

## PERENCANAAN INSTALASI PENGOLAHAN AIR LIMBAH (IPAL) PADA KEGIATAN PELAPISAN LOGAM (ELEKTROPLATING) SKALA KECIL DAN MENENGAH (IKM X) DI DAERAH ISTIMEWA YOGYAKARTA

Anisah Hasna Jauharoh<sup>1</sup>, Awaluddin Nurmiyanto<sup>1</sup>, Andik Yulianto<sup>1</sup>

<sup>1)</sup> Program Studi Teknik Lingkungan, Universitas Islam Indonesia, Yogyakarta

Email: awaluddin@uii.ac.id

### Abstrak

*IKM X merupakan salah satu dari sekian banyak kegiatan pelapisan logam (elektroplating) di wilayah Kotagede, Daerah Istimewa Yogyakarta yang belum melakukan pengolahan terhadap air limbah yang dihasilkan. IKM X memiliki kapasitas produksi sebesar 6.8 kg logam/hari dan menghasilkan air limbah sebesar 532 L/hari dengan kandungan bahan pencemar yang melebihi baku mutu yang telah ditetapkan oleh pemerintah. Perencanaan Instalasi Pengolahan Air Limbah (IPAL) di IKM X dapat membantu pelaku usaha dalam mengelola limbah dan menghindari terjadinya pencemaran lingkungan. Berdasarkan kajian terhadap berbagai pilihan alternatif teknologi pengolahan limbah diperoleh hasil bahwa proses elektrokoagulasi akan diterapkan pada sistem IPAL di IKM X. Guna mencapai target air olahan sebagai air daur ulang untuk peruntukan pertanian dan perikanan (kelas 2 Pergub DIY 20/2008) maka sistem IPAL di IKM X terdiri dari rangkaian unit elektrokoagulasi, sedimentasi, dan filtrasi. Pembangunan IPAL di IKM X membutuhkan biaya sebesar Rp. 15,753,950, sedangkan operasional IPAL membutuhkan sebesar Rp. 1,475,628 setiap bulan.*

**Kata kunci:** *Elektrokoagulasi, Industri Kecil Menengah, Limbah Elektroplating, Perencanaan IPAL, Pengolahan Limbah Industri*

### Abstract

*IKM X is one of the electroplating activities in Kotagede, Special Region of Yogyakarta, without a wastewater treatment plant. IKM X produces 6.8 kg of coated metals/day with daily wastewater production of 532 L. The wastewater quality in IKM X implied passing the quality standards. Therefore, designing the Wastewater Treatment Plants (WWTP) at IKM X can help the communities manage their waste and avoid environmental pollution. The electrocoagulation process considered as the viable technology for treating the electroplating wastewater. The proposed WWTP system at IKM X consists of electrocoagulation process, sedimentation, and filtration. It is expected to reuse the treated effluent for agriculture. The WWTP construction cost is Rp. 15,753,950, while the operational cost is 1,475,628 every month.*

**Keywords:** *Electrocoagulation, Electroplating Wastewater, Industrial Waste Management, Small and Medium Scale Industry, Wastewater Treatment Design.*

Dikirim/submitted: 16 Desember 2019

Diterima/accepted: 23 Desember 2019

## 1. PENDAHULUAN

Kotagede merupakan salah satu kecamatan yang berada di wilayah Daerah Istimewa Yogyakarta yang dikenal sebagai sentra kerajinan perak dengan berbagai produk unggulan seperti: perhiasan, souvenir, pajangan, hingga minatur khas Yogyakarta. Kerajinan perak telah menjadi tumpuan perekonomian bagi masyarakat Kotagede sejak zaman pendudukan Belanda. (Daliman, 2000; Armiyati, 2014). Keberadaan Kota Yogyakarta sebagai destinasi wisata budaya membuat kerajinan perak di Kotagede masih dapat bertahan. Saat terdapat lebih dari 100 pengrajin perak dan tembaga skala industri kecil dan menengah (IKM) yang masih beroperasi di Kotagede.

Produk kerajinan perak di Kotagede dihasilkan melalui proses pelapisan logam secara elektrokimia atau yang lebih sering dikenal dengan teknik penyepuhan (elektroplating). Proses elektroplating secara umum dilakukan di dalam bejana yang berisi larutan elektrolit dengan komposisi bahan kimia tertentu sesuai dengan jenis logam yang akan dijadikan pelapis. Proses selanjutnya adalah dengan mengalirkan arus searah (DC) melewati kutub positif (anoda) berupa logam pelapis (misalnya perak, krom, dan tembaga) menuju kutub negatif (katoda) berupa logam target yang hendak dilapisi. Dari proses elektrolisa tersebut akan dihasilkan logam yang sudah terlapis oleh logam yang dikehendaki (Basmal dkk., 2013). Pelapisan logam bertujuan sebagai unsur dekoratif agar logam terlihat lebih menarik, selain itu lapisan logam juga berfungsi sebagai pelindung dari korosi dan keausan (Marwati dkk., 2007).

Kegiatan elektroplating menghasilkan limbah cair dengan kandungan berbagai jenis logam berat berbahaya (Monser dan Adhoum, 2002). Kandungan logam tersebut berasal dari logam pelapis yang terlarut, serta campuran senyawa kimia yang terdapat di dalam larutan elektrolit (Triwulandari dkk., 2012). Yudo dan Said (2005) mengungkapkan jika air bekas pencucian logam hasil elektroplating masih memiliki kandungan logam berat seperti: Krom, Nikel dan Seng. Sementara itu Dash dkk (2009) melaporkan jika konsentrasi Kromium Heksavalen ( $\text{Cr}^{6+}$ ) yang terkandung di dalam limbah elektroplating memiliki tingkat toksisitas yang tinggi dan dapat menyebabkan efek yang buruk terhadap kesehatan manusia dan organisme akuatik lainnya.

Berdasarkan survei lapangan diperoleh informasi jika sebagian besar IKM elektroplating perak dan tembaga di Kotagede belum melakukan pengolahan limbah elektroplating dengan baik, Sarawasti dkk (2019) mengkonfirmasi status mutu air tanah di wilayah Kotagede dan sekitarnya tergolong cemar ringan (Saraswati dkk., 2019). Dengan pertimbangan alasan tersebut maka diperlukan solusi yang tepat untuk mencegah pencemaran lingkungan dan menjaga kesehatan manusia yang tinggal di sekitar wilayah Kotagede. Salah satu solusi yang dapat dilakukan yaitu dengan merancang Instalasi

Pengolahan Limbah (IPAL) bagi IKM elektroplating di wilayah tersebut. Di dalam kajian ini, perencanaan IPAL dilakukan dengan mempertimbangkan berbagai faktor yang berpengaruh di wilayah perencanaan (studi kasus IKM X) meliputi: kesesuaian teknologi IPAL, data kualitas dan kuantitas limbah, ketersediaan lahan, biaya, dan kemudahan operasional IPAL. Hasil dari perencanaan IPAL berupa *detail engineering design* (DED) diharapkan dapat langsung diterapkan untuk mengatasi permasalahan limbah pada IKM elektroplating di wilayah Kotagede.

## **2. METODE PENELITIAN**

### **2.1 Survei Lapangan**

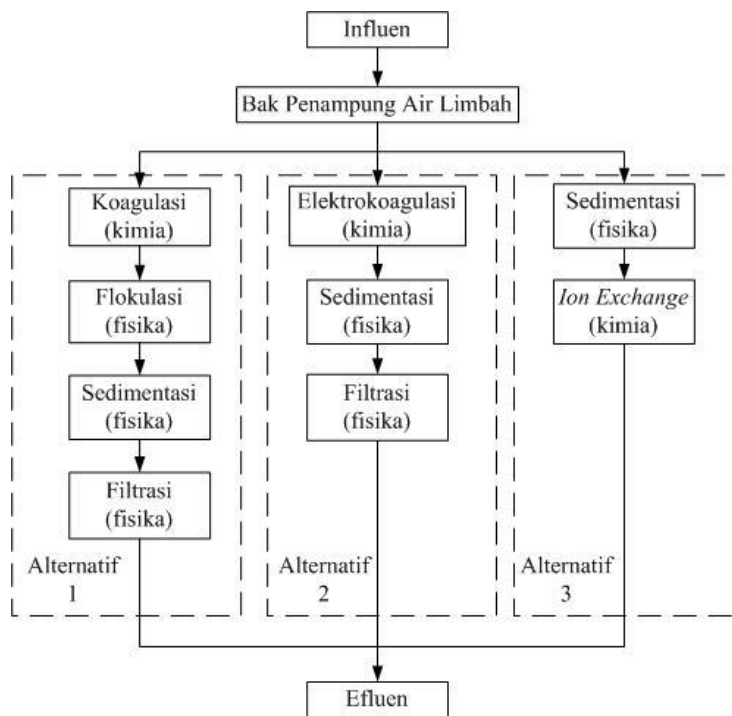
IKM elektroplating yang digunakan sebagai lokasi perencanaan adalah IKM X yang terletak di kawasan industri perak Kecamatan Kotagede, Daerah Istimewa Yogyakarta. Survei lapangan dilakukan secara langsung untuk mengumpulkan informasi terkait dengan tahapan aktivitas dalam proses elektroplating, luas lahan yang tersedia untuk IPAL, pengelolaan limbah yang sudah dilakukan, serta pemahaman pemilik IKM terhadap pengelolaan limbah.

### **2.2 Data Debit dan Kualitas Limbah**

Data kuantitas air limbah yang digunakan pada perencanaan IPAL mengacu pada data volume limbah yang dihasilkan pada setiap tahapan kegiatan IKM elektroplating di lokasi perencanaan (Prabarani, 2019). Sedangkan kualitas limbah kegiatan elektroplating mengacu kepada data dari penelitian Noviyanti, D (2019) dengan parameter TDS, pH, TSS, Cu, Zn, Ni, dan Pb sesuai dengan Baku Mutu Perda DIY No. 7 Tahun 2016 Tentang Baku Mutu Air Limbah.

### **2.3 Pemilihan Teknologi IPAL**

Teknologi pengolahan limbah elektroplating ditentukan berdasarkan kajian pustaka, dalam hal ini terdapat tiga alternatif pilihan teknologi dengan kemampuan setara yaitu: koagulasi-flokulasi, elektrokoagulasi, dan pertukaran Ion (Jauharoh, 2019), sebagaimana ditampilkan pada Gambar 1. Metode skoring dilakukan dengan membandingkan ketiga alternatif teknologi berdasarkan kriteria seleksi yang diadaptasi dari Von Sperling (1996). Setiap teknologi diberi nilai antara 1 sampai 4 untuk masing-masing kriteria. Nilai 1: sangat buruk, 2: buruk, 3: sedang, dan 4: baik. Pemberian nilai pada setiap kriteria mengacu kepada kajian pustaka yang sesuai. Selanjutnya nilai tersebut dikalikan dengan persen pembobotan setiap kriteria dan dijumlahkan. Teknologi pengolahan yang memiliki skor total tertinggi ditetapkan sebagai teknologi terpilih.

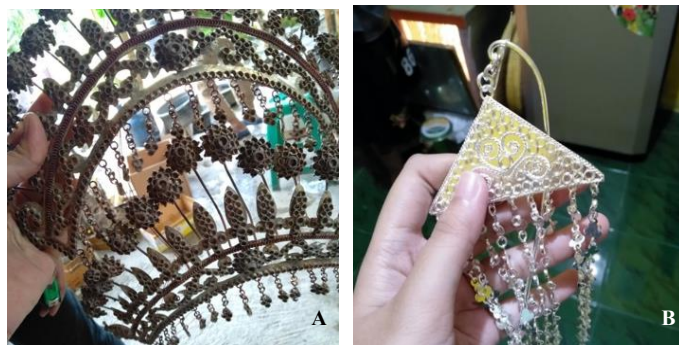


**Gambar 1.** Diagram alir IPAL kegiatan elektroplating dengan berbagai alternatif pilihan teknologi

### 3. HASIL DAN PEMBAHASAN

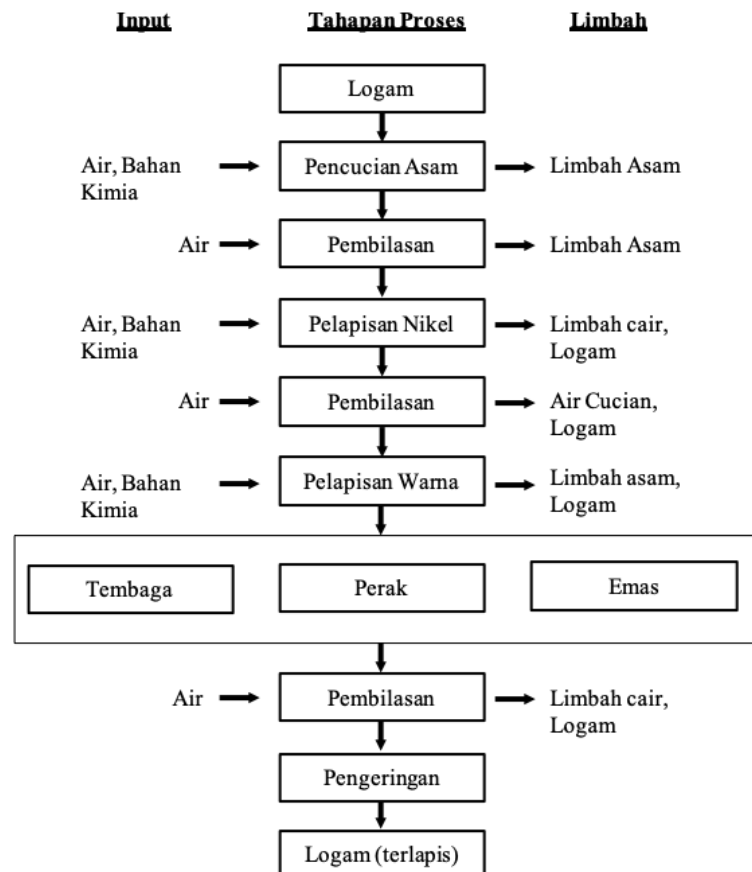
#### 3.1 Deskripsi Kegiatan Elektroplating (IKM X)

IKM X merupakan industri pelapisan logam (elektroplating) skala rumah tangga yang sudah berdiri sejak tahun 1996, hingga saat ini IKM X memiliki pekerja sebanyak 5 orang dengan kapasitas produksi rata-rata sebesar 6.8 kg logam setiap hari (Prabarani, 2019). IKM X menerima pesanan pelapisan logam untuk aksesoris pernikahan adat (mahkota, siger, konde), perhiasan, dan souvenir. Pelapisan logam yang ditawarkan oleh IKM X terdiri dari tiga jenis warna dengan jenis logam pelapis yang berbeda yaitu lapisan tembaga (*rose gold*), perak (*silver*), dan emas (*gold*) dengan hasil akhir sebagaimana terlihat pada Gambar 2.



**Gambar 2.**(a) Logam sebelum proses electroplating, (b) perhiasan yang sudah dilapisi perak

Secara garis besar, tahapan kegiatan elektroplating pada IKM X dimulai dari proses pencucian dengan asam, pembilasan, pelapisan dengan nikel, pelapisan warna, pembilasan, dan pengeringan. Gambar 3 menunjukkan tahap kegiatan elektroplating pada IKM X, terlihat jika hampir semua tahapan pada proses elektroplating akan menghasilkan limbah cair dengan berbagai karakteristik spesifik seperti kandungan asam dan logam terlarut. Laporan dari Noviyanti (2019) menunjukkan karakteristik air limbah dari kegiatan elektroplating sebagaimana ditunjukkan pada Tabel 1.



**Gambar 3.** Tahapan proses elektroplating IKM X dan jenis limbah yang dihasilkan

Tabel 1 juga menunjukkan jika hampir seluruh parameter kualitas limbah kegiatan elektroplating melebihi standar maksimum yang ditetapkan pemerintah. Namun hingga saat ini IKM X belum melakukan pengolahan terhadap limbah cair yang dihasilkan dengan baik. Limbah cair tersebut dialirkan melalui saluran terbuka menuju tangki septik yang tidak sesuai dengan peruntukannya. Kandungan berbagai logam terlarut dalam limbah cair memiliki sifat toksik yang dapat mengganggu aktivitas bakteri anaerobik didalam sistem septik sebagaimana dilaporkan oleh Zhou dkk (2008). Sementara itu limbah cair dari proses pembilasan langsung dibuang ke lingkungan tanpa dilakukan pengolahan terlebih dahulu.

**Tabel 1.** Perbandingan Karakteristik Air Limbah pada IKM X dengan Baku Mutu

Parameter	Konsentrasi Limbah (mg/L)	Baku Mutu*
TDS	11240	2000
TSS	494	20
pH	1	6-9
Suhu	29°C	±3
Cd	0.02	0.05
Cu	2.22	0.5
Cr	0.17	0.5
Zn	6,60	1
Pb	2.63	0.1
Ni	52.11	1
COD	277.50	N/A

\*Berdasarkan Peraturan Daerah (Perda) Daerah Istimewa Yogyakarta (DIY) Nomor 7 Tahun 2016 Tentang Baku Mutu Air Limbah

### 3.2 Tekologi IPAL Terpilih

Dari hasil penelusuran pustaka terhadap berbagai alternatif teknologi pengolahan limbah elektroplating didapatkan informasi jika ketiga pilihan teknologi mempunyai kemampuan sama dalam hal efisiensi pengolahan. Teknologi ion exchange cukup rumit dalam hal operasi dan pemeliharaan, selain itu teknologi ini cukup rentan terhadap variasi perubahan debit (Gaikward dkk., 2010). Sementara itu, ketersediaan lahan menjadi hal penting dalam perencanaan IPAL, luas lahan yang sempit dapat membatasi keleluasaan dalam merancang sistem IPAL. Teknologi elektrokoagulasi memerlukan luas lahan yang lebih sedikit karena peralatan yang digunakan relatif kecil (Mollah dkk., 2001). Sedangkan teknologi koagulasi-flokulasi dan ion exchange membutuhkan lahan yang lebih besar karena sistem tersebut berukuran besar dan harus dilengkapi bak-bak penampung (Suarez dkk., 2010). Berdasarkan survei lokasi di IKM X terdapat sebidang lahan kosong dengan luasan 53,5 m<sup>2</sup>. Lahan tersebut tergolong sempit untuk penempatan IPAL, sehingga teknologi yang terpilih pada kajian ini adalah elektrokoagulasi dengan total skor 3.38. Adapun hasil skoring secara lengkap sebagaimana dirangkum pada Tabel 2.

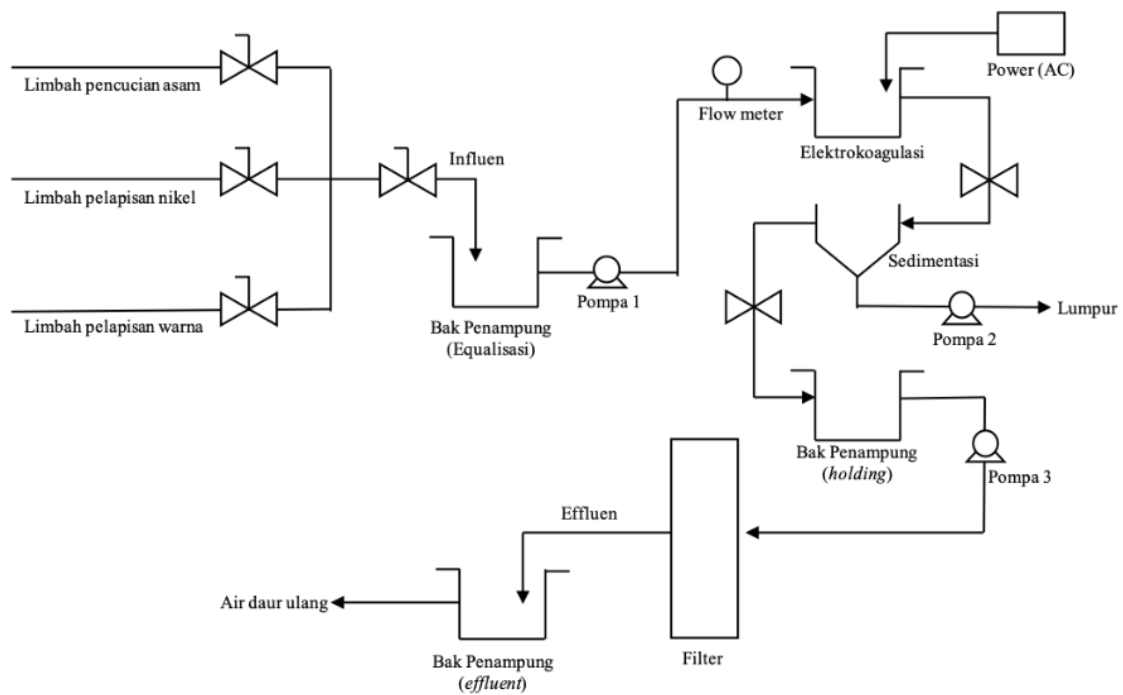
Efluen air limbah yang dihasilkan IPAL diharapkan dapat digunakan kembali sebagai air untuk kebutuhan pertanian dan perikanan atau memenuhi baku mutu air kelas 2 sebagaimana diatur dalam Pergub DIY NO. 20 Tahun 2008 tentang Baku Mutu Air di Provinsi DIY. Untuk mencapai target peruntukan air daur ulang tersebut maka sistem IPAL yang akan direncanakan terdiri dari proses

elektrokoagulasi yang diikuti dengan unit sedimentasi dan filtrasi sebagaimana ditampilkan pada Gambar 4.

**Tabel 2.** Perbandingan Pilihan Teknologi Pengolahan Limbah Elektroplating

	Koagulasi-Flokulasi <sup>1)</sup>	Elektrokoagulasi <sup>2)</sup>	Ion Exchange <sup>3)</sup>	Pembobotan
<b>Efisiensi Removal</b>				
Cr	4	4	4	10%
Cu	4	4	4	10%
Zn	4	4	4	10%
<b>Biaya (Ekonomi)</b>				
Kebutuhan Lahan	1	3	4	10%
Kebutuhan Energi	3	1	2	5%
Konstruksi	1	3	1	8%
O & M	1	3	1	5%
<b>Stabilitas</b>				
Variasi Debit	4	3	1	8%
Kualitas Effluen	3	3	3	8%
<b>Kemudahan</b>				
Operasi	4	3	1	8%
Pemeliharaan	3	4	3	8%
<b>Dampak</b>				
Bau	4	4	4	5%
Kebisingan	3	4	4	5%
<b>Skor Total</b>	<b>3.05</b>	<b>3.38</b>	<b>2.87</b>	<b>100%</b>

Referensi: <sup>1)</sup> Mollah dkk (2001); <sup>2)</sup> Suarez dkk (2009); <sup>3)</sup> Gaikwad dkk (2010)



**Gambar 4.** Diagram alir IPAL kegiatan elektroplating di IKM X

### 3.3 Perhitungan Beban Pengolahan IPAL

Berdasarkan observasi yang dilakukan oleh Prabarani (2019), IKM X menghasilkan limbah cair dengan debit rata-rata sebesar 532 L/hari. Perencanaan ini menggunakan faktor keamanan sebesar 20% sehingga diperoleh debit perencanaan sebesar 638 L/hari. Sehingga beban pengolahan untuk setiap parameter kualitas air limbah dapat dihitung dengan mengalikan konsentrasi setiap parameter air limbah dengan debit perencanaan sebagaimana ditunjukkan pada Tabel 3.

**Tabel 3.** Beban Pengolahan IPAL IKM X

	Inf		E-K		Eff/inf		Sed		Eff/inf		Filter	Eff	BML*
	C (mg/L)	Beban (mg/hari)	Eff (%)	C (mg/L)	Beban (mg/hari)	Eff (%)	C (mg/L)	Beban (mg/hari)	Eff (%)	C (mg/L)	Eff (%)	C (mg/L)	C (mg/L)
<b>TDS</b>	11240	7171120	65%	3934	2509892	0%	3934	2509892	97%	118.02			1000
<b>TSS</b>	494	315172	80%	98.8	63034	76%	23.61	15065	89%	2.66			50
<b>Cd</b>	0.02	13	97%	0	0	23%	0	0	0%	0			0.01
<b>Cu</b>	2.22	1417	100%	0	0	39%	0	0	91%	0			0.02
<b>Cr</b>	0.18	112	100%	0	0	83%	0	0	0%	0			N/A
<b>Zn</b>	6.61	4215	85%	1	632	38%	0.61	392	96%	0.02			N/A
<b>Pb</b>	2.64	1683	90%	0.3	168	42%	0.15	98	87%	0.02			0.03
<b>Ni</b>	52.11	33246	100%	0	0	25%	0	0	0%	0			N/A
<b>COD</b>	277.5	177045	96%	10.3	6551	42%	6.01	3832	88%	0.73			25

\*Berdasarkan Baku Mutu Air Kelas 2, Pergub DIY No. 20 Tahun 2008 tentang Baku Mutu Air di Provinsi DIY

### 3.4. Penetapan Kriteria Desain Unit IPAL

#### 3.4.1. Elektrokoagulasi

Elektrokoagulasi merupakan proses yang terdiri dari pembentukan flok hidroksid logam pada air limbah. Elektrokoagulasi tidak menggunakan bahan kimia melainkan menggunakan anoda dari aluminium atau besi yang dikorbankan selama proses elektrolisis (Dermentzis dkk., 2011).

Kehilangan massa elektroda dihitung menurut Hukum Faraday berikut ini:

$$mE = \frac{I \times t \times M}{z \times F \times V} \dots\dots\dots \text{Persamaan (1)}$$

Dimana, mE: kehilangan massa elektroda (gr elektroda/L), I: kuat arus (A), t: waktu (detik), M: berat molekul besi (gr/mol), z: jumlah elektron yang berpindah pada reaksi, F: konstanta Faraday (96500 Cb/mol) dan V: volume air limbah (L) (Akbal dkk., 2011). Kebutuhan energi listrik dihitung menggunakan persamaan berikut:

$$E = \frac{U \times I \times t}{V} \dots\dots\dots \text{Persamaan (2)}$$

Dimana, E: kebutuhan listrik (kWh/L), U: tegangan (volt) (Akbal dkk., 2011). Kriteria desain unit elektrokoagulasi ditunjukkan pada Tabel 4.



**Tabel 4.** Kriteria Desain Elektrokoagulasi

Parameter	Elektroda (anoda-katoda)	Jarak Plat	Rapat Arus / Arus dan Tegangan	Efisiensi Penghilangan	Waktu	Referensi
Ni				100%		
Cu	Fe-Al	10 mm	2 A; 9,18 volt	100%	60 menit	Akbal dkk (2011)
Cr				100%		
Cd	Fe	5 mm	0,2 A/ dm <sup>2</sup>	98,1% 97,3%	45 menit	Vasudevan dkk (2012)
Pb	Al-St	10 mm	32 mA/ cm <sup>2</sup>	95%	35 menit	Pociecha dkk (2010)
	Al	5 mm	2,76 mA/ cm <sup>2</sup>	99%	30 menit	Pociecha dkk (2010)
COD	Fe-Al	2 cm	4,8 mA/ cm <sup>2</sup>	96,3%	49 menit	Chou dkk (2010)
TSS	St-St	3 cm	0,85 A; 9,66 mA/ cm <sup>2</sup>	90%	30 menit	Phalakornkule dkk (2010)
TDS	Fe	5 cm	24,7 mA/ cm <sup>2</sup>	68,5%	30 menit	Saleem dkk (2010)

### 3.4.2. Sedimentasi

Sedimentasi merupakan suatu proses pemisahan padatan dari cairan dengan cara pengendapan gravitasi untuk menyisahkan padatan tersuspensi (Nkwonta dkk., 2010). Laju limpahan dihitung menggunakan persamaan berikut:

$$v_0 = \frac{Q}{A} \dots \dots \dots \text{Persamaan (3)}$$

Dimana,  $v_0$ : laju limpahan (m/detik),  $Q$ : debit air limbah (m<sup>3</sup>/detik),  $A$ : luas permukaan (m<sup>2</sup>). Kecepatan horizontal dihitung menggunakan persamaan berikut:

$$v_h = \frac{Q}{L \times H} \dots \dots \dots \text{Persamaan (4)}$$

Dimana,  $v_h$ : kecepatan horizontal (m/detik),  $L$ : lebar bak (m),  $H$ : kedalaman bak (m). Apabila kecepatan horizontal lebih kecil dibanding laju limpahan ( $v_h < v_0$ ), maka pengendapan dapat terjadi. Sementara itu, panjang bak ( $P$ ) dihitung dengan persamaan berikut:

$$P = \frac{A}{L} \dots \dots \dots \text{Persamaan (5)}$$

Efisiensi penghilangan parameter pencemar yang terkandung di dalam air limbah pada unit sedimentasi ditunjukkan pada Tabel 5.

**Tabel 5.** Efisiensi Removal Untuk Parameter Air Limbah Pada Unit Sedimentasi

Parameter	Efisiensi	Jenis Sedimentasi	Referensi
<b>TSS</b>	76,1%	Sedimentasi <i>plain settling</i>	Soemantojo (2002)
<b>Cd</b>	23%	Sedimentasi primer	Kempton dkk (1987)
<b>Cu</b>	39%	Sedimentasi primer	Kempton dkk (1987)
<b>Cr</b>	83,2%	Sedimentasi <i>plain settling</i>	Soemantojo (2002)
<b>Zn</b>	38%	Sedimentasi primer	Kempton dkk (1987)
<b>Pb</b>	42%	Sedimentasi primer	Kempton dkk (1987)
<b>Ni</b>	25%	Sedimentasi primer	Kempton dkk (1987)
<b>COD</b>	41,5%	Sedimentasi <i>plain settling</i>	Soemantojo (2002)

### 3.4.3. Filtrasi

Filtrasi merupakan proses pemisahan zat padat dari fluida, baik gas atau cair, dengan cara melewatkan fluida melalui media berpori. Tujuan dari filtrasi adalah untuk menghilangkan zat padat tersuspensi serta koloid yang masih terdapat didalam air olahan. Efisiensi removal dan kriteria desain unit filtrasi masing-masing ditunjukkan pada Tabel 6 dan Tabel 7.

**Tabel 6.** Efisiensi Removal Unit Filtrasi

Parameter	Efisiensi	Jenis Filter	Referensi
<b>TDS</b>	97%	<i>Roughing filter</i> : kerikil dan arang	Nkwonta dkk (2010)
<b>TSS</b>	88,75%	Zeolit, karbon aktif, dan pasir silika	Assiddieq dkk (2017)
<b>Cu</b>	91%	Zeolit	Abdel dkk (2011)
<b>Zn</b>	96%	Zeolit	Abdel dkk (2011)
<b>Pb</b>	87%	Zeolit	Dursun (2007)
<b>COD</b>	87,8%	Zeolit, karbon aktif, dan pasir silika	Assiddieq dkk (2017)

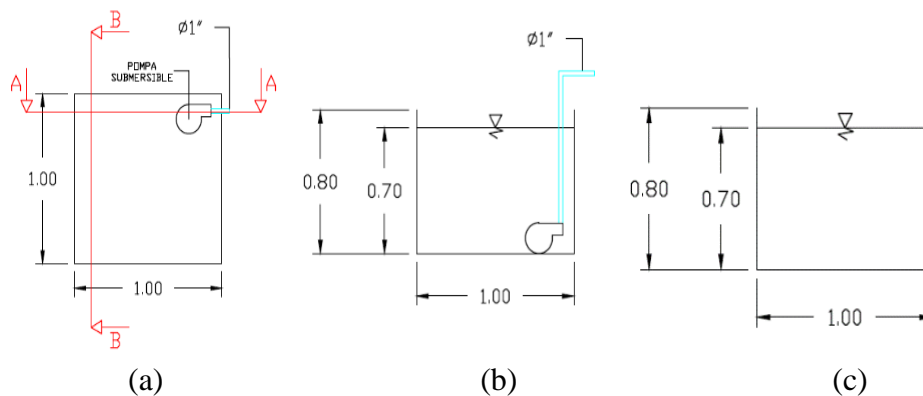
**Tabel 7.** Kriteria Desain Unit Filtrasi

Parameter Perencanaan	Kriteria
Jenis media filter	pasir silika, mangan zeolit, karbon aktif
Rasio media filter	1:1:1
Jumlah media filter	masing-masing 10 kg
Susunan media filter	pasir silka – karbon aktif – mangan zeolit
Ukuran tabung filter	diameter 10 inci; tinggi 120 cm

### 3.5 Perhitungan Dimensi Unit IPAL

#### 3.5.1 Bak Penampung Air Limbah

Air limbah perlu ditampung sebelum memasuki proses pengolahan. Hal ini dilakukan karena pada kegiatan elektroplating X tidak terdapat penampung air limbah. Selain itu, output air yang keluar dari IPAL perlu ditampung sebelum digunakan kembali. Dimensi bak adalah panjang: 1 m, lebar: 1 m dan tinggi: 0,8 m. Dimensi bak penampung air limbah dan efluen ditunjukkan pada Gambar 5. Air limbah perlu dinetralkan dengan penambahan  $\text{Ca}(\text{OH})_2$  (kapus) dengan dosis 5 Kg.

**Gambar 5.** Desain bak Penampung air limbah.

(a) Tampak atas; (b) Potongan A-A; (c) Potongan B-B, ukuran dalam satuan meter

#### 3.5.2 Unit Elektrokoagulasi

Hasil perencanaan unit elektrokoagulasi ditunjukkan pada Tabel 8, sedangkan elektroda yang digunakan adalah anoda Fe dan katoda Al, pemilihan elektroda tersebut berdasarkan pada hasil penelitian dari Akbal dkk (2011) yang menunjukkan jika proses elektrokoagulasi menggunakan elektroda Fe – Al dapat menurunkan kandungan logam terlarut seperti Nikel dan Krom dengan

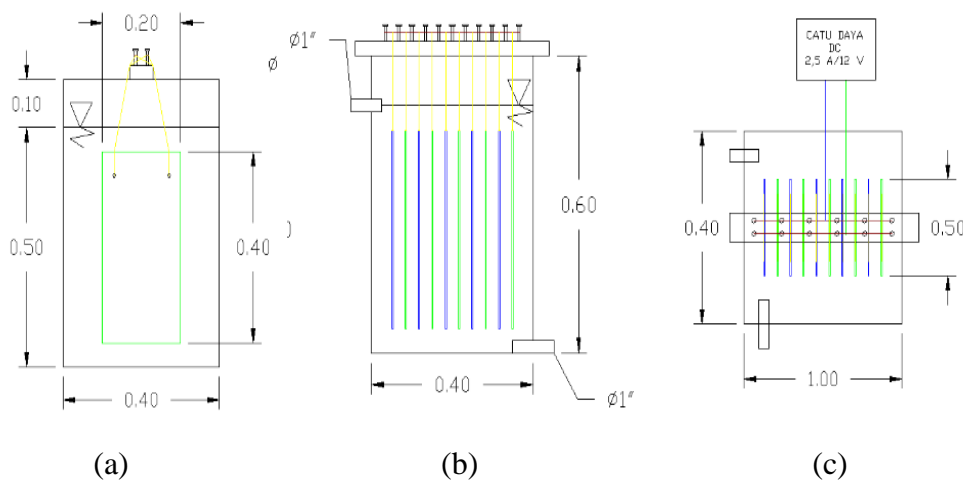
efisiensi mencapai 100%. Pada perencanaan ini akan dibuat serangkaian elektroda yang terdiri dari 5 pasang plat elektroda sebagaimana ditampilkan pada Tabel 9.

**Tabel 8.** Hasil Desain Unit Elektrokoagulasi

Data	Hasil	Satuan
Debit	0,638	m <sup>3</sup> /hari
Volume (V)	0,096	m <sup>3</sup>
Dimensi (PxLxH)	0,4 x 0,4 x 0,6	m
Waktu kontak	2	jam
Kuat Arus (A)	2,5	A
Tegangan (U)	12	V
mFe	0,0082	gr/L
Konsumsi Energi (E)	0,094	kWh/L

**Tabel 9.** Desain Elektroda

Kriteria	Jumlah	Referensi
Bahan	Fe (98,94%) Al (98,86%)	Akbal dkk (2011)
Luas permukaan	736 cm <sup>2</sup>	Smoczyńska dkk (2017)
Ukuran Plat	P = 40 cm L = 20 cm	Disesuaikan dengan ukuran reaktor
Ketebalan	0,3 cm = 0,003m	Smoczyńska dkk (2017)
Jarak antar elektroda	3 cm = 0,03 m	Phalakornkule dkk (2010)



**Gambar 6.** Desain Bak Elektrokoagulasi: (a) tampak depan, (b) tampak samping (c) tampak atas.

Ukuran dalam satuan meter

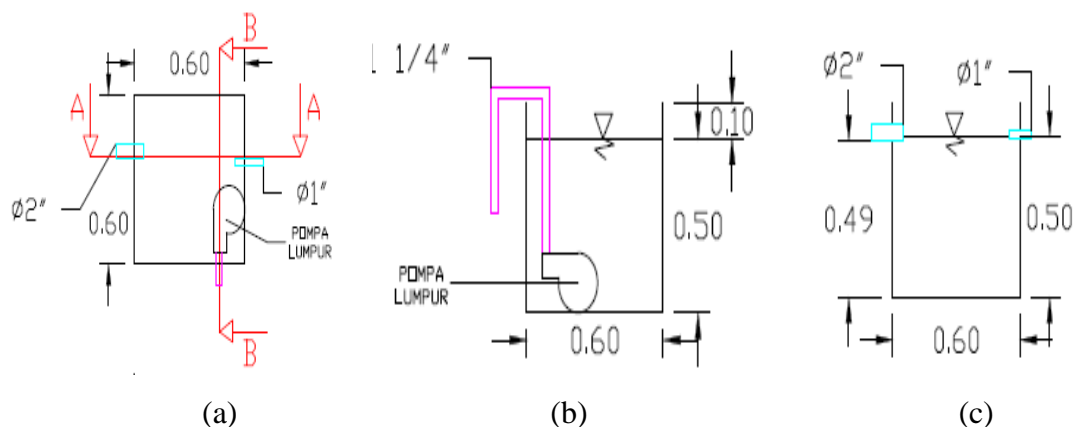
Dengan pertimbangan kemudahan konstruksi maka unit elektrokoagulasi dibuat menggunakan material *Fibreglass Reinforced Plastics* (FRP). Unit ini dilengkapi dengan catu daya (power supply) arus searah (DC) 12 V dengan kuat arus 2.5 ampere yang dirangkai dengan elektroda. Gambaran detil desain unit elektrokoagulasi ditampilkan pada Gambar 6.

### 3.5.3 Unit Sedimentasi

Waktu detensi optimum untuk pengendapan partikel pada bak sedimentasi berada pada rentang 3-20 jam (Song dkk., 2000), dalam perencanaan dipilih waktu detensi sebesar 6 jam. Hasil dari perencanaan unit sedimentasi ditunjukkan pada Tabel 10. Air limbah dari bak sedimentasi akan dialirkan menuju bak penampungan (*holding tank*) sebelum dipompa menuju unit filtrasi. Dimensi bak sedimentasi dan bak penampungan ditunjukkan pada Gambar 7.

**Tabel 10.** Hasil Perencanaan Unit Sedimentasi

Data	Hasil	Satuan
Waktu Detensi (t)	6	Jam
Volume (V)	0,18	m <sup>3</sup>
Dimensi (P x L x H)	0,6 x 0,6 x 0,6	m
Jumlah Solid	0,048	Kg/hari
Laju Limpahan (Vo)	1,99	m <sup>3</sup> /m <sup>2</sup> . hari
Kecepatan Horizontal (Vh)	1,77	m/hari



**Gambar 7.** Desain Bak Sedimentasi dan bak penampung (*holding tank*):

(a) tampak atas, (b) Potongan A-A (c) Potongan B-B. Ukuran dalam satuan meter.

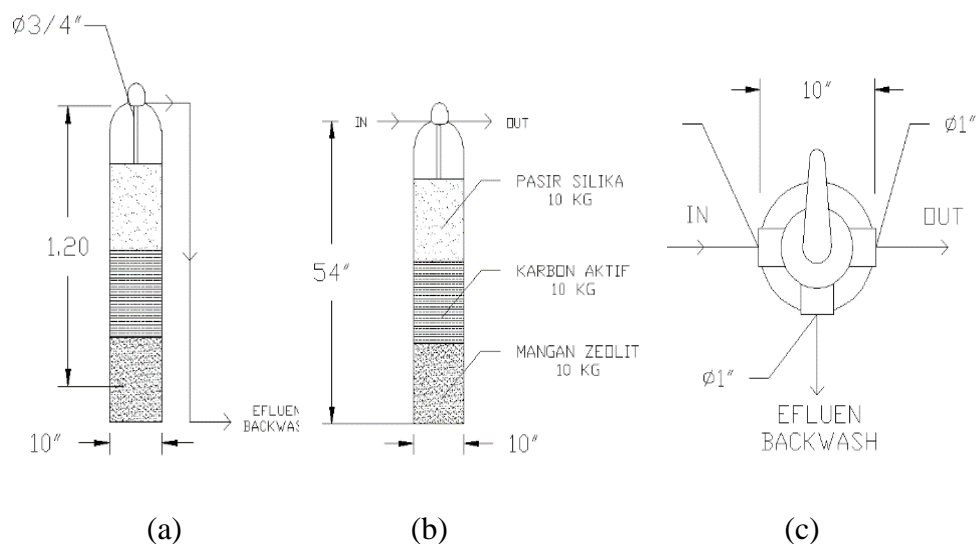
### 3.5.4 Unit Filtrasi

Unit filtrasi yang direncanakan menggunakan acuan dari penelitian oleh Yudo dan Said (2005) dan Assiddieq dkk (2017). Tabung filter yang akan dipakai adalah tabung media filter FRP (*Fiberglass*

Reinforce Plastic) 1054 dengan spesifikasi ditampilkan pada Tabel.11. Sedangkan detil desain unit filtrasi ditunjukkan pada Gambar 8.

**Tabel 11.** Hasil Perencanaan Unit Sedimentasi

Data	Hasil	Satuan
Diameter	10	inci
Tinggi	54	Inci
Bahan	RFP	
Tekanan Max	150	Psi
Kapasitas Filtrasi	40	L/min
Kapasitas Media	140	L
Sistem Backwash	Manual	



**Gambar 8.** Detail Desain Tabung Filtrasi. (a) Tampak depan (b) Tampak samping (c) Tampak atas. Ukuran dalam satuan meter

### 3.5.5 Pompa

Pompa yang akan digunakan pada sistem IPAL berjumlah 3. Pompa 1 dan pompa 2 dengan tipe terendam (*submersible*) digunakan untuk memompa air limbah menuju bak elektrokoagulasi dan menyedot lumpur dari bak sedimentasi. Pompa yang akan digunakan adalah pompa Resun Penguin 3200 dan Aquafos AF-250 ASSW Auto. Spesifikasi pompa *submersible* ditunjukkan pada Tabel 12.

**Tabel 12.** Spesifikasi Pompa 1 dan Pompa 2

Spesifikasi	Pompa 1	Pompa 2
	Resun Penguin 3200	Aquafos AF-250 ASSW Auto
Daya Listrik (W)	80	250
Daya Dorong (m)	3,2	6,5
Debit Air (L/jam)	3200	-
Ukuran Butiran (mm)	-	5
Pipa Outlet	3/4"	1 1/4"

Sementara pompa 3 digunakan untuk memompa air limbah dari bak penampung menuju tabung filter. pemompaan membutuhkan *head* statis sebesar 1,24 m dan *head* sistem sebesar 10,63 m, sehingga didapatkan *head* total pompa filter sebesar 12 m. Dengan demikian, akan digunakan pompa Shimizu PS-135E. Spesifikasi lengkap pompa 3 ditunjukkan pada Tabel 13.

**Tabel 13.** Spesifikasi Pompa 3

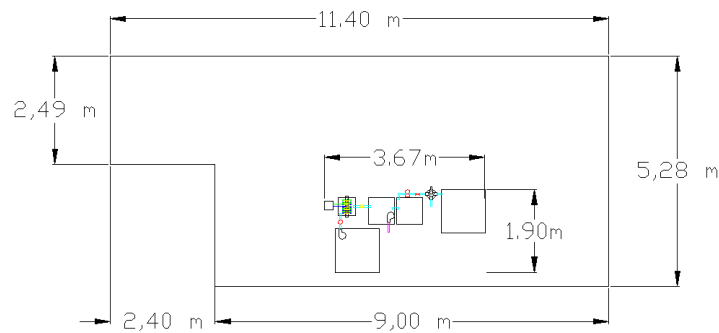
Data	Spesifikasi	Satuan
Tipe	Shimizu PS-135 E	
Tegangan	220	V
Daya Output Motor	125	W
Daya Input Motor	300	W
Panjang Pipa Hisap	9	M
Daya Dorong Maksimal	33	m
Pipa Hisap	1	Inci
Pipa Dorong	1	Inci
Kapasitas Head 5 m	28	L/min
Kapasitas Head 20 m	10	L/min

### 3.5.6 Kesesuaian Lahan

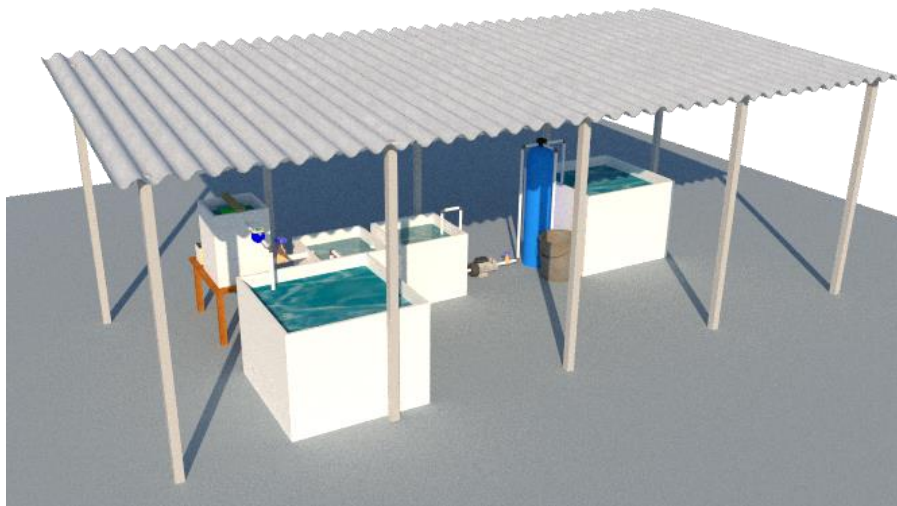
Rekapitulasi dimensi unit IPAL pada perencanaan ini sebagaimana dirangkum pada Tabel 14. Berdasarkan data pada Tabel 13, didapatkan informasi jika minimal lahan yang dibutuhkan adalah sebesar 2,4 m x 2,4 meter. Kebutuhan tersebut masih dapat dipenuhi dengan lahan kosong yang tersedia di IKM X. Sehingga penyusunan unit IPAL menjadi satu kesatuan sistem IPAL dapat dilakukan dengan cukup leluasa. Adapun Layout IPAL dan kesesuaian lahan di IKM X ditunjukkan pada Gambar 9. IPAL IKM X juga akan dilengkapi atap baja ringan (Gambar 10) agar terhindar dari hujan dan sinar matahari secara langsung.

**Tabel 14.** Rekapitulasi Dimensi Unit IPAL

Unit	Dimensi			
	Panjang (m)	Lebar (m)	Tinggi (m)	Diameter
Bak Penampung Air Limbah	1	1	0,8	-
Bak Elektrokoagulasi	0,4	0,4	0,6	-
Bak Sedimentasi	0,5	0,5	0,6	-
Bak Pasca Sedimentasi	0,5	0,5	0,6	-
Tabung Filtrasi	-	-	54 inci	10 inci
Bak Penampung Efluen	1	1	0,8	-
<b>Kebutuhan lahan minimal</b>	<b>2.4</b>	<b>2.4</b>		



**Gambar 9.** Kesesuaian Layout IPAL dengan Lahan yang Tersedia di IKM X



**Gambar 10.** Rencana Bangunan IPAL di IKM X.



### 3.5.7 Rancangan Anggaran Biaya

Rencana Anggaran Biaya (RAB) dari perencanaan IPAL ini meliputi biaya pengadaan material bak yang terbuat dari material FRP, elektroda berupa logam, pipa dan asesoris pipa, alat dan media filter, kayu, serta biaya operasional berupa listrik dan kebutuhan kapur. Satuan biaya yang digunakan mengacu kepada survei pasar yang berlaku di Kota Yogyakarta tahun 2019. Adapun rekapitulasi kebutuhan biaya pada pembangunan dan operasional IPAL kegiatan elektrokoagulasi di IKM X ditunjukkan pada Tabel 15.

**Tabel 15.** Rekapitulasi Anggaran Biaya Pembangunan dan Operasional IPAL

Jenis Biaya	Total Harga	
<b>I. Pembangunan IPAL (Investasi Awal)</b>		
Pengadaan Pipa	Rp	278.300
Pengadaan Asesoris Pipa	Rp	752.300
Pengadaan Material Bak	Rp	517,500
Pengadaan Plat Elektroda	Rp	538.450
Pengadaan Kayu	Rp	114.000
Pengadaan Alat, Media dan Listrik	Rp	4.062.600
Biaya Pembuatan Pondasi	Rp	2.410.200
Biaya Pembuatan Atap	Rp	3.730.000
Upah Pekerja	Rp	3.350.600
<b>Sub Total</b>	<b>Rp</b>	<b>15.753.950</b>
<b>II. Operasional IPAL (Setiap Bulan)</b>		
Biaya Listrik	Rp	635.628
Penambahan Kapur	Rp	840.000
<b>Sub Total</b>	<b>Rp</b>	<b>1.475.628</b>

## 4. KESIMPULAN

Sistem pengolahan air limbah yang paling sesuai diterapkan pada IPAL kegiatan elektroplating di IKM X terdiri dari unit elektrokoagulasi, yang diikuti dengan unit sedimentasi dan filtrasi. Unit elektrokoagulasi direncanakan memiliki waktu kontak selama 6 jam dan menggunakan 5 pasang plat Fe-Al yang diberikan arus 2,5 A dan tegangan 12 V. Sementara itu bak sedimentasi direncanakan dengan waktu detensi 6 jam, sedangkan unit filtrasi menggunakan susunan media pasir silika, karbon aktif dan mangan zeolite dengan kapasitas filtrasi sebesar 40 L/menit. Total biaya investasi yang dibutuhkan untuk membangun IPAL di IKM X adalah sebesar Rp 15.753.950. Sedangkan biaya operasional IPAL sebesar Rp 1.475.628 setiap bulan.

**DAFTAR PUSTAKA**

- Abdel, O. E., Reiad, N. A., & Elshafei, M. M. (2011). A study of the removal characteristics of heavy metals from wastewater by low-cost adsorbents. *Journal of Advanced Research*, 2 (4) : 297–303.
- Akbal, F., & Camcı, S. (2011). Treatment of Metal Plating Wastewater by Electrocoagulation, *Environmental Progress & sustainable Energy*, 31 (03): 340-350
- Armiyati, L. (2014). Industri Perak Kotagede Yogyakarta Melawan Badai Krisis, *Sejarah dan Budaya*, 8 (2) : 165-175.
- Assiddieq, M., Darmayani, S., & Kudonowarso, W. (2017). The Use of Silica Sand, Zeolite and Active charcoal to Reduce BOD, COD and TSS of Laundry Waste Water. *Biology Education*, 3 (3) : 202–207.
- Basmal, B., Bayuseno, A., Nugroho, S. (2013). Pengaruh Suhu Dan Waktu Pelapisan Tembaga-Nikel Pada Baja Karbon Rendah Secara Elektroplating Terhadap Nilai Ketebalan dan Kekasaran. *Rotasi*, 14 (2) : 23-28.
- Chou, W., Wang, C., Chang, W., & Chang, S. (2010). Adsorption treatment of oxide chemical mechanical polishing wastewater from a semiconductor manufacturing plant by electrocoagulation. *Journal of Hazardous Materials*, 180 (1–3) : 217–224.
- Daliman, A. (2000). Peranan Industri Seni Kerajinan Perak di Daerah Istimewa Yogyakarta sebagai Pendukung Pariwisata Budaya. *Humaniora*, 12 (2) : 170-180.
- Dash, R.R., Balomajumder, C., Kumar, A. (2009). Removal of cyanide from water and wastewater using granular activated carbon. *Chem. Eng. J.*, 46 : 408-413
- Dermentzis, K., Christoforidis, A., Valsamidou, E., Lazaridou, A., & Kokkinos, N. (2011). Removal of Hexavalent Chromium from Electroplating Wastewater by Electrocoagulation with Iron Electrodes, *Global Nest Journal*, 13 (4) : 412–418.
- Dursun, S., & Pala, A. (2007). Lead pollution removal from water using a natural zeolite. *Environmental Application & Science*, 2 (1 & 2) : 11–19.
- Gaikwad, R. W., Sapkal, V. S., & Sapkal, R. S. (2010). Ion exchange system design for removal of heavy metals from acid mine drainage wastewater, 15 (4) : 298–304.
- Jauharoh, A.H. (2019). Perencanaan Instalasi Pengolahan Air Limbah (IPAL) pada Industri Elektroplating (Studi Kasus Kegiatan Elektroplating X) di Yogyakarta. *Tugas Akhir*. Program Studi Teknik Lingkungan, Fakultas Teknik Sipil dan Perencanaan. Universitas Islam Indonesia. Yogyakarta

- Kempton, S., Sterritt, R. M., & Lester, J. N. (1987). Heavy Metal removal In Primary Sedimentation I. The Influence of Metal Solubility. *The Science of the Total Environment*, 63 : 231–246.
- Marwati, S., Padmaningrum, R. T., Marfuatun. (2007). Karakterisasi Sifat Fisika-Kimia Limbah Cair Industri Elektroplating. *Laporan penelitian*. Jurusan Pendidikan Kimia, FMIPA, Universitas Negeri Yogyakarta.
- Mollah, M. Y. A., Schennach, R., Parga, J. R., & Cocke, D. L. (2001). Electrocoagulation (EC) science and applications. *Hazardous Materials*, 84 : 29–41.
- Monser, L, N dan Adhoum. (2002). Modified activated carbon for the removal of copper, zinc, chromium and cyanide from wastewater. *Sep. Purif. Technol*, 26 : 137-146
- Nkwonta, O. I., & Ochieng, G. M. (2010). Total Dissolved Solids Removal in Wastewater Using Roughing Filters Total Dissolved Solids Removal in Wastewater Using Roughing Filters. *Chemical Sciences*. 2010 : 1-5.
- Noviyanti, D. (2019). Studi Karakteristik Limbah Cair dari Kegiatan Elektroplating Di Banguntapan, Bantul, D.I Yogyakarta (Studi Kasus IKM X dan Y). *Tugas Akhir*. Program Studi Teknik Lingkungan, Fakultas Teknik Sipil dan Perencanaan. Universitas Islam Indonesia. Yogyakarta.
- Peraturan Daerah Daerah Istimewa Yogyakarta Nomor 7 Tahun 2016 Tentang Baku Mutu Air Limbah
- Peraturan Gubernur Daerah Istimewa Yogyakarta No. 20 Tahun 2008 tentang Baku Mutu Air di Provinsi DIY
- Phalakornkule, C., Worachai, W., & Satitayut, T. (2010). Characteristics of Suspended Solids Removal by Electrocoagulation. *Chemical and Molecular Engineering*, 4 (5):293–299.
- Pociecha, M., & Lestan, D. (2010). Using electrocoagulation for metal and chelant separation from washing solution after EDTA leaching of Pb , Zn and Cd contaminated soil. *Hazardous Materials*, 174 : 670–678.
- Prabarani, F. (2019). Kajian Minimisasi Limbah Cair Pada Kegiatan Elektroplating (Studi Kasus Industri Kecil X Dan Y di Yogyakarta). *Tugas Akhir*. Program Studi Teknik Lingkungan, Fakultas Teknik Sipil dan Perencanaan. Universitas Islam Indonesia. Yogyakarta.
- Saleem, M., Bukhari, A. A., & Akram, M. N. (2011). Electrocoagulation for the treatment of Wastewater for reuse in irrigation and plantation. *Basic and Applied Science*, 7(1):11–20.
- Saraswati, D. H. (2019). Kajian Kerusakan Lingkungan Perairan Air tanah Akibat Pembuangan Limbah Industri Elektroplating (Penyepuhan Logam Perak) Kasus Di Kotagede, Daerah Istimewa Yogyakarta. *Tesis*. Program Magister Pengelolaan Lingkungan, Sekolah Pasca Sarjana, Universitas Gadjah Mada. Yogyakarta.

- Smoczyńska, L., Kalinowska, S., Ratnaweera, H., Kosobucka, M., Trifescua, M., & Pieczulis-Smoczyńska, K. (2017). Electrocoagulation of municipal wastewater - a pilot-scale test. *Desalination and Water Treatment*, 72 : 162–168.
- Soemantojo, R. W., & Wulan, P. P. D. K. (2002). Presipitasi Bertahap Logam Berat Limbah Cair Industri Pelapisan Logam Menggunakan Larutan Kaustik Soda. *UI-Press*, 1–7.
- Song, Z., Williams, C. J. M., & Edyvean, R. G. J. (2000). Technical Note Sedimentation of Tannery Wastewater, 34 (7):2171–2176.
- Suarez, S., Lema, J. M., & Omil, F. (2009). Bioresource Technology Pre-treatment of hospital wastewater by coagulation – flocculation and flotation. *Bioresource Technology*, 100 : 2138–2146.
- Triwulandari, R., Pahlevi, M. N., Mirwan, A. (2012). Pengambilan Logam Cr<sup>+6</sup> dan Cr Total dari Limbah Industri Elektroplating secara Elektrokoagulasi. *Konversi*, 1(1) : 45–51.
- Vasudevan, S., & Lakshmi, J. (2012). Effect of alternating and direct current in an electrocoagulation process on the removal of cadmium from water. *Water Science & Technology*, 65 (2) : 353–360.
- Von Sperling, M. (1996). Comparison among the most frequently used systems for wastewater treatment in developing countries. *Water Science and Technology*, 33(3) : 59-72.
- Yudo, S., Said, N. I. (2005). Pengolahan Air Limbah Industri Kecil Pelapisan Logam, *Jurnal Air Indonesia*, 1(1) : 70–84.
- Zhou, S., Wei, C., Liao, C., & Wh, H. (2008). Damage to DNA of effective microorganisms by heavy metals: Impact on wastewater treatment. *Journal of Environmental Sciences*, 20(12) : 1514–1518.