

PENURUNAN KANDUNGAN PHOSPHAT PADA
LIMBAH CAIR INDUSTRI PENCUCIAN PAKAIAN (LAUNDRY) MENGGUNAKAN
KARBON AKTIF DARI SAMPAH PLASTIK DENGAN METODE BATCH DAN KONTINYU
(Studi Kasus : Limbah Cair Industri Laundry Lumintu Tembalang, Semarang)

Irawan Wisnu Wardhana^{*)}, Dwi Siwi Handayani^{*)}, Dessy Ika Rahmawati^{**)}

Abstract

Increasing the number of laundry industry influences on the increasing of detergent utilization. The dominant substance contained in the detergent is Natrium Tripolyphosphat, a builder and surfactant. Therefore the waste contains Phosphate. Most of the laundry industry throw their waste without treatment first. The waste would cause Eutrofication where the water body became rich of dissolved nutrient, descending of the dissolved oxygen and capability of water body assist power to water biota. Lumintu is one of the laundry industries which located in Tembalang district. According to the result of pre-experiment, industrial waste water contains 10,21 mg/l phosphate. This value exceeds standard quality of Perda Prov. Jateng no. 10 year 2004 about maximum value for total of phosphate is 2 mg/l. One of wastewater treatment method is adsorption using the active carbon from plastic rubbish kind of Polyethylene. This reseach purposes to know the capability of active carbon from plastic rubbish in reducing phosphate content with batch and column operation. The batch operation use 1,2 and 3 gram variation weight active carbon from plastic rubbish for 30 - 60 mesh and 100 - 200 mesh variation media size. The batch operation has 45,45 % from the highest phosphate efficiency lowering on the 3 gram. Otherwise, column operation need 1 inch column diameter with 50 ml/minute and 100 ml/minute debit variation. Continue trial had 54,75 % from the highest phosphate efficiency lowering on the 50 ml/minute. Constant value speed (k_1) is 0,0108 ml/mg.s with capacity of adsorption (q_0) 0,677 mg/g.

Keyword : wastewater of laundry industry, phosphate, adsorption, active carbon from plastic rubbish

Pendahuluan

Industri laundry dalam prosesnya menggunakan deterjen dan sabun sebagai bahan pencuci. Akan tetapi deterjen lebih sering digunakan daripada sabun. Hal ini disebabkan karena deterjen mempunyai kemampuan lebih baik pada air sadah daripada sabun (Anonim, 2002). Meningkatnya jumlah industri laundry akan mengakibatkan meningkatnya penggunaan deterjen. Zat yang dominan terkandung dalam deterjen adalah natrium tripoly-phosphat yang berfungsi sebagai builder dan surfaktan. Sehingga limbahnya pun mengandung fosfat (HERA, 2003). Sedangkan sampai saat ini hampir semua industri laundry langsung membuang limbahnya ke saluran drainase atau badan air tanpa melalui pengolahan terlebih dahulu. Menurut Perda Jateng Nomor 10 Tahun 2004 tentang baku mutu air limbah, kandungan fosfat yang diijinkan ada-lah sebesar 2 mg/l, dan menurut PP No.82 Tahun 2001 tentang pengelolaan kualitas air dan pengendalian pencemaran, kandungan total fosfat sebagai P yang diijinkan untuk air golongan II adalah sebesar 0,2 mg/l

Bila kandungan fosfat dalam air limbah laundry berlebih, sedangkan hampir semua industri laundry membuang limbahnya tanpa melalui pengolahan terlebih dahulu, maka hal ini akan mengganggu lingkungan sekitar. Antara lain yaitu menyebabkan

eutrofikasi dimana badan air menjadi kaya akan nutrisi terlarut, menurunnya kandungan oksigen terlarut dan kemampuan daya dukung badan air terhadap biota air (EPA, 1999)

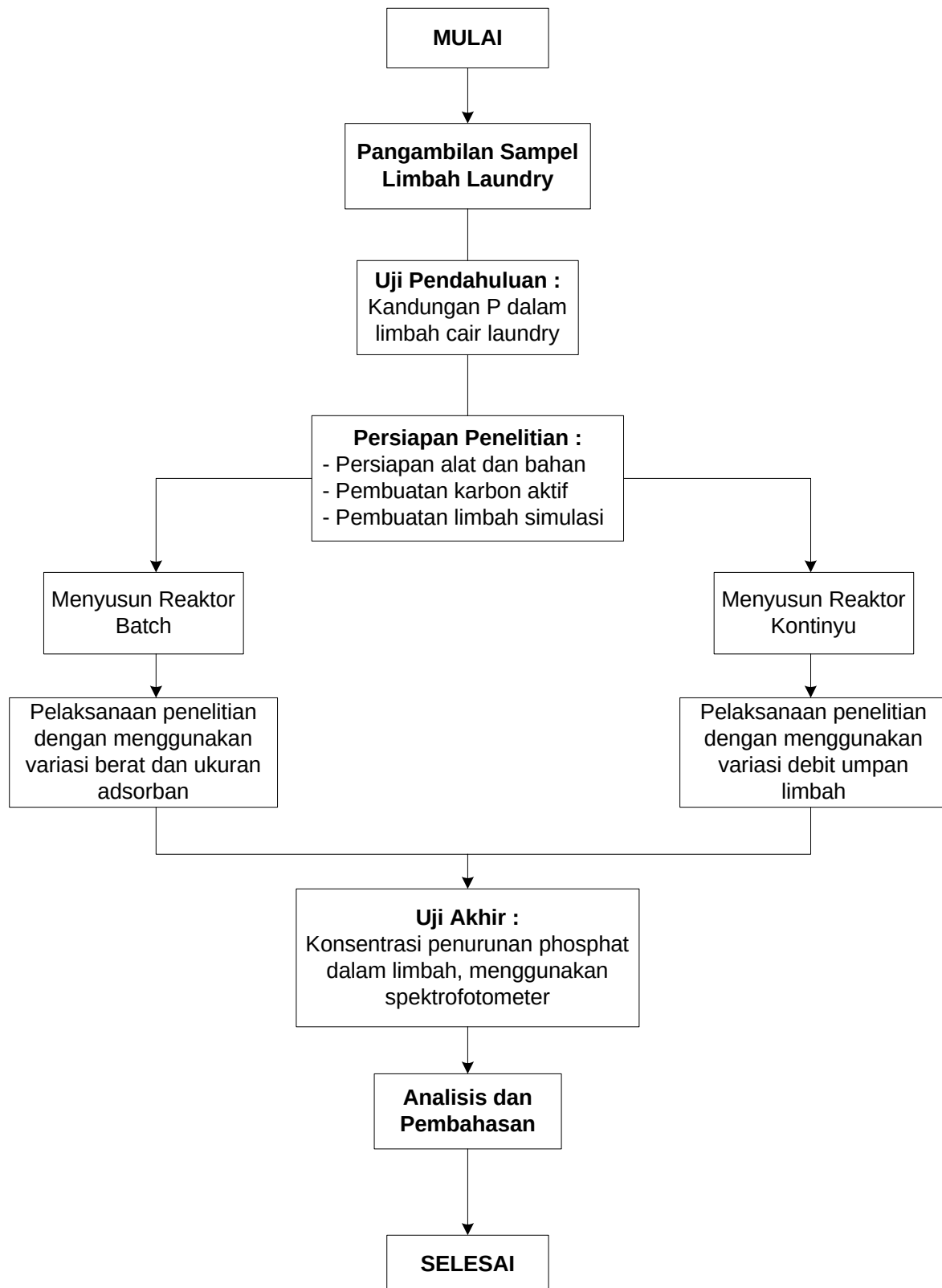
Dewasa ini penggunaan plastik sangatlah luas dan telah mencakup berbagai bidang, mulai dari keperluan rumah tangga, kantor, toko, pasar, termasuk bidang industri sampai pada perhiasan telah dirambah oleh element plastik. Setelah plastik digunakan dan tidak dapat dipakai lagi maka benda itu dibuang sebagai sampah. Berbeda dengan sampah yang berasal dari makhluk hidup (sampah organik) yang mudah terurai, maka sampah plastik dapat menimbulkan kesulitan yang serius karena sifatnya yang sulit terurai oleh mikroorganisme yang terdapat di dalam tanah, dan kalau pun dapat terurai memerlukan waktu yang sangat lama. Dari sekian banyak jenis plastik yang digunakan, maka jenis polietilen menduduki peringkat pertama, kemudian disusul dengan polipropilen, polivinil khlorida dan lain-lain

Berdasarkan hal tersebut muncul pemikiran untuk memanfaatkan limbah plastik terutama dari jenis polyethylene sebagai bahan pembuat karbon aktif. Karbon aktif tersebut nantinya diharapkan dapat mereduksi kandungan fosfat dalam limbah cair industri laundry daripada hanya menjadi sampah yang sulit didegradasi oleh mikroorganisme.

^{*)} Staf Pengajar Jurusan T.Lingkungan FT Undip

^{**)} Alumni Jurusan T.Lingkungan FT Undip

Metodologi



Uji Pendahuluan

Sampel yang digunakan dalam penelitian ini adalah limbah cair industri *laundry* Lumintu yang berada di kawasan Tembalang. Pada uji pendahuluan, dilakukan pengambilan sampel terhadap limbah cair industri *laundry* tersebut. Sampel diambil dari air buangan pertama pada proses pencucian baju yang masih banyak mengandung deterjen, sehingga kadar fosfat yang terkandung di dalam limbah tersebut merupakan yang tertinggi selama proses pencucian baju. Dari hasil uji pendahuluan tersebut diperoleh besarnya konsentrasi fosfat dalam limbah laundry tersebut sebesar 10,21 mg/l.

Pembuatan Karbon Aktif dari Sampah Plastik

Sampah plastik yang akan digunakan untuk membuat karbon aktif, berasal dari jenis polyethylene. Sampah plastik tersebut didapatkan dari tempat pengolahan sampah plastik di daerah Simongan Semarang.

Tahap pertama untuk persiapan pembuatan karbon aktif yaitu dengan membersihkan plastik dari kotoran yang menempel pada permukaan dengan cara mencuci dengan air. Kemudian plastik dipotong-potong menjadi kecil, hal ini bertujuan untuk memudahkan pengoperasian saat dimasukkan ke dalam *muffle furnace* pada proses karbonasi. Plastik yang telah dipotong-potong, dijemur di bawah terik matahari sehingga menjadi kering.

Tahap berikutnya adalah proses karbonasi, dimana potongan-potongan plastik tersebut dimasukkan ke dalam cawan-cawan porselen untuk kemudian dipanaskan dalam alat *muffle furnace* pada suhu 450 °C selama 2 jam. Di dalam *muffle furnace* tersebut akan terjadi degradasi thermal terhadap plastik polyethylene dengan suhu tinggi tanpa oksigen

Karbon yang terbentuk kemudian diayak dengan menggunakan ayakan mekanis. Ayakan yang digunakan adalah ayakan No 30 (0,50mm), ayakan No 60 (0,25mm), ayakan No 100 (0,15mm), dan ayakan No 200 (0,08mm). Ayakan-ayakan ini kemudian disusun dari atas ke bawah adalah ayakan No 30, No 60, No 100, No 200, kemudian diayak menggunakan mesin. Karbon yang lolos ayakan No 30 dan tertahan pada ayakan No 60 merupakan variasi ukuran adsorben 30-60 mesh. Sedangkan karbon yang lolos dari ayakan No 100 dan tertahan pada ayakan No 200 merupakan variasi ukuran adsorben 100-200mesh.

Setelah menjadi karbon, selanjutnya karbon tersebut diaktivasi dengan cara direndam menggunakan larutan acetone selama 24 jam.

Pembuatan Limbah Simulasi

Pembuatan limbah simulasi ini diawali dengan menimbang sejumlah masa deterjen yang disesuaikan dengan konsentrasi fosfat yang diinginkan, kemudian dilarutkan dalam sejumlah volume aquadest. Ini dilakukan setelah diketahui kandungan fosfat dalam deterjen pada uji pendahuluan, dimana fosfat yang terkandung dalam deterjen adalah 10,35 % massa deterjen. Perhitungan masa deterjen yang digunakan untuk pembuatan limbah simulasi ini adalah sebagai berikut :

Masa deterjen

$$= \frac{\text{konsentrasi P yang diinginkan}}{\text{Kadar P}} \times \text{volume limbah}$$

Untuk konsentrasi limbah 10,21 mg P/Lt

Masa deterjen

$$= \frac{10,21 \text{ mg/l}}{0,1035 \text{ grP / grDeterjen} \times 1000 \text{ mg / gr}} \times \text{liter}$$
$$= 0,098 \text{ gr}$$

Jadi untuk membuat 1Liter limbah dengan konsentrasi 10,21 mg/l, dibutuhkan deterjen sebanyak 0,098 gram

Pelaksanaan Percobaan

Penelitian ini dilakukan dalam dua tahapan yaitu percobaan batch dan percobaan kontinyu. Percobaan batch menggunakan variasi ukuran dan berat adsorben sedangkan percobaan kontinyu menggunakan variasi debit umpan limbah. Hasil percobaan batch dengan ukuran adsorben yang paling efisien dalam penyerapan logam berat kromium total digunakan dalam percobaan kontinyu.

Percobaan Batch dilakukan dengan cara yaitu karbon aktif dari plastik dengan ukuran 30-60 mesh dan 100-200 mesh ditimbang dengan berbagai macam variasi berat yang telah ditentukan antara lain 1 gram, 2 gram, dan 3 gram dimasukkan ke dalam tujuh buah gelas beker volume 500 mL untuk masing-masing ukuran. Kemudian 250 ml limbah yang mengandung fosfat dimasukkan ke dalam masing-masing gelas beker yang sudah berisi karbon aktif dari plastik. Kemudian dilakukan pengadukan dengan jarrest selama 60 menit dengan kecepatan yang konstan yaitu sebesar 150 rpm. Kemudian sampel diambil dengan volume 25 ml dalam selang waktu 30 menit sekali sampai adsorben jenuh. Setelah disaring, dilakukan pengukuran konsentrasi larutan sampel dengan menggunakan *Spektrofotomete* .

Kemudian setelah dikeringkan di udara terbuka, karbon kembali dipanaskan dalam *muffle furnace* pada suhu 700°C selama 1 jam, karbon direndam dengan larutan HCl 1M selama 2 jam, lalu karbon aktif dikeringkan dengan oven pada suhu 110°C disaring dilakukan pengukuran konsentrasi larutan sampel dengan menggunakan *Spektrofotometer*.

Sedangkan percobaan kontinyu dilakukan dengan cara mengalirkan limbah secara gravitasi ke bawah dengan variasi debit 50 mL/menit dan 100 ml/menit ke kolom kontinyu. Kolom diisi dengan adsorben setinggi 65 cm. Sampel diambil dengan volume 25 ml dalam selang waktu 1 jam sekali sampai adsorben jenuh. Setelah disaring dilakukan pengukuran konsentrasi larutan sampel dengan menggunakan *Spektrofotometer* dan catat nilai konsentrasi yang telah diukur.

Hasil Dan Pembahasan

Pada saat proses karbonasi, plastik yang telah dipotong-potong menjadi kecil, dipanaskan ke dalam *muffle furnace* pada suhu 450°C selama 2 jam. Di dalam *muffle furnace* tersebut akan terjadi degradasi thermal terhadap plastik polyethylene dengan suhu tinggi tanpa oksigen. Melalui pemanasan ini, maka akan menguapkan air dan bahan organik yang mudah menguap, sehingga yang tertinggal adalah arang/karbon. Karbon ini merupakan padatan berpori-pori yang sebagian besar porinya masih tertutup.

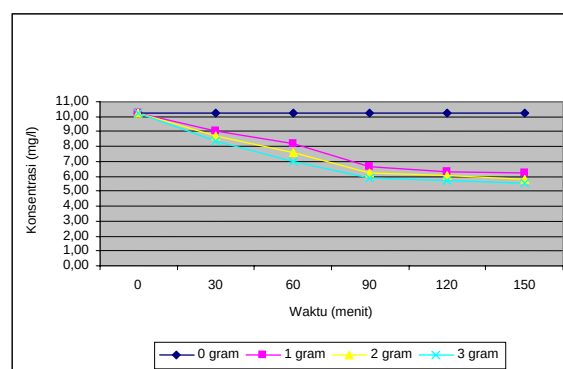
Selanjutnya karbon diaktivasi dengan larutan acetone. Larutan acetone ini akan melarutkan kotoran yang masih menempel pada permukaan karbon yang terbuat dari plastik. Aktivasi juga dibantu dengan pemanasan pada suhu 700°C selama 1 jam, hal ini bertujuan untuk membuka pori-pori akibat dari tersingkirnya bahan-bahan yang menutupinya, hal ini dibuktikan dengan terjadinya pengurangan berat karbon sebelum dan sesudah aktivasi.

Karbon aktif dari plastik direndam dalam larutan HCL 1 M selama 2 jam, bertujuan untuk menghasilkan adsorben yang bersifat asam. pH asam akan menyebabkan adsorben bermuatan positif, terbentuknya muatan positif pada adsorben karena masuknya ion H^+ pada permukaan adsorben dan membentuk ikatan hidrogen. Muatan positif ini bersifat tidak permanen atau muatan permukaan yang terjadi karena adanya ion H^+ yang terkoordinasi pada ion inti. Sebelum proses adsorpsi, ion H^+ di permukaan ini berikatan dengan anion-anion lain. Adanya ikatan hidrogen akan menyebabkan permukaan partikel adsorben menjadi bermuatan positif, sehingga dapat mengikat ion fosfat yang bermuatan negatif. Fosfat yang bermuatan negatif (PO_4^{2-}) memungkinkan terjadinya ikatan dengan adsorben yang bermuatan positif (ion H^+). Pada proses adsorpsi ini, anion fosfat akan

menggantikan anion-anion lain yang berikatan dengan ion H^+ . (Masduqi, 2004).

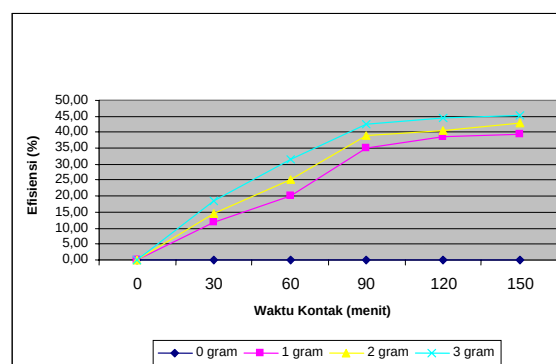
Percobaan Batch

Percobaan batch ini dilakukan dengan dua kali pengulangan (*duplo*). Selanjutnya dari hasil pengulangan tersebut diambil rerata dan dihitung efisiensinya. Data hasil penurunan konsentrasi dalam percobaan batch dapat digambarkan dengan grafik penurunan konsentrasi dan grafik efisiensi peyisihan fosfat untuk ukuran karbon aktif plastik 30-60 mesh dan 100-200 mesh sebagai berikut :



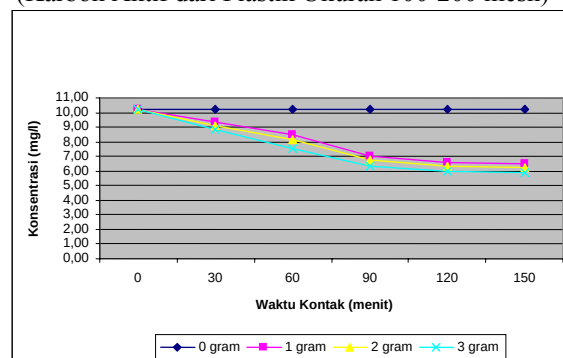
Gambar 1

Grafik Penurunan Konsentrasi Fosfat
(Karbon Aktif dari Plastik Ukuran 100-200 mesh)



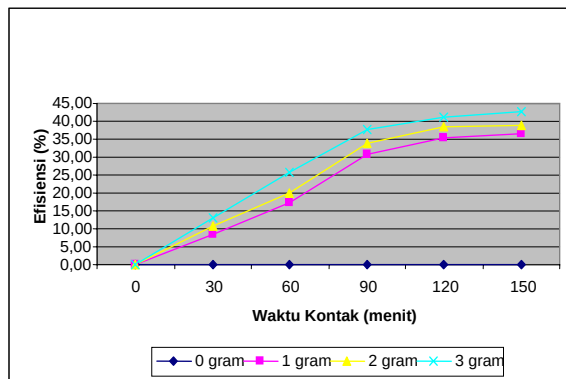
Gambar 2

Grafik Efisiensi Penurunan Konsentrasi Fosfat
(Karbon Aktif dari Plastik Ukuran 100-200 mesh)



Gambar 3

Grafik Penurunan Konsentrasi Fosfat
(Karbon Aktif dari Plastik Ukuran 30-60 mesh)



Gambar 4

Grafik Efisiensi Penurunan Konsentrasi Phosphat (Karbon Aktif dari Plastik Ukuran 30-60 mesh)

Gambar 1 dan Gambar 3 menunjukkan penurunan konsentrasi phosphat terhadap fungsi waktu. Semakin bertambah waktu kontak, maka konsentrasi phosphat akan berkurang dan akhirnya konstan pada menit ke 120-150 baik untuk karbon aktif dari plastik ukuran 100-200 mesh maupun karbon aktif dari plastik ukuran 30-60 mesh pada saat inilah terjadi konsentrasi kesetimbangan dan adsorben telah jenuh.

Gambar 2 dan gambar 4 menunjukkan kemampuan karbon aktif dari plastik dalam menyerap (adsorpsi) phosphat. Hal ini ditunjukkan dengan efisiensi penyisihan phosphat oleh karbon aktif dari plastik. Efisiensi penyisihan terjadi pada berat karbon aktif dari plastik dengan berat 3 gram baik untuk ukuran 100-200 mesh yaitu sebesar 45,45% maupun ukuran 30-60 mesh yaitu sebesar 42,70%. Hal ini menunjukkan bahwa semakin besar berat media yang digunakan maka semakin besar pula efisiensi penyisihan (Ariyanti, 2006).

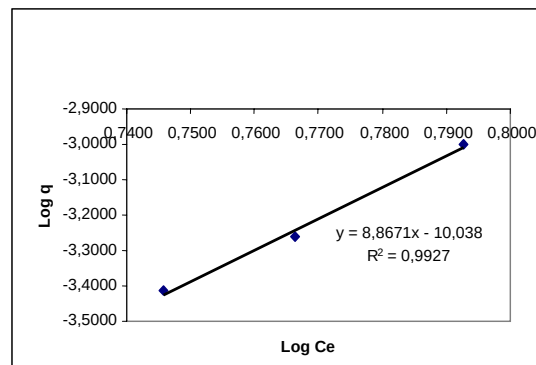
Percobaan batch pada penelitian ini menunjukkan bahwa semakin kecil ukuran diameter adsorben, maka persentase penurunan kadar phosphat semakin besar. Hal ini disebabkan karena semakin kecil ukuran diameter karbon aktif plastik berarti luas permukaan kontak antara karbon aktif plastik dengan ion dalam phosphat semakin besar.

Semakin banyak jumlah karbon aktif plastik yang ditambahkan, maka persentase penurunan konsentrasi phosphat juga semakin besar. Kondisi ini disebabkan karena semakin banyaknya jumlah arang aktif yang ditambahkan berarti semakin banyak pori-pori dalam karbon aktif plastik yang dapat menyerap ion dalam phosphat, sehingga konsentrasi ion dalam phosphat banyak berkurang pada karbon aktif plastik dengan berat 3 gram.

Penentuan Isotherm Percobaan Batch

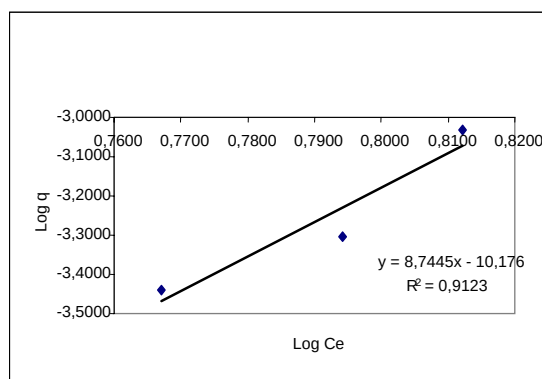
Konsentrasi pada saat setimbang dimasukkan dalam persamaan Freundlich, Langmuir, dan BET

untuk menentukan karakteristik proses adsorpsi. Grafik untuk menentukan isotherm Freundlich, Langmuir, dan BET adalah sebagai berikut :



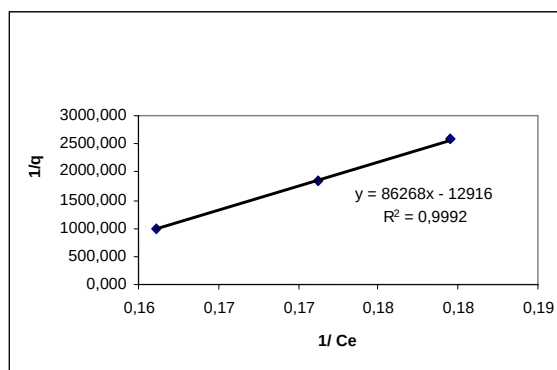
Gambar 5

Grafik Untuk Menentukan Isotherm Freundlich (Karbon Aktif dari Plastik Ukuran 100-200 mesh)



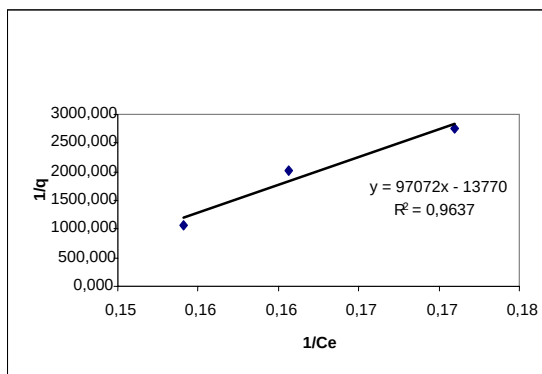
Gambar 6

Grafik Untuk Menentukan Isotherm Freundlich (Karbon Aktif dari Plastik Ukuran 30-60 mesh)

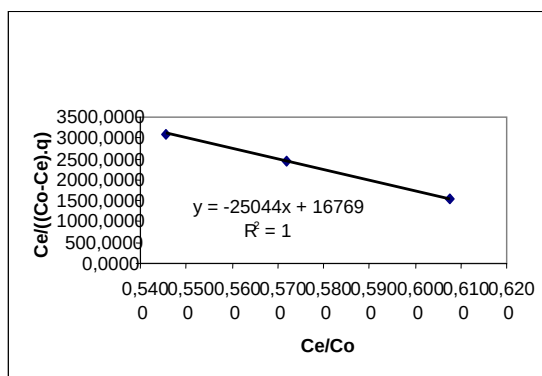


Gambar 7

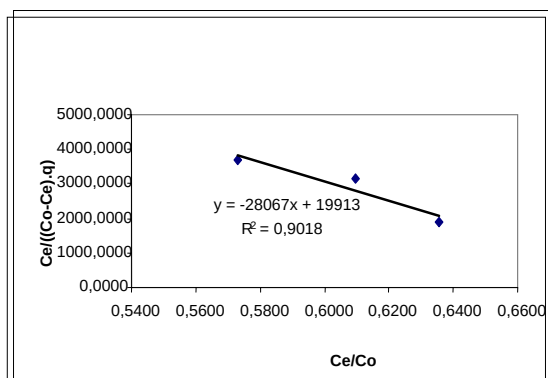
Grafik Untuk Menentukan Isotherm Langmuir (Karbon Aktif dari Plastik Ukuran 100-200 mesh)



Gambar 8
Grafik Untuk Menentukan Isoterm Langmuir
(Karbon Aktif dari Plastik Ukuran 30-60 mesh)



Gambar 9
Grafik Untuk Menentukan Isoterm BET
(Karbon Aktif dari Plastik Ukuran 100-200 mesh)



Gambar 10
Grafik Untuk Menentukan Isoterm BET
(Karbon Aktif dari Plastik Ukuran 30-60 mesh)

Berdasarkan gambar diatas dapat dilihat bahwa pada karbon aktif plastik ukuran 30-60 mesh, lebih signifikan menggunakan isotherm Langmuir. Isotherm Langmuir mengasumsikan bahwa satu adsorbat mengikat satu bagian pada adsorben dan seluruh permukaan pada adsorben mempunyai afinitas yang sama terhadap adsorbat. Pada isotherm Langmuir, adsorpsi terbatas pada lapisan tunggal dari molekul-molekul terlarut adsorbat tidak bebas berpindah ke permukaan. Persamaan Langmuir ini didasarkan oleh kesetimbangan antara kondensasi

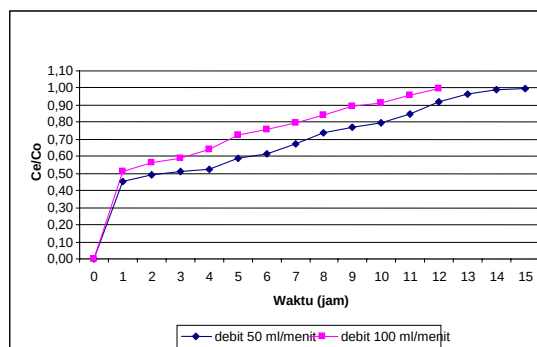
dan evaporasi (penguapan) dari molekul yang terserap dengan mempertimbangkan lapisan jerap monokuler (Sawyer, 2003).

Sedangkan untuk ukuran karbon aktif plastik ukuran 100-200 mesh lebih signifikan menggunakan isotherm BET karena mempunyai nilai koefisien korelasi (R^2) yang terbesar. Dengan berlakunya model persamaan isotherm BET dalam percobaan adsorpsi batch menunjukkan bahwa proses adsorpsi secara batch ini terjadi secara *multilayer* yang mengindikasikan bahwa lapisan (*layer*) tempat terjadinya perlekatan adsorbat lebih dari satu *layer* (Sundstrom, 1979). Persamaan BET mendekati asumsi pada model persamaan Langmuir, namun proses adsorpsi tidak hanya terjadi secara *monolayer* tetapi juga *multilayer*, molekul yang terserap tidak berpindah ke permukaan, untuk memulai pada lapisan yang lain lapisan sebelumnya tidak harus penuh. Adsorpsi pada lapisan pertama terjadi dengan energi dari persamaan adsorpsi sesuai dengan isotherm Langmuir, sedangkan pada lapisan berikutnya pada lapisan pertama terjadi melalui kondensasi. Persamaan BET juga mengasumsikan bahwa jumlah layer pada permukaan adalah tak terhingga dan semua molekul di luar lapisan pertama memiliki energi yang sama untuk adsorpsi (Valsaraj, 2000).

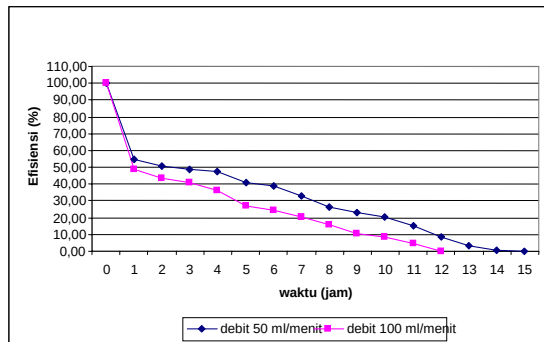
Pelaksanaan Percobaan Kontinyu

Hasil penelitian pada percobaan kontinyu didapat dengan mengambil sampel tiap 1 jam pada setiap variasi debit limbah dengan variasi debit limbah 50 mL/menit dan 100 mL/menit.

Data hasil penurunan konsentrasi dalam percobaan kontinyu dapat digambarkan dengan grafik penurunan konsentrasi (grafik terobosan) dan grafik efisiensi peyisihan fosfat sebagai berikut :



Gambar 11
Grafik Terobosan pada Kolom Kontinyu



Gambar 12
Grafik Efisiensi pada Kolom Kontinyu

Ketika limbah melewati kolom yang berisi karbon aktif dari plastik, maka proses adsorpsi mulai berlangsung dan terjadi penurunan konsentrasi fosfat. Dapat dilihat bahwa pada awalnya efisiensi penyisihan fosfat sebesar 54,75% kemudian pada waktu-waktu berikutnya terjadi penurunan efisiensi penyisihan.

Pada debit yang kecil (50 mL/menit) akan mencapai titik jenuh yang lebih lama daripada debit yang lebih besar (100 mL/menit). Grafik terobosan pada debit 50 ml/menit terlihat lebih landai, hal ini menunjukkan bahwa semakin kecil debit akan menyebabkan semakin panjang zona pertukaran ion. Semakin landai kurva terobosan yang terjadi maka akan mencapai titik jenuh yang lebih lama. Hal ini berarti akan mempunyai kapasitas pengolahan yang lebih besar daripada limbah dengan debit yang lebih besar.

Menurut McCabe (1990) waktu yang terjadi untuk sampai pada titik tembus biasanya tercapai pada saat $C_e/C_0 = 0,05$ sedangkan waktu untuk sampai pada titik jenuh pada saat $C_e/C_0 = 0,95$, berdasarkan gambar 11 pada debit limbah 50 ml/menit titik tembus terjadi pada rentang waktu 5,99 menit dan titik jenuh terjadi setelah 15 jam dan untuk debit 100 ml/menit titik tembus terjadi pada rentang waktu 4,85 menit dan titik jenuh terjadi setelah 12 jam. Waktu titik tembus dan titik jenuh sangat penting diketahui pada suatu sistem pertukaran ion secara kolom, karena waktu tersebut menentukan kapan saatnya media harus diregenerasi.

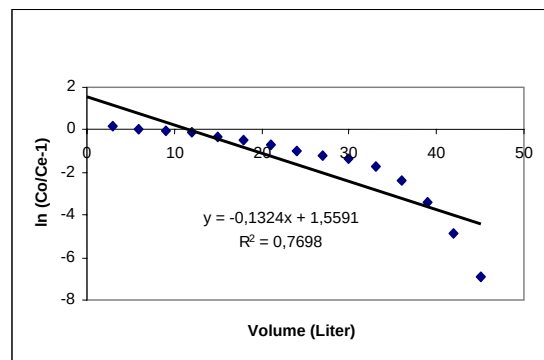
Pada percobaan kolom kontinyu ini terlihat bahwa semakin besar debit yang digunakan maka akan semakin cepat pula mencapai waktu tembus dan waktu jenuhnya. Dengan demikian semakin besar debit limbah yang digunakan maka memerlukan waktu regenerasi yang lebih cepat. Kondisi ini sesuai dengan hasil penelitian yang dikemukakan Hadiwibowo (2003) dan Mahawika (2006) yaitu waktu tembus dan waktu jenuh akan cepat tercapai

apabila debit limbah yang digunakan juga semakin besar.

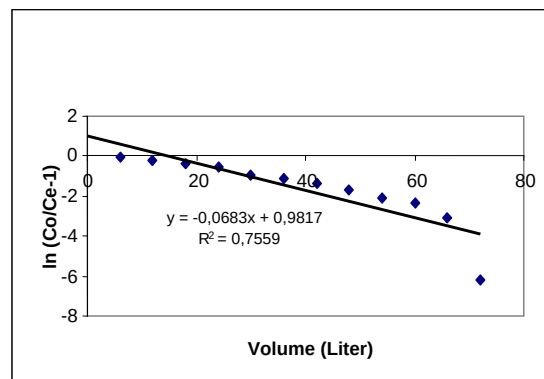
Penentuan Model Percobaan Kontinyu

Penentuan model percobaan kontinyu didasarkan pada persamaan Thomas, sehingga nilai kecepatan adsorpsi (k_1) dan kapasitas adsorpsi (q_0) dapat diketahui. Data yang diperoleh kemudian dilakukan perhitungan seperti Lampiran, kemudian diplotkan pada grafik dengan volume dalam liter sebagai sumbu x dan $\ln \left(\frac{C_0}{C_e} - 1 \right)$ sebagai sumbu y, sehingga

diperoleh persamaan dengan slope untuk menentukan nilai k_1 dan intercept untuk menentukan nilai q_0 .



(a). Untuk Debit 50 mL/menit



(b). Untuk Debit 100 mL/menit

Gambar 13 Grafik untuk Menentukan Persamaan Thomas

Untuk Debit 50 mL/menit

Persamaan grafik adalah :

$\ln \left(\frac{C_0}{C_e} - 1 \right) = -0,1324x + 1,5591$, dengan slope

0,1324 maka nilai k_1 adalah 0,0108 ml/mg.dtk, Dengan intercept 1,5591, maka nilai q_0 adalah 0,677 mg/g, sehingga diperoleh model

$$\frac{C}{C_0} = \frac{1}{1 + e^{\frac{0,0108}{Q}(0,677 M - C_0 V)}}$$

Untuk Debit 100 mL/menit

Persamaan grafik adalah :

$$\ln \left(\frac{C_0}{C_e} - 1 \right) = -0,0683x + 0,9817, \text{ dengan slope}$$

0,0683 maka nilai k_1 adalah 0,0112 ml/mg.dtk, dengan *intercept* 0,9817, maka nilai q_0 adalah 0,822 mg/g, sehingga diperoleh model

$$\frac{C}{C_0} = \frac{1}{1 + e^{\frac{0,0112}{Q}(0,822M - C_0 V)}}$$

Hasil diatas menunjukkan bahwa nilai konstanta kecepatan akan meningkat seiring dengan semakin meningkatnya debit limbah yang dilewatkan pada kolom. Kondisi ini sesuai dengan hasil penelitian Hadiwibowo (2003) dan Mahawika (2006) bahwa semakin besar debit maka semakin besar nilai konstanta kecepatan yang terjadi. Hasil percobaan ini juga sesuai dengan yang dikemukakan Reynold (1982) yaitu nilai konstanta kecepatan berbanding lurus dengan besarnya debit limbah.

Model yang diperoleh dari hasil adsorpsi pada limbah cair industri laundry adalah sebagai berikut :

Percobaan adsorpsi dengan menggunakan sistem batch mengikuti persamaan isotherm BET, modelnya yaitu :

$$\frac{C}{(C_0 - C)q} = -28067 \left(\frac{C}{C_0} \right) + 19913$$

Percobaan adsorpsi dengan menggunakan system kontinyu mengikuti persamaan Thomas, modelnya adalah :

- Debit 50 ml/menit :

$$\frac{C}{C_0} = \frac{1}{1 + e^{\frac{0,0108}{Q}(0,677M - C_0 V)}}$$

- Debit 100 ml/menit :

$$\frac{C}{C_0} = \frac{1}{1 + e^{\frac{0,0112}{Q}(0,822M - C_0 V)}}$$

Kesimpulan

Efisiensi penyisihan fosfat terbaik pada eksperimen batch diperoleh pada karbon aktif dari sampah plastik dengan berat 3 gram dan ukuran 100-200 mesh yaitu sebesar 45,45%. Sedangkan efisiensi penyisihan fosfat pada eksperimen kontinyu diperoleh pada debit umpan limbah 50 ml/menit, yaitu sebesar 54,75%. Waktu jenuh yang dicapai pada percobaan batch adalah 2,5 jam, sedangkan percobaan kontinyu 15 jam (debit 50 ml/menit) dan 12 jam (debit 100 ml/menit). Nilai konstanta kecepatan adsorpsi karbon aktif dari sampah plastik akan meningkat seiring dengan semakin berat masa adsorben yang digunakan dan

semakin besar debit limbah cair yang dilewatkan pada kolom adsorpsi.

Implikasi

Melalui penelitian ini, maka diketahui bahwa karbon aktif dari sampah plastik jenis polyethylene dapat digunakan untuk menurunkan kandungan fosfat dalam limbah cair industri laundry. Olehkarena itu, model yang dihasilkan dapat diaplikasikan dalam pengolahan limbah cair industri laundry

Untuk studi kasus pada industri laundry Lumintu Tembalang, diketahui bahwa :

Debit limbah yang diolah	: 6000 l/hari
Konsentrasi fosfat (Co)	: 10,21 mg/l
Baku mutu fosfat total (C)	: 2 mg/l
Konstanta Kecepatan Adsorpsi (k1)	: 0,0108 ml/mg.dtk
Kapasitas Adsorpsi (qo)	: 0,677 mg/g
Volume yang terolah dari model	: 39 L
Densitas karbon aktif plastik (p)	: 0,54 gr/cm3

Maka dari hasil perhitungan diperoleh :

Masa adsorben yang dibutuhkan per hari adalah 13,5 kg

Dimensi kolom kontinyu :

- Diameter = 0,2 m
- Ketinggian = 0,78 m

Biaya pengolahan limbah cair per m3 adalah sebesar Rp 8.325,00

Saran

1. Pada penelitian ini, digunakan variasi ukuran karbon, berat karbon dan debit umpan limbah cair. Olehkarena itu disarankan untuk melakukan penelitian lanjutan dengan menggunakan variasi konsentrasi limbah, sehingga diperoleh gambaran yang lengkap untuk merumuskan suatu model.
2. Pada penelitian ini, karbon aktif digunakan sebagai adsorben anion, sehingga disarankan untuk melakukan penelitian lanjutan pemanfaatan karbon aktif sebagai adsorben kation logam berat.

Daftar Pustaka

1. Anonim. 2003. *Sodium Tripolyphosphate (STPP) CAS: 7758-29-4*. Human and Environmental Risk Assessment on Ingredients of European Household Cleaning Product (HERA). <http://www.heraproject.com/files/13-f-04-%20HERA%20STPP%20full%20web%20wd.pdf>
2. Anonim. 2002. *Laundry and Dry Cleaning Industry*. All Japan Laundry and Dry Cleaning Association. <http://www.prt.nite.go.jp/english/pdf/manual2005/calc14-2e.pdf>

3. Anonim. 1999. *Key Characteristics of Laundry Detergent Ingredients*. EPA-744-F-99-088. United State Environmental Protection Agency. <http://www.epa.gov/dfe/pubs/laundry/techfact/keychar.htm>
4. Anonim. 2008. *Polyethylene*. Wikipedia Bahasa Indonesia Ensiklopedia Bebas. http://id.wikipedia.org/wiki/polyethylen_e
5. Anonim. 2008. *Polyethylene Therephthalate*. Wikipedia Bahasa Indonesia Ensiklopedia Bebas. <http://id.wikipedia.org/wiki/polyethyleneterephthalate>
7. Berins, ML. 1991. *Plastic Engineering Handbook of The Society of The Plastic Industry* 5th Edition. Van Nostrand Reinhold. Michigan..
8. Cheremisinoff, Morresi. 2002. *Water and Wastewater Treatment Technologies*. Butterworth-Heinemann. Wirlwood Avenue Woburn.
9. Mahawika, Yosaria. 2006. *Penurunan Logam Berat Cu menggunakan Adsorben Rumput Laut Jenis Gracilaria Verusossa secara Batch dan Kontinyu*. Laporan Tugas Akhir Jurusan Teknik Lingkungan Universitas Diponegoro Semarang.
10. Mc Cabe, Waren L.1990. *Operasi Teknik Kimia Edisi Keempat Jilid 2*. Penerbit Erlangga. Jakarta
11. Pasaribu, Nuraida. 2004. *Berbagai Ragam Pemanfaatan Polimer*. Laporan Penelitian Jurusan Kimia Fakultas Matematika Dan Ilmu Pengetahuan Universitas Sumatera Utara. <http://library.usu.ac.id/download/ft/tkimia-nurhaida.pdf>
12. Preidt, Robert. 2005. *Elevated Phosphate Level a Danger for Kidney Patients*. Journal of American Society of Nephrology. <http://www.medicinenet.com/script/main/art.asp?articlekey=4162>
13. Reynolds, Tom, D. 1982. *Unit Operation and Process in Environmental Engineering*.
14. Sawyer, Clair N; Perry L McCarty, Gene F Parkin. 2003. *Chemistry for Environmental Engineering and Science*. McGraw Hill Profesional. New York.
15. Sembiring, Meilita Tryana, ST dan Tuti Sarma Sinaga, ST. 2003. *Arang Aktif (Pengenalan dan Proses Pembuatannya)*. USU digital library 1 <http://library.usu.ac.id/download/ft/industri-meilita.pdf>
16. Tchobanoglous, George, Franklin L. Burton, H. David Stensel. 1991. *Waste Water Engineering Treatment, Disposal and Reuse 3rd Edition*. Metcalf and Eddy, Inc. Mc Graww-Hill Companies. New York.
17. Valsaraj, Kalliat T. 2000. *Elements of Environmental Engineering*, 2nd Edition. Lewis Publisher. New York.
18. Wenas, RIF, Sitorus H, Banteng K. 1993. *Penelitian Pemanfaatan Sampah Plastik sebagai Bahan Baku Industri*. Balai Penelitian dan Pengembangan Industri. Manado.
19. Widayanti, Rina. 2006. *Fitoremediasi Phosphat dalam Pemanfaatan Enceng Gondok (Eichornia crassipes) Studi Kasus pada Limbah Industri Kecil Laundry*. Laporan Tugas Akhir Jurusan Teknik Lingkungan Universitas Diponegoro Semarang.
20. Yeremia, Hisar dan Wilarto. 2001. *Pembuatan Karbon Aktif dari Sampah Plastik*. Laporan Penelitian Jurusan Teknik Kimia Universitas Diponegoro.

