

PENGGUNAAN ARANG AKTIF KULIT DURIAN (*Durio zibethinus* Murr) TERHADAP TINGKAT ADSORPSI KROMIUM (Cr⁶⁺) PADA LIMBAH BATIK

Kharta Zarkasi¹, Anita Dewi Moelyaningrum², Prehatin Trirahayu Ningrum³.

anitamoelyani@gmail.com

Bagian Kesehatan Lingkungan dan Kesehatan Keselamatan Kerja

Fakultas Kesehatan Masyarakat

Universitas Jember

Abstrak

Kromium (Cr⁶⁺) merupakan logam berat yang sering terdapat di limbah cair batik. Arang aktif kulit durian (*Durio zibethinus* Murr.) merupakan adsorben yang dapat mengadsorpsi logam berat pada limbah batik. Tujuan penelitian ini untuk menganalisis efektivitas arang aktif kulit durian untuk mengadsorpsi Cr⁶⁺ pada limbah batik. Penelitian ini merupakan true experiment dan menggunakan metode Rancangan Acak Lengkap (RAL) dengan enam pengulangan. Sampel terdiri dari kelompok kontrol (K) dan kelompok perlakuan (X1, X2, X3). Adsorpsi dilakukan dengan menggunakan massa arang aktif kulit durian 20 gr (X1), 30 gr (X2), dan 40 gr (X3). Masing-masing sampel dikontakkan dengan limbah batik sebanyak satu liter dan diaduk menggunakan jar test dengan kecepatan 400 rpm selama satu menit, kemudian dibiarkan 30 menit. Setelah itu hasilnya dibandingkan dengan kelompok kontrol. Data dianalisis menggunakan uji kruskal-wallis. Hasil menunjukkan bahwa terdapat perbedaan antara kelompok kontrol dan kelompok perlakuan ($p = 0,017$). Perbedaan paling signifikan terjadi pada kelompok perlakuan ketiga (X3) ($p = 0,029$).

Kata kunci : Adsorpsi, Arang Aktif, Kulit Durian, Kromium (Cr⁶⁺).

PENDAHULUAN

Pencemaran logam berat masih banyak ditemukan di lingkungan, baik logam berat esensial maupun non esensial seperti timbal (Pb) dan Cadmium (Cd) (Moelyaningrum & Pujiati, 2015). Meskipun termasuk logam esensial, Logam kromium merupakan bahan berbahaya dalam limbah batik. Logam ini memiliki bilangan oksidasi +2, +3, dan +6, dan stabil pada bilangan oksidasi +3. Bilangan oksidasi +4 dan +5 jarang ditemukan pada logam ini. Senyawa kromium pada bilangan oksidasi +6 merupakan oksidan yang kuat dan paling beracun dibanding oksidan kromium yang lain (Widowati et al., 2008:89). Kromium merupakan logam berat yang sulit terurai di lingkungan dan akhirnya terakumulasi dalam tubuh manusia melalui rantai makanan. Bahaya terpapar kromium dapat menimbulkan iritasi hidung dan paru, iritasi mata, dan iritasi kulit. Selain itu tubuh yang terpapar kromium terus menerus dalam dosis tinggi dapat menyebabkan kanker paru-paru dan kanker alat pencernaan (Widowati et al., 2008:101-106). Pengelolaan yang tidak benar mengakibatkan kandungan logam berat utamanya Cr⁶⁺ dapat mencemari lingkungan dan mengakibatkan gangguan kesehatan masyarakat berupa keracunan. Berdasarkan Pergub Jatim No.72 Tahun 2013 tentang Baku Mutu Air Limbah, kandungan Cr⁶⁺ pada air limbah maksimal 0,1 mg/l.

Adsorpsi merupakan salah satu cara untuk mengurangi logam berat khususnya Cr⁶⁺ pada limbah batik dengan menggunakan adsorben. Metode ini sangat efektif dan ekonomis dalam menangani limbah mengandung logam berat. Banyak bahan yang dapat digunakan sebagai adsorben. Salah satu bahan yang dapat digunakan sebagai adsorben adalah limbah organik. Limbah organik merupakan bahan yang terbukti dapat digunakan untuk menurunkan kadar logam berat pada air limbah (Moelyaningrum, 2018). Bahan tersebut dapat digunakan dalam bentuk biosorben atau arang aktif

(Haura *et al.*, 2017). Arang aktif merupakan adsorben yang sering digunakan di masyarakat. Arang aktif dapat berbentuk serbuk dan butiran yang merupakan senyawa karbon dengan ciri khas berupa permukaan pori yang luas dan dalam jumlah yang banyak. Arang aktif dengan luas permukaan yang besar dapat digunakan untuk berbagai aplikasi, diantaranya sebagai penghilang warna, penghilang rasa, penghilang bau dan agen pemurni dalam industri makanan. Selain itu, arang aktif juga banyak digunakan dalam proses pemurnian air baik air minum maupun dalam penanganan limbah (Noer *et al.*, 2015).

Kulit durian (*Durio zibethinus* Murr.) merupakan bahan yang sesuai digunakan sebagai adsorben. Bahan tersebut mengandung 50%-60% *carboxymethylcellulose* dan lignin 5% (Apriani *et al.*, 2013). Pada saat diarangkan, kandungan karbonnya 70,30% pada suhu pembuatan 400°C dan itu dapat mencapai 82,13% pada suhu pembuatan 500°C (Nuriana *et al.*, 2013). Selain itu, arang aktif kulit durian memiliki kadar air 14,2%, kadar abu 5,46%, dan daya serap larutan iodin 580,27 mg/gr (Febriansyah *et al.*, 2015). Hal itu memenuhi SNI 06-3730-1995 tentang Arang Aktif Teknis yang menjelaskan bahwa kualitas arang aktif yang baik memiliki kadar karbon > 65%, kadar air < 15%, kadar abu < 10%, dan daya serap iodin < 750 mg/gr.

Penelitian Saueprasearsit (2011) menjelaskan bahwa kulit durian dapat mengadsorpsi kromium (Cr^{6+}) sebesar 10,67 mg/gr. Kemudian Febriansyah *et al.*, (2015) menjelaskan bahwa kulit durian dengan massa 3 gram untuk 100 ml larutan mengandung Fe^{3+} dapat mengadsorpsi logam besi (Fe^{3+}) dengan efisiensi penyerapan sebesar 96,75%.

Penelitian ini bertujuan untuk menganalisis perbedaan kadar Cr^{6+} antara kelompok limbah cair yang tidak diberi arang aktif kulit durian (kelompok kontrol) dengan kelompok limbah cair yang diberi perlakuan penambahan konsentrasi arang aktif kulit durian sebanyak 20 gr/L, 30 gr/L, dan 40 gr/L (kelompok perlakuan) selama 30 menit.

METODE PENELITIAN

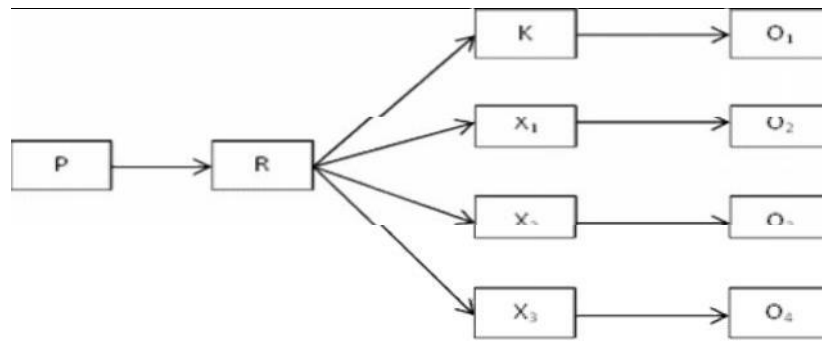
Penelitian ini merupakan *True Experimental Design* dengan bentuk *Posttest Only Control Group Design*. Waktu penelitian dilaksanakan pada bulan Agustus 2017 - Januari 2018. Tempat pengambilan sampel air limbah di industri batik X. Tempat untuk mengidentifikasi kandungan Cr^{6+} dilakukan di Laboratorium Kesehatan Daerah Kabupaten Jember. Untuk pembuatan arang aktif, ini dilakukan di *Center for Development of Advance Science and Technology* (CDAST) Universitas Jember. Selanjutnya, proses pengontakan limbah batik dengan arang aktif kulit durian dilakukan di Laboratorium Teknik Pertanian Universitas Jember.

Arang kulit durian dibuat dengan metode *drum-kiln* selama enam jam. Setelah itu arang dihaluskan dan diayak dengan ayakan 100 mesh serta diaktivasi dengan menggunakan HCL 0,1 M selama 48 jam. Kemudian arang dicuci dengan aquades dan dikeringkan dengan menggunakan oven selama 16 jam dengan suhu 80 °C.

Sampel dibagi menjadi empat kelompok yang dipilih secara random, yaitu satu kelompok kontrol (K) yang tidak diberi perlakuan dan tiga kelompok perlakuan (X_1 , X_2 , X_3). Kelompok perlakuan pertama (X_1) menggunakan kadar arang aktif kulit durian 30 gr/L, kelompok perlakuan kedua (X_2) menggunakan kadar arang aktif kulit durian 40 gr/L, kelompok perlakuan ketiga (X_3) menggunakan kadar arang aktif kulit durian 50 gr/L. Pada kelompok perlakuan (X_1 , X_2 , X_3), arang aktif kulit durian direndam dalam limbah cair yang mengandung kromium (Cr^{6+}) selama 30 menit. Namun sebelumnya, itu dilakukan pengadukan sampel limbah dengan menggunakan *jar test* selama satu menit dengan kecepatan 400 rpm. Kemudian limbah cair diperiksa kadar kromiumnya menggunakan *Atomic absorption spectrophotometry* (AAS). Total limbah cair yang dibutuhkan adalah 24 sampel dan 540 gram arang aktif kulit durian.

Analisis data pada penelitian ini menggunakan uji *Kruskal-Wallis*. Hal itu dikarenakan data bersifat tidak homogen. Uji tersebut menganalisis perbedaan kadar Cr^{6+} kelompok kontrol (K) dan

kelompok perlakuan (X_1, X_2, X_3) secara umum. Untuk mengetahui kelompok mana saja yang berbeda, hal itu perlu uji lanjutan (*pos hoc test*) dengan menggunakan uji *Mann-Whitney*.



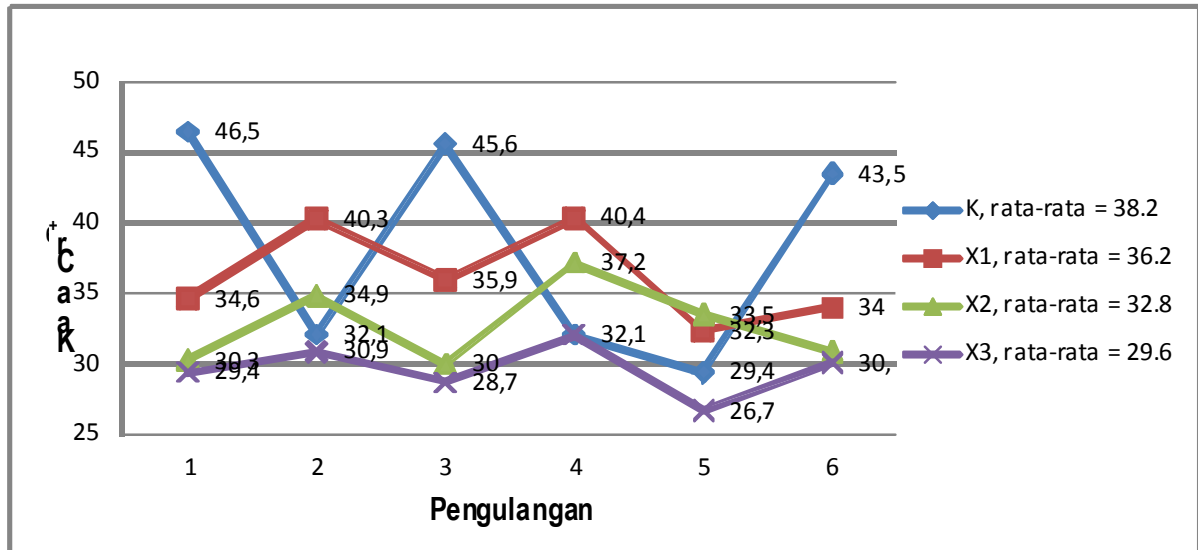
Gambar 1. Rancangan Penelitian

Keterangan :

- P : Populasi
- R : Random
- K : Limbah cair yang tidak diberi arang aktif kulit durian
- X_1 : Limbah cair yang diberi arang aktif kulit durian dengan kadar 20 gr/L selama 30 menit
- X_2 : Limbah cair yang diberi arang aktif kulit durian dengan kadar 30 gr/L selama 30 menit
- X_3 : Limbah cair yang diberi arang aktif kulit durian dengan kadar 40 gr/L selama 30 menit
- O : Perbedaan dari ada tidaknya perlakuan

HASIL

Pengujian kandungan kromium (Cr^{6+}) menggunakan metode *photometry*. Hasil pengujian kadar kromium (Cr^{6+}) pada limbah batik dapat dilihat pada gambar 2.



Gambar 2. Kandungan Cr^{6+} Kelompok Kontrol dan Kelompok Perlakuan

Gambar 2. menunjukkan hasil uji laboratorium kadar kromium (Cr^{6+}) kelompok kontrol dan kelompok perlakuan. Kelompok kontrol menunjukkan rata-rata kadar kromium (Cr^{6+}) sebesar 38,2 mg/l. Hasil tertinggi yang diperoleh kelompok kontrol setelah pengujian kadar kromium yaitu 46,5 mg/l dan hasil terendah yaitu 29,4 mg/l. Nilai tersebut masih di atas Baku Mutu Air Limbah (BMAL) sebesar 0,1 mg/l. Hasil uji rata-rata kelompok kontrol akan dibandingkan dengan hasil uji rata-rata kadar kromium

(Cr⁶⁺) kelompok sampel yang diberi perlakuan berupa penambahan arang aktif kulit durian. Kelompok perlakuan terdiri dari tiga kelompok Nilai rata-rata yang diperoleh pada kelompok perlakuan pertama adalah 36,2 mg/l, rata-rata pada kelompok perlakuan kedua adalah 32,8 mg/l, dan rata-rata pada kelompok ketiga adalah 29,6 mg/l. Nilai tersebut masih di atas Baku Mutu Air Limbah (BMAL) sebesar 0,1 mg/l.

Tabel 1. Perbedaan Kadar Cr⁶⁺ Kelompok Kontrol dan Kelompok Perlakuan

No	Perlakuan	Mean	Minimum	Maksimum	Penurunan kadar Cr ⁶⁺ (%)	Standar Deviasi
1	K	38,2	29,4	46,5	-	7,7923
2	X ₁	36,2	32,3	40,4	5,24	3,3804
3	X ₂	32,8	30,0	37,2	14,14	2,8969
4	X ₃	29,6	26,7	32,1	22,51	1,8674

Tabel 1. menunjukkan perbedaan rata-rata kadar Cr⁶⁺ setiap kelompok sampel. Penurunan tertinggi terjadi pada kelompok perlakuan ketiga (X₃) yaitu 8,6 mg/l atau 22,51% dibandingkan kelompok kontrol. Penurunan terendah terjadi pada kelompok perlakuan pertama (X₁) sebesar 2 mg/l atau 5,24%. Data tersebut menunjukkan bahwa penambahan arang aktif kulit durian masih belum menurunkan kadar kromium (Cr⁶⁺) di bawah Baku Mutu Air Limbah (BMAL) sebesar 0,1 mg/l sesuai Pergub Jatim No.72 tahun 2013.

Uji *kruskal-wallis* menunjukkan nilai signifikansi yang didapat sebesar 0,017. Nilai tersebut lebih kecil dibandingkan α sebesar 0,05; sehingga itu dapat disimpulkan bahwa terdapat perbedaan rata-rata antara kelompok kontrol dengan kelompok perlakuan.

Tabel 2. Hasil Uji *Mann-Whitney*

Perlakuan	Kontrol	X ₁	X ₂	X ₃
Kontrol	-	1,000	0,336	0,029*
X ₁	1,000	-	0,109	0,040*
X ₂	0,336	0,109	-	0,065
X ₃	0,029*	0,040*	0,065	-

Keterangan : (*) menunjukkan signifikansi

Uji lanjutan (*pos hoc test*) dengan menggunakan uji *mann-whitney* menunjukkan bahwa kelompok perlakuan ketiga (X₃) memiliki perbedaan paling signifikan ($p = 0,029$) dibanding yang lain.

PEMBAHASAN

Kadar Cr⁶⁺ rata-rata kelompok kontrol (K) dan kelompok perlakuan pertama (X₁), kelompok perlakuan kedua (X₂), dan kelompok perlakuan ketiga (X₃) masing-masing sebesar 38,2 mg/l; 36,2 mg/l; 32,8 mg/l; & 29,6 mg/l. Hal itu melebihi Baku Mutu Air Limbah (BMAL) sebesar 0,1 mg/l sesuai Pergub Jatim No.72 tahun 2013. Penurunan kadar Cr⁶⁺ terbesar terjadi pada kelompok perlakuan ketiga (X₃) sebesar 22,51%. Penurunan ini terjadi karena arang aktif kulit durian yang dikontakkan dengan limbah batik mengadsorpsi Cr⁶⁺.

Adsorpsi merupakan peristiwa penyerapan dipermukaan oleh suatu adsorben. Adsorpsi dapat terjadi karena adsorben terdiri dari atom-atom atau molekul-molekul yang saling tarik-menarik akibat gaya *Van der Waals*. Pada dasarnya gaya tarik antar molekul yang satu dengan yang lainnya adalah seimbang, sebab gaya tarik satu akan dinetralkan oleh yang lainnya. Namun, hal itu berbeda dengan gaya yang ada pada permukaan. Gaya-gaya tersebut tidak seimbang oleh karena pada satu arang di sekeliling molekul tersebut akan mempunyai sifat menarik molekul-molekul gas atau solute pada permukaannya (Reynolds, 1982 dalam Hadiwidodo, 2008). Kemudian, Rahman *et al.*, (2012)

menjelaskan bahwa pada arang yang telah diaktivasi, pori-pori yang dimilikinya lebih banyak dibandingkan dengan arang biasa. Apabila arang aktif tersebut dikontakkan dengan limbah cair yang mengandung logam berat, maka hal tersebut dapat menyerap logam berat pada limbah cair. Hal itu dikarenakan pori-pori mikro yang sangat banyak pada arang aktif menimbulkan gejala kapiler yang menyebabkan timbulnya daya adsorpsi pada permukaan luas arang aktif. Ada beberapa faktor yang dapat mempengaruhi adsorpsi arang aktif, seperti massa adsorben, ukuran arang aktif, kecepatan pengadukan, waktu kontak, dan konsentrasi logam Cr^{6+} pada limbah.

Penurunan kadar kromium (Cr^{6+}) menunjukkan bahwa penambahan massa arang aktif kulit durian sebagai variabel bebas mampu mengadsorpsi logam berat. Penelitian ini menggunakan tiga kelompok perlakuan dengan massa arang aktif yang berbeda untuk setiap kelompok yaitu 20 gram, 30 gram, dan 40 gram yang dikontakkan dengan satu liter sampel air limbah batik. Hasil penurunan kadar kromium (Cr^{6+}) kelompok perlakuan tersebut kemudian dibandingkan dengan hasil kelompok kontrol. Hasil menunjukkan bahwa dengan menambahkan massa arang aktif, maka penurunan kadar kromium juga semakin besar. Hal itu dapat dilihat bahwa penurunan kelompok perlakuan pertama (X_1), kelompok perlakuan kedua (X_2), dan kelompok perlakuan ketiga (X_3) sebesar 5,24%, 14,14 %, dan 22,51%. Ini sesuai dengan penelitian Labied (2018) yang menunjukkan bahwa penambahan arang aktif yang terbuat dari biji kurma merah dengan massa 0,5 gr; 1 gr; 2 gr; & 3 gr mampu menurunkan kadar Cr^{6+} . Penurunan terbesar terjadi setelah penambahan massa 3 gr sebesar 64%.

Faktor lain yang perlu diperhatikan adalah ukuran dari arang aktif. Secara umum, bentuk arang aktif berupa granula (butiran) dan serbuk. Semakin kecil ukuran dari arang aktif, maka luas permukaan yang kontak dengan logam berat semakin besar. Ratnasari (2017) menjelaskan bahwa media adsorben berbentuk serbuk memiliki efisiensi adsorpsi lebih tinggi dibandingkan bentuk padatan. Hal itu diakibatkan luas permukaan yang kontak dengan logam berat semakin besar. Shafirinia *et al.*, (2016) menjelaskan bahwa ukuran media adsorben yang paling optimal yaitu 40-100 mesh untuk menurunkan logam berat khususnya Cr sebesar 35-72% dan Cu sebesar 85-96%. Pada penelitian ini ukuran serbuk yang digunakan adalah 100 mesh.

Kecepatan pengadukan merupakan faktor penting untuk membuat arang aktif yang dikontakkan dengan larutan yang mengandung logam berat menjadi homogen dan membantu proses tumbukan antara arang aktif dengan logam berat, sehingga proses pengontakan semakin cepat. Dalam penelitian ini, kecepatan pengadukan yang digunakan sebesar 400 rpm selama satu menit. Hal itu dilakukan untuk mempercepat proses pengontakan dan homogenasi sampel limbah. Namun, penurunan kandungan kromium (Cr^{6+}) masih belum besar. hal ini kemungkinan terjadi karena kecepatan pengadukan yang terlalu besar. Afrianita *et al.*, (2014) menjelaskan bahwa kecepatan pengadukan mampu mempengaruhi kecepatan kontak adsorben dengan adsorbat. Kecepatan pengadukan yang rendah menyebabkan kurang efektifnya tumbukan yang terjadi antara adsorben dengan adsorbat, sehingga daya serap bernilai kecil. Sebaliknya, kecepatan pengadukan yang terlalu cepat mengakibatkan struktur adsorben menjadi rusak, sehingga penyerapan kurang optimal.

Waktu kontak merupakan waktu yang diperlukan arang aktif untuk mengikat logam berat dalam larutan. Waktu kontak dapat mempengaruhi daya adsorpsi yang baik oleh adsorben yang ditunjukkan dengan berkurangnya kadar logam berat pada limbah cair. Waktu yang diperlukan dalam penelitian ini yaitu 30 menit. Hal tersebut berdasarkan penelitian Saueprasearsit (2011) yang menjelaskan bahwa waktu kontak optimal arang aktif kulit durian untuk mengikat kromium (Cr^{6+}) adalah 30 menit. Hal itu mampu mengadsorpsi kromium (Cr^{6+}) sebesar 10,67 mg/g.

Konsentrasi logam berat pada limbah cair juga berpengaruh terhadap kemampuan adsorpsi adsorben. Semakin besar kadar logam berat yang terdapat dalam limbah cair, maka arang aktif yang dibutuhkan juga semakin banyak. Yusoff *et al.*, (2014) menjelaskan bahwa konsentrasi awal logam mempengaruhi kemampuan adsorpsi adsorben. Ketika konsentrasi awal logam berat meningkat, efisiensi adsorpsi akan menurun, Daya adsorpsi yang tinggi menunjukkan adanya sisi adsorben yang kosong yang memungkinkan untuk terjadinya ikatan dengan logam. Sebaliknya, pada konsentrasi

logam berat yang tinggi sisi aktif dari adsorben tidak tersedia. Hal itu mengurangi penurunan kandungan logam berat. Dalam penelitian ini penurunan kadar Cr^{6+} tidak terlalu besar karena kadar awalnya yang tinggi. Selain itu limbah batik mengandung logam berat lain seperti plumbum (Pb). Hal ini mempengaruhi daya adsorpsi arang aktif kulit durian terhadap Cr^{6+} karena sisi aktif arang aktif kulit durian diisi logam berat lain.

SIMPULAN

Berdasarkan hasil dan pembahasan mengenai dapat disimpulkan sebagai berikut.

Pertama, nilai rata-rata kadar kromium (Cr^{6+}) limbah batik yang tidak diberi perlakuan (K) sebesar 38,2 mg/l. Kedua, nilai rata-rata kadar kromium (Cr^{6+}) pada kelompok perlakuan (X_1 , X_2 , & X_3) berturut-turut sebesar 36,2 mg/l; 32,8 mg/l; dan 29,6 mg/l. Terakhir terdapat perbedaan penurunan kadar kromium (Cr^{6+}) antara kelompok kontrol dengan kelompok perlakuan ($p = 0,017$). Penurunan kadar kromium (Cr^{6+}) secara signifikan terjadi pada kelompok perlakuan ketiga (X_3) ($p = 0,029$).

DAFTAR RUJUKAN

- Afrianita, R., Dewilda, Yommi., & Rahayu, Monica. 2014. Potensi Fly Ash sebagai Adsorben dalam Menyisihkan Logam Berat Cromium (Cr) pada Limbah Cair Industri. *Jurnal Teknik Lingkungan UNAND*. 11(1): 67-63.
- Apriani, R., Faryuni, D. I., & Wahyuni, D. 2013. Pengaruh Konsentrasi Aktivator Kalium Hidroksida (KOH) terhadap Kualitas Karbon Aktif Kulit Durian sebagai Adsorben Logam Fe pada Air Gambut. *Prisma Fisika*. 1(2): 82-86.
- Febriansyah, B., Chairul, & Yenti, S. R. 2015. Pembuatan Karbon Aktif dari Kulit Durian sebagai Adsorben Logam Fe. *Jom FTEKNIK*. 2(2): 1-11.
- Hadiwidodo, M. 2008. Penggunaan Abu Sekam Padi sebagai Adsorben dalam Pengolahan Air Limbah yang Mengandung Logam Cu. *Jurnal Teknik*. 29(1):55.
- Hariato, R., & S. M. Arsyik Kurniawan. 2018. Analisis Penurunan Kadar Cr, Cd dan Pb Limbah Laboratorium Dasar Ppsdm Migas Cepu dengan Adsorpsi Serbuk Eceng Gondok (*Eichornia crassipes*). *Indonesian Journal of Chemical Research*. 3(1-2): 40-46
- Haura, U., Razi, F., & Milina, H. 2017. Karakterisasi Adsorben dari Kulit Manggis dan Kinerjanya pada Adsorpsi Logam Pb(II) dan Cr(VI). *Biopropal Industri*. 8(1): 47-54.
- Labied, R. 2018. Adsorption of Hexavalent Chromium by Activated Carbon Obtained from a Waste Lignocellulosic Material (*Ziziphus jujuba cores*): Kinetik, Equilibrium, and Thermodynamic Study. *Adsorption Science & Technology*, 0 (0), 1-34.
<http://journals.sagepub.com/doi/abs/10.1177/0263617417750739>
- Moelyaningrum, A. D., & Pujiati, R. S. 2015. Cadmium (Cd) and Mercury (Hg) in the Soil, Leachate, and Ground Water at the Final Waste Disposal Pakusari Jember Distric Area. *International Journal of Sciences: Basic and Applied Research (IJSBAR)*. 24(2): 101-108.
<http://gssrr.org/index.php?journal=JournalOfBasicAndApplied&page=article&op=view&path%5B%5D=4541>
- Moelyaningrum, A. D. 2018. The Potential of Cacao Pod Rind Waste (*Thoboma cacao*) to Adsorb Heavy Metal (Pb and Cd) in Water. *Sustainable Future for Human Security*. pp 265-276.
https://link.springer.com/chapter/10.1007%2F978-981-10-5433-4_18.
- Noer, S., Pratiwi, R. D., & Gresinta, E. 2015. Pemanfaatan Kulit Durian sebagai Adsorben Biogradable Limbah Domestik Cair. *Faktor Exacta*. 8(1): 75-78.
- Nuriana, W., Anisa, N., & Martana. 2013. Karakteristik Biobriket Kulit Durian Sebagai Bahan Bakar Alternatif Terbarukan. *Jurnal Teknologi Industri Pertanian*, 23(1): 70-76.
- Peraturan Gubernur Jawa Timur Nomor 72 Tahun 2013. *Baku Mutu Air Limbah bagi Industri dan/atau Kegiatan Usaha Lainnya*. 16 Oktober 2013. Surabaya.

- Rahman, M.M., Awang, M., Mohosina, B.S., Kamaruzzaman, B.Y., Wan Nik, W.B., & Adnan, C.M.C. 2012. Waste Palm Shell Converted to High Efficient Activated Carbon by Chemical Activation Methode and Its Adsorption Capacity Tested by Water Filtration. *Prosedia*. 1: 293-298. www.sciencedirect.com/science/article/pii/S2212670812000498
- Ratnasari, N. D., Moelyaningrum, A. D., & Ellyke. 2017. Penurunan Kadar Tembaga (Cu) pada Industri Elektroplating Menggunakan cangkang Telur Ayam Potong Teraktivasi Termal. *Sanitasi: Jurnal Kesehatan Lingkungan*. 9(2): 56-62.
- Saueprasearsit, P. 2011. Adsorption of Chromium (Cr⁺⁶) Using Durian Peel. *International Conference on Biotechnology and Environment Management* 18. 16-18 September 2011. IACSIT Press: 33-38. www.ipcbee.com/vol18/7-ICBEM2011M013.pdf
- Shafirinia, R., Wardana, I. W., & Oktiawan, W. 2016. Pengaruh Variasi Ukuran Adsorben dan Debit Aliran terhadap Penurunan Khrom (Cr) dan Tembaga (Cu) dengan Arang Aktif dari Limbah Kulit Pisang pada Limbah Cair Industri Pelapisan Logam (Elektroplating) Krom. *Jurnal Teknik Lingkungan*. 5 (1): 1-9.
- Widowati, W., Sastiono, A., & Rumampuk, R. J. 2008. *Efek Toksik Logam Pencegahan dan Penanggulangan Pencemaran*. Yogyakarta: ANDI.
- Yusoff, S. N., Kamari, A., Putra, W. P., Ishak, C. F., Mahamed, A., Hashim, N., et al. 2014. Removal of Cu(II), Pb(II), and Zn(II) Ions from Aqueous Solutions Using Selected Agricultural Wastes: Adsorption and Charactersation Studies. *Journal of Environmental Protection*, 5, 289-300. www.scirp.org/journal/PaperInformation.aspx?PaperID=44123