

PENYERAPAN FOSFAT LIMBAH CAIR *LAUNDRY* DENGAN METODE ADSORPSI

Andi Via Putra Utama¹, Reni Silvia Nasution^{1*}, Muhammad Ridwan Harahap¹

¹Program Studi Kimia, Fakultas Sains dan Teknologi, Universitas Islam Negeri Ar-Raniry

*E-mail : reni.silvia@ar-raniry.ac.id

Abstract : *Current environmental problems that occur a lot, one of which is pollution by liquid waste originating from the process of washing clothes or laundry business. Nowadays, laundry is a mushrooming business in every city and village area, even the work of laundry at this laundry service reaches 75 to 80 kg per day and the resulting laundry waste ranges from 35 to 50 liters. In this library research, it is summarized how the effect of natural material adsorbents with contact time and adsorbent mass on the effectiveness of adsorption of phosphate levels (PO_4) in laundry wastewater, where the adsorption process with natural materials adsorbents is effective in reducing phosphate levels in laundry wastewater. This can be seen based on the influence of adsorbents from natural materials, not all adsorbents are able to reduce phosphate levels properly, this is influenced by mass, contact time and type of activator. Then on the effect of contact time and adsorbent mass, the results obtained that not all of the highest contact times and highest adsorbent masses will absorb a lot of absorbed phosphate levels. This is influenced by the saturation of the adsorbent in the phosphate waste, so that the adsorbent experiences desorption or the release of phosphate levels. This research can be used as information to reduce phosphate levels so that it is easier to determine the variables for the adsorption process.*

Keywords: *Phosphate, Laundry waste, adsorption*

Abstrak : Permasalahan lingkungan saat ini yang banyak terjadi salah satunya adalah pencemaran oleh limbah cair yang berasal dari proses pencucian pakaian atau usaha *laundry*. Dewasa ini *laundry* menjadi usaha yang menjamur yang berada di setiap daerah kota maupun desa, bahkan pengerjaan cucian pada jasa *laundry* ini mencapai 75 s/d 80 kg setiap harinya dan limbah *laundry* yang dihasilkan berkisar 35 s/d 50 L. Dalam kajian kepustakaan (*library research*) ini, dirangkum tentang bagaimana pengaruh adsorben bahan alam dengan waktu kontak dan massa adsorben terhadap efektivitas adsorpsi kadar fosfat (PO_4) limbah cair usaha *laundry*, dimana proses adsorpsi dengan adsorben bahan alam efektif menurunkan kadar fosfat pada limbah cair *laundry*. Hal ini dilihat berdasarkan pengaruh adsorben dari bahan alam, tidak semua adsorben mampu menurunkan kadar fosfat dengan baik, hal ini dapat dipengaruhi oleh massa, waktu kontak dan jenis aktivator. Kemudian pada pengaruh waktu kontak dan massa adsorben, dari hasil yang diperoleh bahwa tidak semuanya waktu kontak tertinggi dan

massa tertinggi akan menyerap banyak kadar fosfat yang terserap. Hal ini dipengaruhi oleh jenuhnya adsorben dalam limbah fosfat, sehingga adsorben tersebut mengalami desorpsi atau terjadinya pelepasan kadar fosfat. Penelitian ini bisa dimanfaatkan sebagai informasi untuk penurunan kadar fosfat sehingga lebih mudah dalam menentukan variabel-variabel untuk proses adsorpsi.

Kata Kunci: Fosfat, Limbah *laundry*, Adsorpsi.

PENDAHULUAN

Permasalahan lingkungan saat ini yang banyak terjadi salah satunya adalah pencemaran oleh limbah cair yang berasal dari proses pencucian pakaian. Limbah cair yang tidak dikelola akan menimbulkan dampak yang luar biasa pada perairan, khususnya sumber daya air (Fernianti & Suryati, 2017). Limbah cair ini perlu mendapat perhatian dalam pengolahan air limbah, karena sudah banyak bermunculan di kota besar yang berasal dari *laundry* skala rumahan (Agustina dkk. 2015). 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. Meningkatnya jumlah industri *laundry* akan mengakibatkan meningkatnya penggunaan detergen. Zat yang dominan terkandung dalam detergen adalah natrium tripolifosfat sebagai *builder* (pembentuk) yang berfungsi meningkatkan efisiensi pencuci dari surfaktan dengan cara menonaktifkan mineral penyebab kesadahan air dengan cara mengikat ion kalsium dan magnesium, sehingga limbahnya pun mengandung fosfat (Wardhana dkk. 2013).

Fosfat terdapat dalam air limbah *laundry* sebagai senyawa polifosfat yang keberadaannya dalam air sangat berpengaruh terhadap keseimbangan ekosistem perairan. Bila kadar fosfat dalam air tinggi, pertumbuhan tanaman dan ganggang tidak terbatas lagi (keadaan eutrop), sehingga dapat

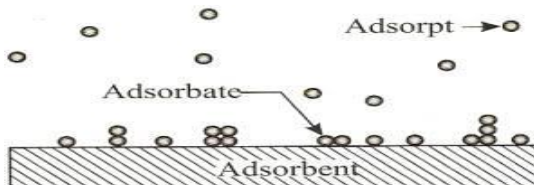
mengurangi jumlah oksigen terlarut pada air dan pada gilirannya dapat mengganggu ekosistem lingkungan (Agustina dkk. 2015).

Persoalan pencemaran lingkungan akibat limbah *laundry* yang mengandung fosfat dan senyawa kimia lain yang bersifat karsinogenik, juga terjadi persoalan lain yaitu tingginya kasus eutrofikasi yang terjadi di banyak sumber daya air di Indonesia, eutrofikasi merupakan sebuah proses alamiah di mana danau mengalami penuaan secara bertahap dan menjadi lebih produktif bagi tumbuhnya biomassa. Faktor pencemaran akibat aktivitas modern, baik dari praktik pertanian, peternakan, permukiman, atau bahkan usaha-usaha skala rumahan ataupun dikarenakan tingginya populasi manusia menjadi sumber semakin beratnya persoalan krisis air ini. Proses alamiah dengan segala aktivitas modernnya, secara tidak disadari dipercepat menjadi dalam hitungan beberapa dekade atau bahkan beberapa tahun saja. Maka tidaklah mengherankan jika eutrofikasi menjadi masalah di hampir ribuan danau di muka bumi, sebagaimana dikenal lewat fenomena alga bloom (Auliah, 2009).

Adsorpsi

Adsorpsi merupakan suatu proses penyerapan oleh padatan tertentu terhadap zat tertentu yang terjadi pada permukaan zat padat karena adanya gaya tarik atom atau molekul pada permukaan zat padat tanpa meresap ke dalam (Atkins, 1999). Adsorpsi merupakan suatu proses dimana molekul-molekul fluida menyentuh dan terperangkap pada permukaan padatan. Adsorpsi adalah

fenomena fisik yang terjadi saat molekul-molekul gas atau cair dikontakkan dengan suatu permukaan padatan dan sebagian dari molekul-molekul tersebut mengembun pada permukaan padatan. Walaupun adsorpsi biasanya dikaitkan dengan perpindahan dari suatu gas atau cairan ke suatu permukaan padatan, perpindahan dari suatu gas ke suatu permukaan cairan juga terjadi (Suryawan, 2004). Zat atau molekul yang terserap ke permukaan disebut adsorbat, sedangkan zat atau molekul yang menyerap disebut adsorben (Sukardjo, 1985). Menurut Haura dkk. (2017) adsorpsi merupakan salah satu cara efektif untuk menyerap kandungan berbahaya yang terdapat pada limbah cair dan sering dilakukan dalam proses penanganan limbah cair industri.



Gambar 1. Proses adsorpsi Adsorbat oleh Adsorben (Bird, 1993)

Faktor yang mempengaruhi penyerapan

Secara umum, faktor-faktor yang mempengaruhi daya serap ada 4 faktor, yaitu:

1. Tekanan (P) yang dimaksud adalah tekanan adsorbat. Kenaikan tekanan adsorbat dapat menaikkan jumlah zat yang diadsorpsi.
2. Sifat bahan larutan dan temperatur, faktor yang mempengaruhi adalah kebasaaan (pH) dan senyawa ionik dimana pH menentukan kontak permukaan dengan adsorben dan senyawa ionik menentukan disosiasi antara senyawa elektrolit, temperatur yang dimaksud disini adalah temperatur adsorbat. Berkurangnya temperatur akan menambah jumlah adsorbat yang teradsorpsi demikian juga peristiwa sebaliknya.
3. Interaksi Potensial (E), interaksi potensial antara adsorbat dengan dinding adsorben sangat bervariasi, tergantung dari sifat adsorbat-adsorben.
4. Karakteristik adsorben dan karakteristik bahan yang akan diserap. Sifat dari adsorben yang biasanya cenderung mempengaruhi proses adsorpsi adalah bentuk pori, permukaan kimia dan isi dari bahan yang akan diserap. Proses penyerapan bergantung pada kemampuannya menerima molekul organik yang masuk kedalam permukaan adsorben yang bergantung kepada ukuran mereka. Karakter yang diperhatikan dari bahan yang akan diserap meliputi ukuran molekul, kelarutan, sifat koligatif (pKa), dan komposisi penyusunnya jika bahan tersebut adalah senyawa aromatik.

PEMBAHASAN

Pengaruh Adsorben Bahan Alam Terhadap Penyerapan Kadar Fosfat

Dilihat dari segi jenis adsorben untuk proses adsorpsi kadar fosfat secara umum banyak menggunakan karbon aktif. Karbon aktif dipilih karena memiliki daya serap yang tinggi yakni mencapai 25-100 % terhadap senyawa organik ataupun anorganik serta luas permukaan yang besar berkisar antara 300-350 m²/g (Majid dkk. 2017). Karbon aktif adalah material karbon amorf tersusun atas pelat-pelat datar atom C yang terikat secara kovalen dalam suatu kisi heksagonal dengan satu atom C pada setiap sudutnya. Dengan luas permukaan yang tinggi dan porous maka karbon aktif dapat berperan sebagai adsorben yang baik (Hartanto & Ratnawati, 2010).

Adsorben lain berupa zeolit yang memiliki permukaan yang luas dan berpori mampu mengadsorpsi kadar fosfat dalam air limbah. Mineral zeolit mempunyai struktur "framework" tiga dimensi dan menunjukkan sifat penukar ion, adsorpsi,

“*molecular sieving*” dan katalis sehingga memungkinkan digunakan dalam pengolahan limbah usaha dan limbah nuklir (Thamzil, 2008). Menurut Sisyanreswari dkk. (2014) adsorpsi menggunakan zeolit dapat digunakan untuk mengurangi kontaminasi deterjen. Muatan negatif pada kerangka zeolit dinetralkan oleh kation yang terikat lemah. Deterjen yang merupakan molekul organik akan ditarik oleh zeolit dan melekat pada permukaan dengan kombinasi dari daya fisik kompleks dan reaksi kimia. Pada penelitian Wirosodarmo dkk. (2019) memakai zeolit termodifikasi dikarenakan zeolit alam memiliki beberapa kelemahan sehingga perlu dimodifikasi. Modifikasi zeolit pada penelitian ini menggunakan pencucian dengan larutan asam klorida dan air suling. Pencucian ini bertujuan untuk menghilangkan ion kalsium dan klor pada permukaan zeolit yang dapat menurunkan kemampuannya, zeolit termodifikasi mampu menyerap fosfat dengan efisiensi sebesar 47,56 - 71,93 %. Pada penelitian Lavinia dkk. (2016) menggunakan zeolit dan manganese greensand, Menurut Aprianti dkk. (2015) manganese greensand merupakan zeolit yang telah dimodifikasi dengan menambahkan mangan ke zeolit sehingga kandungan mangan oksida menjadi meningkat sebanyak lima kali. Adanya kandungan mangan oksida pada manganese greensand diharapkan dapat berfungsi sebagai gugus fungsi yang digunakan untuk mengikat ion fosfat.

Pada adsorben dari kitosan dan pektin, karena kitosan merupakan salah satu polimer yang ramah terhadap lingkungan dan merupakan bahan alami yang dapat dimanfaatkan untuk pengolahan limbah cair. Sedangkan dalam pektin banyak mengandung gugus aktif yang dapat digunakan sebagai adsorben.

Pengaruh Waktu Kontak Terhadap Penyerapan Kadar Fosfat

Waktu kontak mempengaruhi banyaknya adsorbat yang terserap, dikarenakan terjadinya perbedaan kemampuan adsorben dalam menyerap

adsorbat yang berbeda-beda. Dalam hal ini pengaruh waktu kontak terhadap penurunan kadar fosfat berdasarkan pada hasil penelitian yang sudah dilakukan Pada Nainggolan dkk. (2019) yang menggunakan adsorben tongkol jagung dengan membuat variasi waktu 20, 40, 60, 80, 100, 120 dan 140 menit, dengan kadar fosfat awal 10 ppm. Pada waktu 20 – 100 menit terjadi penurunan yang signifikan 7,953 ppm, 7,012 ppm, 5,095 ppm, 3,213 ppm dan 2,064 ppm. Setelah 100 menit tidak terjadi lagi penurunan kadar fosfat dimana kadar fosfat stabil pada 2,064 ppm (79,36 %), dalam hal ini dapat diasumsikan bahwa waktu kesetimbangan tercapai dalam waktu 100 menit.

Menurut Wardhana dkk (2013) dengan kadar fosfat sebelum perlakuan dengan adsorben karbon aktif sampah plastik 10,21 mg/L yang membuat variasi waktu kontak 30, 60, 90, 120, dan 150 menit. Terjadi penurunan kadar fosfat pada waktu kontak terbaik 150 menit dengan kadar fosfat yang dihasilkan 6,2 mg/L (39,2 %), 5,9 mg/L (42,2 %) dan 5,5 mg/L (46,1 %) pada massa adsorbennya 1, 2 dan 3 g/

Pada penelitian Rajagukguk (2018) membuat variasi waktu kontak 0, 5, 10, 15, 20, 25 dan 30 menit, dengan kadar fosfat sebagai kontrol sebesar 10,465 mg/L. Pada waktu kontak 5, 10, 15, 20 dan 25 menit didapat kapasitas adsorpsi secara berturut-turut sebesar 0,2828 mg/g, 0,4336 mg/g, 0,6952 mg/g, 1,1224 mg/g dan 2,3932 mg/g dengan efisiensi penyisihan sebesar 6,7559 %, 10,3583 %, 16,6077 %, 26,8132 % dan 57,1715 %. Tetapi pada menit ke 30 terdapat penurunan terhadap kapasitas adsorpsi dan efisiensi penyisihan, yaitu mendapatkan kapasitas adsorpsi sebesar 2,0904 mg/g dan efisiensi penyisihan sebesar 49,9379 %. Penurunan ini diindikasikan bahwa pada proses pengaplikasian adsorben kulit durian pada limbah cair terjadi desorpsi. Hal ini mengakibatkan adsorbat yang telah terserap terlepas kembali dari adsorben.

Astuti & Sinaga (2015) juga menunjukkan bahwa semakin lama waktu kontak, maka akan semakin baik proses adsorpsinya. Dengan membandingkan

waktu kontaknya 1-30 hari secara berturut-turut dimana kadar fosfat sebelum perlakuan dengan metode *biosand filter* adalah 19,1 mg/L menjadi 5,2 mg/L (72,77 %) pada waktu terbaiknya selama 30 hari.

Pada penelitian Halim (2014), mengungkapkan bahwa kadar fosfat sebelum perlakuan yang di hasilkan dari 3 usaha *laundry* yaitu 30,35 mg/L, 10,9 mg/L dan 0,19 mg/L. Pada kadar fosfat limbah *laundry* pertama dengan variasi waktu kontak 2, 4 dan 6 hari, mengalami penurunan kadar fosfat 21.38 mg/L (29.56%), 0.28 mg/L (99.08%) dan 0.11 mg/L (99.64%). Kemudian pada kadar fosfat limbah *laundry* kedua 5.83 mg/L (46.51%), 0.49 mg/L (95.50%) dan 0.21mg/L (98.07%). Kadar fosfat limbah *laundry* ketiga 2.86 mg/L (-1.41%), 0.07 mg/L (63.16%) dan 0.02 mg/L (89.47%). Terjadinya penurunan konsentrasi secara teratur pada limbah *laundry* pertama dan kedua. Namun pada limbah *laundry* ketiga karbon aktif mengalami kejenuhan hingga kadar fosfat mengalami kenaikan. Setelah diaktivasi, konsentrasi PO_4 kembali mengalami penurunan secara teratur dengan efektivitas tertinggi 99,64 % pada limbah *laundry* pertama dengan waktu terbaik selama 6 hari.

Pada penelitian Sisyanreswari dkk. (2014), pengolahan limbah *laundry* dengan media zeolit diperoleh waktu kontak yang efektif pada menit ke 120 dengan ketinggian 40 cm penurunan kadar fosfat sebesar 90,79 %.

Pada penelitian Setiawati dkk. (2015), dengan variasi waktu 30, 60, 90 dan 120 menit. Pada waktu kontak 90 menit yang merupakan waktu kontak optimum terjadi, adsorben dapat menyerap fosfat sejumlah 13,32 ppm (66,83%), dari konsentrasi awal 19,94 ppm. Berbeda halnya dengan penelitian Yunarsih dkk. (2013), yang menggunakan kitosan dari kulit udang galah (*Macrobanchium rosenbergii*) sebagai adsorben dengan kadar fosfat sebelum perlakuan 17.667305 ppm, dengan variasi waktu 30, 60, 90 dan 120 menit. Waktu kontak terbaik 60 menit dengan kadar fosfat total dalam air limbah *laundry* menjadi 0.460511 ppm (97.40%).

Menurut Pramudita (2019), waktu yang paling baik dalam menyerap kadar fosfat dengan menggunakan adsorben kitosan dan pektin adalah 25 menit dimana kadar fosfat sebelum perlakuan 0,414 mg/L menjadi 0,250 mg/L dibandingkan dengan waktu 5, 10, 15 dan 20 menit yang hanya menghasilkan kadar fosfat secara berturut-turut 0,3884 mg/L, 0,3644 mg/L, 0,3132 mg/L dan 0,2907 mg/L.

Pengaruh Massa Adsorben Terhadap Penyerapan Kadar Fosfat

Massa karbon aktif juga seringkali dijadikan faktor yang diteliti dalam proses adsorpsi berdasarkan penelitian hasil dari Nainggolan dkk. (2019), yang arang aktifnya bersumber dari tongkol jagung, dengan variasi massa 1, 2 dan 3 g. Kadar fosfat sebelum perlakuan 10 ppm, terjadi penurunan secara berturut-turut 5,140 ppm (48,6 %), 3,121 ppm (68,6 %) dan 2,090 ppm (79,1 %). Pengaruh massa terbaik pada 3 g dengan efektivitas penyerapan 79,1 %. Sama halnya dengan penelitian Majid dkk. (2017), menyimpulkan bahwa semakin tinggi konsentrasi karbon aktif yang digunakan maka semakin rendah kadar fosfat yang dihasilkan. Kadar fosfat sebelum penambahan karbon aktif 4,98 mg/L, Percobaan ini memvariasikan massa 1, 2, 3 g dengan melakukan 2 kali pengulangan (duplo) menghasilkan massa karbon aktif terbaik pada 3 g yang paling efektif, karena terjadi penurunan kadar fosfatnya menjadi 1,70 mg/L (65,86%) dan 1,89 mg/L (62,04%). Pada penelitian Wardhana dkk. (2013) juga memvariasikan massa 1, 2 dan 3 g. Penurunan kadar fosfat terbaik diperoleh pada karbon aktif dari sampah plastik dengan berat 3 g dengan penurunan kadar fosfat menjadi 5,5 mg/L (46,1 %) dari 10,21 mg/L. Jadi semakin besar massa karbon aktif maka semakin banyak kadar fosfat yang terserap.

Berbeda halnya dengan penelitian Mu'in dkk. (2017) yang menggunakan

adsorben plastik polietilen, kadar fosfat sebelum perlakuan 13,8 mg/L, dengan variasi massa 3, 4 dan 5 g, menghasilkan kadar fosfat secara berturut-turut 0,1 mg/L (99,3 %), 0 mg/L (100 %) dan 0,65 mg/L (95,3 %). Massa karbon aktif yang optimal didapatkan pada berat 4 g, sedangkan pada massa karbon aktif 5 g kadar fosfat kembali naik. Hal ini disebabkan karena jumlah karbon aktif yang terlalu banyak sehingga tidak efektif lagi untuk proses penyerapan. Sedangkan pada penelitian Adiastruti dkk. (2018) yang mengkombinasikan massa karbon aktif (5, 10, dan 15 g) mendapatkan hasil terjadi kenaikan kadar fosfat setiap penambahan karbon aktif diduga karena karbon aktif mengandung fosfat. Pada proses pembuatan karbon aktif, arang yang dihasilkan dari proses karbonisasi diaktifkan untuk meningkatkan efektivitasnya sebagai bahan penyerap. Aktivasi dapat dilakukan secara pemanasan dan penambahan senyawa kimia seperti H_3PO_4 , NH_4Cl , $AlCl_3$, dan lain-lain.

Pada penelitian Hariri (2019) kadar fosfat sebelum perlakuan dengan adsorben kitosan yaitu 0,45 mg/L efektivitas terjadinya penurunan kadar fosfat berdasarkan massa adsorben 1 sampai 6 g berturut-turut 0,42 mg/L, 0,32 mg/L, 0,27 mg/L, 0,24 mg/L, 0,22 mg/L dan 0,1754 mg/L. Massa terbaik pada variasi massa adsorben kitosan 6 g, karena terjadinya penurunan konsentrasi fosfat terbesar dalam air limbah *laundry*. Sama halnya dengan penelitian Rajagukguk (2018) dengan kadar fosfat sebelum perlakuan 10,465 mg/L. Kapasitas adsorpsi dengan penggunaan adsorben 1 sampai 3 g, kapasitas adsorpsi yang didapat secara berturut-turut menjadi 2,3932 mg/g (57,17 %),

1,9906 mg/g (95,11 %) dan 1,3723 mg/g (98,35 %). Pada massa 4 g, terjadinya penurunan kapasitas adsorpsi dan efisiensi penyisihan yang signifikan. Kapasitas adsorpsi dengan penggunaan adsorben sebesar 4 g menjadi 0,9483 mg/g dan efisiensi penyisihan menjadi 90,62% .

Pada penelitian Wiroesoedarmo, dkk. (2019), menggunakan zeolite yang sudah termodifikasi, hasil kadar fosfat awal 1,011 mg/L dengan variasi massa 0,5, 1 dan 1,5 g menghasilkan efisiensi penurunan kadar fosfat pada massa 0,5 yaitu 52,01 % dan massa 1 g turun menjadi 51,15 %. Kemudian kembali naik pada massa 1,5 g sebesar 69,82 %.

KESIMPULAN

Dari hasil kajian kepustakaan (*Library Research*) yang telah dilakukan, dapat disimpulkan bahwa proses adsorpsi efektif menurunkan kadar fosfat pada limbah cair *laundry*. Berdasarkan pengaruh adsorben dari bahan alam, tidak semua adsorben mampu menurunkan kadar fosfat dengan baik, hal ini dipengaruhi oleh massa, waktu kontak dan jenis aktivator. Kemudian pada pengaruh waktu kontak dan massa adsorben, dari hasil yang diperoleh bahwa tidak semuanya waktu kontak tertinggi dan massa tertinggi akan menyerap banyak kadar fosfat yang terserap. Hal ini dipengaruhi oleh jenuhnya adsorben dalam limbah fosfat, sehingga adsorben tersebut mengalami desorpsi atau terjadinya pelepasan kadar fosfat. Penelitian ini bisa dimanfaatkan sebagai informasi untuk penurunan kadar fosfat sehingga lebih mudah dalam menentukan variabel-variabel untuk proses adsorpsi.

DAFTAR RUJUKAN

- Adiastruti, F. E., Ratih, Y. W., & Afany, M. R., (2018). *Kajian pengolahan air limbah laundry dengan metode adsorpsi karbon aktif serta pengaruhnya terhadap pertumbuhan azolla*. Fakultas Pertanian UPN "Veteran" Yogyakarta. ISSN: 1411-5719
- Agustina, T. E., Luigi, C., & Lorenza, T., (2015). *Pengaruh ketinggian unggun*

- zeolit serta suhu aktivasi zeolit terhadap penurunan kandungan fosfat dalam air limbah laundry sintetik. *Jurnal Teknik Kimia* No.1, Vol. 21 : Universitas Sriwijaya
- Aprianti, K., Destiarti, L., & Nelly, W. (2015) . Karakterisasi zeolite mangan komersial dan aplikasinya dalam mengadsorpsi ion fosfat. *Jurnal : Jurusan Kimia, Fakultas MIPA Universitas Tanjungpura*. 4(1).51-57
- Astuti, S. W., & Sinaga, M. S., (2015). *Pengolahan limbah laundry menggunakan metode biosand filter untuk mendegradasi fosfat*. *Jurnal Teknik Kimia USU*, Vol. 4, No. 2
- Atkins, P. W. (1999). *Kimia Fisik*. Edisi ke-4. Irma IK penerjemah, Jakarta: Erlangga. Terjemahan dari: Physical Chemistry.
- Auliah, A. (2009). Lempung aktif sebagai adsorben ion fosfat dalam air. *Jurnal Chemica* Vol. 10 Nomor 2:14-23
- Bird, T. (1993). *Kimia Fisik Untuk Universitas*. Jakarta: Gramedia Pustaka Utama
- Fernianti, D., & Suryati, L. (2017). *Terhadap Proses Penyerapan Surfaktan dalam Ampas Teh*, 2(2), 10–14.
- Halim, P. A., (2014). *Biosand filter dengan reaktor karbon aktif dalam pengolahan limbah laundry*, Fakultas teknik, Universitas Hasanuddin Makassar.
- Hariri, A. L. F., (2019). *Pemanfaatan komposit dari kitosan pada cangkang kepiting dan pektin dari kulit buah jeruk sebagai adsorben limbah laundry*, Fakultas Teknik Kimia, UMS
- Hartanto, S & Ratnawati. (2010). *Pembuatan karbon aktif dari tempurung kelapa sawit dengan metode aktivasi kimia*. *Jurnal Sains Materi Indonesia. Indonesian Journal of Materials Science*. 12(1). 12-16. ISSN:1411-1098
- Haura, U., Razi, F., & Meilina, H. (2017). *Karakterisasi adsorben dari kulit manggis dan kinerjanya pada adsorpsi logam Pb(II) dan Cr(VI)*, BIOPROPAL INDUSTRI Vol.8 No.1, 47-54.
- Lavinia, D.L., Sulistiyani & Rahardjo, M. (2016) Perbedaan efektivitas zeolite dan manganese greensand untuk menurunkan kadar fosfat dan chemical oxygen demand limbah cair laundry zone di Tembalang. *Jurnal Kesehatan Masyarakat*. 4(4). ISSN :2356-3346.
- Majid, M., Rahmi, A., Umar, R., & Hengky, H. K. (2017). *Efektivitas Penggunaan Karbon Aktif ada Penurunan Kadar Fosfat Limbah Cair Usaha Laundry di Kota Pare-Pare Sulawesi Selatan*, Prosiding Seminar Nasional IKAKESMADA
- Mu'in, R., Wulandari, S., & Pertiwi, N. P., (2017). Pengaruh kecepatan pengadukan dan massa adsorben plastik polietilen terhadap penurunan kadar phosphat pada limbah laundry, *Jurnal Teknik Kimia*, Universitas Sriwijaya. No. 1, Vol. 23
- Nainggolan, I. T. A. B., Herman, S., & Yenti, S. R., (2019). *Penentuan Model Kesetimbangan Adsorpsi Ion Fosfat (PO₄-3) Menggunakan Arang Aktif Tongkol Jagung dengan Variasi Massa Arang Aktif dan Kecepatan Pengadukan*, Fakultas Teknik Kimia, Universitas Riau, Volume 6 Edisi 1
- Pramudita, A. E. E., (2019). *Pemanfaatan komposit dari kitosan dan pektin dari kulit buah jeruk sebagai adsorben*

- limbah laundry*, Fakultas Teknik Kimia, UMS
- Rajagukguk, P.T. R., (2018). *Pemanfaatan Kulit Durian Sebagai Adsorben untuk Penyisihan Detergen dan Fosfat dalam Pengolahan Limbah Cair Laundry*, Universitas Sumatra Utara : Medan
<http://repositori.usu.ac.id/handle/123456789/11651>
- Setiawati, D., Destiarti, L., & Wahyuni, N., (2015). *Pemanfaatan Zeolit A Termodifikasi HexaDecylTri Methyl Ammonium (HDTMA) Sebagai Adsorben Fosfat*, Universitas Tanjungpura. Volume 4(2), hal 14-20, ISSN: 2303-1077
- Sisyanreswari, H., Oktiawan, W., & Rezagama, A., (2014). *Penurunan TSS, COD, Fosfat pada limbah laundry menggunakan koagulan tawas dan media zeolit*. Fakultas teknik, UNDIP
- Sukardjo (1985). dalam Ngandayani, D. 2011. *Pengaruh Konsentrasi Adsorbat, Temperatur, dan Tegangan Permukaan pada Proses Adsorpsi Gliserol oleh Karbon Aktif*. Skripsi. Surakarta : Universitas Sebelas Maret
- Suryawan, B. (2004). *Karakteristik Zeolit Indonesia sebagai Adsorben Uap Air*. Universitas Sriwijaya, Jakarta.
- Thamzil, L. (2008). *Potensi zeolite untuk mengolah limbah industri dan radioaktif*. Tangerang : Batan
- Wardhana, I. W., Siwi H. D., & Ika, R. D. (2013). *Penggunaan Karbon Aktif dari Sampah Plastik untuk kandungan fosfat pada limbah cair (Studi Kasus: Limbah Cair Industri Laundry di Tembalang, Semarang, Jurnal PRESIPITASI, 10(1): 30-40*
- Wiroesoedarmo, R., Kurniati, E., & Ardika, A. J., (2019). *Adsorpsi Senyawa Fosfat Total (PO₄) dalam Air Buangan Laundry dengan Zeolit Termodifikasi*. Jurnal Sumber daya Alam dan Lingkungan, Universitas Brawijaya
- Yunarsih, N. M., Manurung, M., dan Putra, K. G. D., (2013). *Efektivitas membran khitosan dari kulit udang galah (Macrobanchium rosenbergii) untuk menurunkan kadar fosfat dalam air limbah laundry*. Cakra Kimia (Indonesian E-Journal of Applied Chemistry) Vol 1, No 2, ISSN 2302- 7274.