

Penggunaan kombinasi adsorben sebagai media filtrasi dalam menurunkan kadar fosfat dan amonia air limbah laundry

Septiany Palilingan^{*a}, Meity Pungus^b, Farly Tumimomor^c

^a Program Studi Kimia FMIPA UNIMA di Tondano, 95619, Indonesia

^b Program Studi IKM FIK UNIMA di Tondano, 95619, Indonesia

^c Program Studi Fisika FMIPA UNIMA di Tondano, 95619, Indonesia

INFO ARTIKEL

Diterima 12 Agustus 2019
Disetujui 9 September 2019

Key words:

Laundry wastewater,
adsorbent,
phosphate, and
ammonia

Kata kunci:

Air limbah laundry,
adsorben,
fosfat, dan
amonia

ABSTRACT

Wastewater of detergent residual that comes from the washing process (laundry) has the potential to pollute environmental sustainability such as rivers and soil if it is thrown away in large volumes without any prior processing. Easy and inexpensive methods for processing laundry wastewater for household-scale have been carried out and proven to reduce levels of pollutants contained in laundry wastewater such as phosphate and ammonia. This study aims to determine the effect of the use of filtration media using a combination of activated charcoal adsorbent, zeolite, silica sand, anthracite and ferolite in reducing phosphate and ammonia levels in laundry wastewater. Based on the results of laboratory tests on the parameters of phosphate and ammonia test, it was found that after the filtration process, there was a decrease in phosphate and ammonia levels in the samples of laundry wastewater by 83.3% and 63.6% respectively. Thus, from the research data, it can be concluded that the filtration media in the form of a combination of adsorbents used in this study proved to be able to reduce phosphate and ammonia levels in samples of laundry wastewater.

ABSTRAK

Air limbah sisa deterjen yang berasal dari pencucian pakaian (laundry) berpotensi mencemari kelestarian lingkungan seperti sungai dan tanah jika dibuang dalam volume yang besar tanpa ada pengolahan terlebih dahulu. Metode pengolahan air limbah laundry yang mudah dan murah untuk skala rumah tangga telah dilakukan dan terbukti dapat menurunkan kadar polutan-polutan yang terkandung dalam air limbah laundry seperti fosfat dan amonia. Penelitian ini bertujuan untuk mengetahui pengaruh penggunaan media filtrasi menggunakan kombinasi adsorben arang aktif, zeolit, pasir silika, antrasit dan ferolit dalam menurunkan kadar fosfat dan amonia dalam air limbah laundry. Berdasarkan hasil uji laboratorium terhadap parameter uji fosfat dan amonia didapatkan hasil bahwa setelah proses filtrasi, terjadi penurunan kadar fosfat dan amonia dalam sampel air limbah laundry masing-masing sebesar 83,3% dan 63,6%. Dengan demikian, dari data hasil penelitian dapat disimpulkan bahwa media filtrasi berupa kombinasi adsorben yang digunakan dalam penelitian ini terbukti dapat menurunkan kadar fosfat dan amonia pada sampel air limbah laundry.

*e-mail: spalilingan@gmail.com

*Telp/Hp: 085256407756

Pendahuluan

Semua makhluk hidup memerlukan air, karena air merupakan sumber kehidupan. Tanpa air makhluk hidup tidak dapat menjaga kelangsungan hidupnya termasuk manusia. Kebutuhan akan air yang semakin bertambah menyebabkan semakin bertambah pula penggunaan dan pemakaian air untuk

memenuhi kebutuhan hidup manusia. Adanya peningkatan penggunaan dan pemakaian air, dipastikan akan menghasilkan air sisa buangan berupa limbah, dimana sekitar 85% air limbah tersebut masuk ke badan perairan dan berakibat pada proses *selfpurification* yang tidak seimbang. Air limbah yang dibuang ke badan perairan dalam volume yang besar dan waktu

yang lama dapat menyebabkan pencemaran terhadap lingkungan [1].

Pencemaran air limbah dapat bersumber dari limbah industri, limbah rumah tangga, ataupun limbah yang berasal dari proses pencucian pakaian (*laundry*) atau disebut juga air limbah domestik [1]. Menurut Kepmen LH Nomor 112 Tahun 2003, pasal 1 ayat 1 menyatakan bahwa air limbah domestik merupakan air limbah yang berasal dari usaha dan atau kegiatan permukiman, apartemen, asrama, rumah makan, perkantoran dan perniagaan.

Komposisi air limbah atau limbah cair terdiri atas 99,9% air dan sisanya bahan padat [2]. Air limbah atau limbah cair mengandung padatan terlarut maupun padatan tersuspensi yang dapat mengalami perubahan fisik, kimia maupun hayati yang akan menghasilkan zat beracun (toksik) yang berbahaya bagi kehidupan. Limbah yang mengandung detergen, sabun dan mikroorganisme biasanya berasal dari air bekas cucian, air bekas kamar mandi, dan air bekas cuci perabot [3]. Detergen atau sabun merupakan bahan yang paling banyak dipakai dalam mencuci pakaian sehari-hari. Tidak tersedianya waktu akibat kesibukan bekerja membuat banyak orang menggunakan jasa *laundry* untuk mencuci dan menyetrিকা pakaian. Semakin banyaknya orang yang menggunakan jasa *laundry*, akan berdampak pada semakin banyaknya penggunaan deterjen. Keberadaan detergen pada badan perairan dalam kadar yang tinggi dan melebihi baku mutu yang telah ditetapkan, dapat menyebabkan pencemaran lingkungan.

Air limbah atau limbah cair *laundry* berupa air sisa deterjen mengandung beberapa bahan kimia seperti fosfat (70-80%), surfaktan (20-30%), amonia dan nitrogen serta kadar padatan terlarut, kekeruhan, BOD (*Biological Oxygen Demands*), dan COD (*Chemical Oxygen Demands*) [4]. Komposisi bahan kimia terbesar yang terkandung dalam air limbah atau limbah cair *laundry* adalah fosfat, di mana fosfat sendiri merupakan salah satu bahan baku pembentuk detergen yang diidentifikasi dapat memberikan pengaruh secara langsung maupun tidak langsung terhadap manusia dan kelestarian lingkungannya termasuk lingkungan perairan. Begitu pula dengan

amonia, di mana adanya kadar amonia yang tinggi dalam badan air mengindikasikan adanya pencemaran yang salah satunya disebabkan oleh buangan air limbah *laundry* [5]. Jika air limbah *laundry* ini dibuang begitu saja ke saluran air secara terus-menerus tanpa adanya pengolahan terlebih dahulu, maka tentu saja akan berdampak negatif terhadap kelestarian lingkungan.

Oleh karena itu, untuk mengatasi masalah ini diperlukan suatu upaya penanggulangan melalui metode pengolahan air limbah *laundry* yang mudah dan murah untuk skala rumah tangga dan dapat menurunkan kadar polutan-polutan pencemar lingkungan. Metode yang digunakan dalam proses pengolahan air limbah ini adalah melalui proses filtrasi. Proses filtrasi akan melibatkan proses adsorpsi polutan menggunakan kombinasi adsorben arang aktif, zeolit, pasir silika, antrasit dan ferolit yang memiliki luas permukaan yang besar sehingga dapat menyerap polutan-polutan yang ada dalam air limbah *laundry* khususnya fosfat dan amonia. Metode filtrasi ini dapat mengurangi kadar polutan dalam air limbah *laundry* tanpa menggunakan bahan kimia dalam pengoperasiannya. Penelitian ini bertujuan untuk mengetahui pengaruh penggunaan media filtrasi menggunakan kombinasi adsorben arang aktif, zeolit, pasir silika, antrasit dan ferolit dalam menurunkan kadar fosfat dan amonia dalam air limbah *laundry*.

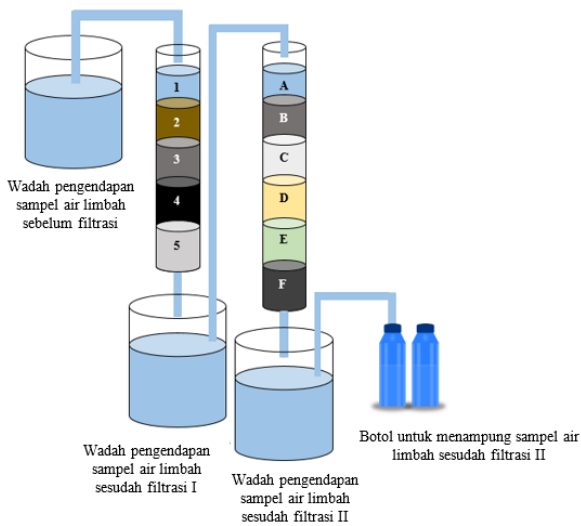
Bahan dan Metode

Penelitian ini dilaksanakan di Laboratorium Terpadu FMIPA Universitas Negeri Manado untuk proses filtrasi dan pengambilan sampel, sedangkan untuk analisis sampel air limbah *laundry* untuk parameter uji kadar fosfat dan amonia dilaksanakan di Laboratorium Balai Teknologi Kesehatan Lingkungan dan Pemberantasan Penyakit (BTKLPP) Kelas I Manado dan Laboratorium Balai Riset dan Standarisasi (Baristand) Industri Manado.

Bahan-bahan utama yang digunakan dalam penelitian ini adalah adsorben-adsorben alam yaitu arang aktif dari tempurung kelapa, butiran zeolit, pasir silika, antrasit, ferolit (pasir aktif), batu kerikil kecil diameter 0,5 – 1 cm,

ijuk, pasir biasa, arang biasa serta air limbah dari sisa buangan pencucian *laundry*. Alat-alat yang digunakan dalam penelitian ini adalah untuk proses filtrasi dibutuhkan botol plastik bekas air mineral berkapasitas 1,5 L sebagai botol filtrasi (sebagai wadah adsorben), busa filter, dan botol penampung sampel dan alat-alat pendukung yang lain. Bahan dan alat untuk analisis sampel hasil filtrasi dianalisis di Laboratoium Balai Riset dan Standarisasi (Baristand) Industri Manado.

Pembuatan Rangkaian Media Filtrasi



Gambar 1. Rangkaian Proses Filtrasi Sederhana Limbah Cair *Laundry*

Keterangan Gambar :

1. Air limbah sebelum filtrasi
2. Adsorben Pasir halus
3. Adsorben Arang
4. Adsorben Ijuk
5. Adsorben Kerikil kecil

- A. Air limbah setelah filtrasi I
- B. Adsorben Antrasit
- C. Adsorben Pasir Silika
- D. Adsorben Pasir Aktif (Ferolit)
- E. Adsorben Zeolit
- F. Adsorben Arang Aktif

Untuk pembuatan rangkaian media filtrasi, disiapkan 9 buah botol plastik bekas air mineral dengan kapasitas 1,5 L yang sudah dicuci bersih dan dikeringkan. Tiap botol plastik dipotong bagian bawahnya hingga tingginya mencapai ±30 cm. Kemudian pada bagian atas botol (mulut botol), tutup botolnya

dikeluarkan dan dibiarkan terbuka. Tiap botol dimasukkan busa filter dengan diameter yang sama dengan diameter botol, yaitu 8 cm, pada posisi di atas mulut botol jika botol diposisikan terbalik. Kemudian, dimasukkan pada tiap botol, adsorben-adsorben yang diperlukan dalam proses filtrasi, dengan ketinggian yang sama yaitu ±18 cm, mulai dari batas busa filter hingga ke bagian atas botol. Proses filtrasi dilakukan dalam dua tahap, pada tahap pertama, tiap botol yang sudah berisi adsorben yang sudah dalam posisi terbalik disusun/dirangkai menjadi empat susun, dengan urutan seperti yang diilustrasikan pada Gambar 1. Pada tahap filtrasi kedua tiap botol yang sudah berisi adsorben yang sudah dalam posisi terbalik juga disusun/dirangkai menjadi lima susun, dengan urutan seperti yang diilustrasikan pada Gambar 1. Kemudian disediakan wadah yang lain sebagai wadah pengendapan air limbah sebelum filtrasi, wadah pengendapan air limbah setelah filtrasi pertama dan filtrasi kedua (Gambar 1). Setelah rangkaian media proses filtrasi disiapkan, maka proses filtrasi dilakukan sesuai urutan proses yang digambarkan pada Gambar 1.

Pengambilan Sampel Air Limbah Hasil Filtrasi

Setelah rangkaian media filtrasi disiapkan, selanjutnya air limbah dalam wadah pengendapan yang akan difiltrasi dituangkan ke dalam rangkaian botol filtrasi pertama, dan ditampung dalam wadah pengendapan filtrasi pertama, dan air limbah dalam wadah pengendapan filtrasi pertama dituangkan ke dalam rangkaian botol filtrasi kedua dan ditampung dalam wadah pengendapan filtrasi kedua. Air limbah yang telah difiltrasi dua tahap tersebut kemudian diambil dan ditampung dalam botol penampungan sampel (1,5 L) untuk dianalisis. Pengambilan sampel dilakukan sebanyak tiga kali pengulangan.

Analisis Sampel Air limbah Hasil Filtrasi

Sampel air limbah yang sudah difiltrasi dan ditampung dalam botol penampungan sampel, selanjutnya dianalisis berdasarkan parameter uji kadar fosfat dan amonia di Laboratoium Balai Riset dan Standarisasi (Baristand) Industri Manado.

Hasil dan Pembahasan

Setelah dilakukan analisis dan pengujian parameter kadar fosfat dan amonia terhadap sampel air limbah *laundry* sebelum dan

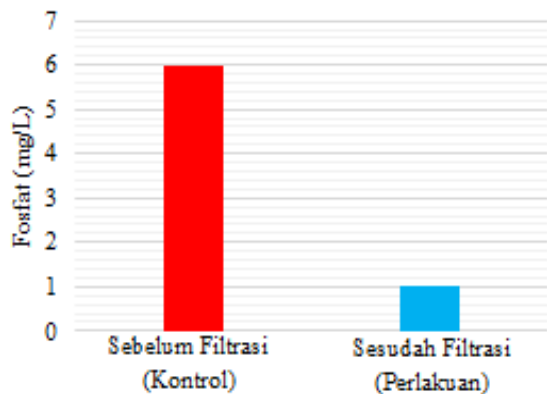
sesudah dilakukan proses filtrasi, didapatkan hasil tiap parameter pada Tabel 1 sebagai berikut :

Tabel 1. Hasil Uji Laboratorium Sampel Air limbah *Laundry*

No.	Parameter Uji	Satuan	Rerata Sebelum Filtrasi (Kontrol)	Rerata Sesudah Filtrasi (Perlakuan)	Penurunan Kadar Parameter Uji (%)
1.	Fosfat	mg/L	6	1	83,3
2.	Amonia	mg/L	11	4	63,6

Parameter Uji : Kadar Fosfat

Data parameter uji kadar fosfat digambarkan dalam bentuk diagram (Gambar 2) di bawah ini :



Gambar 2. Data Rerata Kadar Fosfat

Berdasarkan data yang ditampilkan pada Gambar 2, terdapat perbedaan kadar fosfat yang signifikan antara sampel kontrol dengan sampel perlakuan atau sampel hasil filtrasi, dimana persentase penurunan kadar fosfat sebelum dan sesudah perlakuan filtrasi sebesar 83% yaitu dari 6 mg/L menjadi 1 mg/L. Hal ini menunjukkan bahwa adanya proses filtrasi dapat menurunkan kadar fosfat pada sampel air limbah *laundry* secara signifikan. Hasil ini diperkuat dengan hasil analisis statistika melalui uji beda rerata (uji t) yang menunjukkan bahwa terdapat signifikansi perbedaan rerata kadar fosfat pada sampel kontrol dan sampel perlakuan yang dilihat dari nilai peluang $p(0,009) < 0,05$. Nilai ini menunjukkan bahwa adanya perlakuan filtrasi menggunakan media filtrasi berupa kombinasi adsorben memberikan pengaruh yang signifikan terhadap penurunan kadar fosfat pada sampel air limbah *laundry*.

Penurunan kadar fosfat hingga 83,3%

dalam penelitian ini dilaporkan lebih tinggi daripada penelitian pengolahan air limbah *laundry* dengan menggunakan metode *biosand filter*, di mana dapat menurunkan kadar fosfat sebesar 74,32%. Akan tetapi, dalam penelitian tersebut proses biofiltrasi yang dilakukan melalui metode biosand filter membutuhkan waktu yang lebih lama hingga mencapai 30 hari [6]. Dalam penelitian ini penurunan kadar fosfat sebesar 83,3% diperoleh melalui proses filtrasi yang berlangsung dengan waktu kontak yang lebih cepat yaitu dalam hitungan menit saja, sehingga diduga persentase penurunan kadar fosfat akan lebih tinggi lagi jika waktu kontak sampel air limbah dengan adsorben saat proses filtrasi lebih lama. Hasil yang berbeda diperoleh dari penelitian filtrasi melalui adsorpsi kadar fosfat pada sampel air limbah *laundry* menggunakan kombinasi adsorben karbon aktif, pasir, karbon aktif dan pasir silika yang mampu menurunkan kadar fosfat hingga 98,78%, yang artinya penelitian ini hampir menghilangkan semua kadar fosfat yang terkandung dalam sampel limbah *laundry* [7]. Akan tetapi, dalam penelitian tersebut digunakan adsorben dengan volume yang dua kali lebih besar dari volume adsorben yang digunakan dalam penelitian ini, sehingga jika volume adsorben yang digunakan lebih diperbesar maka diduga akan memperbesar pula persentase penurunan kadar fosfat dalam sampel limbah *laundry*.

Dalam air limbah *laundry* yang merupakan air sisa cucian detergen, fosfat sendiri merupakan bahan kimia polutan dengan komposisi paling besar yang menyusun detergen yaitu sebesar 70-80% [4]. Kandungan fosfat dalam detergen yang cukup besar ini membuat air limbah dari proses pencucian juga

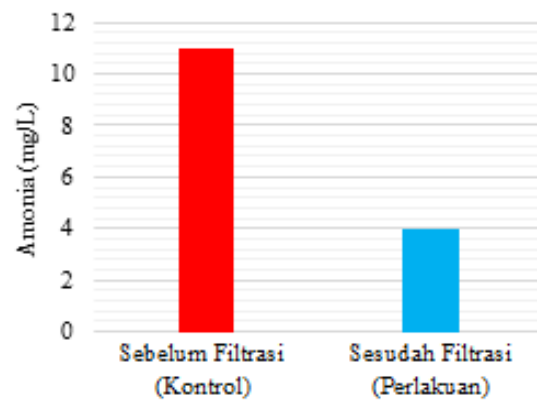
akan mempunyai kandungan fosfat yang cukup tinggi. Fosfat dalam detergen merupakan makronutrien bagi tanaman; kelebihan fosfat pada badan air dapat merangsang pertumbuhan tanaman air dan biasa disebut eutrofikasi [8]. Air dikatakan eutrofik jika kadar fosfat dalam air 35-100 µg/L. Kondisi eutrofik, sangat memungkinkan alga dan tumbuhan air mikroskopis dapat tumbuh berkembang biak dengan cepat. Keadaan ini menyebabkan kualitas air menjadi menurun, karena rendahnya kadar oksigen terlarut bahkan sampai batas nol, sehingga menyebabkan kematian makhluk hidup seperti ikan dan spesies lain yang hidup di air [1]. Untuk itu upaya untuk menurunkan kadar fosfat dalam air limbah *laundry* menjadi sangat penting, mengingat kandungan fosfat dalam air limbah *laundry* termasuk yang paling tinggi dibandingkan kandungan polutan lain dan berpotensi mencemari lingkungan terutama lingkungan perairan. Dengan adanya proses filtrasi air limbah *laundry* dalam penelitian ini, telah berkontribusi dalam memberikan alternatif solusi pengolahan limbah *laundry* sebelum dibuang ke lingkungan, karena ternyata hasil penelitian ini membuktikan bahwa proses filtrasi dengan menggunakan media filtrasi berupa kombinasi adsorben-adsorben alam dapat dengan signifikan menurunkan kadar fosfat hingga 83,3%.

Penurunan kadar fosfat hasil filtrasi pada sampel air limbah *laundry* pada penelitian ini ternyata juga mampu diturunkan hingga di bawah batas maksimum baku mutu air limbah industri detergen yang ditetapkan Kementerian Lingkungan Hidup menurut Permen LH No. 5 Tahun 2014 yaitu batas maksimum fosfat yang ditetapkan yaitu 2 mg/L, sedangkan kadar fosfat hasil filtrasi dapat diturunkan hingga 1 mg/L, yang artinya adanya perlakuan filtrasi pada sampel air limbah *laundry* telah menurunkan kadar fosfat hingga memenuhi baku mutu yang ditetapkan.

Parameter Uji : Kadar Amonia

Data parameter uji kadar amonia digambarkan dalam bentuk diagram. Berdasarkan data yang ditampilkan pada Gambar 3, terdapat perbedaan kadar amonia yang signifikan antara sampel kontrol dengan

sampel perlakuan atau sampel hasil filtrasi, dimana persentase penurunan kadar amonia sebelum dan sesudah perlakuan filtrasi sebesar 63,6% dari 11 mg/L menjadi 4 mg/L. Hal ini menunjukkan bahwa adanya proses filtrasi dapat menurunkan kadar amonia pada sampel air limbah *laundry*. Seperti pada kadar fosfat, hasil ini diperkuat dengan hasil analisis statistika melalui uji beda rerata (uji t) yang menunjukkan bahwa terdapat signifikansi perbedaan rerata kadar amonia pada sampel kontrol dan sampel perlakuan yang dilihat dari nilai peluang $p(0,0025) < 0,05$. Nilai ini menunjukkan bahwa adanya perlakuan filtrasi menggunakan media filtrasi berupa kombinasi adsorben memberikan pengaruh yang signifikan terhadap penurunan kadar amonia pada sampel air limbah *laundry*.



Gambar 3. Data Rerata Kadar Amonia

Penurunan kadar amonia sebesar 63,6% dalam penelitian ini dilaporkan lebih tinggi dari penelitian yang telah dilakukan tentang adsorpsi amonia menggunakan adsorben karbon aktif dengan lama kontak selama 7 menit yang mampu menurunkan kadar amonia dalam sampel limbah cair industri tahu sebesar 35% [9]. Akan tetapi, sebaliknya penurunan kadar amonia dalam penelitian ini dilaporkan masih lebih rendah dibandingkan dengan penelitian yang dilakukan tentang biofiltrasi limbah cair rumah sakit menggunakan biofilter eceng gondok selama 6 hari kontak dan mampu menurunkan kadar amonia hingga 98% [10]. Meski demikian, perbedaan proses filtrasi dalam penelitian ini dibandingkan kedua penelitian di atas adalah telah menggunakan multi adsorben alam sebagai media filtrasi serta waktu filtrasi berlangsung dengan lebih cepat.

Dalam perairan, kadar amonia yang terukur berupa amonia total (NH_3 dan NH_4^+). Amonia bebas (NH_3) tidak dapat terionisasi, sedangkan amonium (NH_4^+) dapat terionisasi. Amonia bebas (NH_3) yang tidak terionisasi ini dapat bersifat toksik terhadap organisme akuatik. Toksisitas amonia terhadap organisme akuatik akan meningkat jika terjadi penurunan kadar oksigen terlarut, pH dan suhu. Amonia jarang ditemukan pada perairan yang cukup suplai oksigennya, sebaliknya pada daerah anaerobik yang biasanya berada di dasar perairan, kadar amonia sangatlah tinggi [5]. Dengan adanya proses filtrasi pada sampel air limbah *laundry*, maka tentu saja kadar amonia bebas yang terdapat dalam sampel air limbah *laundry* dapat diturunkan hingga 63,6%, itu tandanya adanya perlakuan filtrasi dapat menurunkan kadar amonia secara signifikan. Kombinasi adsorben yang digunakan dalam penelitian ini terbukti efektif dalam menurunkan kadar amonia, di mana amonia terperangkap dalam pori-pori adsorben.

Dalam penelitian ini, penurunan kadar amonia hasil filtrasi pada sampel air limbah *laundry*, ternyata juga mampu diturunkan hingga jauh di bawah batas maksimum baku mutu air limbah domestik yang ditetapkan Kementerian Lingkungan Hidup menurut Permen LH No. 68 Tahun 2016 yaitu batas maksimum amonia yang ditetapkan yaitu 10 mg/L, sedangkan kadar amonia hasil filtrasi dalam penelitian ini dapat diturunkan hingga 4 mg/L, yang artinya adanya perlakuan filtrasi pada sampel air limbah *laundry* telah menurunkan kadar amonia hingga memenuhi baku mutu yang ditetapkan.

Kesimpulan

Dari hasil penelitian dan pembahasan diatas, dapat disimpulkan bahwa penggunaan kombinasi adsorben alam seperti arang aktif, zeolit, pasir silika, ferolit dan antrasit sebagai media filtrasi terbukti dapat menurunkan secara signifikan kadar fosfat dan amonia yang terkandung dalam sampel air limbah *laundry* yaitu sebesar 83,3% dan 63,6%.

Daftar Pustaka

1. Yunarsih, N. M.; Manurung, M.; Putra, K. G. D., Efektifitas Membran Khitosan Dari Kulit Udang Galah (*Macrobrachium Rosenbergii*) Untuk Menurunkan Fosfat Dalam Air Limbah *Laundry*. *Cakra Kimia* **2013**. 1 (2): 25–32.
2. Mahida. Pencemaran Air Dan Pemanfaatan Limbah Industri. Jakarta: CV Rajawali. **1995**.
3. Soemirat, T. Kesehatan Lingkungan. Yogyakarta: Gajahmada University Press. **1996**.
4. Jamil, A.; El-Dessouky, H., Design of a Modified Low Cost Treatment System for the Recycling and Reuse of Laundry Waste Water. *Resources, Conservation and Recycling*. **2008**. 52 (7): 973–78.
5. Effendi, H., Telaah Kualitas Air Bagi Pengelolaan Sumber Daya Dan Lingkungan Perairan. Yogyakarta: Kanisius. **2003**.
6. Astuti, S.W.; Sinaga, M. S.,. Pengolahan Limbah *Laundry* Menggunakan Metode *Biosand Filter* Untuk Mendegradasi Fosfat. *Teknik Kimia USU* **2015** 4 (2): 53–58.
7. Aliaman. Pengaruh Absorpsi Karbon Aktif & Pasir Silika Terhadap Penurunan Kadar Besi (Fe), Fosfat (PO_4^{2-}), dan Deterjen Dalam Limbah *Laundry*." Universitas Negeri Yogyakarta. **2017**.
8. Sasongko, L A.. Pencemaran Air Sungai Tuk Akibat Air Limbah Domestik (Studi Kasus Kelurahan Bendan Ngisor Dan Kelurahan Sampangan Kecamatan Gajah Mungkur Kota Semarang. *Momentum* **2008** 4 (1): 48–55.
9. Roesiani, L., Keefektifan Lama Kontak Karbon Aktif Terhadap Penurunan Kadar Amonia Limbah Cair Industri Tahu Di Desa Teguhan Sragen Wetan Sragen. Universitas Muhammadiyah Surakarta. **2015**.
10. Zaman, B.; Endro S., Kemampuan Penyerapan Eceng Gondok Terhadap Amoniak Dalam Limbah Rumah Sakit Berdasarkan Umur dan Lama Kontak (Studi Kasus : RS Panti Wilasa, Semarang)." *PRESIPITASI* **2006** 1 (1): 49–54.