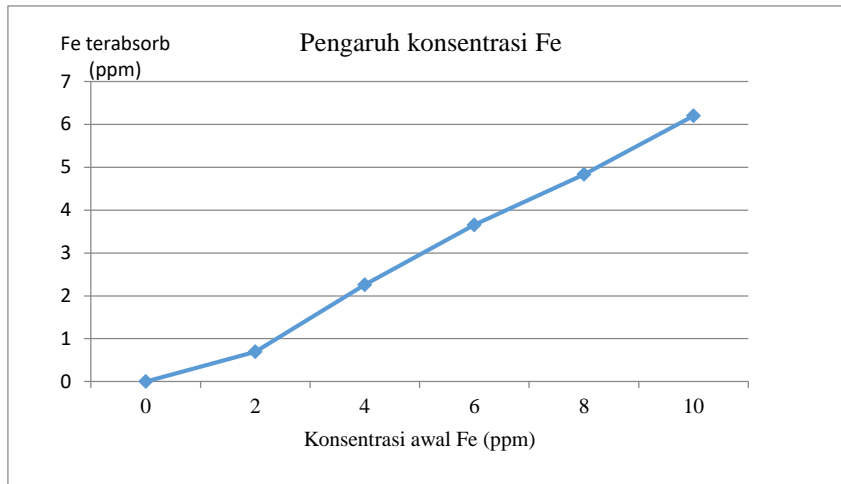
Hasil pengamatan adsorpsi 100 mg ampas tebu (A) dan ampas tebu termodifikasi (T) bervariasi ukuran butirannya dengan 25 mL larutan Fe 6 ppm tertera dalam gambar 1.



Gambar 1. Pengaruh ukuran butiran terhadap jumlah Fe yang teradsorpsi

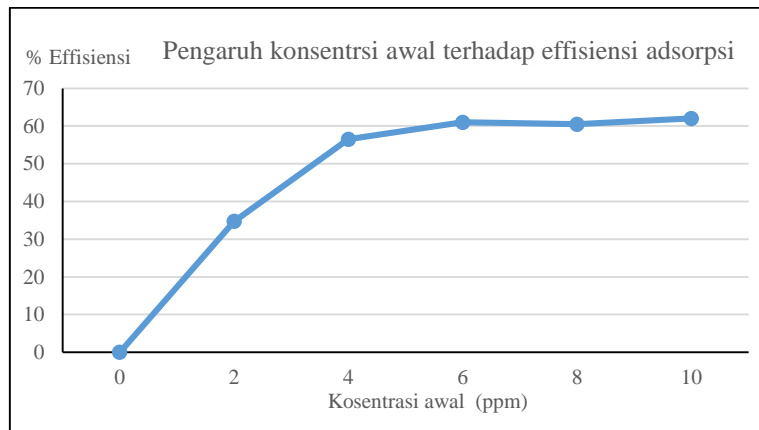
Data di atas menunjukkan bahwa ampas tebu termodifikasi KOH yang ukuran butirannya besar (40 dan 60 mesh) menyebabkan penambahan kapasitas adsorpsi ampas tebu. Sedangkan pada ukuran butiran yang cukup kecil, penambahan KOH justru menurunkan kemampuan adsorpsinya. Kapasitas adsorpsi terbesar pada ukuran butiran 60 mesh, dengan jumlah Fe teradsorpsi sebesar 98,39 mg.

Hasil pengamatan pengaruh konsentrasi bervariasi dari 2-10 ppm terhadap adsorbansi 100 mg AT60 pada larutan Fe tertera pada gambar 2 dan gambar 3 berikut:



Gambar 2. Pengaruh konsentrasi awal Fe terhadap kapasitas adsorpsi.

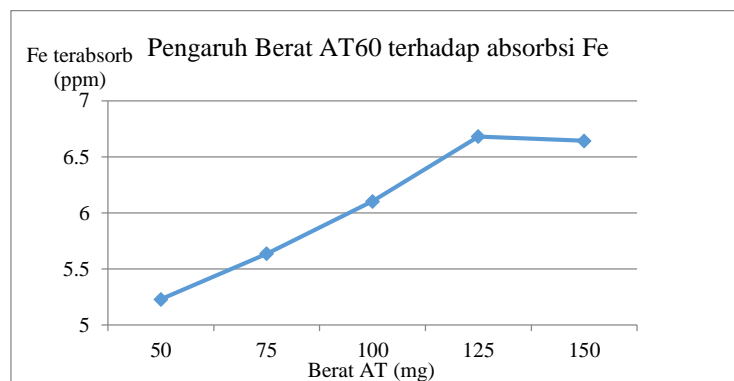
Data tersebut memperlihatkan bahwa dengan penambahan 100 mg AT60 ke dalam 25 mL larutan Fe, maka sampai konsentrasi Fe 10 ppm, jumlah logam Fe yang teradsorpsi ke permukaan ampas tebu termodifikasi masih menunjukkan tren kenaikan. Hal ini menunjukkan bahwa situs adsorpsi masih tersedia, sehingga banyaknya Fe yang teradsorpsi akan bertambah jika adsorbatnya bertambah (konsentrasi Fe bertambah).



Gambar 3. Pengaruh konsentrasi awal Fe terhadap efisiensi adsorpsi.

Data juga menunjukkan bahwa sampai konsentrasi 10 ppm tersebut efisiensi adsorbansi oleh permukaan AT60 masih terus bertambah, seperti tampak pada gambar 3.

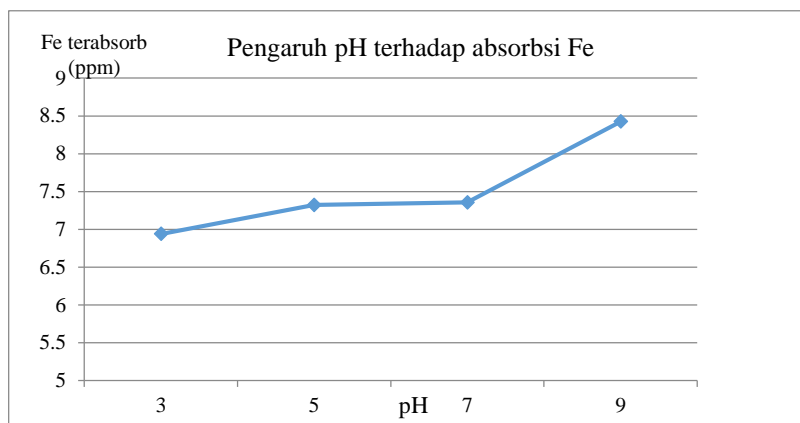
Hasil pengamatan pengaruh variasi berat AT60 dari 50 – 150 mg terhadap adsorbansi 25 mL larutan Fe konsentrasi 10 ppm tertera pada gambar 4 berikut:



Gambar 4. Pengaruh berat adsorben terhadap adsorpsi Fe

Gambar tersebut memperlihatkan bahwa sampai dengan seberat 125 mg konsentrasi Fe yang teradsorp ke permukaan AT60 terus bertambah, dan pada nilai tersebut diperkirakan situs adsorpsi mulai jenuh. Hal ini didukung bukti bahwa jika berat AT60 ditambahkan lagi, jumlah Fe yang teradsorp tidak akan makin bertambah. Dalam gambar tampak bahwa kurvanya mulai cenderung mendatar atau bahkan sedikit turun

Hasil pengamatan pengaruh pH yang bervariasi dari 3,0-7,0 terhadap adsorbansi AT60 pada larutan Fe ppm tertera pada gambar 5 berikut:



Gambar 5. Pengaruh pH larutan terhadap adsorpsi Fe

Data tersebut memperlihatkan bahwa sampai pH 9, konsentrasi Fe yang teradsorp masih terus bertambah. Ada hal yang menarik untuk didiskusikan berkaitan dengan pemilihan rentang pH ini. Pada rentang pH 6-9, intensitas warna yang ditimbulkan dari pembentukan senyawa kompleks Fe-Fenantrolin tidak terpengaruh. Artinya pada rentang pH tersebut senyawa kompleks yang terbentuk relatif stabil. Pengukuran yang ditunjukkan oleh spektrofotometer UV-Vis benar-benar menunjukkan sisa logam Fe yang tidak teradsorp oleh AT60. Jika pengukuran dilaksanakan pada pH lebih rendah dari 3 atau lebih tinggi dari 9, maka intensitas yang terukur tidak selalu berbanding lurus dengan jumlah logam Fe yang terdapat dalam larutan. Ada kemungkinan, Fe yang terdapat dalam larutan lebih banyak namun tidak terukur oleh alat spektrofotometer UV-Vis karena tidak membentuk senyawa kompleks dengan Fenantrolin. Jika pengaruh pH akan diteliti mulai dari nilai $pH < 3$ atau lebih besar dari 9, maka disarankan untuk memakai alat pengukur lain untuk mengetahui besarnya logam Fe yang tidak teradsorp; misalnya dengan spektrofotometer serapan atom (SSA).

Kesimpulan

1. Ampas tebu termodifikasi (AT) menggunakan larutan KOH dapat digunakan sebagai adsorben logam Fe dalam air.
2. Menurut penelitian ini adsorpsi optimum terhadap logam Fe terjadi pada konsentrasi awal Fe sebesar 6 ppm dengan ukuran butiran 60 mesh yakni sebesar 983,9 mg Fe/1 g AT
3. Pada kisaran konsentrasi awal Fe sebesar 2-10 ppm, kapasitas adsorpsi AT masih terus bertambah dengan konsentrasi optimum 10 ppm.
4. Pada kisaran berat AT 50 – 150 mg yang ditambahkan pada 25 mL larutan Fe 10 ppm, maka terlihat tren adsorpsi yang terus bertambah.
5. Pada kisaran pH 3,0 -9,0 kapasitas adsorpsi AT terhadap Fe masih terus bertambah. Untuk pengamatan dilakukan pada $3 > pH > 12$ maka disarankan alat pengukur selain spektrofotometer UV-Vis.

Saran

1. Perlu diteliti lebih lanjut kinetika adsorpsi Fe pada ampas tebu termodifikasi KOH
2. Perlu diteliti kapasitas adsorpsi ampas tebu termodifikasi KOH terhadap logam-logam lain
3. Perlu diteliti kapasitas adsorpsi limbah biomassa yang lain.

Daftar Pustaka

- Abdullah, A.G.L et al, 2005, "Azo Dye Removal By Adsorption Using Waste Biomass: Sugarcane Bagasse", *International Journal of Engineering and Technology*, Vol. 2, No.1, pp. 8-13
- Ashoka, H. S. and Inamdar S. S., 2010, "Adsorption Removal of Methyl Red from Aqueous Solutions with Treated Sugarcane Bagasse and Activated Carbon- a Comparative study", *Global Journal of Environmental Research* 4 (3): 175-182, ISSN 1990-925X

- Atikah N., 2012, "Separation Of Oil And Water Using Sugarcane Bagasse", Thesis, Chemical Engineering Dept, Faculty of Chemical & Natural Resources Engineering, Universiti Malaysia Pahang,
- Azhar S.S., et al, 2005, "Dye Removal from Aqueous Solution by using Adsorption on Treated Sugarcane Bagasse", *American Journal of Applied Sciences* 2 (11): 1499-1503, ISSN 1546-9239
- Bahadur and Paramatma, 2014, "Adsorptive Removal of Cr(VI) from Aqueous Solution by Sugarcane Biomass", *Res. J. Chem. Sci* Vol. 4(5), 32-40, ISSN 2231-606X
- Balaji R., Sasikala S. and Muthuraman G., 2014, "Removal of Iron From Drinking / Ground Water by Using Agricultural Waste as Natural Adsorbents", *International Journal of Engineering and Innovative Technology (IJEIT)* Volume 3, Issue 12,
- Eggleston G. and Lima I, 2015, "Sustainability Issues and Opportunities in the Sugar and Sugar-Bioproduct Industries", *Sustainability* 7, 12209-12235; doi:10.3390/su70912209
- Hatim M.D. I, and Fazara M.A. U., 2006, "Effect Of Acidic Treatment On Metal Adsorptions Of Sugarcane Bagasse Based Activated Carbon", KUKUM Engineering Research Seminar
- Kanaujia S., Singh B. and Singh S.K., 2015, "Comparative Study on Removal of Fluoride from Groundwater by Natural and Modified Bagasse Carbon of Sugarcane", *International Research Journal of Pure & Applied Chemistry* 8(3): 147-156, Article no.IRJPAC.2015.080 ISSN: 2231-3443
- Khan N.A., Ibrahim S. and Subramaniam P., 2004, "Elimination of Heavy Metals from Wastewater Using Agricultural Wastes as Adsorbents", *Malaysian Journal of Science* 23 : 43 – 51.
- Krishnan K.A. and Anirudhan T.S., 2003, "Removal of cadmium(II) from aqueous solutions by steam activated sulphurised carbon prepared from sugar-cane bagasse pith: Kinetics and equilibrium studies", *Water SA* Vol. 29 No. 2, ISSN 0378-4738.
- Pisal A, Water and Environment Analysis, www.perkinelmer.com/lambdaxls, diakses 15 Maret 2016
- Qureshi K., et al, 2008, "Physical and Chemical Analysis of Activated Carbon Prepared from Sugarcane Bagasse and Use for Sugar Decolorisation", *International Journal of Natural Sciences and Engineering* 1:3