

ANALISIS VARIASI WAKTU DAN KECEPATAN PENGADUK PADA PROSES ADSORPSI LIMBAH LOGAM BERAT DENGAN ARANG AKTIF

Isna Syauqiah¹), Mayang Amalia, Hetty A. Kartini

Abstrak-Dalam limbah cuci foto *rontgen* (limbah *fixer*) terkandung logam berat Fe dalam jumlah di atas nilai standar mutu limbah cair. Penelitian Ini bertujuan untuk mengetahui pengaruh kecepatan dan waktu pengadukan dalam proses penyerapan logam berat menggunakan arang aktif. Langkah pertama yang dilakukan dalam proses adsorpsi adalah memasukkan limbah *fixer* 100 mL ke dalam erlenmeyer yang sudah berisi 10 gram arang aktif. Kemudian erlenmeyer tersebut diaduk pada kecepatan aduk 30 rpm. Campuran tersebut kemudian diaduk selama 15 menit, 30 menit dan 45 menit dan didiamkan selama 3 jam. Mengulangi langkah ini untuk kecepatan pengadukan 60, 90 dan 120 rpm. Setelah proses adsorpsi selesai, kemudian menganalisa banyaknya logam Fe yang terserap dengan menggunakan spektrofotometer pada panjang gelombang disesuaikan. Perlakuan juga diulangi dengan adanya pemanasan. Semakin besar kecepatan pengadukan, lama waktu kontak dan pemanasan yang digunakan semakin meningkat penurunan kadar Fe karena proses penyerapan adsorbat oleh adsorben menjadi lebih baik. Penurunan kadar Fe terbesar terlihat pada kecepatan pengadukan 90 rpm dan waktu aduk 60 menit di mana parameter Fe yang terkandung dalam sampel adalah 0,24 mg/L.

Kata kunci : arang aktif, pengadukan, adsorpsi, limbah *fixer*.

PENDAHULUAN

Latar Belakang

Arang aktif adalah arang yang diproses sedemikian rupa sehingga mempunyai daya serap/adsorpsi yang tinggi terhadap bahan yang berbentuk larutan atau uap. Karbon aktif secara luas digunakan sebagai adsorben dan secara umum mempunyai kapasitas yang besar untuk mengadsorpsi molekul organik. Arang aktif atau karbon aktif adalah arang yang dapat menyerap anion, kation dan molekul dalam bentuk senyawa organik maupun anorganik, larutan ataupun gas. Karbon aktif terdiri dari berbagai mineral yang dibedakan berdasarkan kemampuan adsorpsi (daya serap) dan karakteristiknya.

Limbah medis rumah sakit merupakan salah satu limbah cair dengan kandungan logam berat dalam jumlah tinggi. Limbah cair yang dihasilkan rumah sakit umumnya banyak mengandung bakteri, virus, sisa obat-obatan dan senyawa kimia yang membahayakan masyarakat di sekitarnya.

Limbah cair yang dihasilkan instalasi radiologi adalah jenis limbah medis yang harus diwaspadai karena limbah ini mengandung cemaran logam berat dan tidak dapat diurai hanya dengan aerasi atau pengendapan pada tangki *septic* saja. Limbah cair ini harus diolah secara khusus. Namun lemahnya peraturan pemerintah tentang pengelolaan limbah medis mengakibatkan hanya sedikit rumah sakit yang memiliki IPAL limbah cair.

Berbagai metode telah dilakukan untuk mengatasi atau mengurangi cemaran logam berat, senyawa organik dan anorganik limbah cair industri. Diantaranya adalah pemisahan kimia berdasarkan kelarutan dengan menambahkan reagen yang dapat mengendapkan ion yang diinginkan, absorpsi yaitu pengikatan molekul melalui volume, bukan permukaan, flotasi dimana separasi dihasilkan oleh gelembung gas (*diffuser*) yang menghasilkan kontak dan gaya apung sehingga partikel mengapung ke permukaan, filtrasi atau ultra filtrasi yang merupakan metode pemisahan suatu zat dari

campuran homogennya dengan zat lain pada fase cair – cair dengan menggunakan sebuah membran, resin penukar ion yaitu senyawa hidrokarbon terpolimerisasi, yang mengandung ikatan hubung silang (*crosslinking*) serta gugusan – gugusan fungsional yang mempunyai ion-ion yang dapat dipertukarkan, selain itu pemisahan juga dapat dilakukan dengan metode *presipitation* yaitu pencampuran asam dengan basa yang menghasilkan padatan kristalin dan air, *bioremoval* yaitu terakumulasi dan terkonsentrasi-nya polutan suatu cairan oleh material biologi dengan proses *recovery* agar ramah lingkungan, penyerapan menggunakan arang aktif (adsorpsi) dan sebagainya. Metode yang paling sederhana, murah dan efektif adalah pengolahan secara fisika dengan menggunakan adsorben arang aktif. Berbeda dengan absorpsi, adsorpsi mengikat adsorbat membentuk suatu lapisan tipis atau film pada permukaannya. Adsorben arang aktif dapat digunakan untuk mengurangi bahan organik dan anorganik. Untuk tujuan ini beberapa penelitian telah dilakukan dalam rangka memperoleh arang aktif yang mempunyai daya guna dan daya ekonomis tinggi.

Tujuan Penelitian

Penelitian ini bertujuan untuk mengetahui variasi waktu dan kecepatan pengadukan dalam proses penyerapan logam besi (Fe) menggunakan arang aktif.

KAJIAN TEORITIS

Adsorpsi

Salah satu metode yang digunakan untuk menghilangkan zat pencemar dari air limbah adalah adsorpsi (Rios et al. 1999 dan saiful et al. 2005). Adsorpsi merupakan terjerapnya suatu zat (molekul atau ion) pada permukaan adsorben. Mekanisme penyerapan tersebut dapat dibedakan menjadi dua yaitu, jerapan secara fisika (fisiosorpsi) dan jerapan secara kimia (kemisorpsi). Pada proses fisiosorpsi gaya

yang mengikat adsorbat oleh adsorben adalah gaya-gaya *van der waals*. Molekul terikat sangat lemah dan energi yang dilepaskan pada adsorpsi fisika relatif rendah sekitar 20 kJ/mol (Castellan 1982). Sedangkan pada proses adsorpsi kimia, interaksi adsorbat dengan adsorben melalui pembentukan ikatan kimia. Kemisorpsi terjadi diawali dengan adsorpsi fisik, yaitu partikel-partikel adsorbat mendekati ke permukaan adsorben melalui gaya *van der waals* atau melalui ikatan hidrogen. Kemudian diikuti oleh adsorpsi kimia yang terjadi setelah adsorpsi fisika. Dalam adsorpsi kimia partikel melekat pada permukaan dengan membentuk ikatan kimia (biasanya ikatan kovalen) dan cenderung mencari tempat yang memaksimalkan bilangan koordinasi dengan substrat (Atkins, 1999). Mekanisme proses adsorpsi dapat digambarkan sebagai proses dimana molekul meninggalkan larutan dan menempel pada permukaan zat adsorben secara kimia dan fisika.

Adsorpsi adalah suatu proses yang terjadi ketika suatu fluida (cairan maupun gas) terikat kepada suatu padatan dan akhirnya membentuk suatu *film* (lapisan tipis) pada permukaan padatan tersebut. Berbeda dengan absorpsi, dimana fluida terserap oleh fluida lainnya dengan membentuk suatu larutan. Dalam adsorpsi digunakan istilah adsorbat dan adsorben, dimana adsorbat adalah substansi yang terjerap atau substansi yang akan dipisahkan dari pelarutnya, sedangkan adsorben merupakan suatu media penyerap yang dalam hal ini berupa senyawa karbon.

Menurut Webber (1972) adsorpsi dibatasi terutama oleh proses *film diffusion* atau *pore diffusion*, tergantung besarnya pergolakan dalam sistem. Jika pergolakan yang terjadi relatif kecil maka lapisan *film* yang mengelilingi partikel akan tebal sehingga adsorpsi berlangsung lambat. Apabila dilakukan pengadukan yang cukup maka kecepatan difusi *film* akan meningkat.

Menurut Reynold (1982) adsorpsi adalah reaksi eksoterm. Maka dari itu tingkat adsorpsi umumnya meningkat

seiring dengan menurunnya suhu. Waktu kontak merupakan hal yang menentukan dalam proses adsorpsi. Gaya adsorpsi molekul dari suatu zat terlarut akan meningkat apabila waktu kontak dengan karbon aktif makin lama. Waktu kontak yang lama memungkinkan proses difusi dan penempelan molekul zat terlarut yang teradsorpsi berlangsung lebih baik

Permukaan padatan yang kontak dengan suatu larutan cenderung untuk menghimpun lapisan dari molekul-molekul zat terlarut pada permukaannya akibat ketidakseimbangan gaya-gaya pada permukaan. Adsorpsi kimia menghasilkan pembentukan lapisan monomolekular adsorbat pada permukaan melalui gaya-gaya dari valensi sisa dari molekul-molekul pada permukaan. Adsorpsi fisika diakibatkan kondensasi molekular dalam kapiler-kapiler dari padatan. Secara umum, unsur-unsur dengan berat molekul yang lebih besar akan lebih mudah diadsorpsi.

Terjadi pembentukan yang cepat sebuah kesetimbangan konsentrasi antarmuka, diikuti dengan difusi lambat ke dalam partikel-partikel karbon. Laju adsorpsi keseluruhan dikendalikan oleh kecepatan difusi dari molekul-molekul zat terlarut dalam pori-pori kapiler dari partikel karbon. Kecepatan itu berbanding terbalik dengan kuadrat diameter partikel, bertambah dengan kenaikan konsentrasi zat terlarut, bertambah dengan kenaikan temperatur dan berbanding terbalik dengan kenaikan berat molekul zat terlarut. Morris dan Weber menemukan bahwa laju adsorpsi bervariasi seiring dengan akar pangkat dua dari waktu kontak dengan adsorben. Kecepatan ini juga meningkat dengan menurunnya pH sebab perubahan muatan pada permukaan karbon. Kapasitas adsorpsi dari karbon terhadap suatu zat terlarut tergantung pada keduanya, karbon dan zat terlarutnya. Kebanyakan limbah cair adalah kompleks dan bervariasi dalam hal kemampuan adsorpsi dari campuran-campuran yang ada. Struktur molekul, kelarutan dan sebagainya, semuanya berpengaruh terhadap kemampuan adsorpsi. Derajat I

kemungkinan adsorpsi akan terjadi dan menghasilkan hubungan kesetimbangan berkorelasi menurut hubungan empiris dari Freundlich, dan turunan Langmuir.

Secara umum, faktor-faktor yang mempengaruhi proses adsorpsi adalah sebagai berikut:

1. Luas permukaan

Semakin luas permukaan adsorben, maka makin banyak zat yang teradsorpsi. Luas permukaan adsorben ditentukan oleh ukuran partikel dan jumlah dari adsorben.

2. Jenis adsorbat

Peningkatan polarisabilitas adsorbat akan meningkatkan kemampuan adsorpsi molekul yang mempunyai polarisabilitas yang tinggi (polar) memiliki kemampuan tarik menarik terhadap molekul lain dibandingkan molekul yang tidak dapat membentuk dipol (non polar);

Peningkatan berat molekul adsorbat dapat meningkatkan kemampuan adsorpsi. Adsorbat dengan rantai yang bercabang biasanya lebih mudah diadsorpsi dibandingkan rantai yang lurus.

3. Struktur molekul adsorbat

Hidroksil dan amino mengakibatkan mengurangi kemampuan penyisihan sedangkan Nitrogen meningkatkan kemampuan penyisihan.

4. Konsentrasi Adsorbat

Semakin besar konsentrasi adsorbat dalam larutan maka semakin banyak jumlah substansi yang terkumpul pada permukaan adsorben.

5. Temperatur

Pemanasan atau pengaktifan adsorben akan meningkatkan daya serap adsorben terhadap adsorbat menyebabkan pori-pori adsorben lebih terbuka pemanasan yang terlalu tinggi menyebabkan rusaknya adsorben sehingga kemampuan penyerapannya menurun.

6. pH

pH larutan mempengaruhi kelarutan ion logam, aktivitas gugus fungsi pada biosorben dan kompetisi ion logam dalam proses adsorpsi.

7. Kecepatan pengadukan

Menentukan kecepatan waktu kontak adsorben dan adsorbat. Bila pengadukan terlalu lambat maka proses adsorpsi berlangsung lambat pula, tetapi bila pengadukan terlalu cepat kemungkinan struktur adsorben cepat rusak, sehingga proses adsorpsi kurang optimal.

8. Waktu Kontak

Penentuan waktu kontak yang menghasilkan kapasitas adsorpsi maksimum terjadi pada waktu kesetimbangan.

9. Waktu kesetimbangan dipengaruhi oleh:

- tipe biomasa (jumlah dan jenis ruang pengikatan),
- ukuran dan fisiologi biomasa (aktif atau tidak aktif),
- ion yang terlibat dalam sistem biosorpsi
- konsentrasi ion logam.

Porositas adsorben juga mempengaruhi daya adsorpsi dari suatu adsorben. Adsorben dengan porositas yang besar mempunyai kemampuan menyerap yang lebih tinggi dibandingkan dengan adsorben yang memiliki porositas kecil. Untuk meningkatkan porositas dapat dilakukan dengan mengaktivasi secara fisika seperti mengalirkan uap air panas ke dalam pori-pori adsorben atau mengaktivasi secara kimia.

Arang Aktif

Arang merupakan suatu padatan berpori yang mengandung 85-95% karbon, dihasilkan dari bahan-bahan yang mengandung karbon dengan pemanasan pada suhu tinggi. Ketika pemanasan berlangsung, diusahakan agar tidak terjadi kebocoran udara di dalam ruangan pemanasan sehingga bahan yang mengandung karbon tersebut hanya terkarbonisasi dan tidak teroksidasi. Arang aktif biasanya disebut karbon aktif yang dapat menyerap beberapa jenis zat di dalam cairan ataupun gas. Berarti arang aktif dapat digunakan sebagai bahan penjernihan ataupun untuk menghilangkan bau busuk. Pada arang aktif terdapat banyak pori (*zone*)

berukuran nano hingga mikrometer. Sedemikian banyaknya pori sehingga dalam satu gram arang aktif bila semua dinding rongga pori direntangkan, luas permukaannya dapat mencapai ratusan hingga ribuan meter persegi.



Gambar 1. Arang Aktif

Karbon aktif merupakan bahan adsorpsi dengan permukaan lapisan yang luas dengan bentuk butiran (*granular*) atau serbuk (*powder*). Kontaminan dalam air terserap karena tarikan dari permukaan karbon aktif lebih kuat dibandingkan dengan daya kuat yang menahan di dalam larutan. Senyawa-senyawa yang mudah terserap karbon aktif umumnya memiliki nilai kelarutan yang lebih kecil dari karbon aktif. Kontaminan dapat masuk ke dalam pori karbon aktif dan terakumulasi didalamnya, apabila kontaminan terlarut di dalam air dan ukuran pori kontaminan lebih kecil dibandingkan dengan ukuran pori karbon aktif.

Logam Berat

Logam berat ialah unsur logam dengan berat molekul tinggi dan merupakan polutan yang memberikan dampak signifikan bagi kesehatan makhluk hidup. Dalam kadar rendah logam berat pada umumnya sudah beracun bagi tumbuhan dan hewan,

termasuk manusia. Termasuk logam berat yang sering mencemari habitat ialah Cr, Fe, Cd, Mn, Pb dan Ag (Am.geol.Inst, 1976). Proses penghilangan logam berat dari limbah cair sudah dilakukan dengan beberapa cara seperti, presipitasi menggunakan bahan kimia, ekstraksi menggunakan pelarut tertentu, pertukaran ion, reverse osmosis, atau adsorpsi. Proses adsorpsi dengan pilihan jenis adsorben yang tepat jika dibandingkan dengan proses lainnya merupakan proses yang sederhana tapi efektif dalam penghilangan logam berat dari limbah cair.

Salah satu contoh habitat yang mudah terpapar cemaran logam berat adalah pada badan air yaitu masuknya logam berat. Peningkatan kadar logam berat di dalam perairan akan diikuti oleh peningkatan kadar zat tersebut dalam organisme air seperti kerang, rumput laut dan biota laut lainnya. Pemanfaatan organisme ini sebagai bahan makanan akan membahayakan kesehatan manusia.

Adanya logam berat di perairan, berbahaya baik secara langsung terhadap kehidupan organisme, maupun efeknya secara tidak langsung terhadap kesehatan manusia. Hal ini berkaitan dengan sifat-sifat logam berat (PPLH-IPB, 1997; Sutamihardja dkk, 1982) yaitu :

1. Sulit didegradasi, sehingga mudah terakumulasi dalam lingkungan perairan dan keberadaannya secara alami sulit terurai (dihilangkan).
2. Dapat terakumulasi dalam organisme termasuk kerang dan ikan, dan membahayakan kesehatan manusia yang mengkonsumsi organisme tersebut.
3. Mudah terakumulasi di sedimen, sehingga konsentrasinya selalu lebih tinggi dari konsentrasi logam dalam air. Disamping itu sedimen mudah tersuspensi karena pergerakan masa air yang akan melarutkan kembali logam yang dikandungnya ke dalam air, sehingga sedimen menjadi sumber pencemar potensial dalam skala waktu tertentu.

Limbah yang biasanya mengandung logam berat berasal dari pabrik kimia, laboratorium rumah sakit, listrik dan elektronik, logam dan penyepuhan elektro (*electroplating*), kulit, metalurgi dan cat serta bahan pewarna. Limbah padat pemukiman juga mengandung logam berat (Yong, dkk., 1992).

Limbah medis rumah sakit merupakan satu jenis limbah cair dengan kandungan senyawa kimia dan logam berat yang beragam. Limbah medis cair yang sering disebut limbah *fixer* terutama berasal dari instalasi radiologi rumah sakit. Limbah *fixer* dihasilkan dari proses cetak foto *rontgen*. Dalam prakteknya, foto *rontgen* yang didapat dari hasil penyinaran dengan sinar X ditransfer secara digital ke dalam suatu komputer dan objek yang terekam disimpan dalam bentuk kaset foto. Kaset foto ini selanjutnya di cuci-cetak dalam suatu ruang gelap menggunakan suatu reagen khusus. Sisa bekas pakai reagen/cairan yang dipakai untuk cuci-cetak foto *rontgen* yang kemudian dikenal sebagai limbah *fixer*. Reagen ini mengandung sejumlah tertentu senyawa kimia yang diperlukan untuk proses cuci-cetak foto negatif *rontgen*. Salah satu logam yang banyak terkandung adalah Besi (Fe).

METODOLOGI

Sampel yang diteliti adalah limbah *fixer* yang mengandung logam berat Fe. Parameter yang di uji adalah kemampuan penyerapan arang aktif briket batubara komersial terhadap logam berat Fe dengan variasi kecepatan pengadukan dan waktu pengadukan.

Alat dan Bahan

Bahan yang digunakan terdiri dari arang aktif komersial jenis GAC (*Granural Activated Carbon*) dengan ukuran 0,3 mm yang dibuat dari briket batubara dengan aktivasi pada pemanasan suhu tinggi, limbah *fixer*. Alat yang digunakan adalah *Spectrofotometer*, pengaduk/*stirrer*, *hot*

plate, termometer, erlenmeyer, neraca analitik dan gelas ukur.

Prosedur Penelitian

Persiapan bahan

Mengukur suhu limbah logam berat.
Mengukur pH limbah logam berat.
Mengukur densitas limbah logam berat.

Proses Adsorpsi

Adsorpsi tanpa pengadukan

Mengambil sampel limbah *fixer* sebanyak 100 mL dan memasukkan ke dalam erlenmeyer yang sudah diisi arang aktif sebanyak 10 gram. Mendiamkan pada suhu kamar selama 3 jam kemudian menyaring campuran. Menganalisa filtrate yang diperoleh dengan menggunakan *spectrofotometer* (panjang gelombang disesuaikan).

Adsorpsi pada suhu normal

Mengambil sampel limbah *fixer* masing-masing sebanyak 100 mL kemudian memasukkan ke dalam 3 buah erlenmeyer yang sudah berisi arang aktif sebanyak 10 gram. Mengatur *shaker* pada kecepatan 30 rpm. Mengaduk selama 15, 30 dan 45 menit (satu sampel menggunakan satu waktu pengadukan). Mendiamkan masing-masing campuran pada suhu kamar selama 3 jam kemudian menyaring campuran. Menganalisa filtrate yang diperoleh dengan menggunakan *spectrofotometer* (panjang gelombang disesuaikan). Mengulangi prosedur untuk variasi kecepatan pengadukan (60, 90 dan 120 rpm). Untuk kecepatan 90 dan 120 rpm perlakuan diulang dengan menggunakan waktu aduk 60 menit.

Adsorpsi dengan pemanasan

Mengulangi prosedur yang sama seperti pada adsorpsi pada suhu normal (kecepatan pengadukan yang digunakan hanya 20 dan 120 rpm) namun menggunakan pemanasan dengan suhu 80°C. Untuk kecepatan aduk 120 rpm, perlakuan diulang dengan waktu aduk selama 60 menit. Menganalisa *filtrate* yang diperoleh dengan *spectrofotometer* (panjang gelombang disesuaikan).

HASIL DAN PEMBAHASAN

Analisa Limbah Fixer Sebelum Adsorpsi

Tabel 1. Hasil analisa awal terhadap limbah *fixer*

Parameter	Suhu (°C)	pH	Densitas (g/mL)	Fe (mg/L)	Mn (mg/L)	Cr (mg/L)	Cu (mg/L)
Nilai	28,4	5,86	1,08806	1,48	<0,01	0,015	<0,01

Limbah cair diolah terlebih dahulu dalam tangki *septic*. Di dalam tangki tersebut, limbah cair ditampung dan diendapkan. Endapan yang terbentuk, berupa lumpur (*sludge*), dikeringkan dan ditumpuk di suatu area khusus. Sementara cairannya dibuang ke lingkungan melalui pipa-pipa yang menuju tempat pembuangan akhir (sungai). Pengolahan limbah dengan metode ini mampu menurunkan kadar logam Mangan (Mn), kromium (Cr) dan cuprum (Cu) hingga batas aman bagi lingkungan. Namun ternyata kandungan logam besi (Fe) masih di atas kadar maksimal yang diperbolehkan yaitu 0,3 ppm untuk standar maksimal air minum dan 1 ppm untuk standar maksimal air bersih. Pada penelitian ini limbah *fixer* diadsorpsi dengan variasi kecepatan dan waktu aduk serta adanya pemanasan. Hasilnya dianalisa dengan metode spektrofotometri.

Hasil Analisis Limbah Fixer Setelah Adsorpsi

Tabel 2. Hasil adsorpsi setelah di kontakkan dengan arang aktif

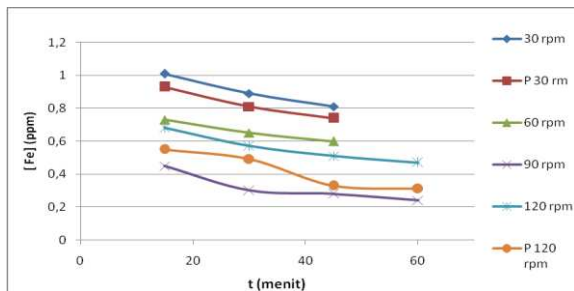
No	Kecepatan Aduk (rpm)	Waktu Aduk (menit)	Konsentrasi Fe (ppm)
1	30	15	1,01
		30	0,89
		45	0,81
2	30 P	15	0,93
		30	0,81
		45	0,74
3	60	15	0,73
		30	0,65
		45	0,60

4	90	15	0,45
		30	0,30
		45	0,28
		60	0,24
5	120	15	0,68
		30	0,57
		45	0,51
		60	0,47
6	120 P	15	0,55
		30	0,49
		45	0,33
		60	0,31
7	Tanpa Pengadukan	-	1,23

Keterangan : P = dengan pemanasan

Pembahasan

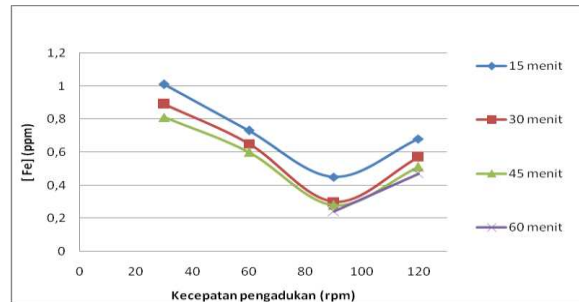
Pengaruh antara waktu pengadukan terhadap konsentrasi Fe dalam sampel setelah dilakukan adsorpsi dapat dilihat dalam gambar di bawah ini.



Gambar 2. Hubungan Konsentrasi Fe (ppm) Terhadap Waktu Pengadukan (menit) Pada Adsorpsi Dengan Dan Tanpa Adanya Pemanasan

Gambar 2 menunjukkan bahwa semakin lama waktu pengadukan, akan semakin banyak pula Fe yang terserap. Hal ini terlihat dari gambar yang menurun seiring bertambahnya waktu pengadukan. Besi terserap paling banyak pada waktu pengadukan 60 menit. Semakin lama waktu pengadukan, kemampuan arang aktif untuk mengikat Fe akan semakin besar. Hal ini karena adanya waktu kontak yang lama antara adsorben dengan adsorbat memungkinkan semakin banyak terbentuk ikatan antara partikel arang aktif dengan logam Fe. Hasil penelitian ini menunjukkan penurunan Fe terbesar terjadi pada waktu pengadukan 60 menit dengan kecepatan

aduk 90 rpm, di mana konsentrasi Fe yang masih dikandung sampel hanya sebesar 0,24 ppm (dari sampel awal 1,48 ppm).



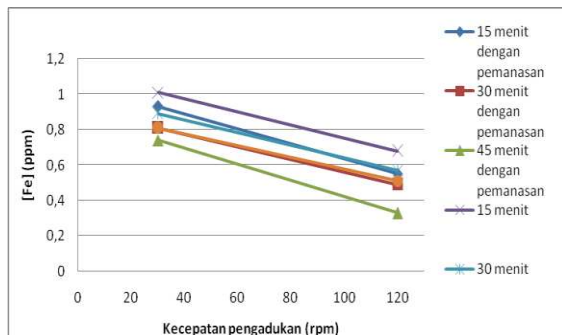
Gambar 3. Hubungan Konsentrasi Fe (ppm) Terhadap Kecepatan Pengadukan (rpm) Pada Adsorpsi Tanpa Pemanasan

Gambar 3 menunjukkan bahwa kandungan Fe dalam sampel cenderung menurun seiring meningkatnya kecepatan pengadukan. Penurunan terbesar terdapat pada kecepatan pengadukan 90 rpm dengan waktu pengadukan 60 menit yaitu sebesar 0,24 ppm. Gambar di atas menunjukkan pada kecepatan 120 rpm, banyaknya logam Fe yang terserap cenderung berkurang dibanding kecepatan 90 rpm. Hal ini terlihat dari gambar yang kembali naik di titik 120 rpm pada semua varian waktu pengadukan. Penggunaan kecepatan aduk di atas 90 rpm akan membuat ikatan antar partikel adsorben dan adsorbat terlepas. Di samping itu terlalu cepatnya pengadukan membuat arang aktif tidak sempat membentuk ikatan yang kuat dengan partikel logam. Akibatnya hanya sedikit Fe yang mampu terserap. Dapat dikatakan kecepatan 90 rpm adalah kecepatan aduk yang efektif untuk adsorpsi Fe.

Jika gambar 2 dan gambar 3 dibandingkan dapat dilihat bahwa kecepatan aduk memiliki pengaruh yang lebih besar dalam penyerapan kadar logam berat Fe. Gambar 3 menunjukkan penurunan konsentrasi Fe yang lebih signifikan dibanding penurunan konsentrasi Fe pada gambar 2. Dari penelitian ini dapat dikatakan bahwa faktor kecepatan aduk berpengaruh lebih baik dalam proses adsorpsi logam berat Fe dibandingkan dengan faktor waktu pengadukan, di mana variabel kecepatan aduk mampu

menghasilkan penurunan konsentrasi Fe yang lebih besar dibandingkan dengan variabel waktu aduk.

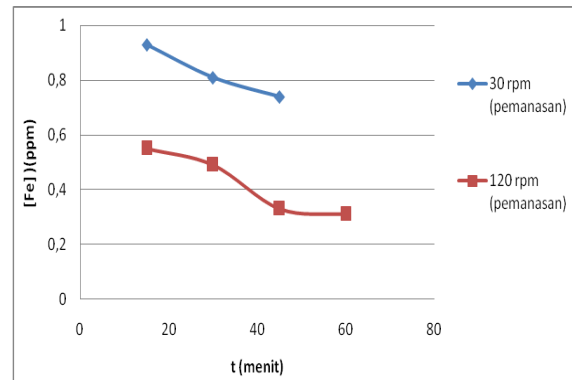
Pengaruh suhu terhadap penyerapan logam Fe juga dipelajari dalam penelitian ini. Pengadukan dengan pemanasan dilakukan pada dua titik kecepatan yaitu 30 dan 120 rpm, di mana titik tersebut masing-masing merupakan kecepatan terendah dan terbesar yang digunakan. Suhu pemanasan yang digunakan adalah 80°C. Gambar 4 menunjukkan bahwa adanya pemanasan akan memperbesar penyerapan logam Fe oleh arang aktif. Kemampuan penyerapan waktu pengadukan 15 menit dengan pemanasan hampir sama dengan kemampuan adsorpsi pada waktu pengadukan 30 menit tanpa pemanasan. Penyerapan Fe pada waktu pengadukan 30 menit dengan pemanasan juga setara dengan penyerapan pada waktu pengadukan 45 menit tanpa pemanasan.



Gambar 4. Hubungan Konsentrasi Fe (ppm) Terhadap Kecepatan Aduk (rpm) Pada Kecepatan Aduk 30 rpm Dan 120 rpm Dengan Dan Tanpa Adanya Pemanasan

Suhu meningkat menyebabkan energi dan reaktivitas ion bertambah besar sehingga semakin banyak ion yang mampu melewati tingkat energi untuk melakukan interaksi secara kimia dengan situs-situs di permukaan. Reaktivitas ion yang semakin besar akan meningkatkan pula difusi ion pada pori-pori adsorben. Sehingga lebih banyak ion yang mampu teradsorpsi pada permukaan. Dalam penelitian ini adanya pemanasan meningkatkan efektivitas penyerapan arang aktif terhadap logam Fe hingga setara dengan kemampuan

penyerapan dengan waktu pengadukan 15 menit lebih lama pada kecepatan yang sama dan tanpa ditambah pemanasan.



Gambar 5. Pengaruh Konsentrasi Fe (ppm) Terhadap Waktu Pengadukan (menit) Pada Adsorpsi Dengan Pemanasan

Gambar 5 menunjukkan bahwa banyaknya Fe yang terserap semakin meningkat dengan semakin lamanya waktu pengadukan. Hal ini terlihat dari nilai parameter Fe dalam sampel yang menurun dengan bertambahnya waktu pengadukan. Semakin lama waktu aduk, waktu kontak antara partikel logam dengan karbon aktif akan semakin lama. Sehingga kapasitas adsorpsi logam Fe pada permukaan arang aktif juga semakin meningkat. Pada perlakuan dengan pemanasan ini, penyerapan logam Fe paling besar terjadi pada waktu pengadukan 60 menit dengan kecepatan aduk 120 rpm. Secara umum pengadukan akan meningkatkan efisiensi penurunan kadar logam Fe. Pengadukan mampu mempercepat proses adsorpsi karena adanya pengadukan akan menghomogenkan limbah cair yang mengandung campuran senyawa-senyawa dalam ukuran yang berbeda-beda. Dengan adsorpsi tanpa pengadukan kadar Fe dalam sampel adalah 1,23 ppm. nilai ini jauh lebih besar dibanding nilai parameter Fe pada sampel yang diperlakukan pada kecepatan dan waktu aduk terendah (30 rpm dan 15 menit) yaitu 1,01 ppm.

KESIMPULAN

Berdasarkan penelitian yang telah dilakukan dapat disimpulkan bahwa :

1. Penurunan kadar Fe terbesar terlihat pada kecepatan pengadukan 90 rpm dan waktu aduk 60 menit di mana parameter Fe yang terkandung dalam sampel adalah 0,24 ppm.
2. Semakin lama waktu kontak yang digunakan semakin meningkat penurunan kadar Fe karena proses penyerapan adsorbat lebih baik.
3. Semakin cepat pengadukan penyerapan logam Fe semakin meningkat karena pengadukan akan menyebabkan limbah *fixer* dan karbon aktif komersial dapat bercampur lebih cepat dan kontak yang terjadi dapat lebih cepat pula sehingga proses adsorpsi berlangsung lebih cepat.
4. Adsorpsi pada kecepatan aduk 120 rpm lebih kecil dibandingkan adsorpsi pada kecepatan aduk 90 rpm karena kecepatan aduk yang terlalu cepat membuat ikatan antara adsorben dan adsorbat terlepas.
5. Setelah dilakukan adsorpsi pada limbah, terjadi penurunan kadar Fe sampai di bawah baku mutu yang ditetapkan sehingga limbah akan aman bila dibuang ke lingkungan.

DAFTAR PUSTAKA

American Geological Institute, 1976. *Dictionary of Geological Terms Revised Edition*. New York: Anchor Books.

Anonim¹. 2008. "Adsorpsi" www.adsorpsi.html Diakses tanggal 13 Juli 2008.

Anonim². 2008. "Adsorpsi" <http://www.newworldencyclopedia.org/entry/Adsorption.html> Diakses tanggal 12 Juli 2008.

Anonim³. 2009. "Besi" www.wikipedia.com/besi.html. Diakses tanggal 27 Nopember 2009.

Arifin, Muhammad Cik. 2007. Adsorpsi Logam Besi Oleh Tumbuhan Air *Salvonnella Mollesta* Mithell. Bandung : Kimia FMIPA Universitas Padjajaran.

Atkins PW. 1999. *Kimia Fisika "ed ke-2 Kartahadiprojo Irma I, penerjemah Indarto Purnomo Wahyu, editor*. Jakarta Erlangga. Terjemahan dari: *Physical Chemistry*.

Castellan GW. 1982. *Physical Chemistry Third Edition*. New York: General Graphic Services.

Giyatmi, 2008, Penurunan Kadar Cu,Cr dan Ag Dalam Limbah Cair Industri Perak di Kotagede Setelah Diadsorpsi Dengan Tanah Liat Dari Daerah Godean, Yogyakarta: Seminar Nasional SDM Teknologi Nuklir.

Juliandini, Fithrianita dan Yulinah Trihadiningrum. 2008. Uji Kemampuan Karbon Aktif dari Limbah Kayu dalam Sampah Kota untuk Penyisihan Fenol. Surabaya: Jurusan Teknik Lingkungan, Program Pascasarjana, Institut Teknologi Sepuluh Nopember.

Lestari, Sri, 2004, Mengurai Susunan Periodik Unsur Kimia, Jakarta: Kawan Pustaka.

Margonof, 2003, Potensi Limbah Udang Sebagai Penyerap Logam Berat (Timbal, Kadmium dan Tembaga) di Perairan, Bogor: Program Pasca Sarjana Institut Pertanian.

Pararaja, arifin. 2008. "Karbon Aktif" <http://smk3ae.wordpress.com> Diakses tanggal 14 Juli 2008.

- Reynold, T.D., 1982, *Unit Operation and Process in Environmental Engineering*, Woods Worths Inc : Texas.
- Rios JP, Bess-Oberto L, Tiemann KJ and Gardea-Torresdey. 1999. *Investigation of Metal Ion Binding by Agricultural by Product*. Proceedings of the 1999 Conference on Hazardous Waste Research.
- Sali Ashar dan Indra Prana. 2009. Optimasi Adsorben Karbon Aktif Dari Sekam Padi Dengan Aktifasi Fisika. Banjarbaru: Teknik Kimia Universitas Lambung Mangkurat.
- Sri Wahjuni dan Betty Kostradiyanti, 2008, Penurunan Angka Peroksida Minyak Kelapa Tradisional Dengan Adsorben Arang Sekam Padi Ir 64 Yang Diaktifkan Dengan Kalium Hidroksida. Bukit Jimbaran: Kimia FMIPA Universitas Udayana.
- Webber, 1972, *Adsorption Analysis: Equilibria and Kinetics*, Queensland: Imperial College Press.
- Yong, R.N., A.M.O. Mohamed, & S.P. Warkenting. 1992. *Principles of Contaminant Transport in Soils*. Amsterdam : *Development in Geotechnical Engineering Elsevier*.