



PENGARUH JENIS DAN KETEBALAN KARBON AKTIF PADA SISTEM CONSTRUCTED WETLANDS UNTUK PENGOLAHAN LIMBAH CAIR RUMAH TANGGA

Anton Kuswoyo^{1*} dan Almira Ulimaz²

¹Program Studi Teknologi Pakan Ternak, Jurusan Teknologi Industri Pertanian, Politeknik Negeri Tanah Laut, Indonesia

²Program Studi Agroindustri, Jurusan Teknologi Industri Pertanian, Politeknik Negeri Tanah Laut, Indonesia

*E-Mail : kuswoyoanton@politla.ac.id

DOI : <https://doi.org/10.33394/bioscientist.v10i1.4436>

Submit: 20-11-2021; Revised: 27-01-2022; Accepted: 02-02-2022; Published: 30-06-2022

ABSTRAK: Pokok permasalahan lingkungan saat ini masih tentang pencemaran. Permukiman penduduk selalu menghasilkan limbah, khususnya limbah cair rumah tangga. Limbah jenis ini umumnya berupa air yang berwarna keruh dan mengeluarkan bau tidak sedap. Limbah cair jenis ini dikenal dengan istilah *greywater*. Dampak pencemaran yang dirasakan langsung yaitu tercemarnya air tanah (sumur) maupun air sungai oleh *greywater*. Akibatnya, kualitas lingkungan pun semakin terganggu. Khususnya di Kelurahan Angsau, Kecamatan Pelaihari, Kabupaten Tanah Laut, mayoritas penduduknya menggunakan air sumur untuk kebutuhan Mandi Cuci Kakus (MCK) dan memasak. Tujuan penelitian ini ialah menurunkan kadar *fosfat* dalam air limbah *greywater* secara lebih efektif dan efisien. Jenis penelitian ini adalah *true eksperiment* dengan rancangan penelitian *pretest-posttest with control group design*. Subjek penelitian adalah limbah cair rumah tangga (*greywater*) yang diambil secara acak di Kelurahan Angsau, Kecamatan Pelaihari, Kabupaten Tanah Laut, Provinsi Kalimantan Selatan. Penelitian dirancang dengan 6 perlakuan yaitu variasi karbon aktif yang digunakan pada dua bak reaktor *constructed wetlands*. Reaktor pertama menggunakan karbon aktif tempurung kelapa, dan reaktor kedua menggunakan karbon aktif cangkang sawit. Hasil penelitian menunjukkan bahwa, semakin tebal karbon aktif yang diaplikasikan pada sistem reaktor *constructed wetlands*, maka semakin rendah pula kadar *fosfat* pada limbah cair rumah tangga (*greywater*). Nilai rerata persentase tertinggi berada pada perlakuan dengan karbon aktif setebal 15 cm, dan nilai rerata persentase terendah berada pada perlakuan dengan karbon aktif setebal 5 cm. Hasil penelitian juga menunjukkan bahwa, karbon aktif dari cangkang sawit lebih efektif untuk menurunkan kadar *fosfat* dalam limbah cair rumah tangga (*greywater*) dibandingkan dengan penggunaan karbon aktif dari tempurung kelapa.

Kata Kunci: Karbon Aktif, *Greywater*, Tempurung Kelapa, Cangkang Sawit, *Fosfat*.

ABSTRACT: The main environmental problem today is still about pollution. Residential settlements always produce waste, especially household liquid waste. This type of waste is generally in the form of water that is cloudy in color and emits an unpleasant odor. This type of liquid waste is known as *greywater*. The direct impact of pollution is the contamination of groundwater (wells) and river water by *greywater*. As a result, the quality of the environment is getting disturbed. Especially in Angsau Village, Pelaihari Sub-district, Tanah Laut Regency, the majority of the population uses well water for bathing and washing toilets (MCK) and cooking. The purpose of this research is to reduce phosphate levels in *greywater* wastewater more effectively and efficiently. This type of research is a *true experiment* with a *pretest-posttest* research design with a *control group design*. The subject of the research was household liquid waste (*greywater*) which was taken at random in Angsau Village, Pelaihari District, Tanah Laut Regency, South Kalimantan Province. The study was designed with 6 treatments, namely variations of activated carbon used in two *constructed wetlands* reactor tanks. The first reactor uses coconut shell activated carbon, and the second reactor uses palm shell activated carbon. The results showed that, the thicker the activated carbon applied to the *constructed wetlands* reactor





system, the lower the phosphate levels in household wastewater (greywater). The highest average percentage value was in the treatment with 15 cm thick activated carbon, and the lowest percentage mean value was in the treatment with 5 cm thick activated carbon. The results also showed that activated carbon from palm shells was more effective in reducing phosphate levels in household wastewater (greywater) compared to the use of activated carbon from coconut shells.

Keywords: Activated Carbon, Greywater, Coconut Shell, Palm Shell, Phosphate.



Bioscientist : Jurnal Ilmiah Biologi is Licensed Under a CC BY-SA [Creative Commons Attribution-ShareAlike 4.0 International License](https://creativecommons.org/licenses/by-sa/4.0/).

PENDAHULUAN

Sumber utama permasalahan lingkungan hingga saat ini masih tentang pencemaran lingkungan. Keberadaan limbah di lingkungan merupakan suatu hal yang tidak dapat dihindari. Ini berhubungan dengan setiap aktivitas manusia dapat dipastikan akan menghasilkan limbah (Ulimaz, 2016). Pencemaran oleh sampah maupun limbah merupakan masalah yang tidak pernah ada habisnya selama manusia masih hidup di dunia ini.

Manusia adalah satu-satunya makhluk hidup yang selama hidupnya menghasilkan sampah (Ulimaz & Lestari, 2019) di lingkungan. Pencemaran lingkungan hidup, selain dapat mengganggu kehidupan manusia juga dapat merusak ekosistem yang ada di lingkungan itu sendiri, karena terdapat bahan pencemar yang masuk ke dalam lingkungan. Hal tersebut menyebabkan lingkungan tidak dapat berfungsi dengan baik sebagaimana mestinya. Salah satu faktor yang mempengaruhi kondisi lingkungan adalah masalah pembuangan dan pengelolaan limbah (Murniati & Makkawaru, 2020).

Permukiman penduduk selalu menghasilkan limbah, khususnya limbah cair rumah tangga yang berasal dari air kamar mandi, air cucian pakaian, dan air dari dapur. Limbah cair jenis ini umumnya berupa air yang berwarna keruh dan mengeluarkan bau tidak sedap. Selain itu, limbah cair jenis ini juga mengandung minyak goreng (*jelantah*) dan *fosfat* dari sabun, *shampo*, maupun *detergen*. Limbah cair jenis ini dikenal dengan istilah *greywater*. Selain mencemari lingkungan berupa bau yang tidak sedap, *greywater* juga dapat memicu terjadinya eutrofikasi dalam badan air (Suneetha & Ravindhranath, 2012).

Limbah cair rumah tangga (*greywater*) berasal dari kamar mandi (air sabun dan *shampo*), air bekas cucian pakaian, maupun air dari dapur (sabun, *detergen*, dan minyak), umumnya dibuang langsung ke lingkungan tanpa diolah terlebih dahulu. Tempat pembuangan *greywater* ini umumnya berupa kubangan di belakang rumah, atau langsung dibuang ke selokan yang ada di depan rumah. Akibatnya, *greywater* langsung meresap di dalam tanah dan mencemari lingkungan. Jumlah pencemaran *graywater* berbanding lurus dengan semakin meningkatnya populasi penduduk setempat (Siswanto, 2016).

Dampak pencemaran yang dirasakan langsung yaitu tercemarnya air tanah (sumur) maupun air sungai oleh *greywater*. Akibatnya, kualitas lingkungan pun



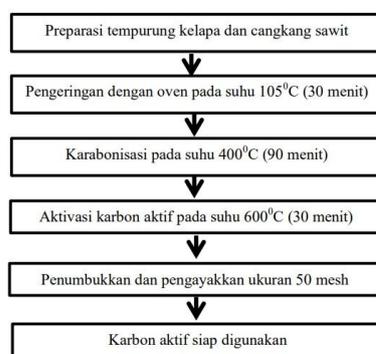
semakin terganggu. Khususnya di Kelurahan Angsau, Kecamatan Pelaihari, Kabupaten Tanah Laut, mayoritas penduduknya menggunakan air sumur untuk kebutuhan Mandi Cuci Kakus (MCK) dan memasak. Termasuk daerah lainnya se-Kabupaten Tanah Laut, mayoritas menggunakan air sumur untuk MCK maupun memasak. Hal ini karena air dari Perusahaan Daerah Air Minum (PDAM) hingga saat ini hanya mampu melayani 10,12% penduduk Kabupaten Tanah Laut (www.pelpost.com).

Sisanya, sebanyak 89,88% penduduk Kabupaten Tanah Laut menggunakan air sumur, danau, sungai, dan air hujan untuk keperluan sehari-hari. Oleh sebab itu, maka pencemaran *greywater* harus segera diatasi dengan cara mengolahnya terlebih dahulu sebelum dibuang ke lingkungan agar lebih ramah lingkungan. Pengolahan terbaik tentu ialah pengolahan yang hasilnya optimal, biayanya terjangkau, dan menggunakan bahan baku lokal yang mudah diperoleh. Penelitian terdahulu yang telah dilakukan yaitu mengolah *greywater* dengan metode *constructed wetlands* seperti yang dilakukan Rakhmatika *et al.* (2017), fitoremediasi menggunakan melati air (Siswandari, 2016), dan penelitian yang dilakukan Utomo *et al.* (2018) dengan cara filtrasi menggunakan *coco fiber* kombinasi karbon aktif.

Berdasarkan ketiga penelitian tersebut, maka perlu dilakukan penelitian lebih lanjut tentang pengaruh ketebalan karbon aktif dan jenis karbon aktif yang diaplikasikan dengan metode *constructed wetlands* terhadap pengolahan *greywater*. Pengaruh yang dimaksud yaitu penurunan COD, BOD, *fosfat*, dan perubahan pH. Tujuan khusus dari penelitian ini ialah menurunkan kadar *fosfat* dalam air limbah *greywater* secara lebih efektif dan efisien.

METODE

Jenis penelitian ini adalah *true eksperiment* dengan rancangan penelitian *pretest-posttest with control group design*. Subjek penelitian adalah limbah cair rumah tangga (*greywater*) yang diambil secara acak di Kelurahan Angsau, Kecamatan Pelaihari, Kabupaten Tanah Laut, Provinsi Kalimantan Selatan. Penelitian ini dirancang dengan 6 (enam) perlakuan, yaitu variasi karbon aktif yang digunakan pada dua bak reaktor *constructed wetlands*.

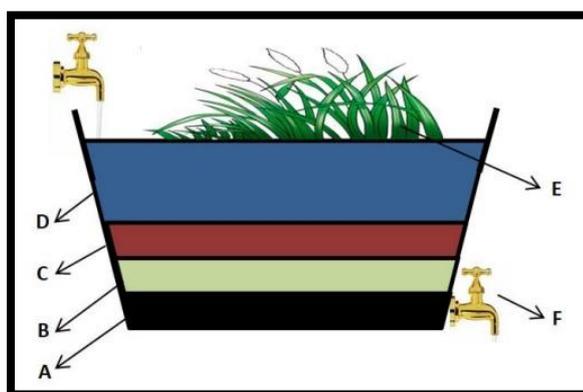


Gambar 1. Diagram Alir Proses Pembuatan Arang Aktif dari Tempurung Kelapa dan Cangkang Sawit.

Reaktor pertama menggunakan karbon aktif tempurung kelapa, dan reaktor kedua menggunakan karbon aktif dari cangkang sawit. Masing-masing reaktor dilakukan 3 (tiga) variasi perlakuan ketebalan karbon aktif, yaitu: 5 cm, 10 cm, dan 15 cm. Parameter yang diamati yaitu penurunan kadar *fosfat*. Karbon aktif yang digunakan berasal dari arang tempurung kelapa dan cangkang sawit. Karbon aktif dari tempurung kelapa maupun cangkang sawit dibuat melalui tahapan sebagai berikut: preparasi, pengeringan dengan oven 105⁰C, karbonisasi pada suhu 400⁰C, dan aktivasi pada suhu 600⁰C (Viena *et al.*, 2020). Karbon aktif yang sudah jadi, kemudian ditumbuk dan diayak untuk memperoleh ukuran seragam 50 mesh. Selanjutnya karbon aktif siap untuk digunakan pada reaktor *constructed wetlands*.

Reaktor *constructed wetlands* dibuat sebanyak 2 (dua) reaktor dengan ukuran sama yaitu 120 cm x 30 cm x 40 cm, dibuat dari rangka kayu dan triplek yang dilapisi dengan plastik. Sistem *wetlands* menggunakan tumbuhan rumput teki (*Cyperus rotundus* L.) dan media tanam berupa pasir (tebal 5 cm), kerikil (tebal 5 cm), dan karbon aktif (tebal 5 cm, 10 cm, dan 15 cm) yang disusun sesuai dengan sistem *wetlands* yang digunakan. Penggunaan rumput teki dalam penelitian ini karena rumput ini banyak terdapat di daerah persawahan di Kabupaten Tanah Laut. Selain itu, rumput teki memiliki beberapa keunggulan antara lain: mampu menurunkan *fosfat* dan COD limbah cair *laundry* secara efektif (Permanandiah, 2016).

Desain bak reaktor *constructed wetlands* seperti yang terlihat pada Gambar 2.



Gambar 2. Desain Bak Reaktor *Constructed Wetlands* Tipe *Subsurface Flow System* Menggunakan Rumput Teki (*Cyperus rotundus* L.) dan Karbon Aktif.

Keterangan:

- A = Karbon aktif dengan tebal (5, 10, dan 15 cm);
- B = Kerikil dengan tebal 5 cm;
- C = Pasir dengan tebal 5 cm;
- D = Air limbah rumah sakit;
- E = Tanaman rumput teki (*Cyperus rotundus* L.); dan
- F = Keran *outlet* air limbah.



Gambar 3. Tumbuhan Rumput Teki (*Cyperus rotundus* L.).

HASIL DAN PEMBAHASAN

Berdasarkan penelitian yang telah dilakukan, maka diperoleh hasil berupa data yang ditampilkan pada Tabel 1.

Tabel 1. Ketebalan Karbon Aktif Tempurung Kelapa terhadap Kadar Fosfat.

Tebal Karbon Aktif (cm)	Pengulangan ke-	Fosfat (mg/l)		Selisih	Persentase (%)	Rata-rata
		Pretest	Posttest			
5	1	5.44	1.18	4.26	78.31	78.29
	2	5.32	1.16	4.16	78.20	
	3	5.41	1.17	4.24	78.37	
10	1	5.43	1.19	4.24	78.08	78.31
	2	5.45	1.20	4.25	77.98	
	3	5.39	1.14	4.25	78.85	
15	1	5.33	1.13	4.20	78.80	79.85
	2	5.29	0.98	4.31	81.47	
	3	5.31	1.10	4.21	79.28	

Tabel 1 menunjukkan bahwa, semakin tebal karbon aktif tempurung kelapa yang diaplikasikan pada sistem reaktor *constructed wetlands* yang digunakan saat penelitian, maka semakin rendah pula kadar fosfat pada limbah cair rumah tangga (*greywater*). Tabel 1 juga menunjukkan bahwa, dengan pengaplikasian metode *constructed wetlands free water surface* dalam penelitian ini, diperoleh nilai rata-rata persentase tertinggi berada pada perlakuan dengan karbon aktif setebal 15 cm, dan nilai rata-rata persentase terendah berada pada perlakuan dengan karbon aktif setebal 5 cm. Hal ini berarti karbon aktif memiliki potensi sebagai material pengolahan air limbah rumah tangga, karena karbon aktif adalah karbon yang mengalami proses pengaktifan menggunakan bahan pengaktif (Tze *et al.*, 2016) sehingga pori-porinya terbuka, luas permukaan karbon menjadi lebih besar, dan kapasitas adsorpsinya menjadi lebih tinggi (Sethia & Sayari, 2016). Daya adsorpsi yang tinggi inilah yang menjadi dasar pemanfaatan karbon aktif sebagai material pengolahan air limbah sesuai dengan penelitian yang telah dilakukan oleh Pujiono & Mulyati (2017) yang berjudul “Potensi Karbon Aktif

dari Limbah Pertanian sebagai Material Pengolahan Air Limbah”.

Tabel 2. Ketebalan Karbon Aktif Cangkang Sawit terhadap Kadar Fosfat.

Tebal Karbon Aktif (cm)	Pengulangan ke-	Fosfat (mg/l)		Selisih	Persentase (%)	Rata-rata
		Pretest	Posttest			
5	1	5.44	1.19	4.25	78.13	78.36
	2	5.32	1.15	4.17	78.38	
	3	5.41	1.16	4,25	78.56	
10	1	5.43	1.16	4.27	78.64	78.55
	2	5.45	1.22	4.23	77.61	
	3	5.39	1.11	4.28	79.41	
15	1	5.33	0.98	4.35	81.61	80.23
	2	5.29	0.97	4.32	81.66	
	3	5.31	1.20	4.11	77.40	

Tabel 2 menunjukkan bahwa, semakin tebal karbon aktif cangkang sawit yang diaplikasikan pada sistem reaktor *constructed wetlands* yang digunakan saat penelitian maka semakin rendah pula kadar *fosfat* pada limbah cair rumah tangga (*greywater*). Tabel 2 juga menunjukkan bahwa, dengan pengaplikasian metode *constructed wetlands free water surface* dalam penelitian ini diperoleh nilai rata-rata persentase tertinggi berada pada perlakuan dengan karbon aktif setebal 15 cm, dan nilai rata-rata persentase terendah berada pada perlakuan dengan karbon aktif setebal 5 cm. Hasil ini sebenarnya mirip dengan Tabel 1, akan tetapi jika keduanya dibandingkan maka nilai rata-rata persentase yang lebih tinggi didapatkan oleh penggunaan karbon aktif dari cangkang sawit dibanding penggunaan karbon aktif dari tempurung kelapa. Hal ini berarti, karbon aktif berbahan dasar cangkang sawit lebih efektif untuk menurunkan kadar *fosfat* dalam limbah cair rumah tangga (*greywater*) dibandingkan dengan penggunaan karbon aktif berbahan dasar tempurung kelapa. Hasil penelitian ini juga merupakan angin segar untuk perusahaan yang bergerak di industri pengolahan minyak sawit, khususnya yang berada di Kabupaten Tanah Laut, Provinsi Kalimantan Selatan, karena salah satu limbah industri terbesar mereka yakni cangkang sawit yang dapat diolah kembali menjadi material yang berperan besar dalam pengolahan limbah rumah tangga.

Limbah rumah tangga adalah masalah yang selalu mengikuti sepanjang pesatnya pertumbuhan penduduk di suatu wilayah. Hal ini menjadi penting untuk dikaji, karena limbah tersebut akan mencemari udara, tanah, dan air jika tidak diolah sedemikian rupa dan ditangani secepatnya, sedangkan kualitas air merupakan salah satu faktor yang menentukan kesejahteraan manusia. Jika air di suatu wilayah tercemar, maka masyarakat yang hidup di sana turut terganggu kesehatannya. Salah satu bahan pencemaran yang terdapat dalam limbah rumah tangga adalah *fosfat* (Rahmawati *et al.*, 2016).

Fosfat dalam limbah rumah tangga biasanya berasal dari *detergen* yang dipakai untuk kegiatan mencuci sehari-hari. Peraturan Menteri Lingkungan Hidup dan Kehutanan Republik Indonesia Nomor 5 Tahun 2021 menetapkan bahwa, baku mutu air limbah untuk kadar *fosfat* pada limbah cair rumah tangga (*greywater*) tidak boleh melebihi baku mutu yang sudah ditetapkan yaitu sebesar 2



mg/l. Berdasarkan Tabel 1 dan Tabel 2, kadar *fosfat* pada *Posttest* semuanya berada di bawah angka 2 miligram per liter (sesuai baku mutu yang ada). Hal ini terlihat bahwa, persentase penurunan *fosfat* paling besar yakni pada penggunaan karbon aktif dari cangkang sawit dengan ketebalan sebesar 15 cm.

Pada penelitian ini terbukti bahwa, karbon aktif berbahan dasar cangkang sawit lebih efektif untuk menurunkan kadar *fosfat* dalam limbah cair rumah tangga (*greywater*), dibandingkan dengan penggunaan karbon aktif berbahan dasar tempurung kelapa. Sejalan dengan penelitian yang dilakukan Widyastuti *et al.* (2013), yang menyatakan bahwa karbon aktif yang berasal dari limbah cangkang sawit dapat digunakan untuk penyerapan gas CO₂ dan pemurnian biogas. Karbon aktif yang berasal dari cangkang sawit berukuran mikropori, sehingga dapat menyerap gas dengan baik. Bedanya adalah dalam penelitian ini karbon aktif cangkang sawit berperan dalam pengelolaan pencemaran air, sedangkan dalam penelitian yang dilakukan Widyastuti *et al.* (2013), karbon aktif cangkang sawit berperan dalam pengelolaan pencemaran udara. Hasil penelitian ini juga sejalan dengan penelitian yang dilakukan oleh Fadhillah & Wahyuni (2016), yang menyatakan bahwa penambahan arang aktif tempurung kelapa dengan ketebalan 10 cm cukup efektif dalam proses penyaringan air sumur dan dapat meningkatkan kualitas fisik air.

SIMPULAN

Simpulan yang diperoleh dari penelitian ini adalah semakin tebal karbon aktif tempurung kelapa dan juga karbon aktif cangkang sawit yang diaplikasikan pada sistem *reaktor constructed wetlands*, maka semakin rendah pula kadar *fosfat* pada limbah cair rumah tangga (*greywater*). Nilai rata-rata persentase tertinggi berada pada perlakuan dengan karbon aktif setebal 15 cm, dan nilai rata-rata persentase terendah berada pada perlakuan dengan karbon aktif setebal 5 cm. Berdasarkan hasil penelitian juga terbukti bahwa, karbon aktif berbahan dasar cangkang sawit lebih efektif untuk menurunkan kadar *fosfat* dalam limbah cair rumah tangga (*greywater*) dibandingkan dengan penggunaan karbon aktif berbahan dasar tempurung kelapa.

SARAN

Saran yang dapat disampaikan dalam penelitian ini adalah kegiatan penelitian sejenis bisa dilakukan di daerah dengan jumlah penduduk yang lebih padat, misalnya Kota Banjarmasin. Penulis melakukan penelitian ini di Kabupaten Tanah Laut, karena kabupaten ini merupakan kabupaten dengan industri pembuatan minyak sawit terbesar se-Kalimantan Selatan. Oleh sebab itu, jika ada peneliti lain yang ingin meneruskan penelitian ini sangat disarankan untuk melakukannya di kota-kota besar yang jumlah penduduknya jauh lebih padat seperti Kota Banjarmasin atau Kota Banjarbaru, karena semakin tinggi jumlah penduduk maka dampak pencemaran limbah rumah tangga terhadap lingkungan juga semakin tinggi.





UCAPAN TERIMA KASIH

Terima kasih kepada Kementerian Riset dan Teknologi/ Badan Riset dan Inovasi Nasional untuk pendanaan riset Penelitian Dosen Pemula bagi penulis. Terima kasih juga kepada Pusat Penelitian dan Pengabdian pada Masyarakat, Politeknik Negeri Tanah Laut selaku fasilitator dalam proyek penelitian ini.

DAFTAR RUJUKAN

- Fadhillah, M., dan Wahyuni, D. (2016). Efektivitas Penambahan Karbon Aktif Cangkang Kelapa Sawit (*Elaeis guineensis*) dalam Proses Filtrasi Air Sumur. *Jurnal Kesehatan Komunitas*, 3(2), 93-98.
- Murniati, M., dan Makkawaru, M. (2020). *Waste Treat Garden* Upaya Pemanfaatan *Ipomoea* sp. untuk Mengurangi Pencemaran Limbah Rumah Tangga (*Greywater*) dalam Mewujudkan Lingkungan yang Sehat. *Jurnal PENA: Penelitian dan Penalaran*, 7(1), 94-102.
- Pelaihari Post. (2020). Retrieved October 24, 2020, from Pelaihari Post. Interactwebsite: <http://www.pelpost.com/Ls/Br/?s=5jdYKzjU>.
- Peraturan Menteri Lingkungan Hidup dan Kehutanan Republik Indonesia. (2021). *Tata Cara Penerbitan Persetujuan Teknis dan Surat Kelayakan Operasional Bidang Pengendalian Pencemaran Lingkungan*. Jakarta: Kementerian Lingkungan Hidup dan Kehutanan Republik Indonesia.
- Permanandiah, E.E. (2016). Efektifitas *Constructed Wetlands* Tipe *Subsurface Flow System* dengan Menggunakan Tanaman *Cyperus rotundus* untuk Menurunkan Kadar Fosfat dan COD pada Limbah Cair *Laundry*. *Disertasi*. Diponegoro University.
- Pujiono, F., dan Mulyati, T.A. (2017). Potensi Karbon Aktif dari Limbah Pertanian sebagai Material Pengolahan Air Limbah. *Jurnal Wiyata: Penelitian Sains dan Kesehatan*, 4(1), 37-44.
- Rahmawati, A., Zaman, B., dan Purwono, P. (2016). Kemampuan Tanaman Kiambang (*Salvinia molesta*) dalam Menyisihkan BOD dan Fosfat pada Limbah Domestik (*Grey Water*) dengan Sistem Fitoremediasi secara Kontinyu. *Disertasi*. Diponegoro University.
- Rakhmatika, S., Joko, T., dan Nurjazuli, N. (2017). Perbedaan Efektivitas *Constructed Wetlands Recirculating Free Water Surface* dan *Subsurface Flow System Echinodorus palaefolius* untuk Menurunkan Fosfat Limbah Cair Rumah Tangga (*Greywater*) Studi Kasus: Kelurahan Gedawang, Kecamatan Banyumanik. *Jurnal Kesehatan Masyarakat (Undip)*, 5(1), 482-488.
- Sethia, G., and Sayari, A. (2016). Activated Carbon with Optimum Pore Size Distribution for Hydrogen Storage. *Carbon*, 99(2016), 289-294.
- Siswandari, A.M. (2016). Fitoremediasi Phospat Limbah Cair *Laundry* Menggunakan Tanaman Melati Air (*Echinodorus paleafolius*) dan Bambu Air (*Equisetum hyemale*) sebagai Sumber Belajar Biologi. *Disertasi*. University of Muhammadiyah Malang.





- Siswanto, B.A.P. (2016). Perencanaan Instalasi Pengolahan *Greywater* di Kecamatan Rungkut Kota Surabaya. *Disertasi*. Institute of Technology Sepuluh Nopember.
- Suneetha, M., and Ravindhranath, K. (2012). Removal of Nitrates from Polluted Waters using Bio-Adsorbents. *International Journal of Life Science Biotechnology and Pharma Research*, 1(3), 151-160.
- Tze, M.W., Aroua, M.K., and Szlachta, M. (2016). Palm Shell-Based Activated Carbon for Removing Reactive Black 5 Dye: Equilibrium and Kinetics Studies. *Bio Resources*, 11(1), 1432-1447.
- Ulimaz, A. (2016). The Potential Recycling of Plastic Waste in North Banjarbaru District. In *International Conference on Natural, Mathematical and Environmental Sciences (NAMES)* (pp. 139-142). Banjarbaru, Indonesia: Faculty of Mathematics and Natural Sciences (FMIPA), Lambung Mangkurat University.
- Ulimaz, A., and Lestari, N.C. (2019). Analysis of Household Waste Volume in North Banjarbaru District, Banjarbaru City. *ESE International Journal (Environmental Science and Engineering)*, 2(2), 1-5.
- Utomo, K.P., Saziati, O., dan Pramadita, S. (2018). Coco Fiber sebagai Filter Limbah Cair Rumah Makan Cepat Saji. *Jurnal Teknologi Lingkungan Lahan Basah*, 6(2), 130-139.
- Viena, V., Bahagia, B., dan Afrizal, Z. (2020). Produksi Karbon Aktif dari Cangkang Sawit dan Aplikasinya pada Penyerapan Zat Besi, Mangan, dan pH Air Sumur. *Jurnal Serambi Engineering*, 5(1), 875-882.
- Widyastuti, A., Sitorus, B., dan Jayuska, A. (2013). Karbon Aktif dari Limbah Cangkang Sawit sebagai Adsorben Gas dalam Biogas Hasil Fermentasi Anaerobik Sampah Organik. *Jurnal Kimia Khatulistiwa*, 2(1), 30-33.