

## Pengolahan Limbah Cair Logam Berat Pb (II) Menggunakan Kombinasi Metode Elektrokoagulasi - Adsorpsi dengan Karbon Aktif Biji Alpukat

Rizka Lutfita Hanastasia<sup>1\*</sup>, Adhi Setiawan<sup>1</sup>, Tarikh Azis Ramadani<sup>1</sup>

<sup>1</sup> Program Studi D4 Teknik pengolahan Limbah, Jurusan Teknik Permesinan Kapal, Politeknik Perkapalan Negeri Surabaya, Surabaya, 6011

\*Email: [rizkalutfita@student.ppns.ac.id](mailto:rizkalutfita@student.ppns.ac.id)

### Abstrak

Keberadaan logam berat Pb(II) dalam air dapat menimbulkan risiko yang sangat berbahaya bagi makhluk hidup apabila melebihi nilai baku mutu. Logam berat Pb(II) bersifat biomagnifikasi, yaitu dapat terakumulasi dan tinggal di jaringan tubuh organisme dalam jangka waktu lama. Proses Elektrokoagulasi – Adsorpsi dapat dijadikan salah satu metode alternatif untuk mengatasi penurunan keberadaan logam berat Pb. Metode elektrokoagulasi didasarkan pada proses elektrokimia. Elektroda yang digunakan berupa aluminium dengan reaktor uji berukuran 20 x 20 x 15 cm pada variasi tegangan sebesar 10, 20, dan 30 volt dengan waktu kontak selama 30 menit. Limbah hasil elektrokoagulasi dilakukan *treatment* dengan metode adsorpsi. Adsorpsi bertujuan untuk membantu penurunan efisiensi *removal* logam berat Pb(II) dengan menggunakan karbonasi dari biji alpukat dengan variasi waktu adsorpsi 15 menit, 30 menit, dan 45 menit dengan massa 0,75, dan 1, gram. Hasil penelitian menyatakan bahwa pada saat proses elektrokoagulasi semakin tinggi nilai tegangan maka semakin baik nilai efisiensi *removal*, dan semakin meningkat massa dan waktu adsorpsi semakin tinggi efisiensi *removal* logam berat Pb(II). Pada tegangan 30 volt menghasilkan nilai efisiensi *removal* 90,18 %, Pada *treatment* menggunakan metode adsorpsi biji alpukat pada waktu adsorpsi 45 menit dengan massa adsorben 1 gram menghasilkan nilai efisiensi *removal* 95,87%.

**Kata kunci :** Adsorpsi, Biji Alpukat, Elektrokoagulasi, Logam berat.

### 1. PENDAHULUAN

Limbah cair logam berat merupakan limbah yang dapat membahayakan manusia dan lingkungan sekitar. Jenis logam berat yang merupakan unsur membahayakan kesehatan antara lain timbal, Pb berbahaya karena bersifat biomagnifikasi, yaitu dapat terakumulasi dan tinggal di jaringan tubuh organisme dalam jangka waktu lama sebagai racun terakumulasi Siregar & Murtini (2008). Pengaruh konsentrasi Pb yang berlebihan dalam air dapat menimbulkan terganggunya kesehatan manusia seperti anemia berat, dari adanya dampak negatif pencemaran logam Pb dapat dikurangi dengan pengolahan terhadap limbah tersebut.

Penerapan Proses Elektrokoagulasi – Adsorpsi dapat dijadikan salah satu metode alternatif untuk mengatasi penurunan keberadaan logam berat Pb tersebut. Fibrianti & Azizah, (2015) pada penelitiannya melaporkan bahwa elektrokoagulasi pada penurunan logam Pb yaitu dalam penelitian elektrokoagulasi dengan kombinasi elektroda Al - Al mempunyai efisiensi maksimum yakni sebesar 75,84%. Untuk meningkatkan efisiensi tersebut, diperlukan proses adsorpsi menggunakan karbonasi dari biji alpukat. Biji Alpukat dipilih karena mengandung senyawa organik yang tinggi yaitu amilosa 43,3% dan amilopektin 37,7% (Lubis, 2008). Amilosa dan amilopektin tersebut diubah menjadi kadar pati 80,01%. Kadar pati yang tinggi menunjukkan bahwa kadar karbon yang dimiliki juga tinggi. Pada proses elektrokoagulasi digunakan tegangan yang berbeda dengan tujuan untuk mengetahui pengaruh tegangan terhadap penurunan logam berat. Pada proses adsorpsi digunakan waktu kontak dan massa adsorben yang berbeda dengan tujuan untuk mengetahui pengaruh waktu kontak dan massa adsorben terhadap penurunan logam berat Pb.

## 2. METODE

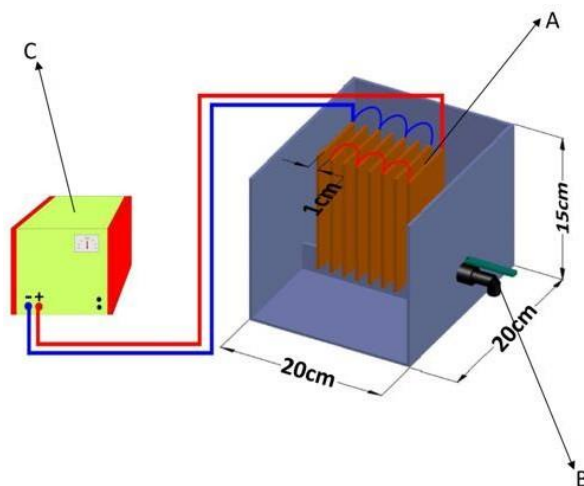
Alat-alat yang digunakan dalam penelitian ini adalah perangkat elektrokoagulasi, *DC power supply*, elektroda aluminium. Sedangkan bahan-bahan yang digunakan adalah sampel limbah cair buatan yang mengandung logam berat Pb, biji apukat,  $H_3PO_4$  30%, aseton. Prosedur penelitian terdiri dari:

### A. Preparasi karbon aktif

Biji alpukat dihilangkan kulit ari, kemudian dipotong - potong dan dicuci. Biji alpukat yang sudah dicuci bersih dikeringkan di bawah sinar matahari dan dioven dengan suhu  $150^\circ C$ . Biji alpukat dimasukkan dalam *furnace* suhu  $400^\circ C$ , kemudian biji alpukat yang telah dihancurkan diayak dengan menggunakan ayakan 60 mesh. Setelah itu dilakukan aktivasi kimia dengan merendam menggunakan  $H_3PO_4$  30 %, dan dikeringkan dalam oven.

### B. Proses elektrokoagulasi

Percobaan ini menggunakan variasi tegangan sebesar 10, 20, 30 volt dengan waktu kontak tetap yakni 30 menit. Dilakukan pembuatan desain reaktor uji dengan tujuan untuk memudahkan pada tahap pembuatan reaktor uji. Dimensi dari reaktor dapat dilihat pada Gambar 1 dan untuk komponen elektrokoagulasi dapat dilihat pada Tabel 1.



Keterangan:

A = Plat elektroda

B = kran

C = *DC power supply*

**Gambar 1. Reaktor Elektrokoagulasi**

**Tabel 1. Perencanaan Elektrokoagulasi**

Dimensi reaktor	20 x 20 x 15 cm
Bahan reaktor	Akrilik
Dimensi elektroda	16 cm x 10 cm
Jenis elektroda	Aluminium
Jarak antar elektroda	1 cm
Jumlah elektroda	8 buah
Waktu detensi	30 menit
Tegangan	10, 20, 30 volt
Desain rangkaian	Monopolar
Elektroda Tercepat	$10 \text{ m}^2/\text{m}^3$
Alat ukur	<i>Dc Power supply</i>
	Kabel + capitan buaya

### C. Proses Adsorpsi

Metode ini dilakukan dengan sistem *batch* yaitu limbah cair elektrokoagulasi dimasukkan ke dalam gelas beker yang telah diisi oleh karbon aktif, diletakan pada *hotplate* dan *magnetic stirrer*. Pada percobaan adsorpsi ini dilakukan dengan waktu kontak 15 menit. Pengujian konsentrasi Pb menggunakan Spektrometri Serapan Atom (SSA).

#### D. Karakterisasi karbon aktif

Pengujian spesifikasi karbon aktif bertujuan untuk mengetahui kadar air, kadar abu bagian yang hilang pada suhu 950°C, kadar karbon terikat dan daya serap karbon terhadap iodin. Metode dan standar yang digunakan dalam pengujian karbon aktif tercantum dalam SNI 06-3730-1995 tentang syarat mutu dan pengujian karbon.

### 3. HASIL DAN PEMBAHASAN

Pengujian kualitas arang aktif digunakan sebagai indikator syarat mutu karbon aktif menurut SNI yang akan digunakan sebagai bahan adsorben. Kualitas karbon aktif biji alpukat dapat dilihat pada Tabel 2.

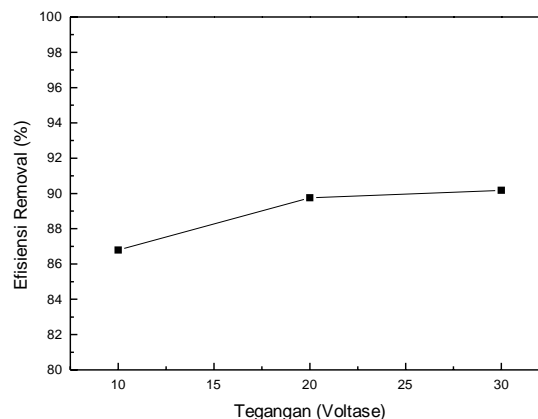
**Tabel 2.** Hasil Pengujian Karbon Aktif setelah Aktivasi

Parameter	Satuan	Hasil Uji	Standar
Kadar Air	%	5,62	Max, 15
Kadar Abu	%	4,14	Max, 10
Kadar Zat Menguap	%	29.05	Max, 25
Kadar Karbon Terikat	%	66.8	Min, 65

Dari hasil yang didapat kadar air arang aktif pada biji alpukat berkisar 5,62% kadar air yang dihasilkan sesuai standar SNI. Kadar abu yang terdapat pada arang aktif dapat mengurangi daya adsorpsi arang aktif, karena pori arang aktif tertutup oleh mineral seperti K, Na, Ca dan Mg yang menempel pada permukaan arang aktif. Kadar abu yang diperoleh berkisar 4,14%. Menunjukkan bahwa dapat memenuhi SNI (1995) untuk karbon aktif berbentuk serbuk, yaitu kurang dari 10%. Hasil dari pengujian untuk zat terbang sebesar 29,05 melebihi standart SNI 1995. Kadar zat terbang mempengaruhi kemampuan daya serap arang aktif yang dihasilkan yang menunjukkan kesempurnaan proses penguraian senyawa non karbon seperti S, N<sub>2</sub>, CO<sub>2</sub>, CO, CH<sub>4</sub>, dan H<sub>2</sub> pada proses karbonisasi dan aktivasi. Rendahnya kadar zat terbang arang aktif menunjukkan lebih sempurnanya penguraian senyawa non karbon seperti CO<sub>2</sub>, CO, CH<sub>4</sub>, dan H<sub>2</sub> saat karbonisasi. Kadar karbon terikat yang dihasilkan berkisar antara 66,8 % dan masih memenuhi SNI (1995), yaitu dari 65%. Tinggi rendahnya kadar karbon terikat dipengaruhi oleh tinggi rendahnya kadar zat terbang dan abu. Hal ini dipengaruhi oleh kadar zat terbang yang melebihi standar SNI, sehingga kadar karbon terikat yang diperoleh semakin tinggi. Tingginya kadar tersebut menunjukkan sedikitnya atom karbon yang bereaksi dengan uap air menghasilkan gas CO sehingga atom karbon tertata kembali membentuk struktur heksagonal yang banyak (Fauziah, 2009).

#### Pengaruh Tegangan terhadap Efisiensi *Removal*

Pada percobaan proses elektrokoagulasi dengan waktu operasi 30 menit pada tegangan 10 Volt - 30 Volt, maka akan didapatkan data hasil uji laboratorium. Pengaruh nilai tegangan elektrokoagulasi, terhadap efisiensi *removal* logam berat dapat dilihat pada Gambar 2.

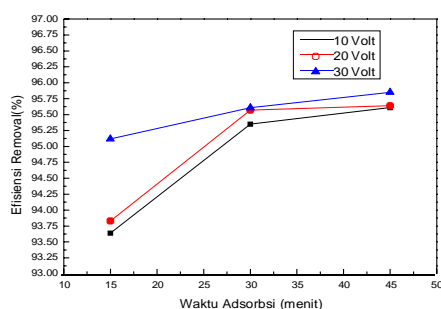


**Gambar 2.** Pengaruh Tegangan terhadap Efisiensi *Removal* pada proses Elektrokoagulasi

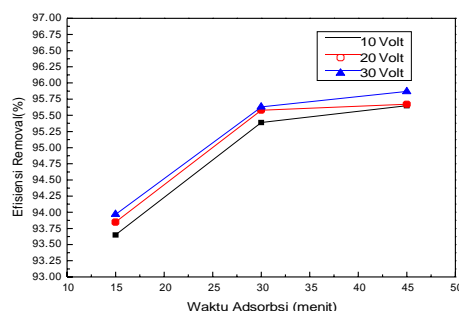
Pengaruh tegangan elektrokoagulasi terhadap efisiensi *removal* logam berat Pb(II) dapat dilihat bahwa dari tegangan 10 Volt hingga 30 Volt nilai efisiensi elektrokoagulasi 10 volt menghasilkan nilai 86,80 %, pada tegangan 20 Volt menghasilkan nilai 89,76%, pencapaian terbesar dicapai pada tegangan 30 volt, yaitu menghasilkan nilai efisiensi 90,18 %. Nilai efisiensi elektrokoagulasi yang diperoleh pada tegangan 30 Volt. Nilai tegangan listrik yang semakin meningkat menyebabkan efisiensi *removal* semakin meningkat pula. Hal ini dikarenakan semakin tingginya nilai tegangan listrik yang digunakan jumlah aluminium yang teroksidasi menjadi meningkat sehingga polutan logam berat Pb(II) dalam air limbah yang tersisihkan semakin banyak. (Takdastan dkk, 2014).

### Pengaruh Waktu Adsorpsi terhadap Efisiensi Removal

Salah satu yang mempengaruhi daya serap karbon aktif adalah waktu adsorpsi. Waktu kontak merupakan waktu yang diberikan karbon aktif biji alpukat untuk menyerap logam Pb(II). Penentuan waktu kontak yang banyak menyerap logam Pb (II) dilakukan pada setiap adsorben dengan variasi berat adsorben.



Gambar 3. Pengaruh waktu adsorpsi, tegangan dan massa adsorpsi 0,75 gram terhadap Efisiensi removal Pb(II)



Gambar 4. Pengaruh waktu adsorpsi, tegangan dan massa adsorpsi 1 gram terhadap efisiensi removal Pb(II)

Berdasarkan Pada Gambar 3 dan Gambar 4, *removal* logam Pb(II) cenderung naik pada saat waktu kontak 15 menit hingga 45 menit. Waktu adsorpsi terbaik terjadi pada waktu adsorpsi 45 menit, tegangan 30 Volt dan massa 1 gram menghasilkan nilai efisiensi 95,87 %. Semakin lama waktu kontak maka akan semakin tinggi efisiensi *removal* logamnya. Hal ini dikarenakan peningkatan kadar Pb(II) yang teradsorpsi akibat dari semakin banyak adsorben yang digunakan, semakin banyak pula situs aktif (C=O) dan (-OH) yang terdapat dalam adsorben biji alpukat yang dapat mengadsorpsi Pb(II). Situs aktif inilah yang digunakan untuk proses adsorpsi secara kimia melalui pembentukan kompleks antara Pb(II) dengan situs aktif dari adsorben. Menurut penelitian Lestari (2010) dengan bertambahnya waktu kontak, maka jumlah adsorbat yang terserap pada permukaan adsorben akan semakin meningkat.

### Pengaruh Massa Adsorpsi terhadap Efisiensi Removal

Massa karbon aktif biji alpukat divariasikan masing-masing sebesar gram 0,75 gram, dan 1 gram, untuk mengidentifikasi pengaruh massa karbon aktif biji alpukat terhadap penurunan nilai logam berat Pb(II). Setiap adsorben pada setiap waktu kontak yang sama, memiliki tren efisiensi removal Pb yang cenderung naik. Hal ini dikarenakan semakin banyak massa adsorben maka akan semakin banyak situs aktif (C=O) dan (-OH) yang terdapat dalam adsorben biji alpukat yang dapat mengadsorpsi Pb(II). Faktor yang mempengaruhi adsorpsi adalah jumlah adsorben, dimana peningkatan massa bahan penyerap juga menandakan peningkatan kerapatan bahan penyerap dalam larutan, sehingga daya serap tertinggi akan tercapai pada kerapatan tertentu yang memungkinkan terjadinya interaksi yang efektif antara ion logam dengan gugus aktif (Lestari 2010).

## 4. KESIMPULAN

1. Tegangan berpengaruh terhadap penurunan kadar logam berat Pb. Nilai tegangan listrik yang digunakan mempengaruhi besarnya efisiensi *removal*. Seiring meningkatnya nilai tegangan listrik maka efisiensi removal logam berat Pb(II) juga meningkat pada 30 volt dengan efisiensi removal Pb(II) 90,18%.
2. Waktu dan massa adsorben berpengaruh terhadap penurunan kadar logam berat Pb. Bertambahnya massa adsorben yang digunakan sebanding dengan bertambahnya daya serap biji alpukat. Sehingga penurunan

kadar logam berat Pb(II) semakin tinggi. Tegangan terbaik terjadi pada 30 Volt dengan waktu adsorpsi 45 menit dengan massa 1 gram menghasilkan nilai efisiensi removal Pb sebesar 95,87%.

## 5. DAFTAR PUSTAKA

1. Fauziah N. 2009. Pembuatan arang aktif secara langsung dari kulit Acacia Mangium Willd dengan aktivasi fisika dan aplikasinya sebagai adsorben. [skripsi]. Bogor: Departemen Hasil Hutan. Fakultas Kehutanan. Institut Pertanian Bogor
2. Fibrianti, L. D., & Azizah, R. 2015. Karakteristik, Kadar Timbal (Pb) dalam Darah, dan Hipertensi Pekerja Home Industry Aki Bekas di Desa Talun Kecamatan Sukodadi Kabupaten Lamongan. *Jurnal Kesehatan Lingkungan*, 8(1), 92–102.
3. Lubis, L.M. 2008. Ekstrak Pati Dari Biji Alpukat. Karya Ilmiah. Medan : Fakultas Pertanian Universitas Sumatera Utara.
4. Lestari, S. 2010 Pengaruh berat dan waktu kontak untuk adsorpsi timbal(ii) oleh adsorben dari kulit batang jambu biji. *Jurnal Kimia Mulawarman Volume 8 Nomor*. Samarinda
5. Siregar, T. H., & Murtini, J. T. 2008. Kandungan logam berat pada beberapa lokasi perairan Indonesia pada tahun 2001 sampai dengan 2005. *Squalen*, 3(1), 7–15. **Skripsi**
6. Takdastan, A., Tabar, S. E., Islam, A., Bazafkan, M., & Naisi, A. (2015). *The Effect of the electrode in fluoride removal from drinking water by electrocoagulation process*.

**Halaman ini sengaja dikosongkan**