

PENGARUH pH dan WAKTU TERHADAP ADSORPSI LOGAM TIMBAL (Pb) DENGAN ARANG AKTIF DARI GAMBAS (*Luffa acutangula*) ATAU OYONG KERING

Fatma Sari, Gema Fitriyano, Syamsudin AB, Athiek Sri Redjeki, Hera Hadikusuma
Program Studi Teknik Kimia, Fakultas Teknik, Universitas Muhammadiyah Jakarta
fatma.sari@umj.ac.id

ABSTRAK. Limbah cair industri dapat menyebabkan pencemaran lingkungan. Salah satu limbah cair yang berbahaya yaitu limbah logam Pb (timbal). Salah satu untuk mengurangi limbah cair (Pb) yaitu dengan Adoprsi menggunakan arang aktif. Gambas atau Oyong (*L. acutangula*) yang sudah kering dapat dimanfaatkan sebagai arang aktif. Tujuan penelitian ini adalah untuk membuat arang aktif dari gambas atau oyong yang dapat digunakan untuk mengadsorpsi limbah cair (Pb) dengan variasi pH. Gambas atau oyong yang telah dipotong-potong dikeringkan dengan oven pada suhu 105°C. Untuk aktivasi arang dilakukan secara kimia yaitu dengan merendam arang dengan menggunakan larutan HCl 4N selama 24 jam kemudian dibilas dengan akuades sampai pH netral kemudian dikeringkan dalam oven selama 4 jam pada suhu 105°C. Kemudian dilakukan proses adsorpsi dengan limbah cair (Pb) variasi pH 3, 4, 5, 6 dan 7. Hasil pengujian daya serap iod adalah sebesar 301,74 mg/L. Sedangkan untuk pengujian kadar abu telah sesuai persyaratan dengan hasil 5,9 %. Pada pengujian daya serap arang aktif dari gambas atau oyong terhadap logam Pb (timbal) yaitu pada pengaruh kondisi pH. Adsorpsi optimal diperoleh pada pH 4. Arang aktif dari gambas atau oyong memberikan hasil yang cukup baik dengan penyerapan sebesar 99,7 % pada pengujian sampel limbah cair mengandung dengan kandungan logam Pb (timbal) 4,67 mg/L.

Kata kunci: adsorpsi, gambas, karbon aktif, limbah cair, timbal.

ABSTRACT. Industrial liquid waste can cause environmental pollution. One of the hazardous liquid wastes is Pb metal waste (tin). One of the ways to reduce liquid waste (Pb) is by adopting activated charcoal. Gambas or Oyong (*L. acutangula*) that has been dried can be used as activated charcoal. The purpose of this study was to make activated charcoal from gambas or oyong which can be used to adsorb liquid waste (Pb) with variations in pH. Gambas or oyong that have been cut into pieces are dried in an oven at a temperature of 105°C. Charcoal activation is done chemically by soaking the charcoal in a 4N HCl solution for 24 hours then rinsing with distilled water until the pH is neutral and then drying in an oven for 4 hours at a temperature of 105°C. Then the adsorption process was carried out with liquid waste (Pb) with variations in pH 3, 4, 5, 6 and 7. The results for the iodine absorption test were 301.74 mg/L. As for the ash content test, it was in accordance with the requirements with the results 5.9% In testing the absorption of activated charcoal from gambas or oyong against Pb (lead) metal on the effect of pH conditions, optimal adsorption was obtained at pH 4. Activated charcoal from gambas or oyong gave quite good results with an absorption of 99.7 % in the test of liquid waste samples containing Pb (lead) 4.67 mg/L.

Keywords: adsorption, gambas, activated carbon, liquid waste, lead.

PENDAHULUAN

Perkembangan teknologi pada masa kini telah banyak membantu dan memudahkan setiap kegiatan manusia. Teknologi berkembang pesat pada setiap bidang serta sektor, Salah satunya dalam bidang sektor industri. Pertumbuhan industri yang semakin besar memiliki banyak manfaat bagi

kehidupan manusia, namun seiring dengan hal tersebut limbah yang dihasilkan dari proses industri, jumlah dan jenisnya juga meningkat. Industri menghasilkan berbagai macam limbah, dapat berupa limbah padat, cair maupun gas. Limbah industri yang tidak ditangani dapat berakibat buruk terhadap manusia dan lingkungan. Dengan membuang limbah secara langsung tanpa pengelolaan

terlebih dahulu, dapat mengakibatkan pencemaran terhadap lingkungan hidup yang menyebabkan menurunnya fungsi dari lingkungan hidup tersebut (Mantic, 2016).

Pemerintah dan pihak terkait telah menetapkan aturan untuk mengolah limbah sebelum dibuang ke lingkungan agar tidak menimbulkan bahaya bagi lingkungan atau masyarakat. Salah satu limbah yang sering dikelola sendiri oleh pihak industri adalah limbah cair. Pada umumnya limbah cair merupakan sisa dari suatu kegiatan atau proses yang mengandung bahan atau zat berbahaya. Dari Utami, dkk (2018) mengenai tentang Baku Mutu Air Limbah menjadikan kandungan logam berat Merkuri (Hg), Tembaga (Cu), Seng (Zn), Krom (Cr), Kadmium (Cd), Timbal (Pb), Nikel (Ni) dan Perak (Ag) sebagai parameter yang harus diuji dalam penentuan kualitas air diatur dalam Peraturan Menteri Lingkungan Hidup Republik Indonesia No. 5 Tahun 2004

Untuk mengurangi dampak dari limbah cair dapat digunakan adsorben atau arang aktif yang memiliki kemampuan untuk mengadsorpsi zat atau logam tertentu dalam suatu larutan. Selain dapat mengadsorpsi logam, arang aktif juga memiliki kemampuan menghilangkan bau, warna dan rasa yang terdapat pada limbah cair (Aryani, dkk., 2019). Bahan-bahan yang mengandung karbon atau arang yang diperlakukan dengan cara khusus dapat mengadsorpsi gas dan senyawa-senyawa kimia tertentu. Penelitian terkini mengenai arang aktif dapat dibuat dari hampir semua bahan yang banyak mengandung karbon seperti kayu, cangkang biji-bijian maupun bagian lain dari tumbuhan. Saat ini arang dari bahan tempurung kelapa merupakan arang aktif yang paling banyak dan cukup populer.

Gambas atau oyong (*Luffa acutangula*) mengandung berbagai zat gizi penting, diantaranya karbohidrat, lemak, Fosfor, kalsium, kalium, zat besi, vitamin A, vitamin B1, vitamin C, Vitamin K, serat, sodium dan masih mineral penting lainnya. Kadar kalium yang terdapat dalam buah gambas 453 mg/100 gram (Jyothi, dkk., 2010). Senyawa karbon secara umum dapat berasal dari karbohidrat, protein dan lemak sehingga gambas atau oyong yang memiliki zat tersebut memungkinkan untuk digunakan sebagai bahan pembuatan arang aktif.

Gambas atau oyong digunakan sebagai arang aktif juga di manfaatkan untuk

mengurangi limbah di pasaran karena gambas atau oyong yang sudah agak kering tidak laku terjual sehingga tidak dapat lagi digunakan sebagai sayuran dan hanya diambil bijinya untuk dijadikan benih. Adanya studi pembuatan adsorben ini diharapkan menjadi salah satu alternatif dalam pengolahan limbah khususnya air sisa proses industri yang tercemar oleh kandungan logam Pb (timbal), serta menjadi salah satu pilihan dalam mengurangi limbah padat organik dari sayuran yang tidak dapat dijual seperti gambas atau oyong.

METODOLOGI PENELITIAN

Alat

Erlenmayer, gelas beker, pipet, labu ukur, corong, mortar, ayakan, pH meter, neraca analitik, oven, tanur, desikator dan pisau.

Bahan

Gambas atau oyong kering, HCl, $\text{Na}_2\text{S}_2\text{O}_3$, KI, HNO_3 , larutan standar Pb

Metode Penelitian

1. Pembuatan Arang Aktif

Gambas atau oyong kering atau tua dipotong-potong dengan ukuran 3-5 cm kemudian dikeringkan dengan oven pada suhu 105°C . Pengeringan dilakukan selama 2 jam untuk menurunkan kadar air sekaligus sebagai tahap pemanasan awal sebelum dilakukan proses karbonisasi atau pengarangan. Gambas atau oyong yang telah menjadi arang selanjutnya didinginkan di dalam desikator. Setelah dingin arang dihaluskan dengan mortar kemudian diayak dengan menggunakan ayakan 200 mesh.

Aktivasi arang dari gambas atau oyong dilakukan secara kimia yaitu dengan merendam arang dengan menggunakan larutan HCl 4N selama 24 jam kemudian dibilas dengan akuades sampai pH netral kemudian dikeringkan dalam oven selama 4 jam pada suhu 105°C .

2. Uji Karakteristik

Pengujian kadar abu dilakukan dengan menimbang sampel arang sebanyak 1-2 gram pada cawan porselen kemudian dipanaskan dalam tanur dengan suhu 750°C selama 4 jam. Setelah itu didinginkan dalam desikator dan ditimbang.

Pengujian daya serap iodin arang aktif dilakukan dengan metode titrimetri.

Proses Adsorpsi

Proses adsorpsi dilakukan dengan menambahkan arang aktif sebanyak 2 gram pada 50 mL larutan standar Pb (timbangan) 50 mg/L dan limbah cair kemudian di kontakkan sambil diaduk dengan menggunakan *magnetic stirrer*. Proses ini dilakukan dengan variasi pH larutan (3, 4, 5, 6 dan 7). Selanjutnya larutan disaring untuk dipisahkan dengan arang aktif. Hasil dari filtrasi kemudian di analisa konsentrasi logam Pb (timbangan). Kadar logam Pb diketahui dengan analisa menggunakan alat ICP-OES (*Inductively Coupled Plasma – Optical Emission Spectrometry*).

Metoda Analisa

Uji Karakteristik (Aryani, dkk.,2019)

Pengujian kadar abu dilakukan dengan metode gravimetri, tingginya kadar abu akan menunjukan semakin sedikit arang karbon yang terbentuk pada proses karbonasi. Pengujian kadar abu memiliki persyaratan yaitu SNI 06-3730-95 dengan kadar abu maksimal adalah sebesar 10%. Kadar abu dapat dihitung dengan persamaan berikut :

$$\text{Kadar abu } \% = \frac{(\text{Berat awal}-\text{Berat akhir})}{\text{Berat sampel (g)}} \times 100\% \quad \dots 1)$$

Uji daya serap iodine sendiri telah banyak dilakukan untuk menentukan seberapa besar penyerapan dari karbon aktif yang akan digunakan. Selain itu daya serap atau adsorpsi karbon aktif terhadap iodin mengindikasikan kemampuan karbon aktif untuk mengadsorpsi komponen dengan berat molekul rendah. Karbon aktif dengan kemampuan menyerap iodin yang tinggi berarti memiliki luas permukaan yang lebih besar (Miranti, 2012). Untuk mengetahui daya serap iodine dapat dihitung dengan persamaan berikut :

$$\text{Daya serap} = \left(\frac{(V \text{ iod} \times N \text{ iod}) - (N \times V \text{ N}_2\text{S}_2\text{O}_3)}{\text{Berat sampel}} \right) \times 126,9 \times fp \quad \dots 2)$$

Keterangan :

N = Normalitas

V = Volume

Fp = Faktor Pengenceran

Adsorpsi

Kemampuan adsorpsi arang aktif terhadap logam berat Pb dapat diketahui dengan membandingkan kadar logam Pb (timbangan) sebelum dan sesudah proses adsorpsi dengan arang aktif gandas atau oyong. Banyaknya kandungan logam Pb (timbangan) yang hilang merupakan adalah jumlah logam Pb (timbangan) yang teradsorpsi oleh arang aktif.

Kemampuan adsorpsi arang aktif dari gandas atau oyong berbanding terbalik dengan banyaknya logam Pb (timbangan) yang terukur pada larutan limbah cair setelah proses adsorpsi, semakin sedikit logam yang terukur maka semakin besar kemampuan adsorpsinya. Persentase removal dihitung dengan :

$$\frac{(\text{Nilai sebelum}-\text{Nilai sesudah})}{\text{Nilai terukur sebelum}} \times 100\% \quad \dots 3)$$

Untuk mengetahui pengaruh perlakuan terhadap variabel pH dan variabel waktu kontak dengan dua kali pengulangan untuk masing-masing taraf perlakuannya. Pengolahan data dalam bentuk nilai rata-rata dan disajikan dalam bentuk grafik kartesian hubungan antara removal logam Pb (timbangan) dengan perlakuan terhadap variasi.

HASIL PENELITIAN DAN PEMBAHASAN

1. Pembuatan arang aktif

Pembuatan arang aktif dilakukan dengan memotong gandas atau oyong kering dengan ukuran 3-5 cm kemudian di panaskan dengan suhu $\pm 105^\circ\text{C}$ selama 2 jam dengan tujuan untuk menghilangkan kadar air yang tersisa dan pemanasan awal sebelum proses pengarangan atau karbonasi pada suhu yang lebih tinggi. Proses selanjutnya yang dilakukan adalah aktivasi arang yang telah dibuat. Proses aktivasi dapat dilakukan dengan cara merendam arang dengan bahan kimia tertentu atau dengan proses fisika yaitu dengan pemanasan kembali pada yang tinggi $600-900^\circ\text{C}$.

Proses perendaman dengan bahan kimia umumnya memiliki kemampuan untuk melarutkan senyawa-senyawa atau zat yang menutupi pori pada permukaan karbon sehingga permukaan karbon dapat terbuka (Darmayanti dkk., 2012). Selain itu aktivasi kimia juga tidak memerlukan temperatur yang tinggi dan juga

memberikan konsistensi yang lebih baik sehingga lebih banyak digunakan dibanding aktivasi secara fisika.

Sebelum aktivasi arang dihaluskan terlebih dahulu dengan mortar kemudian diayak menggunakan ayakan 200 mesh. Proses pengayakan bertujuan untuk mendapatkan ukuran arang yang sama dan optimalnya proses aktivasi karena ukurannya yang kecil (≤ 200 mesh). Perendaman arang dilakukan selama 24 jam, selanjutnya arang disaring dengan kertas saring dan dicuci dengan akuades sampai pH netral yaitu dengan pengetesan menggunakan kertas pH pada larutan yang keluar atau menetes dari bagian bawah corong saat proses pembilasan. Arang yang telah dicuci selanjutnya dipanaskan dalam oven pada suhu 105°C selama 4 jam untuk menghilangkan sisa kandungan airnya dari proses perendaman dan pencucian.

2. Uji karakteristik

Untuk mengetahui kadar abu dilakukan dengan cara menimbang sampel arang sebanyak 1-2 gram pada cawan porselen yang telah diketahui bobotnya kemudian dipanaskan dalam tanur dengan suhu 750°C selama 4 jam. Setelah itu di dinginkan dalam desikator dan ditimbang. Menurut SNI 06-3730-95 batas kadar abu maksimal yang diperbolehkan adalah sebesar 10%.

Selain itu dalam SNI 06-3730-95 juga menetapkan kemampuan serap terhadap I_2 (Iodineum ads.) minimal 750 mg/g. Daya serap terhadap molekul iod menjadi indikator keberadaan struktur mikro pori pada arang aktif. Hasil uji karakteristik yang diperoleh pada pengujian arang aktif dari gambas atau oyong kering seperti pada tabel 1.

Tabel 1. Pengujian Karakteristik

No	Parameter	Hasil	Rata-rata
1.	Kadar Abu (%)	6,12	5,90
		5,69	
2.	Daya Serap Iod (mg/g)	307,96	301,74
		295,53	

Pada penelitian ini, arang aktif yang dibuat dari gambas atau oyong kering hanya memberikan hasil pengujian untuk

daya serap iod sebesar 301,74 mg/g masih relatif rendah jika dibandingkan dengan SNI 06-3730-95 yang mensyaratkan minimal 750 mg/g. Rendahnya daya serap iod dapat dipengaruhi beberapa hal, salah satunya proses aktivasi atau perendaman dengan larutan HCl yang tidak optimal dikarenakan berat arang yang ringan sehingga saat direndam cenderung berada pada permukaan larutan aktivator. Kemungkinan lain masih adanya senyawa volatil yang menutupi pori, sehingga akan lebih baik jika dilanjutkan dengan aktivasi secara fisika dengan pemanasan untuk menghilangkan zat volatil yang menutupi pori sehingga daya serap iod akan meningkat.

Parameter yang lain adalah kadar abu, persentase kadar abu menjadi indikator pada proses karbonasi, tingginya kadar abu akan menunjukan semakin sedikit arang karbon yang terbentuk pada proses karbonasi. Pengujian kadar abu yang dilakukan terhadap arang aktif dari gambas atau oyong kering memberikan hasil yang sesuai dengan persyaratan SNI 06-3730-95 yaitu kadar abu sebesar 5,9 % yang mana maksimal kadar abu sebesar 10%.

3. Pengujian kemampuan adsorpsi

Pengujian kemampuan pada pada suatu larutan yang mengandung logam timbal (Pb) dengan konsentrasi tertentu dan juga pada limbah cair. Adsorpsi dilakukan dengan menambahkan arang aktif sebanyak 2 gram pada 50 mL larutan standar Pb (timbal) 50 mg/L dengan variasi pH larutan (3, 4, 5, 6 dan 7) dan serta limbah cair kemudian di kontakkan sambil diaduk dengan menggunakan magnetic stirrer selama 60 menit. Selanjutnya larutan disaring untuk dipisahkan dengan arang aktif. Hasil dari filtrasi kemudian di analisa konsentrasi logam timbal (Pb).

Banyaknya kandungan logam Pb (timbal) yang hilang merupakan jumlah logam timbal (Pb) yang teradsorpsi oleh arang aktif. Dengan membandingkan kadar logam Pb (timbal) sebelum dan sesudah atau persentase removal proses adsorpsi oleh arang aktif, maka kemampuan adsorpsi terhadap logam timbal (Pb) pada larutan dapat diketahui. Berikut tabel

pengujian kemampuan adsorpsi pada larutan standar timbal dan limbah cair

Tabel 2. Pengujian adsorpsi larutan standar

No	Kondisi pH	Removal (%)	Rata-rata
1.	pH-7	11,7	12,2
		12,8	
2.	pH-6	15,6	15,3
		15,1	
3.	pH-5	17,1	17,1
		17,2	
4.	pH-4	20,2	20,4
		20,6	
5.	pH-3	11,2	10,6
		10,0	

Pada pengujian ini didapatkan persentase removal secara berturut dari pH 3-7 yaitu 10,6; 20,4 ; 17,1; 15,3; dan 12,2. Persentase removal menggambarkan banyaknya logam Pb (timbal) yang terserap arang aktif. Penyerapan kadar terbesar terjadi pada pH 4 yaitu sebesar 20,4 %. Seperti terlihat di gambar 1, pada pH 3 daya serap relatif lebih rendah dari pada kondisi pH lain, hal ini kemungkinan dikarenakan ion H⁺ pada larutan terdapat cukup banyak sehingga menghalangi logam Pb (timbal) untuk berinteraksi dengan arang aktif (Darmayanti dkk., 2012).

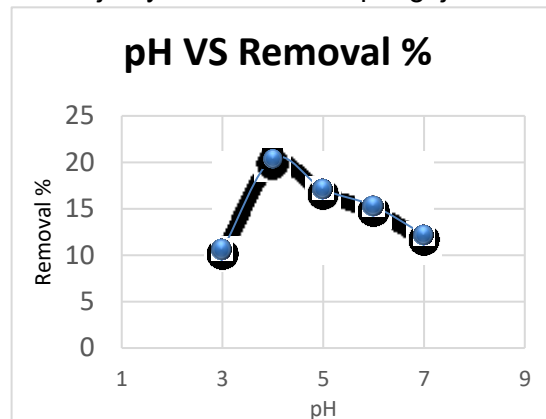
Pada pH 4 mengalami kenaikan yang cukup signifikan dan pada kondisi ini daya serap logam Pb paling besar. Selanjutnya pada pH 5, 6 dan 7 terus mengalami penurunan yang diakibatkan semakin tinggi pH mengakibatkan logam akan mulai sulit larut membentuk ikatan hidroksida. Dapat dilihat pada gambar 1, adsorpsi logam timbal (Pb) paling besar terjadi pada pada kondisi pH 4.

Gambar 1. Grafik Kondisi pH dengan Removal

Tabel 3. Pengujian adsorpsi limbah cair

Konsentrasi awal (mg/L)	Konsentrasi akhir (mg/L)	Removal (%)
4.67	0,02	99,6
	0,01	99,8
Rata-rata removal		99,7

Selanjutnya dilakukan pengujian daya



serap logam Pb (timbal) pada larutan standar, arang aktif juga diujikan terhadap limbah cair yang mengandung logam Pb (timbal) dari sisa proses industri. Dari Tabel 3, Terbukti arang aktif ini juga dapat digunakan pada limbah cair, dengan persentase removal 99,7 % untuk limbah dengan kandungan logam Pb (timbal) sebesar 4,67 mg/L. Hal ini membuktikan bahwa arang aktif memiliki pori-pori yang lebih besar dibandingkan arang yang belum di aktivasi sehingga proses penyerapan lebih besar. (Valentina dkk., 2013)

UCAPAN TERIMA KASIH

Terima Kasih kepada Program Studi S1 Teknik Kimia FT UMJ sehingga penelitian ini dapat terlaksana

KESIMPULAN DAN SARAN

Kesimpulan

- Gambas atau oyong kering dapat digunakan sebagai bahan untuk membuat arang aktif, namun belum memenuhi persyaratan keberterimaan regulasi SNI 06-3730-1995 untuk pengujian daya serap iod dengan hasil 301,74 mg/L. Sedangkan untuk pengujian kadar abu telah sesuai persyaratan dengan hasil 5,9 %.
- Pada pengujian daya serap arang aktif dari gambas atau oyong terhadap logam Pb (timbal) terhadap pengaruh kondisi pH, adsorpsi optimal diperoleh pada pH 4.
- Arang aktif dari gambas atau oyong memberikan hasil yang cukup baik dengan penyerapan sebesar 99,7 % pada pengujian sampel limbah cair yang mengandung logam Pb (timbal) 4,67 mg/L.

Saran

Perlu penelitian lanjutan untuk mendapatkan arang aktif yang lebih baik sehingga dapat memenuhi syarat SNI 06-3730-1995

DAFTAR PUSTAKA

- Alfiandy, H., Bahri, S., & Nurakhirawati, N. 2013. Kajian Penggunaan Arang Aktif Tongkol Jagung Sebagai Adsorben Logam Pb Dengan Beberapa Aktivator Asam. *Natural Science: Journal of Science and Technology*, 2(3):75-86.
- Argo, B. D., Mantong, J. O., & Susilo, B. 2019. Pembuatan Arang Aktif Dari Limbah Tongkol Jagung Sebagai Adsorben Pada Limbah Cair Tahu. *Jurnal Keteknik Pertanian Tropis dan Biosistem*, 6(2):100-106.
- Aryani, F., Mandiana, F., Wartomo, 2019. Aplikasi Metode Aktivasi Fisika dan Aktivasi Kimia Pada Pembuatan Arang Aktif Dari Tempurung Kelapa (*Cocos nucifera* L). *Indonesian Journal of Laboratory*, 1(2):16-20.
- Caroko, N. Sudarja., 2015. Kaji Eksperimental Efektifitas Penyerapan Limbah Cair Industri Batik Taman Sari Yogyakarta Menggunakan Arang Aktif Mesh 80 dari Limbah Gergaji Kayu Jati. *Semesta Teknika*, 14(1):50-58.
- Darmayanti, D., Rahman, N., & Supriadi, S. 2012. Adsorpsi timbal (Pb) dan zink (Zn) dari larutannya menggunakan arang hayati (biocharcoal) kulit pisang kepok berdasarkan variasi pH (Adsorption of Plumbum (Pb) and Zinc (Zn) From Its The Solution by Using Biological Charcoal (Biocharcoal) of Kepok Banana). *Jurnal Akademika Kimia*, 1(4).
- Irawan, C., & Ain, M. I. M. 2018. Pengaruh pH Terhadap Adsorpsi Logam Fe Dengan Menggunakan Abu Layang Sebagai Adsorben. *Prosiding Snitt Poltekba*, 3(1): 288-291.
- Jyothi, V., Ambati, S., & Jyothi, V. A. 2010. The pharmacognostic, phytochemical and pharmacological profile of *Luffa acutangula*. *International Journal of Pharmacy and Technology*, 2(4), 512-524
- Kartikasari, K. D., Wahyuningsih, N. E., & Nurjazuli, N. 2018. Efektivitas Arang Aktif Bonggol Jagung Dengan Variasi Massa Dan Waktu Kontak Dalam Mengurangi Kadar Timbal (Pb) Pada Larutan Pestisida Mengandung Timbal. *Jurnal Kesehatan Masyarakat (Undip)*, 6(6):197-204.
- Khulsum, H., Widiyanto, A. F., & Suratman, S., 2018. Efektivitas Variasi Ukuran Media Arang Aktif Dan Zeolit Terhadap Penurunan Kadar Besi (Fe) Pada Air Sumur. *Jurnal Kesmas Indonesia*, 10:98-108.
- Lasindrang, M., 2014. Adsorpsi Pencemaran Limbah Cair Industri Penyamakan Kulit Oleh Kitosan Yang Melapisi Arang Aktif Tempurung Kelapa. *Jurnal Teknosains*, 3(2):81-166.
- Mantic, N., 2016. Pengaturan Pengendalian Dampak Limbah Bahan Berbahaya Dan Beracun (LB3) Terhadap Pencemaran Lingkungan Hidup. *Lex Administratum*, 4(1):85-93.
- Miranti, S. T. 2012. Pembuatan Karbon Aktif Dari Bambu Dengan Metode Aktivasi Terkontrol Menggunakan Activating Agent H₃PO₄ dan KOH. Jurusan Teknik Kimia. Fakultas Teknik. Universitas Indonesia.
- Pambayun, G. S., Yulianto, R. Y., Rachimoellah, M., & Putri, E. M. 2013. Pembuatan karbon aktif dari arang tempurung kelapa dengan aktivator ZnCl₂ dan Na₂CO₃ sebagai adsorben untuk mengurangi kadar fenol dalam air limbah. *Jurnal Teknik POM ITS*, 2(1):F116-F120.
- Sartika, N. D., Sa'id, E. G., Machfud, T. C. S., & TIP, G. P. 2014. Kajian Pembuatan Arang Aktif Berbahan Baku Bagas Tebu Melalui Kombinasi Proses Karbonisasi Hidrotermal Dan Aktivasi Kimia. *Journal of Agroindustrial Technology*, 24(2):157-165.
- Utami, R., Rismawati, W., & Sapanli, K. 2018. Pemanfaatan mangrove untuk mengurangi logam berat di perairan. In *seminar nasional hari air sedunia* (Vol. 1, No. 1, pp. 141-153).

Valentina, Miswadi & Latifah. 2013. Pemanfaatan arang eceng gondok dalam menurunkan kekeruhan, COD, BOD pada air sumur. *Indonesian Journal of Chemical Science*, 2(2), 84-89

Widayatno, T., 2017. Adsorpsi Logam Berat (Pb) Dari Limbah Cair Dengan Adsorben Arang Bambu Aktif. *Jurnal teknologi bahan alam*, 1(1):17-23

