

## PENGOLAHAN LIMBAH CAIR LABORATORIUM DENGAN ADSORPSI SERTA PRETREATMENT NETRALISASI DAN KOAGULASI

Indah Nurhayati<sup>1\*)</sup>, Sugito<sup>1)</sup> dan Ayu Pertiwi<sup>1)</sup>

<sup>1)</sup>Program Studi Teknik Lingkungan: Fakultas Teknik Sipil dan Perencanaan Universitas PGRI Adi Buana Surabaya, Jawa Timur

\*Korespondensi: indahnurhayati@unipa.ac.id

### Abstrak

Limbah cair laboratorium Teknik Lingkungan UNIPA Surabaya belum memenuhi baku mutu Peraturan Menteri Lingkungan Hidup Nomor 5 Tahun 2014, sehingga perlu diolah supaya tidak mencemari lingkungan. Penelitian ini bertujuan mengkaji pengaruh dosis koagulan Poly Alum Chloride (PAC) terhadap penurunan Pb, Cr, dan TDS, mengkaji kualitas air limbah setelah dinetralisasi, dikoagulasi dan diadsorsi terutama untuk parameter Pb, Cr, TDS, dan pH. Variabel penelitian ini adalah dosis PAC yaitu 150 mg/L, 225 mg/L dan 300 mg/L. Penelitian dilakukan dalam skala laboratorium dengan sistem kontinyu dengan aliran down flow. Media adsorpsi yang digunakan ijuk, sabut kelapa, karbon aktif ampas tebu dan zeolit yang disusun bertingkat dalam reaktor dari pipa PVC. Proses adsorpsi dilakukan selama 2 jam dan pengambilan sampel setiap 15 menit. Hasil dari penelitian ini menunjukkan bahwa PAC 300 mg/L menghasilkan efisiensi penurunan tertinggi, yaitu TDS 13,7% Cr 97%, Pb 93,5%, dan kualitas limbah setelah dinetralisasi, dikoagulasi dan diadsorpsi pada menit ke-15 mempunyai kadar TDS 1.810 ppm, Cr total 0,36 ppm, Pb 0,66 ppm sehingga air limbah sudah memenuhi baku mutu sesuai dengan Peraturan Menteri Lingkungan Hidup No. 5 Tahun 2014 sedangkan pH sebesar 5,42 belum memenuhi baku mutu.

**Kata kunci :**Adsorsi, Air Limbah Laboratorium, Koagulan Poly Alum Chloride (PAC), Netralisasi

### Abstract

*The liquid waste of the UNIPA Surabaya Environmental Engineering laboratory has not fulfilled the requirements of the Minister of Environment Regulation Number 5 of 2014, so it needs to be processed so as not to pollute the Environment. This study aims to examine the effect of the coagulant dose of Poly Alum Chloride (PAC) on decreasing Pb, Cr, and TDS, assessing the quality of wastewater after neutralization, coagulation and adsorption especially for Pb, Cr, TDS, and pH parameters. The variables of this study were PAC doses of 150 mg / L, 225 mg / L and 300 mg / L. The research was carried out on a laboratory scale with a continuous system with downflow. The adsorption media used are fibers, coconut fiber, bagasse activated carbon and multilevel zeolites in the reactor from the PVC pipe. Adsorption process is carried out for 2 hours and sampling every 15 minutes. The results of this study showed that the PAC 300 mg / L produced the highest reduction efficiency, namely TDS 13.7% Cr 97%, Pb 93.5%, and the quality of waste after neutralization, coagulated and adsorbed in the 15th minute having TDS 1.810 levels ppm, Cr total 0.36 ppm, Pb 0.66 ppm so that wastewater has met the quality standards in accordance with Regulation of the Minister of Environment No. 5 of 2014 while the pH of 5.42 does not meet the quality standard.*

**Keywords:** Adsorption, Laboratory Waste, Coagulant Poly Alum Chloride (PAC), Neutralization.

### 1. PENDAHULUAN

Penggunaan bahan-bahan kimia dalam kegiatan praktikum atau penelitian di dalam laboratorium akan menghasilkan limbah. Limbah laboratorium dapat berasal dari bahan baku yang telah kadaluarsa, bahan habis pakai, produk proses di laboratorium, produk upaya penanganan limbah, sisa bahan kimia yang selesai digunakan, air bekas cucian peralatan, dan sisa sampel yang diuji (Nurhayati, dkk., 2018)

Karakteristik limbah cair Laboratorium Teknik Lingkungan Universitas PGRI Adibuan (UNIPA) Surabaya adalah sebagai berikut, Ag = 0,94 ppm, Cr = 1,22 ppm, Total Dissolved Solids

Dikirim/submitted: 24 Januari 2018

Diterima/accepted: 14 Februari 2018

(TDS) 22.400 ppm dan pH = 0,4 (Nurhayati, dkk., 2018). Dari hasil analisis limbah tersebut menunjukan bahwa limbah cair laboratorium Teknik Lingkungan UNIPA Surabaya belum memenuhi baku mutu air limbah sesuai dengan Peraturan Menteri Lingkungan Hidup No. 5 Tahun 2014, tentang baku mutu air limbah. Laboratorium Teknik Lingkungan UNIPA Surabaya juga belum dilengkapi dengan instalasi pengolahan air limbah (IPAL), sehingga dikhawatirkan air limbah ini dapat mencemari lingkungan sekitar jika tidak segera dilakukan pengolahan.

Karbon aktif merupakan suatu padatan berpori yang mengandung 85%-95% karbon, dihasilkan dari bahan-bahan yang mengandung karbon dengan pemanasan pada suhu tinggi (Gultom dan Lubis, 2014). Ampas tebu dapat digunakan sebagai bahan baku pembuatan karbon aktif karena merupakan material yang mengandung lignoselulosa yang banyak mengandung karbon (Maulina, 2016). Komposisi kimia ampas tebu yaitu selulosa 37.65%, lignin 22.09%, pentosan 27.97%, SiO<sub>2</sub> 3.01%, abu 3.82%, dan sari 1.81% (Yoseva, dkk., 2015).

Ampas tebu merupakan salah satu bahan yang cukup potensial dikembangkan sebagai karbon aktif karena ketersediannya melimpah, mengandung selulosa dan lignin. Serat yang terdapat pada ampas tebu tidak dapat larut dalam air karena sebagian besar terdiri dari selulosa, lignin, dan pentosa (Andaka, 2011). Ampas tebu dapat diperoleh dari industri yang menggunakan tebu sebagai bahan baku yakni pabrik gula, usaha kecil pembuatan gula merah, dan penjual es tebu (Nurhayati, dkk., 2015). Karbon aktif digunakan untuk menghilangkan bau, warna, logam berat dan pengotor-pengotor organik lainnya (Said, 2010). Karbon aktif dapat mengadsorpsi gas dan senyawa kimia tertentu tergantung besar atau volume pori dan luas permukaan (Jamilatun dan Setyawan, 2014).

Karbon aktif ampas tebu yang diaktivasi menggunakan NaCl 10% selama 18 jam dapat menyerap TDS sebesar 31%, Ag 24 % dan Cr 8% pada pengolahan air limbah Teknik Lingkungan UNIPA Surabaya (Nurhayati, dkk., 2018). NaCl digunakan sebagai aktuator karena mempunyai daya adsorpsi yang lebih besar dibanding larutan lainnya, harganya terjangkau, dan tidak menimbulkan pencemaran lingkungan (Hartini, dkk., 2014).

Pengolahan air limbah dengan menggunakan koagulan *Poly Alum Chloride* (PAC) dengan dosis 225 mg/L mempunyai kemampuan lebih baik dibandingkan *Alum sulfat* dalam menurunkan parameter COD, TDS dan kandungan Fe dalam air limbah Laboratorium Kesehatan Universitas Dian Nuswantoro Semarang (Hartini dan Yuentari, 2011). PAC mempunyai pH efektif antara 5-10 (Hartini dan Yuentari, 2011), tingkat adsorpsi yang kuat, mempunyai kekuatan lekat, tingkat pembentukan flok tinggi meski dosis kecil, tingkat sedimentasi cepat, cakupan penggunaannya luas, dan digunakan dalam konsentrasi rendah (Hutomo, dkk., 2015).

Sifat logam berat secara umum sulit terdegradasi, sehingga logam berat mudah terakumulasi pada biota perairan (Kartika, 2017). Logam berat berpotensi menjadi racun jika konsentrasi dalam tubuh berlebih yang menjadi bahaya yang disebabkan sistem bioakumulasi, yaitu peningkatan konsentrasi unsur kimia di dalam tubuh makhluk hidup (Kartika, 2017). Adsorpsi logam berat dapat dilakukan dengan menggunakan berbagai jenis adsorben, seperti karbon aktif, biosorben zeolit atau serat lignoselulosik (Suprihatin dan Indrasti, 2010). Adsorpsi dapat mengurangi kadar Hg, Ag dan Cr dalam filtrasi presipitasi. Tingkat efisiensi penurunan logam tergantung pada jenis logam yang diadsorpsi (Suprihatin dan Indrasti, 2010)

Kemampuan penyerapan suatu adsorben terhadap larutan dapat dipengaruhi oleh pH larutan yang berkaitan dengan protonasi dan deprotonasi permukaan sisi aktif dari sorben. pH akan berpengaruh terhadap muatan permukaan adsorben, serajut ionisasi, spesi yang terserap dalam adsorpsi, dan kesetimbangan kimia (Nurhasni, dkk., 2014). Waktu adsorpsi juga mempengaruhi proses adsorpsi, karena dalam prosesnya dibutuhkan waktu untuk mencapai kesetimbangan adsorben menyerap zat pencemar (Nurhayati, dkk., 2018).

Teknologi adsorbsi bersiklus dengan media arang batok kelapa, sabut kelapa, batu vulkanis dan ijuk cocok untuk mengurangi potensi pencemaran lingkungan limbah laboratorium (Subamia, 2013). Sabut kelapa berpotensi sebagai biosorben dan bioakumulator logam berat karena memiliki dinding sel sebagai sumber pengikat logam yang tinggi (Pinandari, dkk., 2011). Dalam pengolahan air limbah, ijuk berfungsi sebagai media penyaring partikel yang lolos dari lapisan sebelumnya, juga sebagai media penyanga antara media satu dengan yang lainnya (Sarasdewi, dkk., 2014).

Zeolit merupakan adsorben yang mempunyai daya adsorbsi tinggi karena mempunyai pori-pori yang banyak dan mempunyai kapasitas penukar ion yang tinggi (Solikah, 2014). Zeolit berfungsi sebagai penyerap kation yang dapat menyebabkan pencemaran lingkungan seperti Pb, Al, Fe, Mn, Cu, Zn. Zeolit dapat digunakan sebagai adsorben Pb, Hg, dan Cd untuk menyerap zat pencemar pada perairan (Sumarli, dkk., 2016). Efisiensi zeolit tanpa aktivasi dalam pembuangan ion logam berat dalam air sampai diatas 80% untuk Cd, Pb, Cu dan Fe , 44% untuk Zn dan 21% untuk Mn (Saryati, dkk., 2010). Zeolit alam teraktivasi dengan waktu kontak 75 menit mempunyai daya serap terhadap ion logam Cu sebesar 0,6207 mg/g (Solikah dan Utami, 2014). Karbon aktif ampas tebu yang diaktivasi dengan NaCl 10% selama 12 jam dapat meremoval Cr 8% dan TDS 31% dan Ag 24% dalam air limbah Laboratorium Teknik Lingkungan UNIPA Surabaya (Nurhayati, dkk. 2018). Air limbah laboratorium setelah diadsorsi menggunakan karbon aktif ampas tebu, mempunyai karakteristik kadar perak 0,71 mg/L, krom 1,12 mg/L, TDS 15.400 mg/L dan pH 1,52, sehingga air

limbah belum memenuhi baku mutu sesuai Peraturan Menteri Lingkungan Hidup Republik Indonesia No. 5 Tahun 2014.

Berdasarkan penelitian yang sudah dilakukan sebelumnya, terbukti bahwa karbon aktif ampas tebu dapat meremova logam berat Cr, Ag dan TDS, namun karakteristik air limbah Laboratorium Teknik Lingkungan UNIPA Surabaya setelah diadsorsi belum memenuhi baku mutu yang disyaratkan. Pada penelitian ini dilakukan pengolahan limbah Laboratorium Teknik Lingkungan UNIPA Surabaya menggunakan adsorben karbon aktif dengan modifikasi penambahan pretreatment netralisasi dan penambahan koagulan PAC. Penelitian ini bertujuan mengkaji pengaruh dosis koagulan Poly Alum Chloride (PAC) terhadap penurunan Pb, Cr, dan TDS, mengkaji kualitas air limbah setelah dinetralisasi, koagulasi dan adsorsi terutama untuk parameter Pb, Cr, TDS, dan pH

## 2. METODE PENELITIAN

Penelitian ini dilakukan dalam skala laboratorium menggunakan sistem kontinyu. Variasi konsentrasi koagulan PAC dalam penelitian ini adalah 150 Mg/L, 225 Mg/L dan 300 Mg/L. Air limbah yang digunakan adalah air limbah Laboratorium Teknik Lingkungan UNIPA Surabaya dari semua jenis penelitian dan praktikum tanpa dilakukan pengenceran. Sebagai media adsorpsi adalah sabut kelapa, ijuk, karbon aktif ampas tebu dan zeolit tanpa aktivasi.

Tahapan penelitian yang dilakukan adalah sebagai berikut:

### 2.1 Persiapan Alat dan Bahan

Reaktor yang digunakan berupa pipa paralon dengan Ø 4" dan panjang 145 cm. Media adsorpsi yaitu sabut kelapa, ijuk dan zeolite. Sebelum digunakan sabut kelapa, ijuk dan zeolit dicuci menggunakan aquades dan dikeringkan menggunakan sinar matahari sampai kering.

### 2.2 Pembuatan Karbon Aktif Ampas Tebu

Pembuatan karbon ampas tebu dilakukan dengan pembakaran menggunakan *furnace* pada suhu 350°C selama 45 menit. Aktivasi karbon aktif ampas tebu dilakukan dengan cara direndam dalam larutan NaCl 10 % pada suhu 80°C selama 4 jam dan perendaman dilanjutkan pada suhu kamar selama 8 jam, dinetralkan menggunakan aquades, disaring kemudian dikeringkan pada suhu kamar selama 1 hari selanjutnya dikeringkan dalam oven pada suhu 150°C selama 2 jam. (Nurhayati, dkk., 2018).

### 2.2 Netralisasi

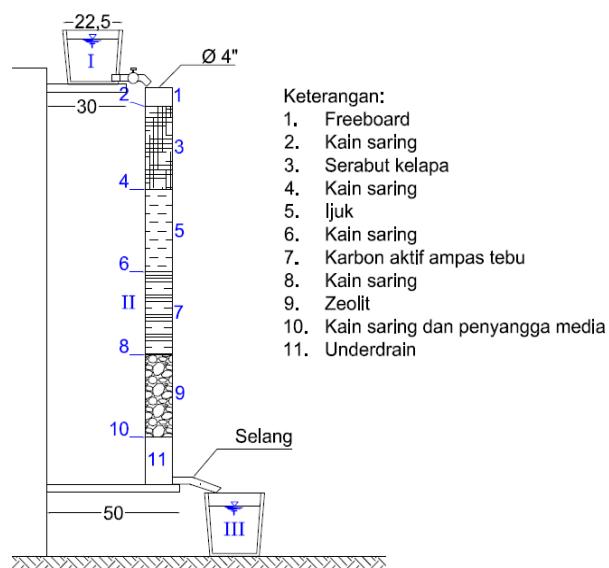
Netralisasi bertujuan untuk menaikkan pH jika pH terlalu asam dan menurunkan pH jika pH terlalu basa. Karakteristik air limbah mempunyai pH 0,4. Proses netralisasi dengan penambahan NaOH 5N.

### 2.3 Koagulasi

Koagulan yang digunakan PAC dengan konsentrasi 150 Mg/L, 225 Mg/L dan 300 Mg/L. Koagulasi dilakukan menggunakan jar test dengan pengadukan selama 75 menit dan kecepatan pengadukan 204 rpm (Angraini, dkk., 2016)

### 2.4 Adsorpsi

Media adsorpsi berupa sabut kelapa, ijuk, karbon aktif ampas tebu dan zeolit disusun bertingkat dalam reaktor. Proses adsorpsi dilakukan secara kontinyu dengan aliran down flow dengan debit 140 ml/menit (Nurhayati, dkk., 2018). Waktu operasi selama 2 jam dengan pengambilan sampel setiap 15 menit. Parameter yang diukur adalah Pb, Cr, TDS dan pH. Metode analisis untuk menguji Pb dan Cr menggunakan AAS, TDS menggunakan metode gravimetri dan pH menggunakan pH meter. Reaktor adsorpsi disajikan dalam Gambar 1. Ketinggian freeboard 14 cm, ketinggian adsorben masing-masing 30 cm, dan ketinggian underdrain 15 cm.



**Gambar 1.** Desain Alat Adsorsi

## 3. HASIL DAN PEMBAHASAN

### 3.1 Karakteristik Limbah Laboratatorium Teknik Lingkungan UNIPA Surabaya

Karakteristik awal air limbah Laboratorium Teknik Lingkungan UNIPA Surabaya disajikan dalam Tabel 1. Karakteristik awal air limbah menunjukkan bahwa kadar BOD dan COD air limbah

laboratorium sangat tinggi, hal ini menunjukkan bahwa air limbah sangat tercemar zat organik. Angka COD air limbah lebih besar daripada BOD, karena zat kimia yang dioksidasi secara kimia lebih besar daripada yang dioksidasi secara biologis. Nilai pH 1,5 keadaan ini menunjukkan air limbah sangat asam. Air limbah yang sangat asam bersifat korosif oleh karena itu jika langsung dibuang ke lingkungan dapat merusak material dan mengganggu mikroorganisme. Pada pH < 4, sebagian besar tumbuhan air mati karena tidak dapat bertoleransi terhadap pH rendah (Susana, 2009).

**Tabel 1.** Karakteristik Awal Air Limbah Laboratorium Teknik Lingkungan UNIPA Surabaya

No.	Parameter	Satuan	Hasil Uji	Baku
				Mutu*
1.	BOD <sub>5</sub>	mg/L	16.852	150
2.	COD	mg/L	39.192	300
3.	pH	-	1,50	6-9
4.	TDS	mg/L	16.100	4000
5.	TSS	mg/L	386	400
6.	Cr Total	mg/L Cr	82,35	1
7.	Pb	mg/L Pb	6,88	1

\*) Baku mutu air limbah menurut Peraturan Menteri Lingkungan Hidup No. 5 Tahun 2014 Tentang Baku Mutu Air Limbah.

TDS menyatakan jumlah zat padat yang terlarut (Irwan dan Afdal, 2016). TSS jumlah zat padat yang tersuspensi. Padatan tersuspensi menyebabkan kekeruhan air, tidak terlarut dan tidak dapat mengendap langsung. Kadar TSS air limbah sudah memenuhi baku mutu tetapi kadar TDSnya sangat tinggi dan melebihi dari baku mutu. Dadar TDS air limbah laboratorium sangat tinggi karena sumber pencemar dalam limbah laboratorium antara lain berasal dari produk produksi upaya penanganan limbah, sisa bahan kimia yang selesai digunakan, air bekas cucian peralatan, dan sisa sampel uji yang cenderung mudah larut di dalam air. Tingginya TDS juga dipengaruhi oleh pH air limbah, pada pH rendah ion-ion logam cenderung larut dalam air sehingga kadar TDS menjadi tinggi. Karakteristik buffer tinggi yang terdapat pada limbah laboratorium juga berpengaruh terhadap perubahan pH (Suprihatin dan Indrasti, 2010).

Kadar ion Cr dan kadar ion Pb dalam air limbah melebihi baku mutu, hal ini disebabkan reagen yang mengandung ion krom lebih banyak digunakan dalam praktikum dan penelitian seperti K<sub>2</sub>CrO<sub>4</sub> digunakan dalam analisis klorida dan K<sub>2</sub>Cr<sub>2</sub>O<sub>7</sub> digunakan dalam analisa COD. Logam Cr tidak toksik, tetapi senyawa Cr sangat iritan dan bersifat korosif, menimbulkan ulcus yang dalam

pada kulit dan selaput lendir. Inhalasi krom dapat menimbulkan kerusakan pada hidung. Di paru-paru krom dapat menimbulkan kanker (Said, 2010). Pb merupakan racun sistemik. Keracunan Pb akan menimbulkan gejala seperti rasa logam di mulut, garis hitam pada gusi, muntah-muntah, perubahan kepribadian, kelumpuhan, dan kebutaan (Said, 2010). Kontaminan anorganik seperti Pb(II) dan Cr(III) sukar didegradasi sehingga di dalam lingkungan dapat terakumulasi sehingga menjadi konsentrasi yang bersifat toksik dan berbahaya bagi makhluk hidup (Utomo, dkk., 2009).

Kualitas air limbah laboratorium Teknik Lingkungan UNIPA Surabaya terutama parameter BOD, COD, TDS, pH, Cr total dan Pb tidak memenuhi baku mutu limbah sesuai dengan Peraturan Menteri Lingkungan Hidup No. 5 Tahun 2014 tentang baku mutu air limbah untuk air limbah yang belum memiliki baku mutu air limbah yang ditetapkan. Kadar zat pencemar pada air limbah laboratorium sangat tinggi, oleh karena itu perlu dilakukan pengolahan supaya kualitas air limbahnya tidak mencemari lingkungan. Limbah cair dengan kadar polutan yang sangat tinggi, maka pengolahan limbah yang cocok dengan pengolahan kimia diantaranya dengan netralisasi, koagulasi dan adsorpsi.

### **3.2 Pretreatment dengan Netralisasi**

Netralisasi dilakukan dengan penambahan NaOH 5 N. Untuk menetralkan 500 ml air limbah diperlukan  $\pm 0,022$  ml NaOH 5 N. Pada awal proses netralisasi air limbah kenaikan pH nya tidak signifikan hal ini dikarenakan air limbah mengandung buffer yang sangat kuat. pH buffer terjadi karena di dalam limbah terdapat ion-ion logam seperti  $Fe^{2+}$ ,  $K^+$ ,  $Ag^+$ , yang merupakan reagen yang sering digunakan dalam praktikum. Penambahan NaOH akan menyebabkan kenaikan pH yang signifikan setelah melebihi kapasitas buffer. Kondisi buffer juga menyebabkan pH setelah mengalami kenaikan akan mengalami penurunan kembali walaupun tidak signifikan (Said, 2010). Pada akhir proses netralisasi diperoleh nilai pH 6,5. Parameter pH setelah akhir proses telah sesuai dengan baku mutu limbah cair sesuai dengan PP Menteri Lingkungan Hidup No. 5 Tahun 2014.

Netralisasi limbah cair selain menyebabkan kenaikan pH juga menyebabkan terjadinya presipitasi logam. Kelarutan logam sangat dipengaruhi oleh pH larutan. Kenaikan pH akan menurunkan kelarutan logam, kecuali logam Ag (Said, 2010). Kenaikan pH akan mengubah kestabilan dari bentuk karbonat menjadi hidroksida yang membentuk ikatan dengan partikel pada badan air, sehingga akan mengendap membentuk lumpur dan terjadi perubahan warna larutan menjadi kehitaman.

### **3.3 Pengaruh Dosis Koagulan Terhadap Kualitas Air Limbah**

Kualitas air limbah Laboratorium Teknik Lingkungan setelah dinetralisasi dan dikoagulasi dapat dilihat dalam Tabel 2. Proses koagulasi limbah cair laboratorium dengan menggunakan PAC dapat menurunkan kadar Pb, Cr total, dan TDS. Pada dosis koagulan PAC 150 Mg/L, 225 Mg/L dan 300 Mg/L semua menghasilkan air limbah dengan kadar Pb yang sudah memenuhi baku mutu sedangkan kadar Cr total dan TDS belum memenuhi baku mutu. Secara fisik, limbah laboratorium setelah koagulasi berwarna kuning, bau khas asam menurun, timbul endapan dilapisan bawah, dan lapisan atas jernih.

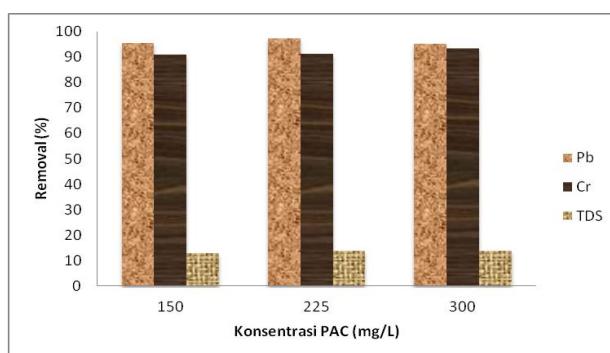
**Tabel 2.** Kualitas Air Limbah Setelah Dilakukan Pretreatment Netralisasi dan Koagulasi Menggunakan PAC (*Poly Alum Chloride*)

No.	Parameter	Satuan	Hasil Analisis			Baku	
			Mula-	PAC	PAC	Mutu	
			mula	150	225	300	
1	Pb	ppm	6,88	0,31	0,19	0,34	1
2	Cr Total	ppm	82,35	7,37	7,10	5,37	1
3	pH	-	1,5	5,90	6,10	6,10	6 – 9
4	TDS	ppm	16.100	14.000	13.900	13.900	4.000

Besarnya efisiensi penurunan Pb, Cr, dan TDS air limbah laboratorium dengan pengolahan netralisasi dan koagulasi disajikan dalam Gambar 2. Pada proses netralisasi dengan penambahan NaOH sudah dapat mengendapkan ion logam berat. Karena adanya penambahan PAC maka logam berat tersebut diikat oleh koagulan sehingga terjadi penurunan konsentrasi logam berat. Turunnya pH juga akan menyebabkan ion-ion logam mudah larut kembali ke dalam perairan.

Gambar 2 menunjukkan bahwa dosis PAC berpengaruh terhadap efisiensi penurunan Pb, Cr dan TDS. Semakin besar dosis PAC semakin besar pula efisiensi penurunan Pb, Cr total dan TDS. Efisiensi penurunan Pb paling tinggi 97,2%, penurunan Cr total paling tinggi sebesar 93,5% dan penurunan TDS paling tinggi sebesar 13,7 %. Dari ketiga parameter tersebut penurunan tertinggi semua terjadi pada proses koagulasi dengan penambahan PAC 300 Mg/L. Karena keadaan ini semakin tinggi dosis PAC yang ditambahkan, maka semakin tinggi juga persentase pemisahan logamnya. Kenaikan ini disebabkan semakin banyak PAC yang ditambahkan maka semakin banyak juga flok yang terbentuk (Karamah dan Bismo, 2008).

Pada proses koagulasi penyisihan Cr lebih kecil daripada Pb, hal ini karena presipitasi Cr dan Pb sangat dipengaruhi oleh pH. Penyisihan Cr paling baik pada kondisi pH 10, dan kelarutan Cr akan meningkat lagi pada peningkatan pH. Tingkat penyisihan tertinggi logam Cr (97%) dicapai pada pH 10 (Suprihatin dan Indrasti, 2010). Cr banyak digunakan sebagai reagen dalam praktikum di laboratorium Teknik Lingkungan UNIPA Surabaya adalah kalium dikromat ( $\text{Cr}_2\text{O}_7^{2-}$ ). Sebelum diendapkan dikromat ( $\text{Cr}_2\text{O}_7^{2-}$ ) harus direduksi dulu menjadi  $\text{Cr}^{3+}$ , biasanya dilakukan pada pH 3. Pengendapan Cr yang direduksi dapat dilakukan sebagai hidroksida pada pH 8 – 9 (Said, 2010).



**Gambar 2.** Pengaruh Dosis PAC Terhadap Removal TDS, Pb dan Cr

Timbal hidroksida mudah larut dalam air sehingga untuk mengurangi timbal hidroksida ( $\text{Pb(OH)}_2$ ) tidak dapat dilakukan dengan pengaturan pH. Pengurangan timbal di dalam air dapat dilakukan dengan pengendapan timbal sulfida ( $\text{PbS}$ ) dan timbal karbonat ( $\text{PbCO}_3$ ) pada pH 7,5 – 8,5. Timbal karbonat ( $\text{PbCO}_3$ ) berbentuk seperti kristal sehingga lebih mudah di saring dari pada timbal hidroksida ( $\text{Pb(OH)}_2$ ) (Said, 2010).

Proses koagulasi hanya dapat menyisihkan TDS maksimal sebesar 13,7%. Kadar TDS pada akhir proses koagulasi juga masih tinggi 13.900 ppm sehingga belum memenuhi baku mutu yang ditetapkan. Hal ini sesuai dengan hasil penelitian Said (2009), menunjukkan bahwa efektifitas PAC mereduksi TDS jauh dibawah alumunium sulfat yaitu hanya berkisar antara 20%-60%. TDS merupakan zat padat baik yang berupa zat padat, ion, senyawa atau koloid yang terlarut di dalam air. TDS biasanya disebabkan oleh bahan-bahan anorganik berupa ion yang ada di perairan. Di dalam air limbah laboratorium Teknik Lingkungan banyak menggunakan reagent bahan anorganik berupa ion-ion logam yang mudah larut di dalam air. Dengan demikian menyebabkan limbah laboratorium Teknik Lingkungan mengandung TDS yang sangat tinggi.

Keberhasilan penyisihan ion-ion logam dengan koagulasi dipengaruhi oleh pH. Proses koagulasi dalam penelitian ini dilakukan pada pH 6,1. Pada kondisi nilai pH 6,1 tidak semua ion logam dapat mengalami presipitasi. Ion logam yang tidak mengalami presipitasi akan tetap larut di

dalam air sehingga menyebabkan TDS masih tinggi. Penambahan PAC akan menyebabkan penurunan pH larutan dan semakin banyak PAC yang ditambahkan maka semakin besar pula penurunan pHnya (Nugraheni, dkk., 2012). Turunnya pH juga akan menyebabkan ion-ion logam mudah larut kembali ke dalam perairan.

### 3.4 Penyisihan Cr, Pb, TDS dengan Proses Adsorpsi.

Penyisihan logam dengan menggunakan adsorpsi cukup signifikan yaitu 97,2 % untuk Pb dan 93,5% untuk Cr, sedangkan untuk penyisihan TDS hanya 13,7 %. Setelah proses adsorpsi konsentrasi Cr 2,96 ppm dan TDS 10.735 ppm dan melebihi baku mutu sehingga masih diperlukan pengolahan lanjutan untuk menyisihkan parameter air limbah yang masih tinggi.

Proses adsorpsi hanya efektif dapat menurunkan TDS, Cr total pada menit ke 15, mulai menit ke-30 konsentrasi TDS dan Cr mengalami kenaikan yang signifikan. Pada menit ke-15 untuk parameter TDS, Cr dan Pb konsentrasinya memenuhi baku mutu air limbah menurut Peraturan Menteri Lingkungan Hidup No. 5 Tahun 2014.

Pada menit ke-15 proses adsorpsi dapat menyisihkan TDS sebesar 87% dengan konsentrasi akhir 1.810 mg/L. Mulai menit ke-30 kadar TDS mengalami kenaikan dan konsentrasinya melebihi baku mutu. Pada menit ke-60 kadar TDS melebihi kadar TDS mula-mula. Nilai TDS semakin naik dikarenakan media adsorpsi yang digunakan telah jenuh sehingga proses penyerapan zat pencemar menjadi berkurang. Selain itu, sampel limbah laboratorium tidak dilakukan pengenceran sehingga beban pencemarnya tinggi.

**Table 3.** Kualitas Air Limbah Laboratorium Setelah Proses Adsorpsi

Parameter	Satuan	Kadar pada menit ke-								
		0	15	30	45	60	75	90	105	120
TDS	Mg/L	13.900	<b>1.810</b>	8.000	8.567	8.869	9.034	9.456	9.732	10.735
Cr Total	Mg/L	5,37	<b>0,36</b>	1,24	2,25	2,83	3,92	3,24	3,13	2,96
Pb	Mg/L	0,34	<b>0,21</b>	0,29	0,38	0,45	0,79	0,9	1,12	1,15
pH	-	6,1	<b>5,42</b>	5,25	5,36	5,53	5,51	5,52	5,54	5,57

Pengolahan limbah dengan cara adsorpsi dapat menurunkan konsentrasi krom sebesar 93% pada menit ke-15. Pada menit ke-30 sampai menit ke-120 krom juga mengalami kenaikan yang signifikan. Kondisi ini mengalami kejemuhan, dimana karbon aktif telah dipenuhi oleh ion logam Cr sehingga karbon aktif tidak mampu mengadsorpsi kembali ion logam Cr. Semakin pendek waktu

kontak antara adsorbat dengan adsorben, maka semakin tinggi pula laju reaksinya (Handayani, dkk., 2012).

Ion logam Pb dengan proses adsorpsi mengalami penurunan, pada menit ke-15 kadar Pb mengalami penurunan. Kadar Pb akhir melebihi kadar mula-mula. Semakin lama waktu adsorpsi proses penyisihan semakin kecil, dikarenakan kadar polutan dalam air limbah sangat tinggi sehingga adsorben menjadi cepat jenuh. Adsorben yang sudah jenuh tidak dapat berfungsi sebagai adsorben dan harus dilakukan regenerasi.

Setelah proses adsorpsi selama 120 menit konsentrasi TDS dan Pb melebihi konsentrasi mula-mula. Hal ini terjadi karena zeolit yang digunakan tidak diaktifasi, kemungkinan zeolit sudah teradsorpsi oleh ion Pb dan zat-zat yang lain. Pada proses adsorpsi tidak terjadi penyisihan ion Pb justru sebaiknya ion Pb yang ada pada zeolit terlepas kembali ke air limbah.

Proses adsorpsi mengakibatkan penurunan pH air limbah. pH sebelum proses adsorpsi sebesar 6,1 dan sudah memenuhi baku mutu, setelah proses adsorpsi pH akhir menjadi 5,25-5,57 sehingga tidak sesuai baku mutu yang ditetapkan. Penurunan nilai pH disebabkan dalam proses adsorpsi diawali dengan proses koagulasi dengan PAC. Penambahan PAC akan menyebabkan penurunan pH larutan dan semakin banyak PAC yang ditambahkan maka semakin besar pula penurunan pHnya (Asmadi dan Suharno, 2012). Penelitian ini sesuai dengan Nugraheni (2012), bahwa terjadi penurunan pH limbah cair Batik Sasirangan setelah dilakukan koagulasi dengan PAC mengalami penurunan pH 16,61% dari 8,73 menjadi 7,28.

Kurang berhasilnya proses adsorpsi untuk penurunan Pb dan TDS pada air limbah laboratorium Teknik Lingkungan UNIPA Surabaya dikarenakan adanya efek inhibisi ion-ion logam. Efisiensi penurunan logam sangat dipengaruhi oleh jenis logam Cr dan Pb dapat disisihkan dengan mudah apabila dalam sistem ion tunggal dan ion ini memiliki efek inhibisi pada penyisihan lainnya (Suprihatin dan Indrasti, 2010). Cr relatif lebih mudah teradsorpsi oleh karbon aktif dibandingkan logam Ag dan fenomena adsorpsi suatu jenis logam dipengaruhi oleh keberadaan jenis logam lain.

Penyisihan logam Pb dapat juga dilakukan dengan proses adsorpsi menggunakan karbon aktif, tetapi proses ini kurang efektif untuk konsentrasi Pb yang tinggi (Said, 2010). Adsorpsi logam Pb(II) mencapai maksimum pada pH 4. Sedangkan Cr(III) adsorpsi maksimum pada pH 6. Kemampuan adsorpsi ion logam juga dipengaruhi oleh pH karena adanya protonasi gugus anionik. Pada pH rendah konsentrasi ion H<sup>+</sup> menjadi sangat tinggi sehingga terjadi tolak menolak atau kompetisi antara ion H<sup>+</sup> dengan ion logam terhadap situs petukaran kation yang bermuatan positif, sehingga adsorpsi menjadi kecil. Adsorpsi logam akan mengalami peningkatan dengan naiknya pH

dan pada pH tertentu yang lebih tinggi justru mengalami penurunan akibat terbentuknya endapan logam hidroksida (Handayani, dkk., 2012).

#### 4. KESIMPULAN

Dari penelitian tentang pengolahan limbah cair laboratorium Teknik Lingkungan UNIPA Surabaya menggunakan proses adsorpsi dengan pretreatment netralisasi dan koagulasi dapat disimpulkan bahwa PAC 300 mg/L menghasilkan efisiensi penurunan tertinggi, yaitu TDS 13,7% Cr 97%, Pb 93,5%, dan kualitas limbah setelah dinetralisasi, dikoagulasi dan diadsorpsi pada menit ke-15 mempunyai kadar TDS 1.810 ppm, Cr total 0,36 ppm, Pb 0,66 ppm sehingga air limbah sudah memenuhi baku mutu sedangkan pH sebesar 5,42 belum memenuhi baku mutu yang ditetapkan.

#### 5. UCAPAN TERIMA KASIH

Ucapan terima kasih ditujukan kepada Universitas PGRI Adi Buana Suraba yang telah membiayai penelitian ini melalui penelitian unggulan hibah adi buana tahun anggaran 2016 dengan SPP Hibah Adi Buana UNIPA Surabaya No. 020.1.5/LPPM/I/2017 tanggal 25 Januari 2017.

#### DAFTAR PUSTAKA

- Andaka, G. (2011). Hidrolisis Ampas Tebu Menjadi Furfural Dengan Katalisator Asam Sulfat. *Jurnal Teknologi*, 4 (2), 180 - 188.
- Angraini, S., Pinem, J.R., Saputra, E. (2016). Pengaruh Kecepatan Pengadukan Dan Tekanan Pemompaan Pada Kombinasi Proses Koagulasi Dan Membrane Ultrafiltrasi Dalam Pengolahan Limbah Cair Insutri Karet. *Jom FTEKNIK*, 3(1), 1-9.
- Asmadi dan Suharno. (2012). Dasar-dasar Teknologi Pengolahan Air Limbah. Yogyakarta : Gosyen Publishing.
- Gultom, E. M., & Lubis, M. T. (2014). Aplikasi Karbon Aktif Dari Cangkang Kelapa Sawit Dengan Aktivator H<sub>3</sub>PO<sub>4</sub> Untuk Penyerapan Logam Berat Cd Dan Pb. *Jurnal Teknik Kimia USU*, 3 (1).
- Handayani, D.S., Jumina, Siswanta, D., Mustofa (2012). Adsopsi Ion logam Pb(II), Cd(II) dan Cr(III) oleh Poli 5 Allil Kaliks(4) Arena Tetraester. *J Manusia dan Lingkungan*, 3(19), 218 - 225.
- Hartini, E., Yuanarti, MG. C. (2011). Pengolahan Air Limbah Laboratorium Dengan Menggunakan Koagulan Alum Su/fat Dan Poly Alum Chloride Di Laboratorium Kesehatan Universitas Dian Nuswantoro Semarang. *Jurnal Dian*, 2(11), 150 - 159
- Hartini, L., Yulianti, E., & Mahmudah, R. (2014). Karakterisasi Karbon Aktif Teraktivasi NaCl Dari Ampas Tahu. *Alchemy*. 3 (2), 145 - 153.
- Hutomo, S. W., Setyo, Astuti, D.; K. H. Subaris. (2015). Keefektifan Dosis Poly Alum Chloride (PAC) Dalam Menurunkan Kadar Phosphate Pada Air Limbah Laundry Di Gatak Gede Boyolali. *Publikasi Ilmiah*. <http://eprints.ums.ac.id/39876/1/10%20NASKAH%20PUBLIKASI.pdf>

- Irwan, F., Afdal. (2016). Analisis Hubungan Konduktivitas Listrik dengan Total Dissolved Solid (TDS) dan Temperatur pada Beberapa Jenis Air. *Jurnal Fisika Unand*, 5(1), 85-93.
- Jamilatun, S.; & Setyawan, M. (2014). Pembuatan Arang Aktif dari Tempurung Kelapa dan Aplikasinya untuk Penjernih Asap Cair. *Spektrum Industri*, 12 (1), 1 – 112.
- Karamah, E. F., & Bismo, S. (2008). Pengaruh Dosis Koagulan PAC dan Surfaktan SLS Terhadap Kinerja Proses Pengolahan Limbah Cair yang Mengandung Logam Besi (Fe), Tembaga (Cu), dan Nikel (Ni) Dengan Flotasi Ozon. Prosiding Seminar Nasional Teknik Kimia “Teknologi Tepat Guna Ramah Lingkungan (pp C-05-1 – C-05-6). Jakarta: Departemen Teknik Kimia Fakultas Teknik Universitas Indonesia.
- Kartika, R. (2017). Korelasi Kadar Total Logam Pb Terhadap Kadar Protein Pada Udang Putih (*Penaeus marguiensis*) yang Diambil di Pesisir Pulau Bunyu Kalimantan Utara. *Jurnal Kimia Mulawarman*. 14 (2), 127 - 133.
- Maulina, W. (2016). Kajian Membran Komposit Nilon-Arang Melalui Karakterisasi FTIR dan SEM. *JPKF*. 2 (1), 56 - 60.
- Nugraheni, I. K., Umi, B., dan Utami, I. (2012). Aplikasi Arang Akif Cangkang Kelapa Sawit Terlapis Kitosan sebagai Filter dalam Pengolahan Limbah Cair Sasirangan setelah Koagulasi dengan Poly Aluminium Chloride . *Jurnal Teknologi dan Industri*. 2 (1), 9-18
- Nurhasni., Hendrawati., & Saniyyah, N. (2014). Sekam Padi Untuk Menyerap Logam Tembaga dan Timbal Dalam Air Limbah. *Valensi*. 4 (1), 36 - 44.
- Nurhayati, I., Sutrisno, J., Pungut, Sembodo, BP. (2015). Arang Aktif Ampas Tebu Sebagai Media Adsorpsi Untuk Meningkatkan Kualitas Air Sumur Gali. *Jurnal Teknik Waktu*. 3 (2), 9 - 18.
- Nurhayati, I., Sutrisno, J., & Zainudin, S. (2018). Pengaruh Konsentrasi dan Waktu Aktivasi Terhadap Karakteristik Karbon Aktif Ampas Tebu dan Fungsinya Sebagai Adsorben Limbah Laboratorium. *Waktu*. 16 (1), 62-71
- Peraturan Menteri Lingkungan Hidup No. 5 Tahun 2014.
- Pinandari, A.W., Fitriana D.N., Nugraha A., Suhartono, E. (2011). Uji Efektifitas Dan Efisiensi Filter Biomassa Menggunakan Sabut Kelapa (*Cocos nucifera*) Sebagai Bioremoval Untuk Menurunkan Kadar Logam (Cd, Fe, Cu), Total Padatan Tersuspensi (TSS) Dan Meningkatkan pH Pada Limbah Air Asam Tambang Batubara. *Prestasi*, 1 (1),1-12
- Said, M. (2009). Pengolahan Air Limbah Laboratorium Dengan Menggunakan Koagulan Alum Sulfat dan Poli Aluminium Klorida (PAC). *Jurnal Penelitian Sains*. Edisi Khusus Desember (C), 38 – 43.
- Said, N. I. (2010). Metoda Penghilangan Logam Berat (As, Cd, Cr, Ag, Cu, Pb, Ni dan Zn) Di Dalam Air Limbah Industri. *JAI*, 2(6), 136 – 148.
- Sarasdewi, A. P., Antara, N. S., & W. Suryawan, A. A. P. A. (2014). Pengaruh Laju Aliran Terhadap Penurunan Cemaran Instalasi Pengolahan Air Limbah Domestik Dengan Sistem Biofilter. *Jurnal Rekayasa dan Manajemen Industri*. 3 (2), 17 - 29.
- Saryati, Supardi, Supandi S., Rohmad S. (2010) Penghilangan Logam berat Dalam Larutan Dengan Zeolit Alam. *Jurnal Zeolit Indonesia*, 1(9), 33 – 39.
- Solikah, S., & Utami, B. (2014). Perbedaan Penggunaan Adsorben Dari Zeolit Alam teraktivasi dan zeolit alam terimobilisasi dithizone untuk penyerap ion logam tembaga ( $Cu^{2+}$ ). Seminar Nasional Kimia Dan Pendidikan Kimia VI (pp 342 - 354). Surakarta: Pendidikan Kimia UNS.
- Subamia, I. D. P. (2013). Rekayasa Alat Pengolahan Limbah Laboratorium Kimia Secara Adsorbsi Memanfaatkan Kombinasi Bahan Sisa Kerajinan Batu Vulkanik. Prosiding seminar Seminar Nasional FMIPA UNDIKSHA (pp 164-170). Singaraja: FMIPA UNDIKSHA.
- Sumarli., Yulianti I., Masturi, Munawaroh R. (2016). Pengaruh Variasi Massa Zeolit Pada Pengolahan Air Limbah Pabrik Pakan Ternak Melalui Media Filtrasi. Prosiding Seminar

- Nasional Fisika (E-Journal) SNF2016 Volume V (pp 43-46). Jakarta: Universitas Negeri Jakarta.
- Suprihatin, dan Indrasti, N.S. (2010). Penyisihan Logam Berat Dari Limbah Cair Laboratorium Dengan Metode Presipitasi Dan Adsorpsi. *Makara Sains*,1(14), 44 – 50.
- Susana, T. (2009). Tingkat Keasaman (pH) dan Oksigen Terlarut Sebagai Indikator Kualitas Perairan Sekitar Muara Sungai Cisadane. *Jurnal Teknologi Lingkungan*. 5 (2), 33 – 39.
- Utomo, S. B., Jumina., & Wahyuningsih, T. D. (2009). The Adsorption Of Pb(II) and Cr(III) By Polypropylcalix[4]Arene Polymer. *Indo. J. Chem.* 9 (3), 437 - 444.
- Yoseva, P. L., Muchtar, A., Sophia, H. (2015). Pemanfaatan Limbah Ampas Tebu sebagai Adsorben Untuk Peningkatan Kualitas Air Gambut. *JOM FMIPA*. 2 (1), 56 - 63.