

DAUN LIDAH MERTUA (*SANSEVIERIA*) SEBAGAI ADSORBEN LOGAM PERAK (Ag) DAN KROMIUM (Cr) PADA LIMBAH CAIR INDUSTRI PERAK

Sri Hastutiningrum

Jurusan Teknik Lingkungan, Institut Sains & Teknologi AKPRIND Yogyakarta
shningrum20@gmail.com

ABSTRAK

Perkembangan industri terus mengalami peningkatan seiring dengan perkembangan zaman. Namun, hal itu juga diikuti dengan bertambahnya jumlah limbah yang dihasilkan. Kotagede merupakan salah satu daerah yang terkenal akan kota penghasil kerajinan perak di provinsi Daerah Istimewa Yogyakarta. Limbah cair yang dihasilkan dari industri perak ini pada kenyataannya belum diolah terlebih dahulu sebelum dibuang, padahal didalamnya masih terdapat kandungan logam berat seperti Perak (Ag) dan Kromium (Cr). Salahsatu upaya yang dapat dilakukan untuk mengurangi kadar Ag dan Cr pada limbah cair industri perak ialah dengan cara adsorpsi logam Ag Dan Cr menggunakan karbon aktif dari daun lidah mertua (*Sansevieria*). Tanaman lidah mertua ini mengandung unsure selulosa yang cukup tinggi sebesar 50 – 60%, sehingga ini menjadi salah satu potensi yang dapat dikembangkan karena masih sangat sedikit pemanfaatan tanaman lidah mertua yang hanya terbatas untuk tanaman hias saja.

Pembuatan karbon aktif dilakukan dengan variabel yang divariasikan, yaitu pertama jenis activator HCl dan KOH dengan konsentrasi masing–masing activator sebesar 1N. Kedua, waktu kontak adsorpsi 60 menit, 120 menit, 180 menit, 240 menit, dan 300 menit.

Hasil penelitian ini menunjukkan persentase penyerapan terbanyak untuk logam Ag diperoleh pada jenis aktivator HCl dengan waktu kontak adsorpsi 120 menit sebesar 88,1841%. Serta untuk logam Cr diperoleh pada jenis activator KOH dengan waktu kontak adsorpsi 240 menit sebesar 85,8897%.

Kata kunci: adsorpsi, perak (Ag), kromium (Cr), karbon aktif, daun lidah mertua, limbah cair industri perak

PENDAHULUAN

Dewasa ini, industri terus mengalami peningkatan seiring dengan perkembangan zaman. Bagi negara berkembang seperti Indonesia, pembangunan industri sangat esensial untuk meningkatkan perekonomian negara. Dampak positifnya yakni peningkatan kesejahteraan hidup masyarakatnya. Namun, perkembangan industry yang sangat pesat ini juga diikuti dengan dampak negatif salah satunya yaitu jumlah limbah yang dihasilkan juga meningkat. (Ayudianti, 2012).

Kebanyakan industri dalam pengolahan yang menggunakan logam berat, limbah yang dihasilkan dibuang bebas tanpa ada pengolahan sebelumnya. Limbah ini dapat mencemari lingkungan, kualitas lingkungan akan turun sampai ke tingkat tertentu yang menyebabkan lingkungan kurang atau tidak dapat berfungsi lagi sesuai dengan peruntukannya (Undang-Undang Pokok Pengelolaan Lingkungan No. 4 tahun 1982).

Kotagede merupakan daerah yang terkenal dengan kota penghasil

kerajinan perak di Provinsi Daerah Istimewa Yogyakarta. Limbah yang dihasilkan dari industri perak ini pada kenyataannya belum diolah terlebih dahulu sebelum dibuang, padahal dalam limbah tersebut terdapat kandungan zat berbahaya yang berasal dari limbah pencucian perak tersebut, antar alain: tembaga (Cu), kromium (Cr), dan perak (Ag). Berdasarkan hal tersebut diperlukan solusi khusus dalam menangani masalah pencemaran lingkungan oleh limbah industri perak. (Nasir, 2007)

Salah satu solusi dari permasalahan limbah industry perak ini yaitu menggunakan metode adsorpsi. Adsorpsi adalah suatu proses penyerapan oleh padatan tertentu terhadap zat tertentu yang terjadi pada permukaan zat padat. Media pengadsorpsi yang digunakan dalam proses ini disebut adsorben. Salah satu sumber selulosa yang dapat digunakan dalam pembuatan adsorben ini berasal dari tanaman lidah mertua (*Sansevieria*). (Kanimozhi, 2011).

Saat ini di Indonesia banyak dibudidayakan tanaman lidah mertua

(*Sansevieria*). Lidah mertua sendiri merupakan tanaman purba yang dikenal sebagai tanaman perintis yaitu tanaman yang mampu bertahan dalam kondisi ekstrim yang bahkan tanaman lain tidak dapat hidup pada kondisi tersebut, serta perawatannya relative mudah. Tanaman ini mampu menyerap polutan Dan dapat mengurai zat beracun menjadi senyawa organik. (Winanti et al, 2012).

Berdasarkan latar belakang tersebut, pembuatan Adsorben ini dirancang untuk mengatasi logam berat perak dan kromium yang terkandung dalam limbah cair industry perak dengan menggunakan adsorben dari lidah mertua.

Hasil pengujian di laboratorium Kimia Analitik Jurusan Kimia Fakultas Matematik Dan Ilmu Pengeatahuan Alam Universitas Gadjah Mada, pembuatan Adsorben dengan activator Asam (HCl) dan activator Basa (KOH), kadar Ag setelah proses adsorpsi yaitu 0,2811 ppm. Hal tersebut sudah sesuai dengan standar Baku Mutu Limbah Untuk Kegiatan Industri Pelapisan Logam Berdasarkan Perda DIY Nomor 7 Tahun 2016 Tentang "BakuMutuAirLimbah" yaitu kadar paling banyak untuk logam Perak (Ag) yaitu 0,5 ppm.

Pada penyerapan kadar Cr diperoleh hasil yang relative sama antara adsorpsi menggunakan karbon aktif dengan activator HCl Dan KOH. kadar Cr setelah proses adsorpsi yaitu 0,2792 ppm. Hal tersebut sudah sesuai dengan standar Baku Mutu Limbah Untuk Kegiatan Industri Pelapisan Logam Berdasarkan Perda DIY Nomor 7 Tahun 2016 Tentang "Baku Mutu Air Limbah" yaitu kadar paling banyak untuk logam Kromium(Cr) yaitu 0,5 ppm.

METODE PENELITIAN

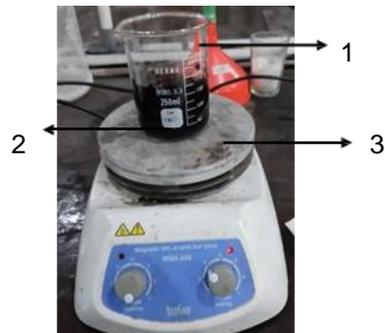
1. Ruang lingkup penelitian:

Jenis penelitian ini bersifat eksperimen dengan variabel waktu adsorpsi dengan variasi waktu 60, 120, 180, 240, dan 300 menit dan variabel bebas yang kedua adalah jenis aktivator dengan variasi Asam Klorida (HCl) dan Kalium Hidroksida (KOH). Analisis hasil penelitian meliputi uji kadar air, uji kadar abu, efisiensi adsorben.

2. Alat:

Alat yang digunakan adalah Neraca analitik, oven, furnace, toples kaca, Erlenmeyer, gelas beker, ayakan, pipet, magnetic stirrer, corong gelas, AAS, cawan porselin.

Rangkaian alat yang digunakan dalam penelitian, ditunjukkan pada gambar 1.



Gambar 1 Rangkaian Alat adsorpsi

Keterangan:

1. Gelas Beker
2. *Magnetic stirrer*
3. *Hot plate*

3. Bahan:

Bahan yang digunakan dalam penelitian ini adalah daun Lidah Mertua (*Sansevieria*), Asam Klorida (HCl), Kalium Hidroksida (KOH), Aquadest, Kertas Saring, Limbah cair industry perak.

4. Variabel Penelitian

Dalam penelitian digunakan variabel bebas pertama adalah waktu adsorpsi dengan variasi waktu 60, 120, 180, 240, dan 300 menit dan variabel bebas yang kedua adalah jenis aktivator dengan variasi Asam Klorida (HCl) dan Kalium Hidroksida (KOH)

5. Prosedur Penelitian

a. Pembuatan Adsorben

Daun lidahmertua (*Sansevieria*) dicuci hingga bersih menggunakan air dan dipotong-potong dalam bentuk persegi dengan ukuran $\pm 1,5-2$ cm, lalu dikeringkan dengan oven pada suhu 110°C hingga diperoleh massa yang konstan untuk menghilangkan kadar air. Selanjutnya daun lidah mertua (*Sansevieria*) dikarbonisasi dengan *furnace* pada suhu 300°C selama 2 jam. Hasil dari karbonisasi tersebut, daun lidahmertua (*Sansevieria*) dihaluskan dengan mortar kemudian

diayak dengan ayakan -80 +100 mesh.

Karbon yang telah diayak kemudian diambil 50gram untuk diaktivasi dengan cara direndam dalam larutan pengaktivator HCl dan KOH dengan konsentrasi 1 N dengan volume masing-masing 250ml. Campuran tersebut diaduk dengan *magnetic stirrer* selama 30 menit. Setelah diaduk campuran tersebut dibiarkan selama 24 jam. Karbon aktif kemudian dicuci menggunakan *aquadest* hingga menunjukkan pH netral. Karbon aktif yang sudah terpisah dengan filtratnya dan netral kemudian dikeringkan dengan menggunakan oven pada suhu 110°C sampai berat konstan.

b. Proses Adsorpsi

Sebanyak 5 gram karbon aktif daun lidah mertua (*Sansevieria*) yang telah teraktivasi larutan HCl 1N dan larutan KOH 1N, masing-masing dikontakkan kedalam gelas beker yang berisi 50 ml limbah cair industri perak Dan mengatur waktu kontak dengan variasi waktu 60 menit, 120 menit, 180 menit, 240 menit, dan 300 menit setelah itu disaring menggunakan kertas saring dan filtratnya di cek penurunan konsentrasi logam Perak (Ag) Dan logam Kromium (Cr) menggunakan AAS (*Atomic Absorption Spectroscopy*).

6. Analisis Hasil

a. Kadar Air

Air menguap pada suhu diatas 100°C. Kehilangan bobot contoh setelah pemanasan pada suhu diatas 100°C dihitung sebagai air yang terdapat dalam contoh Karbon aktif daun lidah mertua (*Sansevieria*) sebanyak 1gram diletakkan dalam cawan porselen, kemudian dipanaskan dalam oven yang telah diatur suhunya 115°C selama 3 jam. Hasil pengeringan kemudian diletakkan dalam desikator untuk kemudian ditimbang menggunakan timbangan analitik dan lakukan kembali hal tersebut hingga beratnya konstan. Untuk menentukan kadar air digunakan persamaan sebagai berikut:

$$\% \text{ kadarair} = \frac{W1 - W2}{W1} \times 100\%$$

Keterangan

- W1 : Berat sampel awal(gram)
- W2 : Beratsampel akhir (gram)

b. Kadar Abu

Contoh sampel diabukan pada suhu tinggi, sisa pengabuan dihitung sebagai abu dalam contoh sampel.

Karbon aktif daun lidah mertua (*Sansevieria*) ditimbang 2 gram pada krus porselen yang telah diketahui bobotnya. Kemudian karbon aktif dimasukkan ke dalam *furnace* untuk proses pengabuan pada suhu 600°C selama 2 jam. Selanjutnya mendinginkan krus porselen beserta isinya dalam desikator Dan menimbangny menggunakan neraca analitik sampai beratnya konstan. Untuk menentukan kadar abu digunakan persamaan sebagai berikut:

$$\% \text{ kadarabu} = \frac{W1}{W2} \times 100\%$$

Keterangan

- W1 : Beratsisapijar (gram)
- W2 : Beratsampel awal(gram)

c. Efisiensi Adsorben

Persentase adsorpsi logam berat bisa dihitung dengan menggunakan rumus berikut:

$$\% \text{ Adsorpsi} = \frac{X1 - X2}{X1} \times 100\%$$

Keterangan:

- X1 : Kadar logam berat awal(ppm)
- X2 : Kadar logam berat akhir (ppm)

HASIL DAN PEMBAHASAN

1. Karakteristik Adsorben Karbon Aktif dari Daun Lidah Mertua (*Sansevieria*)

a. Menghitung Kadar Air

Karbon aktif dari daun lidah mertua (*Sansevieria*) yang digunakan sebagai adsorben untuk menurunkan kadar logam Perak (Ag) dan logam Kromium (Cr) pada limbah cair industri perak, dilakukan uji karakteristik kadar air untuk mengetahui kandungan air yang terkandung dalam adsorben. Penentuan kadar air merupakan

salah satu parameter kualitas adsorben yang digunakan untuk adsorpsi.

Berdasarkan percobaan yang telah dilakukan, untuk menghitung kadar air dilakukan dengan cara memanaskan karbonaktif dengan suhu 110°C selama 3 jam menggunakan oven, diperoleh kadar air sebesar 8,7% untuk karbonaktif dengan activator HCl sedangkan untuk karbonaktif dengan aktivator KOH sebesar 11,3%. Dengan hasil tersebut, adsorben karbon aktif dari daun lidah mertua (*Sansevieria*) dengan jenis activator HCl Dan KOH ini telah memenuhi standar baku mutu kualitas adsorben berdasarkan SNI 06-3730-1995 yaitu maksimal sebesar 15% untuk adsorben berbentuk serbuk.

- b. Menghitung Kadar Abu
Selain menghitung karakteristik kandungan air pada karbon aktif dari daun lidah mertua (*Sansevieria*) yang digunakan sebagai adsorben untuk menurunkan kadar logam Perak (Ag) Dan logam Kromium (Cr) pada limbah cair industry perak, dilakukan juga uji karakteristik kadar abu untuk mengetahui kandungan abu yang terkandung dalam adsorben. Penentuan kadar abu merupakan salah satu parameter kualitas adsorben yang digunakan untuk adsorpsi.

Berdasarkan percobaan yang telah dilakukan, diperoleh kadar abu sebesar 8,9% untuk karbon aktif dengan activator HCl sedangkan dengan activator KOH didapatkan kadar abu 6,6%. Dengan hasil tersebut, adsorben karbon aktif dari daun lidah mertua (*Sansevieria*) ini telah memenuhi standar baku mutu kualitas adsorben berdasarkan SNI 06-3730-1995 yaitu maksimal sebesar 10% untuk adsorben berbentuk serbuk.

2. Kadar Logam Berat Perak(Ag) Dan Kromium (Cr) Awal pada Limbah Cair Industri Perak

Limbah cair industry perak dilakukan uji analitik menggunakan Spektroskopi Serapan Atom (SSA) untuk mengetahui kadar Perak (Ag) dan Kromium

(Cr) awal pada limbah cair industry perak. Berdasarkan hasil uji analitik yang telah dilakukan, kadar awal limbah cair industri perak mengandung logam Ag sebanyak 2,3790 ppm Dan logam Cr sebanyak 1,9787 ppm. Hal ini menunjukkan bahwa kadar logam Ag Dan logam Cr pada limbah cair industry perak telah melewati nilai ambang batas yang telah ditetapkan dalam Baku Mutu Limbah Untuk Kegiatan Industri Pelapisan Logam Berdasarkan Perda DIY Nomor 7 Tahun 2016 Tentang “Baku Mutu Air Limbah” ditunjukkan bahwa baku mutu yang ditetapkan untuk suatu usaha pelapisan logam dapat membuang limbah adalah dengan kandungan logam Perak (Ag) dan Kromium (Cr) sebesar 0,5ppm.

3. Pengaruh Waktu Kontak terhadap Penurunan Kadar Logam Perak (Ag) Dan Kromium(Cr)

Pengaruh Waktu Kontak terhadap Penurunan Kadar Logam Perak (Ag) dengan Aktivator Asam (HCl) dan Aktivator Basa (KOH)

Percobaan adsorpsi dengan menggunakan variasi waktu 60,120,180,240, Dan 300 menit dengan massa adsorben 5 gram dalam 50ml limbah cair industry perak dengan kadar awal Perak (Ag) pada limbah cair industry perak sebanyak 2,3790 ppm, diperoleh data sebagai berikut:

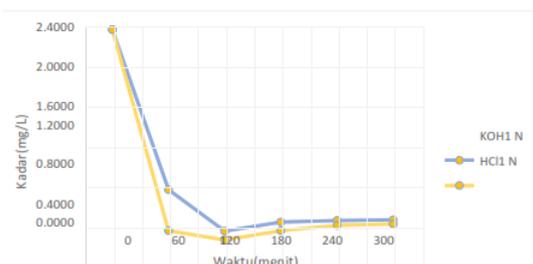
Tabel 3.3.1. Hasil analisis kadar perak (Ag) dengan variasi waktu kontak adsorben dengan activator HCl

Waktu Kontak (Menit)	Kadar Logam Ag (HCl)	
	CA (ppm)	XA(%)
0	2,3790	0
60	0,3745	84,2581
120	0,2811	88,1841
180	0,3745	84,2581
240	0,4277	82, 0219
300	0,4408	81, 4712

Tabel 3.3.2. Hasil analisis kadar perak (Ag) dengan variasi waktu kontak adsorben dengan aktivator KOH

Waktu Kontak (Menit)	KadarLogamAg (KOH)	
	CA (ppm)	XA(%)
0	2,3790	0
60	0,7835	67,0660
120	0,3694	84,4725
180	0,4607	80,6347
240	0,4757	80,0042
300	0,4818	79,7478

Dari Tabel Didapat Grafik Sebagai Berikut:



Gambar.13.3.1. Grafik hubungan antara waktu kontak dengan kadar logam Ag setelah proses adsorpsi.

Berdasarkan percobaan variasi waktu kontak karbon aktif dari daun lidah mertua (*Sansevieria*) dengan penurunan kadar Ag menggunakan aktivator HCl. Dari grafik 3.3.2. dapat dilihat terjadi kenaikan jumlah kadar Ag yang terserap baik dengan karbon aktif dengan activator HCl maupun KOH pada waktu kontak 0 sampai 120 menit terjadi kenaikan. Kemudian pada waktu kontak 180 menit sampai 300 menit terjadi penurunan yang selisih kadar Ag terserapnya sangat kecil dari kadar Ag terserap pada waktu sebelumnya. Kenaikan kadar Ag yang terserap ini disebabkan karena pada awal waktu pengontakkan, ketersediaan pori-pori karbonaktif untuk menyerap logam Ag masih banyak, sehingga memerlukan waktu untuk memenuhinya.

KESIMPULAN DAN SARAN

1. Kesimpulan

Berdasarkan penelitian dan pembahasan yang telah dilakukan, maka dapat diperoleh kesimpulan sebagai berikut:

- Proses pembuatan adsorben dari daun lidah mertua (*Sansevieria*) dapat dilakukan menggunakan metode karbonisasi, dengan tahapan

proses yaitu proses preparasi daun lidah mertua (*Sansevieria*), proses karbonisasi daun lidah mertua (*Sansevieria*), dan proses aktivasi karbon daun lidah mertua (*Sansevieria*).

- Semakin lama waktu adsorpsi, maka semakin tinggi pula penurunan kadar logam berat Perak (Ag) dan Kromium (Cr) pada limbah cair industri perak. Diperoleh variasi waktu adsorpsi optimum untuk logam Perak (Ag) pada 120 menit dan untuk logam Kromium (Cr) pada 240 menit
- Jenis activator yang diteliti yaitu HCl dan KOH, karbon aktif yang diaktivasi dengan HCl menghasilkan karbon aktif dengan nilai kadar air yang lebih rendah dari pada KOH yaitu 8,7% untuk HCl dan KOH sebesar 11,3% sedangkan nilai kadar abu HCl yang lebih besar dari pada KOH yaitu 8,9% untuk HCl dan KOH sebesar 6,6%.
- Efektifitas penyerapan terbaik logam Perak (Ag) didapatkan sebesar 88,1841% menggunakan activator HCl dan efektifitas penyerapan logam Kromium (Cr) didapatkan sebesar 85,8897% menggunakan activator KOH.

2. Saran

Saran dari peneliti untuk penelitian selanjutnya, dapat dilakukan dengan variabel lain seperti pengaruh massa adsorben dan ukuran adsorben terhadap kemampuan adsorpsi. Selain itu untuk uji karbon aktif dapat ditambah dengan SEM (*Scanning Electron Microscope*) untuk memberikan gambaran mengenai morfologi permukaan dan pori - pori pada karbon aktif.

DAFTAR PUSTAKA

- Al Anshori, Jamaludin. (2005). Spektrometri Serapan Atom. *Diktat Pelatihan AAS 2005*. Jurusan Kimia FMIPA Universitas Padjajaran.
- Haswel, S. J. (1991). *Atomic Absorption Spectrometry, Theory, Design, and Applications*. Elsevier, New York.
- Henley R W, AR Chase, LS Osborne. (2006). *Sansevieria Production Guide*. Central Florida Research and Education Centre University of Florida. Florida.

- Kanimozhi, M. (2011). Investigating the Physical Characteristicsof Sansevieriatri fasciata Fibre. *International Journal of Scientific and Research Publications*, 1 (1), 1–4.
- Kargi, F. and Cikla, S. (2006). Biosorptionof Zinc (II) ionsonto Powdered Waste Sludge (PWS): Kinetics and Isotherm. *Enzymeand Microbial, Technol.*38: 43-53.
- Manocha, Satish. M. (2003). Porous Carbons. *Sadhana* volume 28 part 1&2 pp335–348.
- Indi, Mawardi, E. Munaf., S. Kosela., Dan W. Wibowo. (2014). Pemisahanlon Krom (III)dan Krom (IV) dalam Larutan dengan Menggunakan Biomassa Alga Hijau *Spirogyra subsalsa* sebagai Biosorben. *Reaktor*. 15 (1): 27—36.
- Muhammadah. (2011). Pengaruh Umur dan Kerapatan Lidah Mertua (Sansevieria) Terhadap CO₂ di Udara. *Skripsi*. Universitas Muhammadiyah Semarang.
- Murti, S. (2008). Pembuatan Karbon Aktif dari Tongkol Jagung untuk Adsorpsi Molekul Amonia Dan Ion Krom. *Skripsi*. Depok: Universitas Indonesia.
- Nababan, Kiki Maria. (2014). Pembuatan Pulp dari Bahan Baku Serat Lidah Mertua (Sansevieria) dengan Menggunakan Metode Soda.
- Nasir, Mochamad. (2007). Efek Air Limbah Industri Perak Kotagede Yogyakarta terhadap Pertumbuhan, Kandungan Klorofil, Dan Logam Berat Kandung Air (*Ipomoea aquatica* Forsk). *Tesis S2 Biologi*: Universitas Gadjah Mada.
- Putranto, Aditya, dan Stephanie Angelina. (2014). *Pemodelan Perpindahan Massa Adsorpsi Zat Warna Pada Florisil Dan Silica Gel dengan Homogeneous and Heterogeneous Surface Diffusion Model. Lembaga Penelitian Dan Pengabdian Kepada Masyarakat* Bandung: Universitas Katolik Parahyangan Press.
- Putra, Valian Purnama., Rizki Nilasari., dan Dewi Mayang Sari. (2018). Adsorpsi (Adsorben Lidah Mertua) Sebagai Solusi Pencemaran Logam Berat Kromium Dari Limbah Batik Di Surakarta. *LKTI Mahasiswa Nasional*. Universitas Sebelas Maret.
- Rahman, M.M., Awang, M., Mohosina, B.S., Kamaruzzaman, B.Y., Nik, W. B. W. & Adnan, C.M.C. (2012). Waste Palm Shell Converted to High Efficient Activated Carbon by Chemical Activation Method and Its Adsorption Capacity Tested by Water Filtration. *APCBEE Procedia*, 1(1), 293–298.
- Renita, O., Febriyanti, L., dan Lazuardi, K. (2009). *Perombakan Zat Warna Azo Reaktif Secara Aerob dan Anaerob*. Fakultas Teknik Jurusan Teknik Kimia. Universitas Sumatera Utara.
- Rohmah, Putri Miftahul Dan Redjeki, Athiek Sri. (2014). *Pengaruh Waktu Karbonisasi pada Pembuatan Karbon Aktif Berbahan Baku Sekam Padi dengan Aktivator KOH*. *Konversi*, Vol. 3. Hal. 19-27
- Republik Indonesia. (1982). Undang-Undang No.4 Tahun1982 tentang Pokok Pengelolaan Lingkungan Hidup Lembaran Negara RI Tahun 1982. No. 04. Sekretariat Negara. Jakarta.
- Setiyono, A., Dan R.A. Gustaman. (2017). Pengendalian Kromium (Cr) yang Terdapat di Limbah Batik dengan Metode Fitoremediasi. *Unnes Journal of PublicHealth*.6(3):155-160.
- Hofa. (2012). Pembuatan Karbon Aktif Berbahan Baku Ampas Tebu dengan Aktivasi Kalium Hidroksida. *Skripsi*. Depok: Universitas Indonesia.
- [SNI] Standar Nasional Indonesia. 1995.SNI 06-3730-1995: Arang Aktif Teknis. Jakarta: Dewan Standardisasi Nasional.
- Sudiarta, I. W. dan Sulihingtyas, W.D. (2012). Biosorpsi Cr (III) pada Biosorben Serat Sabut Kelapa Hijau Teramobilisasi EDTA. *J. Kimia*.6: 29-36.
- Sunarya, A. I. (2006). Biosorpsi Cd(II) Dan Pb(II) Menggunakan Kulit Jeruk Siam (*Citrus reticulata*). *Skripsi*. Departemen Kimia Fakultas MIPA IPB, Bogor.
- Swiatkowski, A. (1998). *Adsorption and its Application in Industry and Environmental Protection Studies in*

- Surface Science and Catalysis*. Belanda: Elsvier.
- Wahyuni, Anis Tri. (2014). "Sintesis Biosorben dari Limbah Kayu Jati Dan Aplikasinya untuk Menjerap Logam Pb dalam Limbah Cair Artifisial". *Tugas Akhir*. Fakultas Teknik, Jurusan Teknik Kimia, Universitas Negeri Semarang.
- Winanti, Sukci., Aan Dwi Nurcahyo, EristaViona A, Rika Rosmalinda, dan Yusron Mubarak. (2012). Pengaruh Lama Adsorpsi Ekstrak *Sansevieria* (Lidah Mertua) Sebagai Adsorben Logam Ag Dari Limbah Industri Perak Di Kotagede. *PELITA Vol. VIII No.2*.
- Wulandari, Agustina Tyas. (2015). "Selulosa Kulit Buah Nangka Muda (*Artocarpus heterophyllus*) Sebagai Biosorben Logam Berat Tembaga (Cu)". *Skripsi*. Teknobiologi, Biologi. Universitas Atma Jaya Yogyakarta.
- Yun, L. J., Dorris, K. L., Shukla, A., and Margrave, J.L. (2003). Adsorption of Chromium from Aqueous Solutions by MapkeDust. *J. Hazard Materials*. 100: 53-63.
- Yunisa, Tiara Rahmania. (2017). "Optimasi Ekstraksi Daun Lidah Mertua (*Sansevieria trifasciata Laurentii*) Dengan Metode Microwave Assisted Extraction (MAE) Sebagai Biosorben Logam Timbal (Kajian Lama Ekstraksi Dan Rasio Pelarut Etanol: Bahan)". *Skripsi*. Fakultas Teknologi Pertanian, Jurusan Teknologi Hasil Pertanian, Universitas Brawijaya.