

PENGGUNAAN KARBON AKTIF DARI SAMPAH PLASTIK UNTUK MENURUNKAN KANDUNGAN PHOSPHAT PADA LIMBAH CAIR (Studi Kasus: Limbah Cair Industri Laundry di Tembalang, Semarang)

Irawan Wisnu Wardhana, Dwi Siwi H, dan Dessy Ika R.

Program Studi Teknik Lingkungan FT-UNDIP, Jl. Prof H. Sudarto SH Tembalang Semarang
Email: i.w.wardhana@undip.ac.id

ABSTRAK

Meningkatnya jumlah industri laundry akan mengakibatkan meningkatnya penggunaan deterjen. Zat yang dominan terkandung dalam deterjen adalah natrium tripolyphosphat yang berfungsi sebagai builder dan surfaktan, sehingga limbahnya pun mengandung fosfat. Hampir semua industri laundry membuang limbahnya tanpa melalui pengolahan terlebih dahulu, hal tersebut akan menyebabkan eutrofikasi dimana badan air menjadi kaya akan nutrisi terlarut, menurunnya kandungan oksigen terlarut dan kemampuan daya dukung badan air terhadap biota air. Menurut hasil uji pendahuluan, limbah cair industri tersebut mengandung kadar fosfat sebesar 10,21 mg/l. Kadar tersebut melebihi baku mutu Perda Prop. Jateng No 10 tahun 2004, dimana kadar maksimum untuk fosfat total adalah 2 mg/l. Salah satu cara pengolahan limbah adalah dengan proses adsorpsi menggunakan karbon aktif dari sampah plastik jenis polyethylene. Penelitian ini bertujuan untuk mengetahui kemampuan karbon aktif dari sampah plastik dalam menurunkan kandungan fosfat dengan percobaan batch dan kontinyu. Percobaan batch menggunakan variasi berat karbon aktif dari sampah plastik 1, 2, dan 3 gram untuk masing-masing variasi ukuran media 30-60 mesh dan 100-200 mesh. Percobaan batch mempunyai efisiensi penurunan fosfat tertinggi pada berat 3 gram (100-200 mesh) sebesar 45,45%. Sedangkan percobaan kontinyu dilakukan pada kolom berdiameter 1 inchi dengan variasi debit 50 ml/menit dan 100 ml/menit. Percobaan kontinyu mempunyai efisiensi penurunan fosfat terbesar pada debit 50 ml/menit sebesar 54,75%. Nilai konstanta kecepatan (k_1) 0,0108 ml/mg.dtk dengan kapasitas serap (q_0) 0,677 mg/g.

Kata kunci : limbah industri laundry, fosfat, adsorpsi, karbon aktif dari sampah plastik.

PENDAHULUAN

Industri pencucian pakaian (*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 tripolyphosphat 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 adalah 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.

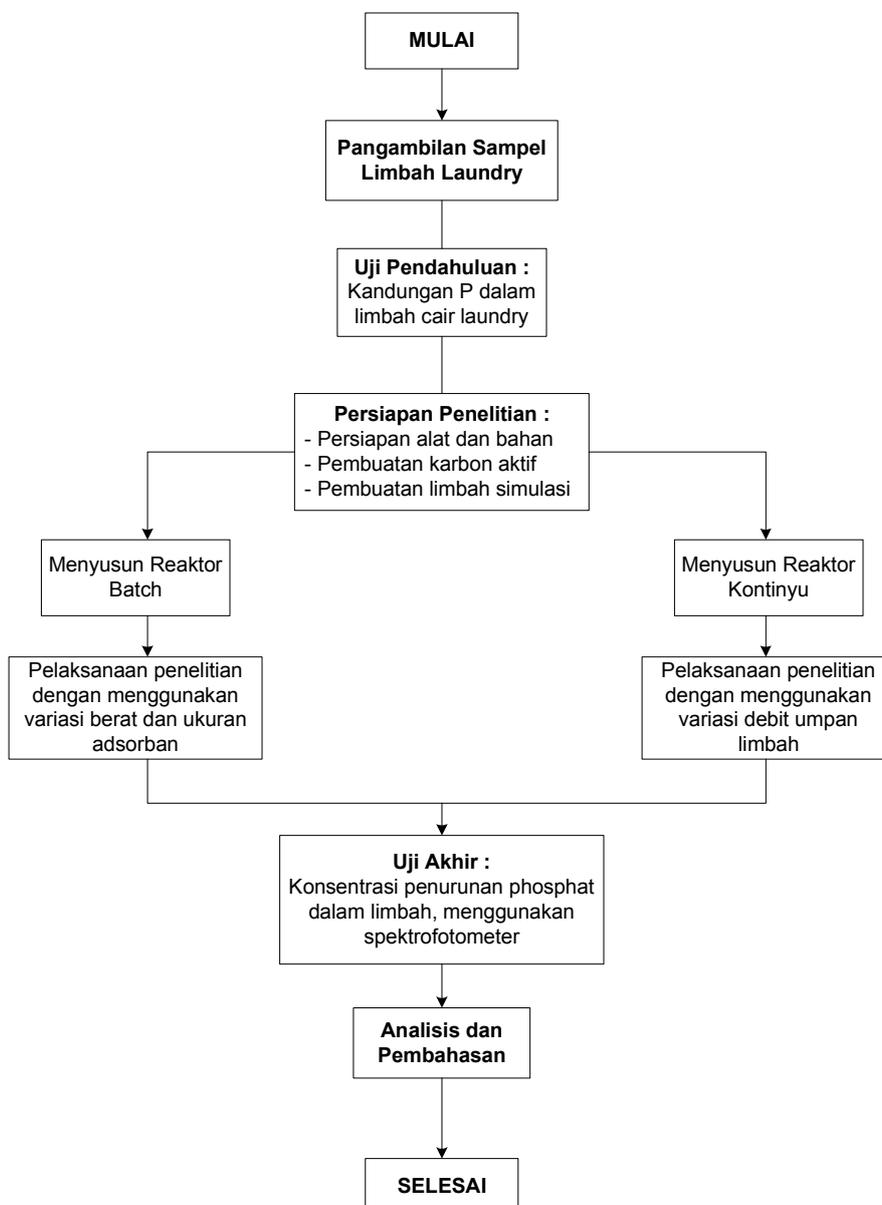
Bila kandungan fosfat dalam air limbah *laundry* berlebih, sedangkan hampir semua industri *laundry* membuang limbahnya tanpa melalui pengolahan terlebih dahulu, maka hal ini akan mengganggu lingkungan sekitar. Antara lain yaitu menyebabkan eutrofikasi dimana badan air menjadi kaya akan nutrisi terlarut, 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 teruraikan oleh mikroorganismenya 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 mikroorganismenya.

METODOLOGI PENELITIAN



Gambar 1. Diagram Alir Metodologi Penelitian

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. 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.

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

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:

$$\begin{aligned} \text{Masa deterjen} &= \frac{\text{konsentrasi P yang diinginkan}}{\text{Kadar P}} \times \text{volume limbah} \\ \text{Untuk konsentrasi limbah } 10,21 \text{ mg P/L} \\ \text{Masa deterjen} &= \frac{10,21 \text{ mg/l}}{0,1035 \text{ grP / grDeterjenc}1000 \text{ mg / gr}} \times 1 \text{ liter} = 0,098 \text{ gr} \end{aligned}$$

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 penjerapan 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 kedalam tujuh buah gelas beker volume 500 mL untuk masing-masing ukuran. Kemudian 250 ml limbah yang mengandung fosfat dimasukkan kedalam 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 *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.

ANALISIS 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.

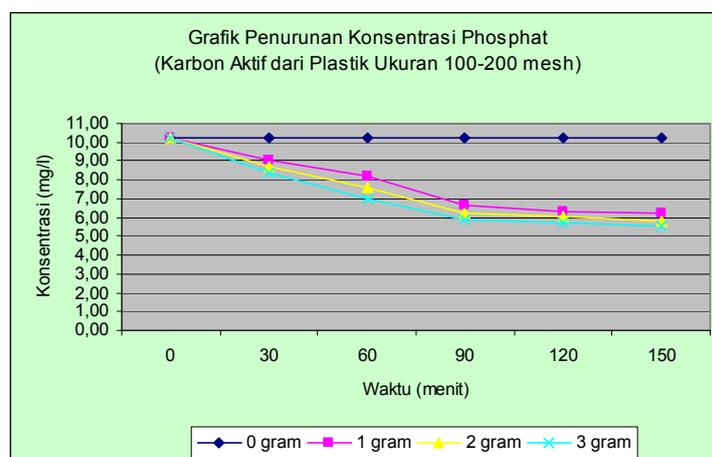
Selanjutnya karbon diaktivasi dengan larutan acetone. Larutan acetone ini akan melarutkan kotoran yang masih menempel pada permukaan karbon yang terbuat dari plastik. Aktivasi juga dibantu dengan pemanasan pada suhu 700°C selama 1 jam,

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.

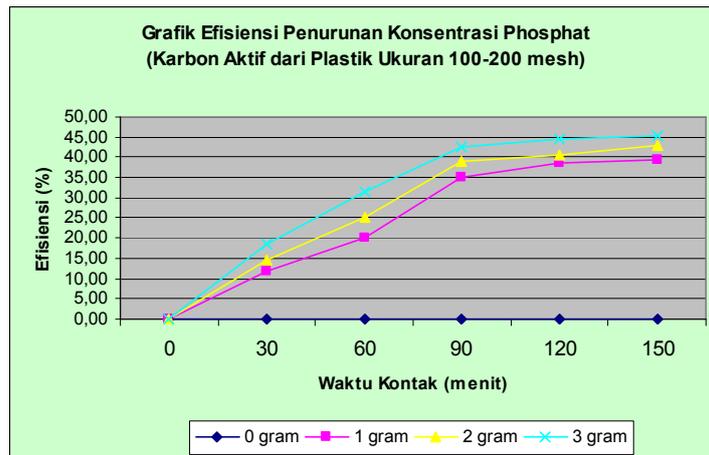
Karbon aktif dari plastik direndam dalam larutan HCL 1 M selama 2 jam, bertujuan untuk menghasilkan adsorben yang bersifat asam. pH asam akan menyebabkan adsorben bermuatan positif, terbentuknya muatan positif pada adsorben karena masuknya ion H^+ pada permukaan adsorben dan membentuk ikatan hidrogen. 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 (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

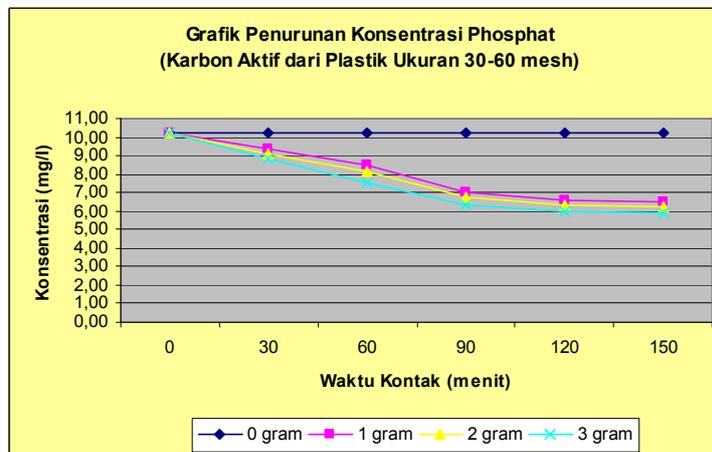
Percobaan batch ini dilakukan dengan dua kali pengulangan (*duplo*). Selanjutnya dari hasil pengulangan tersebut diambil rerata dan dihitung efisiensinya. Data hasil penurunan konsentrasi dalam percobaan batch dapat digambarkan dengan grafik penurunan konsentrasi dan grafik efisiensi peyisihan fosfat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



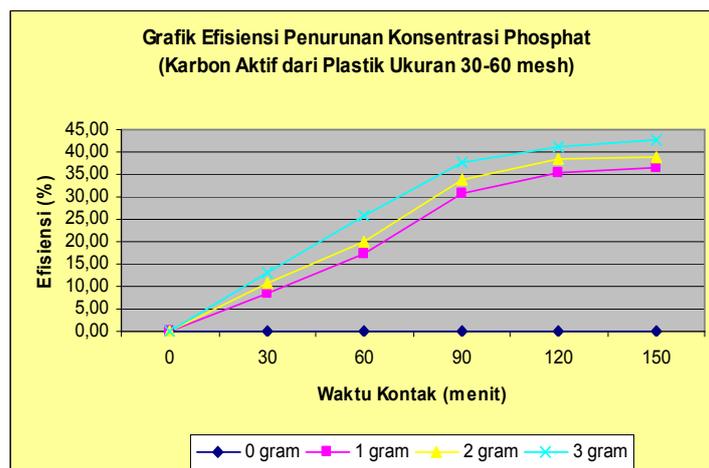
Gambar 1. Penurunan Konsentrasi Fosfat (Karbon Aktif dari Plastik Ukuran 100-200 mesh)



Gambar 2. Efisiensi Penurunan Konsentrasi Phosphat (Karbon Aktif dari Plastik Ukuran 100-200 mesh)



Gambar 3. Penurunan Konsentrasi Phosphat (Karbon Aktif dari Plastik Ukuran 30-60 mesh)



Gambar 4. 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) fosfat. Hal ini ditunjukkan dengan efisiensi penyisihan fosfat 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).

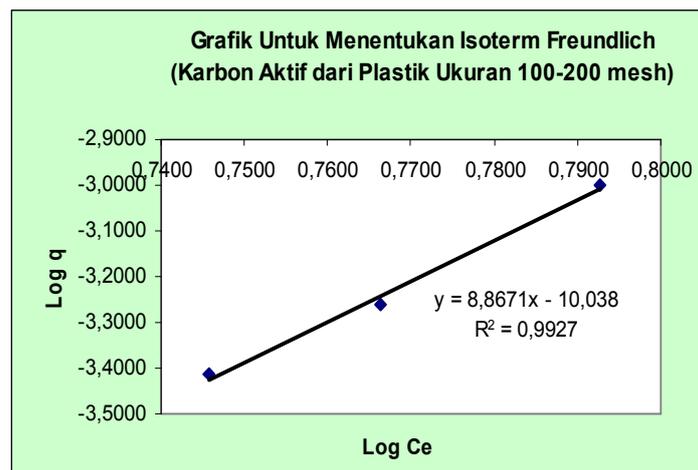
Percobaan batch pada penelitian ini menunjukkan bahwa semakin kecil ukuran diameter adsorben, maka persentase penurunan kadar fosfat semakin besar. Hal ini disebabkan karena semakin kecil ukuran

diameter karbon aktif plastik berarti luas permukaan kontak antara karbon aktif plastik dengan ion dalam fosfat semakin besar.

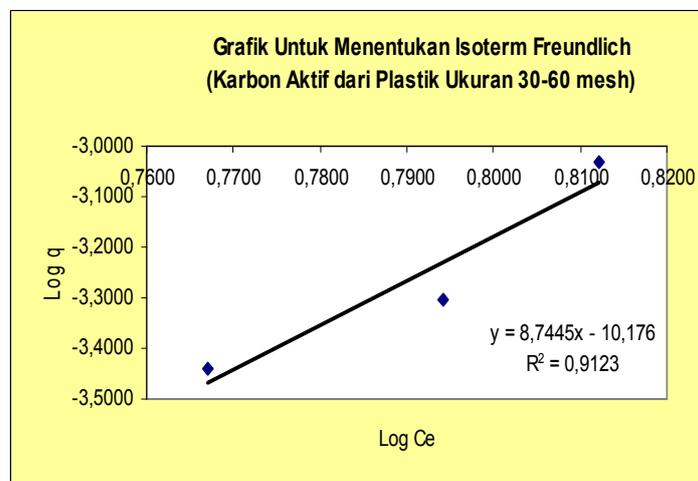
Semakin banyak jumlah karbon aktif plastik yang ditambahkan, maka persentase penurunan konsentrasi fosfat juga semakin besar. Kondisi ini disebabkan karena semakin banyaknya jumlah arang aktif yang ditambahkan berarti semakin banyak pori-pori dalam karbon aktif plastik yang dapat menyerap ion dalam fosfat,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

Penentuan Isotherm Percobaan Batch

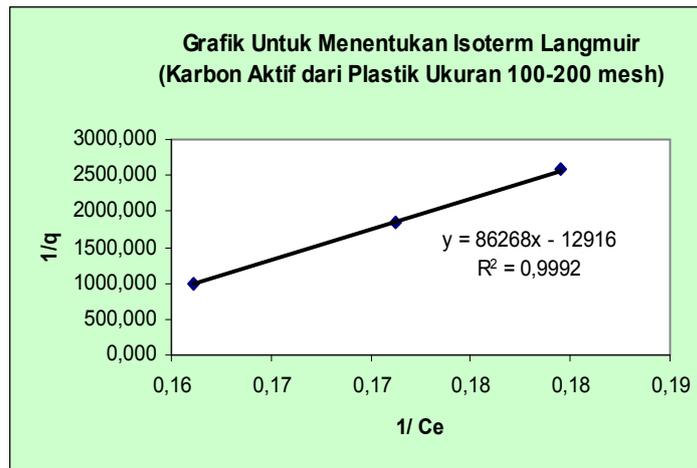
Konsentrasi pada saat setimbang dimasukkan dalam persamaan Freundlich, Langmuir, dan BET untuk menentukan karakteristik proses adsorpsi. Grafik untuk menentukan isotherm Freundlich, Langmuir, dan BET adalah sebagai berikut:



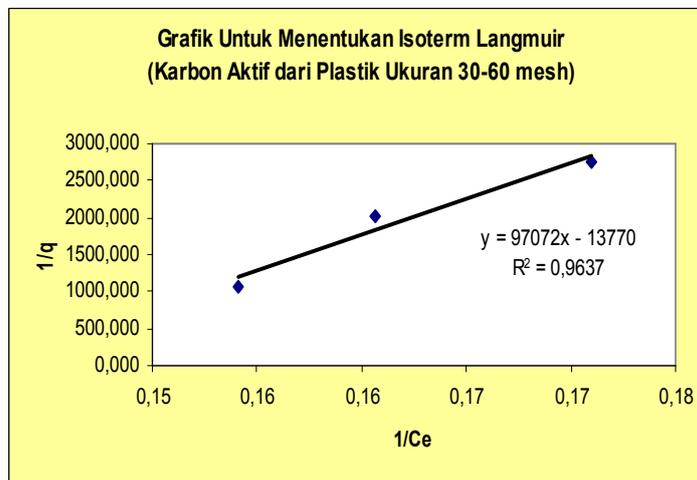
Gambar 5. Penentuan Isotherm Freundlich (Karbon Aktif dari Plastik Ukuran 100-200 mesh)



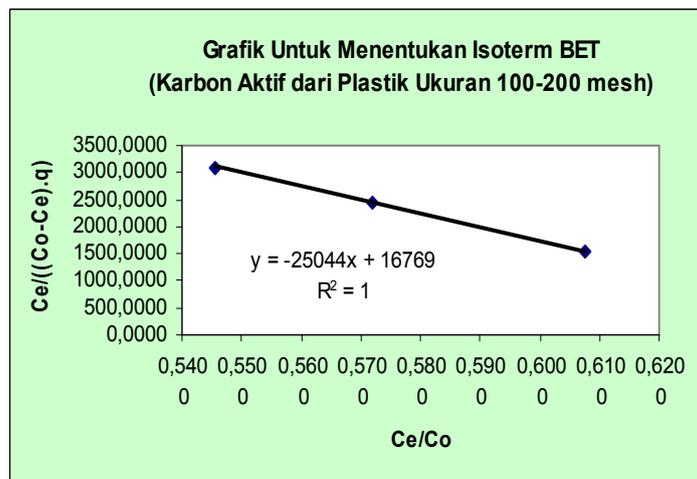
Gambar 6. Penentuan Isotherm Freundlich (Karbon Aktif dari Plastik Ukuran 30-60 mesh)



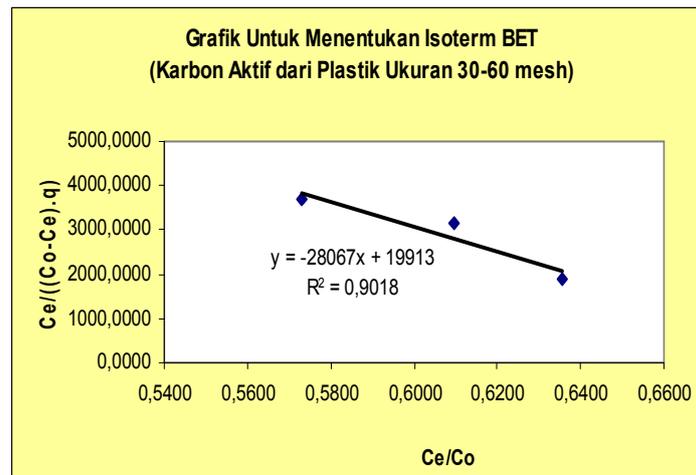
Gambar 7. Penentuan Isoterm Langmuir (Karbon Aktif dari Plastik Ukuran 100-200 mesh)



Gambar 8. Penentuan Isoterm Langmuir (Karbon Aktif dari Plastik Ukuran 30-60 mesh)



Gambar 9. Penentuan Isoterm BET (Karbon Aktif dari Plastik Ukuran 100-200 mesh)



Gambar 10. Penentuan Isoterm BET (Karbon Aktif dari Plastik Ukuran 30-60 mesh)

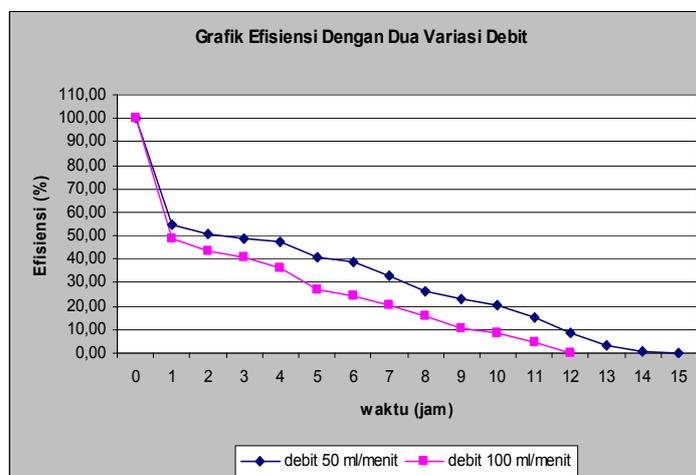
Berdasarkan gambar diatas dapat dilihat bahwa pada karbon aktif plastik ukuran 30-60 mesh, lebih signifikan menggunakan isotherm Langmuir. Isoterm Langmuir mengasumsikan bahwa satu adsorbat mengikat satu bagian pada adsorben dan seluruh permukaan pada adsorben mempunyai afinitas yang sama terhadap adsorbat. Pada isoterm 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 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).

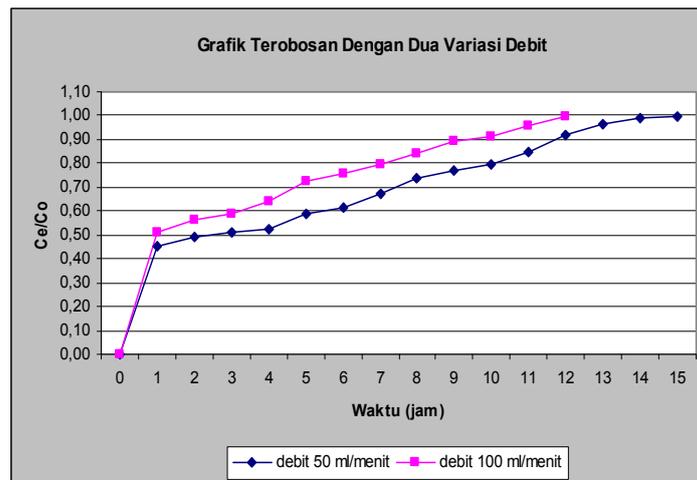
Pelaksanaan Percobaan Kontinyu

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 fosphat sebagai berikut:



Gambar 11. Terobosan pada Kolom Kontinyu



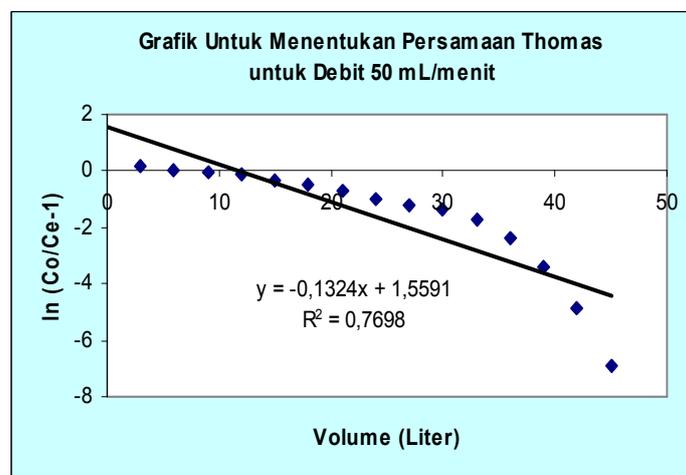
Gambar 12. Efisiensi pada Kolom Kontinyu

Pada debit yang kecil (50 mL/menit) dapat 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. Hal ini berarti akan mempunyai kapasitas pengolahan yang lebih besar daripada limbah dengan debit yang lebih besar. 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. 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

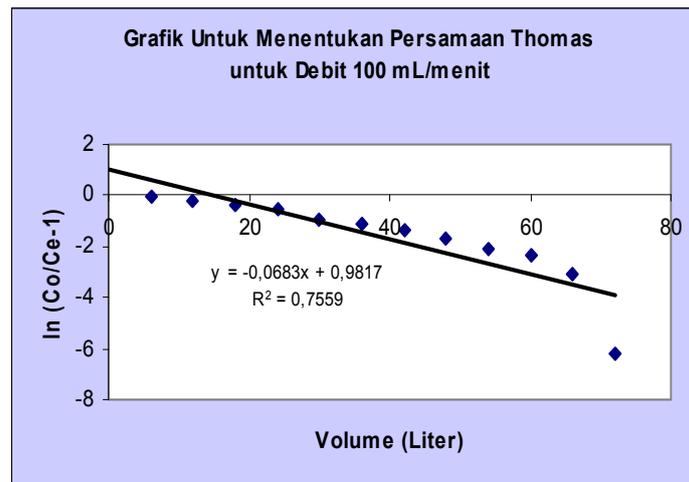
yang digunakan maka memerlukan waktu regenerasi yang lebih cepat. Kondisi ini sesuai dengan hasil penelitian yang dikemukakan Hadiwibowo (2003) dan Mahawika (2006), yaitu waktu tembus dan waktu jenuh akan cepat tercapai apabila debit limbah yang digunakan juga semakin besar.

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 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 .



Gambar 13. Penentuan Persamaan Thomas (1)



Gambar 14. Penentuan Persamaan Thomas (2)

Untuk Debit 50 mL/menit
 Persamaan grafik adalah :

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

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

$$\frac{C}{C_0} = \frac{1}{1 + e^{\frac{0,0108}{Q}(0,677M - C_0V)}}$$

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

$$\frac{C}{C_0} = \frac{1}{1 + e^{\frac{0,0112}{Q}(0,822M - C_0V)}}$$

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.

KESIMPULAN

1. 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%.

2. 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.
3. 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 :

$$\frac{C}{C_0} = \frac{1}{1 + e^{\frac{0,0108}{Q}(0,677M - C_0V)}}$$

$$\frac{C}{C_0} = \frac{1}{1 + e^{\frac{0,0112}{Q}(0,822M - C_0V)}}$$

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

- 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>
- Anonim. 2002. *Laundry and Dry Cleaning Industry*. All Japan Laundry and Dry Cleaning Association. <http://www.prt.nite.go.jp/english/pdf/mannual2005/calc14-2e.pdf>
- 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>
- Anonim. 2008. *Polyethylene*. Wikipedia Bahasa Indonesia Ensiklopedia Bebas. <http://id.wikipedia.org/wiki/polyethylene>
- Anonim. 2008. *Polyethylene Terephthalate*. Wikipedia Bahasa Indonesia Ensiklopedia Bebas. http://id.wikipedia.org/wiki/polyethylene_terephthalate
- Berins, ML. 1991. *Plastic Engineering Handbook of The Society of The Plastic Industry* 5th Edition. Van Nostrand Reinhold. Michigan..
- Cheremisinoff, Morresi. 2002. *Water and Wastewater Treatment Technologies*. Butterworth-Heinemann. Wirlwood Avenue Woburn.
- 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.
- Mc Cabe, Waren L.1990. *Operasi Teknik Kimia Edisi Keempat Jilid 2*. Penerbit Erlangga. Jakarta
- 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/tkimi-a-nurhaida.pdf>
- 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>
- Reynolds, Tom, D. 1982. *Unit Operation and Process in Environmental Engineering*.
- Sawyer, Clair N; Perry L McCarty, Gene F Parkin. 2003. *Chemistry for Environmental Engineering and Science*. McGraw Hill Profesional. New York.
- 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>
- 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.
- Valsaraj, Kalias T. 2000. *Elements of Environmental Engineering, 2nd Edition*. Lewis Publisher. New York.
- Wenas, RIF, Sitorus H, Banteng K. 1993. *Penelitian Pemanfaatan Sampah Plastik sebagai Bahan Baku Industri*. Balai Penelitian dan Pengembangan Industri. Manado.
- 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.
- Yeremia, Hisar dan Wilarto. 2001. *Pembuatan Karbon Aktif dari Sampah Plastik*. Laporan Penelitian Jurusan Teknik Kimia Universitas Diponegoro.