

## **TEKNIK PENGOLAHAN LIMBAH CAIR AMAL GAMASI MENGUNAKAN METODE KOAGULASI DAN ABSORBSI**

*Muhammad Tommy Maulidyanto<sup>1</sup>, Yuzlena Sari<sup>2</sup>*

*Universitas Pembangunan Nasional "Veteran" Yogyakarta<sup>1</sup>  
muhammad.tommy@gmail.com<sup>1</sup>*

*Fakultas Teknik, Universitas Lambung Mangkurat<sup>2</sup>  
yuzlena@unlam.ac.id<sup>2</sup>*

### **ABSTRACT**

*This study discusses the processing of waste products from amalgamation process. The amalgamation process produces liquid wastes containing heavy metals such as Fe, Mn, Pb, and Hg which exceed the quality standards of wastewater both in liquids and sediments that have environmental pollution impacts. In this research will be applied method to coagulate (precipitate) solid material that exist in waste. Thereafter absorb heavy metals dissolved in the liquid in the liquid waste. Coagulant used is papaya seed and absorbent used is zeolite from hargomulyo mountain area kidul. From the results of research the composition of coagulant and absorbent of the most optimum is to use papaya seed extract as coagulant and zeolite not activated as absorbent.*

**Keywords:** *amalgasi, coagulant, absorbent, zeolite*

### **ABSTRAK**

Penelitian ini membahas tentang pengolahan hasil limbah dari proses amalgamasi. Proses amalgamasi menghasilkan limbah cair yang mengandung logam berat seperti Fe, Mn, Pb, dan Hg yang melebihi baku mutu air limbah baik pada zat cair maupun endapannya yang berdampak pencemaran lingkungan. Pada penelitian ini akan diterapkan metode untuk mengkoagulasi (mengendapkan) material padat yang ada pada limbah. Setelah itu mengabsorb logam berat yang terlarut di zat cair pada limbah cair tersebut. Koagulan yang digunakan adalah biji pepaya dan absorben yang digunakan adalah zeolite dari daerah hargomulyo gunung kidul. Dari hasil penelitian komposisi koagulan dan absorben yang paling optimum adalah dengan menggunakan ekstrak biji pepaya sebagai koagulan dan zeolit tidak diaktivasi sebagai absorben.

**Kata Kunci:** *amalgasi, koagulan, absorben, zeolit*

## PENDAHULUAN

Pengolahan emas di Desa Boto menggunakan metode amalgamasi. Usaha pengolahan emas ini telah berlangsung selama puluhan tahun dan tersebar di Desa Boto. Lokasi amalgamasi berdekatan dengan kawasan pertanian warga dan di kawasan hulu sungai yang airnya dimanfaatkan untuk kebutuhan sehari-hari warga setempat.

Usaha amalgamasi selain menghasilkan keuntungan berupa bullion, juga menghasilkan limbah cair yang mencemari lingkungan sekitar. Sifat zat cair adalah mudah mengalir ke lingkungan sekitar termasuk ke dalam sungai sehingga limbah cair ini perlu dilakukan penanganan supaya tidak tersebar ke lingkungan. Limbah cair amalgamasi ini merupakan suspensi yang terdiri dari zat cair dan endapan. Berdasarkan hasil uji awal, terdapat kandungan logam berat seperti Fe, Mn, Pb, dan Hg yang melebihi baku mutu air limbah baik pada zat cair maupun endapannya sehingga harus dibuat metode untuk mengkoagulasi (mengendapkan) material padat yang ada pada limbah. Setelah itu, bagaimana cara mengabsorb logam berat yang terlarut di zat cair pada limbah cair tersebut.

Untuk membantu proses koagulasi diperlukan zat yang bersifat sebagai koagulan dan untuk proses absorpsi logam berat diperlukan zat yang bersifat sebagai absorben logam berat. Dalam penelitian ini metode koagulasi yang dikembangkan adalah menggunakan ekstrak biji pepaya (*Carica papaya*) dan ekstrak biji kelor (*Moringa oleifera*). Sedangkan untuk metode koagulasi menggunakan zeolit dan Ca-Bentonit. Proses koagulasi dan absorpsi tersebut akan digabung di dalam satu alat pengolahan limbah cair amalgamasi dimana air limbah amalgamasi terlebih dahulu dikoagulasi zat padatnya di dalam sebuah tangki. Proses koagulasi berguna untuk mencegah terjadinya penyumbatan pori absorben dan menurunkan beban absorpsi karena partikel padat yang tercampur bersama limbah cair telah mengendap dengan lebih sempurna. Setelah itu limbah cair yang telah dikoagulasi dialirkan menuju kolom absorpsi untuk diabsorb logam beratnya.

Dasar pemilihan biji kelor dan pepaya ini adalah karena tanaman jenis ini mudah ditemui di lokasi penelitian. Biji kelor dan biji pepaya merupakan biji buah yang mengandung protein (Amir, 1992). Protein merupakan senyawa polimer yang panjang dari asam-asam amino yang bergabung melalui ikatan peptida. Sedangkan asam amino merupakan senyawa organik yang memiliki gugus fungsional karboksil (-COOH) dan amina (-NH<sub>2</sub>) (Yazid, 2006). Gugus karboksil memberikan sifat asam dan gugus amina memberikan sifat basa sehingga asam amino mampu memiliki muatan positif dan negatif yang diistilahkan dengan ion zwitter. Dengan adanya muatan positif pada biji pepaya dan biji kelor mengakibatkan biji kelor dan biji pepaya dapat mengkoagulasi zat padat pada limbah cair amalgamasi yang berupa koloid tanah yang bermuatan negatif (Shamshuddin dan Anda, 2008).

Pemilihan zeolit dan Ca-bentonit adalah karena kedua jenis absorben ini relatif murah dan efektif untuk mengabsorb logam berat. Zeolit merupakan mineral aluminium silikat yang memiliki tiga komponen struktur yaitu rangka aluminosilikat, ruang kosong saling berhubungan yang berisi kation logam dan

molekul air (Harben dan Kuzvart, 1996). Struktur zeolit terdiri dari kerangka tiga dimensi tetrahedral  $\text{SiO}_4$  dan  $\text{AlO}_4$ . Ion aluminium dalam jumlah kecil menutup posisi tengah tetrahedron dari 4 atom oksigen, dan pergantian isomorf  $\text{Si}^{+4}$  dan  $\text{Al}^{+3}$  menghasilkan muatan negatif pada kisi-kisinya. Dengan struktur ini mengakibatkan zeolit memiliki kemampuan untuk mengikat logam berat dengan proses pertukaran ion (Breck, 1974). Bentonit memiliki kandungan utama montmorillonite, terdiri atas tiga lembar, yaitu satu lembar alumina ( $\text{AlO}_6$ ) berbentuk oktahedral yang diapit oleh dua lembar silika ( $\text{SiO}_4$ ) yang berbentuk tetrahedral. Di antara lapisan-lapisan silikat tersebut terdapat ruang antarlapisan yang berisi kation-kation. Struktur seperti ini membuat Ca-Bentonit mempunyai kemampuan untuk menyerap logam-logam berat (Syuhada dkk, 2009).

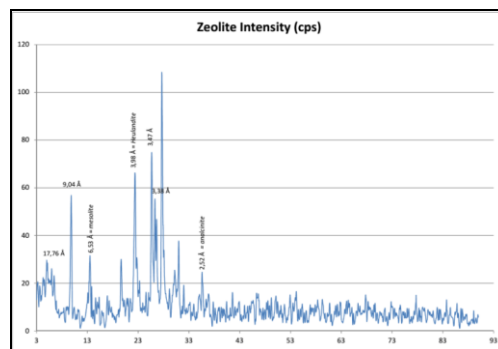
Peralatan pengolahan terdiri dari tangki berbahan tangki PVC yang berisi campuran koagulan dan air limbah amalgamasi, pipa yang berisi campuran absorben dan air limbah amalgamasi yang sudah dikoagulasi. Peralatan pengolahan ini relatif sederhana pengoperasiannya dan murah. Keseluruh jenis media koagulan dan absorben logam yang akan dipilih tersebut merupakan media koagulan dan absorben yang relatif murah. Harapan setelah penelitian ini adalah penggunaan bahan-bahan di atas dapat diaplikasikan dan diterima oleh masyarakat Desa Boto karena biayanya yang relatif murah tetapi manfaatnya yang signifikan untuk menurunkan kandungan logam berat utamanya merkuri dan timbal. Tujuan dari penelitian ini adalah : (1) menentukan komposisi yang optimal dari koagulan dan absorben untuk mengabsorpsi logam berat. (2). membuat desain alat pengolahan limbah amalgamasi.

## **METODE PENELITIAN**

Penelitian ini dilakukan dengan metode kuantitatif yaitu dengan melakukan survey lapangan, pengambilan sampel dan analisis sampel. Alur kegiatan penelitian dilakukan dengan tahapan perumusan masalah, studi literature, pengumpulan data lapangan dan penelitian laboratorium untuk mengamati variabel yang diteliti, pengolahan data dan pembahasan. Teknik pengambilan sampel dilakukan di daerah pengolahan amalgamasi terbesar di desa Boto. Dan mengambil sebanyak 5 jerigen besar berukuran 25liter. Dan dianalisis pada laboratorium biologi tanah fakultas pertanian UPN untuk uji Ph dan daya hantar listrik, laboratorium kimia analitik jurusan kimia UGM untuk uji kadar logam berat (Hg, Pb, Fe, Mn, dan Co), Laboratorium XRD jurusan teknik perminyakan UPN untuk uji XRD absorben dan koagulan. Variabel yang diamati adalah komposisi absorben dan koagulan yaitu biji pepaya dan zeolith.

## **HASIL DAN PEMBAHASAN**

Zeolit yang digunakan pada penelitian ini berasal dari Desa Hargomulyo, Kecamatan Gedangsari, Gunung Kidul. Berdasarkan hasil difraksi sinar-X pada sampel *powder* menunjukkan bahwa zeolit ini mengandung mineral mesolit, heulandit, dan *analcinite*. Zeolit ini merupakan zeolit jenis morderenit. Hasil pola difraksi sinar-X zeolit ini dapat dilihat pada (Gambar 1).



Gambar 1. Pola Difraksi Sinar-X pada Sampel *Powder* Zeolit Dari Desa Hargomulyo.

### A. Preparasi dan Aktivasi

Biji pepaya yang digunakan adalah biji tua yang telah dikeringkan. Sebelum digunakan, biji terlebih dahulu ditumbuk menggunakan pestel dan mortar hingga halus kemudian diayak menggunakan ayakan yang berukuran 20 mesh. Biji yang lolos ayakan (berukuran <math>-20</math> mesh) adalah biji yang digunakan untuk percobaan. Penumbukan dan pengayakan dilakukan hingga diperoleh biji pepaya masing-masing sebanyak 200 mg. 200 mg biji digunakan untuk setiap 500 mL air limbah.

Tabel 1. Peralatan Uji Coba Koagulasi dan Absorpsi

Alat	Kegunaan
Electrical Conductivity (EC) Meter	Mengukur daya hantar listrik (DHL) limbah cair amalgamasi
XRD	Menganalisis gugus fungsional pada koagulan dan adsorben
pH Meter	Mengukur pH limbah amalgamasi
Atomic Absorption Spectrophotometry (AAS)	Mengukur kadar logam berat (Hg, Pb, Fe, Mn, dan Co) di dalam limbah
Blender	Membuat ekstrak biji pepaya
Toples	Mencampur limbah dan koagulan
Gelas Ukur	Mengukur volume limbah
Beaker Gelas	Mengencerkan HCl dan mencampur HCl dengan adsorben
Pengaduk Kaca	Mengaduk campuran HCl dan adsorben
Oven	Mengeringkan koagulan dan adsorben
Ayakan	Membersihkan adsorben dari pengotor dan menyeragamkan ukuran adsorben
Timbangan Digital	Menimbang massa adsorben, koagulan, dan limbah

Adapun tahapan preparasi dan aktivasi adsorben meliputi reduksi ukuran, pemanasan, aktivasi menggunakan HCl, pencucian dan pengeringan. Penjelasan rinci mengenai tahapan preparasi dan aktivasi adsorben adalah:

#### a) Kominusi Adsorben

Absorben yang diperoleh dari alam ini berukuran bongkah (lebih dari 25,6 cm). Bongkahan adsorben terlebih dahulu dikecilkan ukurannya menggunakan palu hingga diperoleh ukuran yang sesuai dengan ukuran feed daripada *jaw crusher*

yang digunakan yaitu 4 in. Setelah diperoleh absorben dengan ukuran maksimal 4 in, kemudian absorben tersebut dimasukkan ke dalam *jaw crusher* untuk mendapatkan ukuran butir sebesar -28 +35 mesh. Proses reduksi ukuran dilakukan hingga diperoleh zeolit masing sebanyak 0,5 kg.

#### b) Pemanasan Zeolit

Setelah dilakukan reduksi ukuran, selanjutnya zeolit dipanaskan menggunakan oven pada temperatur 300 °C selama 2 jam. Tujuan pemanasan zeolit ini adalah untuk mengurangi kadar air di dalam zeolit sehingga dapat meningkatkan jumlah pori-pori yang kosong pada zeolit.

#### c) Aktivasi Absorben

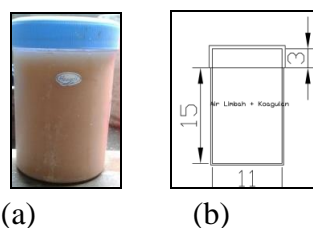
Aktivasi absorben menggunakan larutan asam klorida (HCl). HCl yang digunakan untuk aktivasi memiliki konsentrasi sebesar 1,5 M. HCl 38% (12,28) sebanyak 1 L dimasukkan ke dalam beaker gelas kemudian ditambahkan aquades sebanyak 7 L sehingga diperoleh konsentrasi akhir HCl sebesar 1,5 M sebanyak 8 L. Adapun dosis aktivasi yang digunakan adalah 40 ml HCl untuk setiap gram absorben (40 ml/g). Kemudian masing-masing absorben dicampur dengan HCl dan diaduk menggunakan pengaduk kaca selama 15 menit. Kemudian didiamkan selama 10 menit.

#### d) Pencucian dan Pengeringan Absorben

Setelah diaktivasi kemudian masing-masing absorben dicuci menggunakan aquades. Absorben terlebih dahulu disaring dari HCl kemudian dicampur dengan aquades dengan dosis 40 ml/g. Kemudian campuran tersebut diaduk selama 5 menit kemudian disaring dari aquades, Setelah disaring absorben dikeringkan di oven selama 1 jam dengan temperatur 100 °C.

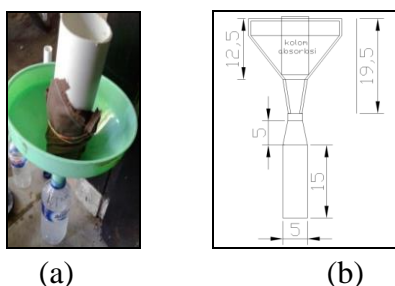
### A. Percobaan Koagulasi dan Absorpsi

Pada penelitian ini digunakan proses koagulasi dan absorpsi secara bersamaan untuk mengolah air limbah. Percobaan koagulasi menggunakan wadah toples (Gambar 2). Di dalam wadah tersebut, air limbah amalgamsi dicampur menggunakan koagulan yang telah di preparasi. Air limbah yang digunakan adalah masing-masing sebanyak 6 L untuk setiap jenis koagulan. Air limbah masing-masing dicampur dengan ekstrak biji pepaya kemudian dikocok sebanyak 20 kali dalam waktu 1 menit. Setelah dikocok kemudian didiamkan hingga 5 jam supaya dapat mengendap secara optimum dan setelah itu dipisahkan antara cairan dan padatan dipisah. Cairan hasil pemisahan kemudian yang akan diproses absorpsi.



Gambar 2. Alat Uji Coba Koagulasi (a) dan Sketsa Alat (b) (Satuan cm)

Proses selanjutnya adalah proses absorpsi. Percobaan absorpsi menggunakan kolom pipa dengan diameter 2 in dan panjang 12 cm (Gambar 3). Kolom dipasang tegak di atas corong yang tersambung ke botol penampung air bersih. Pada dasar kolom, diberi kain dengan sehingga mampu mengalirkan air tetapi partikel padat termasuk absorben tidak ikut masuk ke dalam corong. Air limbah yang telah dikoagulasi dialirkan ke dalam kolom hingga kolom penuh. Kemudian air dibiarkan mengalir hingga habis kemudian diisi kembali sampai semua air limbah habis.



Gambar 3 Peralatan Percobaan Absorpsi (a) dan Sketsa Alat Absorpsi (b) (Satuan cm)

## B. Pengukuran Parameter Keberhasilan Koagulasi dan Absorpsi

Parameter keberhasilan proses koagulasi dan absorpsi pada penelitian ini diukur dari parameter nilai pH, DHL (daya hantar listrik), kadar Co, Fe, Mn, Pb, dan Hg. Nilai pH dan DHL diukur menggunakan alat pH meter dan DHL meter. Penggunaannya cukup dengan mencelupkan elektroda pada alat pH meter/DHL meter ke dalam sampel yang akan diukur kemudian diaduk dan dibiarkan hingga angka pembacaan tidak lagi berubah nilainya. Adapun logam berat diukur menggunakan alat AAS. AAS yang digunakan adalah tipe Perkin-Elmer 3110.

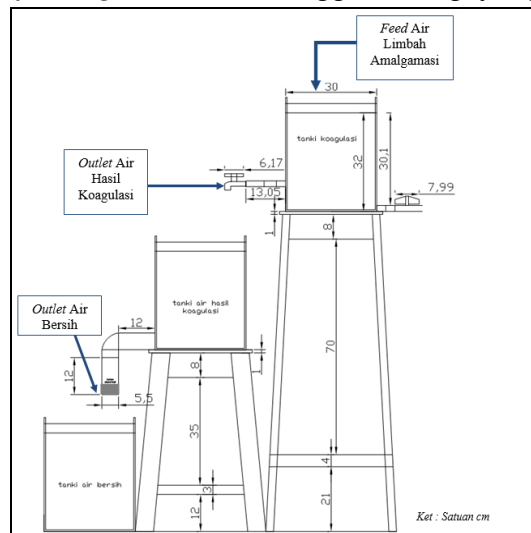
Adapun sampel kontrol pada percobaan ini (kode KO) merupakan sampel air limbah amalgamasi yang asli dari lapangan dan belum diolah. Sampel kontrol tersebut memiliki parameter yang dapat dilihat pada (Tabel 2). Parameter keberhasilan pada penelitian ini adalah apabila nilai parameter pada sampel telah sesuai dengan nilai Baku Mutu yang ditetapkan berdasarkan Permen LH No. 5 Tahun 2014 tentang Baku Mutu Air Limbah.

Tabel 2. Parameter Pada Sampel Kontrol

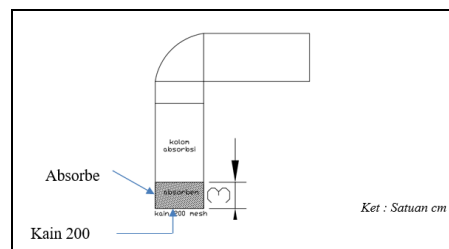
Parameter	Nilai			Baku Mutu	Sesuai/Tidak Sesuai Baku Mutu
	Endapan	Zat Cair	Total		
pH	-	-	7,18	6,0–9,0	Sesuai
DHL(mS)	-	-	0,10	-	-
Co (ppm)	< 0,1	< 0,1	< 0,1	< 0,4	Sesuai
Fe (ppm)	77.268,747	12,330	77.281,068	< 5	Tidak Sesuai
Mn (ppm)	3.606,204	0,537	3.606,741	< 2	Tidak Sesuai
Pb (ppm)	346,004	0,156	346,160	< 0,1	Tidak Sesuai
Hg (ppm)	2,128	<0,000025	2,128	< 0,002	Tidak Sesuai

### C. Hasil Desain Alat Pengolahan Limbah Cair Amalgamasi

Gambar desain alat dapat dilihat pada (Gambar 5). Alat pengolahan limbah cair amalgamasi ini secara garis besar terbagi menjadi dua bagian proses yaitu proses koagulasi dan absorpsi. Meja tangki terbuat dari kayu mahoni. Proses koagulasi terjadi pada tangki koagulasi. Kemudian air limbah hasil koagulasi ditampung di tangki air hasil koagulasi setelah itu langsung mengalir ke kolom absorpsi. Kedua tangki masing-masing memiliki diameter 30 cm dan tinggi 32 cm (volume 22,6 L). Kolom absorpsi merupakan pipa PVC dengan diameter 2 inci (5,08 cm) dan panjang 12 cm (volume 235,5 mL). Kolom absorpsi diisi oleh absorben sebanyak 140 gram dan pada bagian bawah absorben diberi kain berukuran 200 mesh (Gambar 6). Kolom absorpsi tidak dilem sehingga sewaktu-waktu dapat dilepas dengan mudah. Untuk *feeding* air limbah menggunakan gayung plastik.



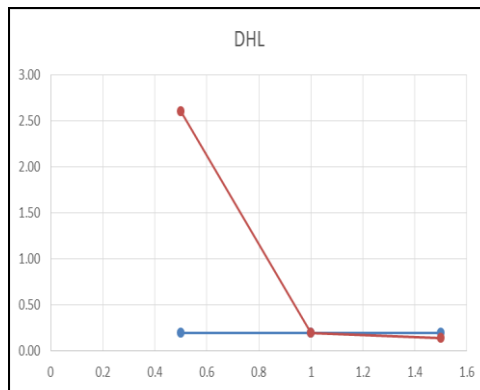
Gambar 4. Desain Alat Pengolahan Limbah Cair Amalgamasi



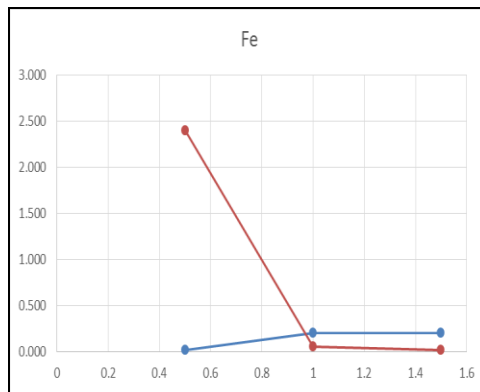
Gambar 5. Gambar Detail Desain Kolom Absorpsi

### D. Hasil Uji Coba Koagulasi dan Absorpsi

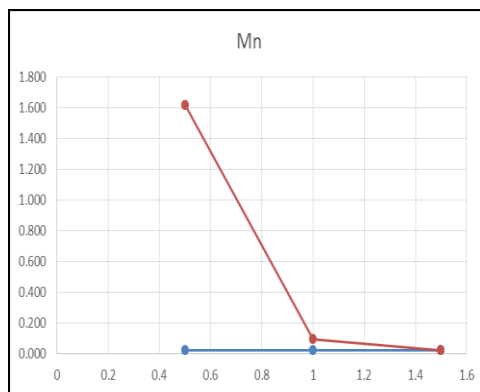
Parameter yang diukur pada uji coba koagulasi dan absorpsi ini meliputi pH, daya hantar listrik (DHL), kadar Fe, Co, Mn, Pb, dan Hg.



Gambar 6. Grafik Hasil Pengukuran DHL

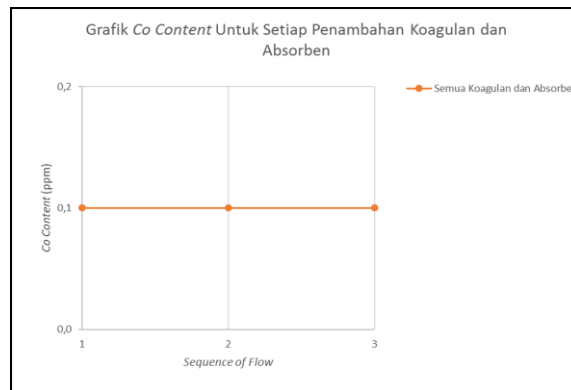


Gambar 7. Grafik Hasil Pengukuran Kadar Fe

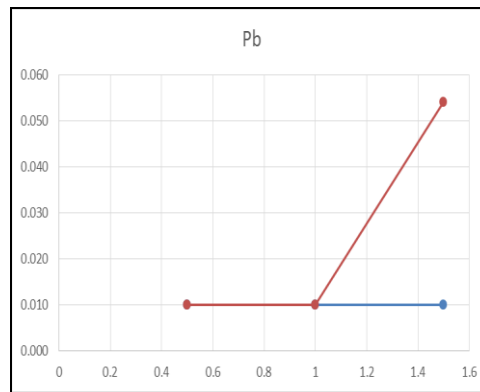


Gambar 8. Grafik Hasil Pengukuran Kadar Mn

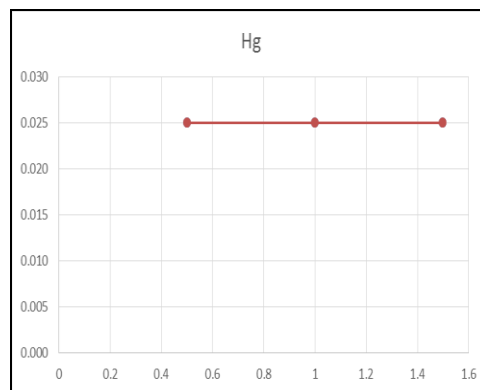




Gambar 9. Hasil Pengukuran Kadar Co



Gambar 10. Hasil Pengukuran Kadar Pb



Gambar 11. Grafik Hasil Pengukuran Kadar Hg

Pada penelitian menggunakan pepaya zeolit tidak diaktivasi menghasilkan parameter yang dapat dilihat pada (Tabel 3).

Tabel 3. Hasil Percobaan Menggunakan Pepaya Zeolit Tidak Diaktivasi

Parameter	Nilai
-----------	-------

	500ml Pertama	500ml Kedua	500ml Ketiga
pH	6,88	6,94	6,94
DHL (mS)	0,20	0,20	0,20
Co (ppm)	< 0,1	< 0,1	< 0,1
Fe (ppm)	< 0,02	0,208	0,208
Mn (ppm)	< 0,025	< 0,025	0,026
Pb (ppm)	< 0,01	< 0,01	< 0,01
Hg (ppb)	< 0,025	< 0,025	< 0,025

Penelitian serupa telah dilakukan oleh (Widodo, 2012). Pada penelitian (Widodo, 2012) proses koagulasi tidak menggunakan tangki koagulan melainkan hanya menggunakan saringan pasir. Air dialirkan menuju kedalam kolom sehingga melewati saringan pasir bagian atas. Disini terjadi proses penjernihan tahap pertama dan kemudian melewati absorben dan terjadi penyerapan Hg. Setelah melewati absorben kemudian melewati sarungan pasir bagian bawah untuk proses penjernihan tahap kedua dan kemudian mengalir menuju pipa *outlet*. Disini terlihat bahwa proses koagulasi terjadi dua kali menggunakan metode saringan pasir dan untuk proses absorpsinya adalah sama. Pada percobaan ini, zeolit mampu menyerap Hg sebanyak 45,45%.

## KESIMPULAN

1. Komposisi koagulan dan absorben yang paling optimum adalah dengan menggunakan ekstrak biji pepaya sebagai koagulan dan zeolit tidak diaktivasi sebagai absorben.
2. Alat pengolahan limbah cair amalgamasi ini terbagi menjadi dua bagian proses yaitu proses koagulasi dan absorpsi. Proses koagulasi terjadi pada tangki koagulasi dan proses absorpsi berada di kolom absorpsi. Tangki koagulasi memiliki diameter 30 cm dan tinggi 32 cm (volume 22,6 L). Kolom absorpsi berbahan pipa PVC dengan diameter 2 inci (5,08 cm) dan panjang 12 cm (volume 235,5 mL) dan pada bagian bawah absorben diberi kain berukuran 200 mesh.

## DAFTAR PUSTAKA

- Amir, A., 1992, Pengaruh Penyuntikan Ekstrak Biji Pepaya Gandul (*Carica papaya L.*) Terhadap Sel-Sel Spermatogenik Mencit dan Jumlah Anak Hasil Perkawinannya, *Tesis Magister Sains*, Jurusan Biologi Kedokteran, Universitas Indonesia, Jakarta.
- Breck, D. W. (1974), "Zeolite Molecular Sieves: Structure, Chemistry and Use", Wiley, New York
- Harben, P. W., Kuzvart, M., 1996, *A Global Geology; Industrial Minerals*, Industrial Minerals Information, Ltd., New York.
- Shamshuddin, J. and M. Anda. 2008. *Charge properties of soils in Malaysia dominated by kaolinite, gibbsite, goethite and hematite*. Bulletin of the Geological Society of Malaysia 54: 27-31

Prosiding SNRT (Seminar Nasional Riset Terapan)  
Politeknik Negeri Banjarmasin, 9 November 2017

ISSN 2341-5662 (Cetak)  
ISSN 2341-5670 (Online)

- Syuhada dkk., 2009, *Modifikasi Bentonit (Clay) menjadi Organoclay dengan Penambahan Surfaktan*. Badan Pengkajian dan Penerapan Teknologi Jurnal Nanosains & Nanoteknologi Vol. 2 No. 1 Februari 2009.
- Widodo dan Aminuddin, 2011, *Upaya Peningkatan Perolehan Emas Dengan Metode Amalgamasi Tidak Langsung* (Studi Kasus: Pertambangan Rakyat Desa Waluran, Kecamatan Waluran, Kabupaten Sukabumi), *Buletin Geologi Tata Lingkungan*, Vol. 21(2), hal. 83 – 96.
- Yazid, E. dan Nursanti, L., (2006), *Penuntun Praktikum Biokimia*, Penerbit Andi, Yogyakarta