

BAB IV

HASIL PENELITIAN DAN PEMBAHASAN

4.1. Desain Alat

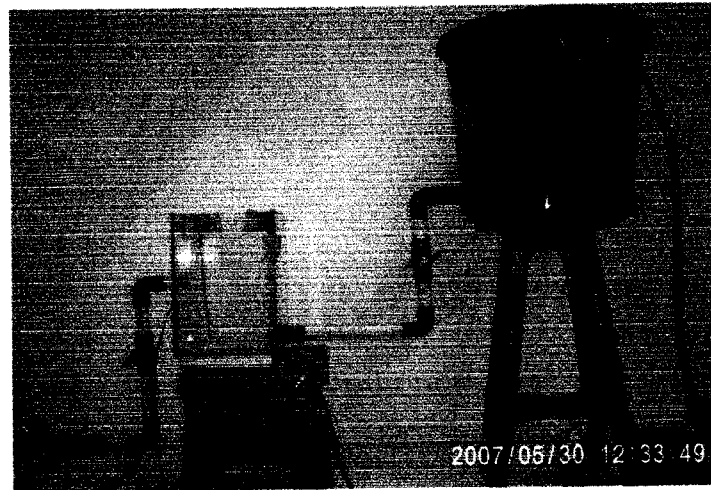
Alat-alat yang digunakan pada penelitian ini adalah bak Elektrokoagulasi, bak *baffle channel flocculator*, bak sedimentasi, dan bak Filtrasi.

4.1.1 Bak Elektrokoagulasi

Proses elektrokoagulasi merupakan suatu proses koagulasi kontinue dengan menggunakan arus listrik searah melalui peristiwa elektrokimia yaitu gejala dekomposisi elektrolit, dimana salah satu elektrodanya terbuat dari aluminium. Dalam proses ini akan terjadi proses reaksi reduksi oksidasi, yang mengandung logam-logam akan direduksi dan diendapkan di kutup negatif sedangkan elektroda positif (Cu) akan teroksidasi menjadi $[\text{CuOH}]_3$ yang berfungsi sebagai koagulan.

Elektrokoagulasi adalah bagian dari elektrokimia yang dapat mengdestabilisasikan agen-agen pencemar yang mana nantinya pencemar ini dapat di reduksi (Jaemin Song *et al*, 2000). Elektrokoagulasi selain bagian dari elektrokimia juga merupakan bagian dari flokulasi dan koagulasi serta penggunaan elektroda untuk mengaliri listrik di dalam larutan yang bersifat elektrolit yang biasa disebut elektrolisis.

Bak elektrokoagulasi ini diharapkan bertujuan untuk menurunkan kandungan-kandungan yang ada dalam lindi seperti BOD, COD, nitrat, nitrit, logam berat, serta TSS dan TDS.



Gambar 4.1. Bak Elektrokoagulasi dan *magnetic steer barr*

Dimensi Bak elektrokoagulasi ini adalah panjang 20 cm, lebar 20 cm, serta tinggi 30 cm. bak elektrokoagulasi ini digunakan sebagai pengaduk cepat, yang mana di bawahnya diletakkan *magnetic steer barr*, kemudian di dalam bak tersebut dimasukkan *steer barr* sebagai pengaduknya. Pengadukan dilakukan dengan kecepatan 10 rpm.

4.1.2. Bak *Baffle Channel Flocculator*

Pada penelitian ini sebagai pengaduk lambatnya digunakan *baffle channel flocculator*. *Baffle channel flocculator* ini termasuk jenis pengadukan hidrolis, yang mana pengadukan ini memanfaatkan gerakan air sebagai tenaga pengadukan. Pada umumnya flokulasi hidrolis mempunyai kekurangan dalam hal fleksibilitas pengaturan hf yang diperlukan sebagai energi untuk proses. Selain itu pada flokulator hidrolis, perbedaan kecepatan aliran yang terjadi pada bagian tepi dan tengah reaktor sangat besar, sehingga seringkali flok yang terjadi pecah kembali.

Bak ini bertujuan menghasilkan gerakan air yang mendorong kontak antar partikel tanpa menyebabkan pecahnya gabungan partikel yang telah terbentuk ini bisa tercapai bila energi hidrolis yang diharapkan cukup kecil. Flokulator jenis ini umumnya dibuat secara seri seiring penurunan nilai G agar diperoleh

pencampuran sempurna, yaitu partikel dapat saling berkontak, sehingga diperoleh hasil akhir yang memuaskan.

Jumlah sekat dalam bak flokulator ini (aliran vertikal), ditentukan dengan rumus berikut :

$$n = \left\{ \left[\frac{2\mu t}{\rho(1.44 + f)} \right] \left[\frac{W.L.G}{Q} \right]^2 \right\}$$

Dimana : W = lebar bak (m)

L = panjang bak flokulator (m)

G = konstanta gravitasi (9,81 m/det²)

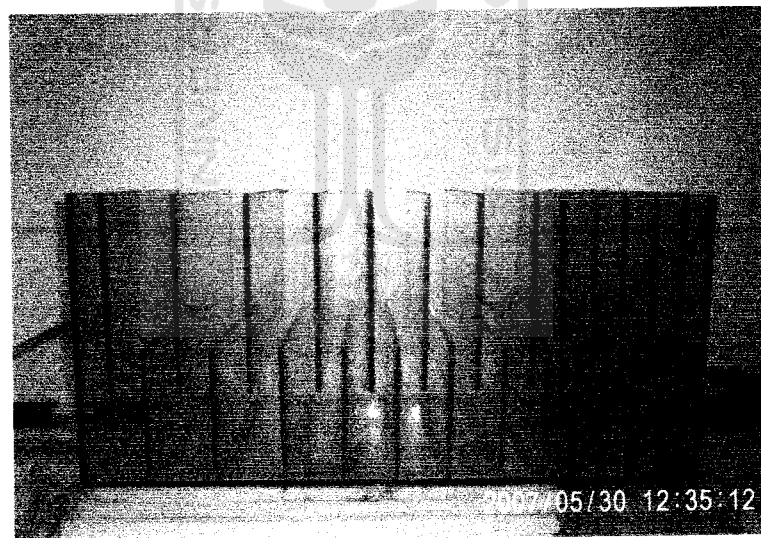
Q = debit aliran (m³/det)

μ = viskositas absolut (kg/m.det)

ρ = berat jenis air (kg/m³)

f = koefisien gesek sekat

t = waktu flokulasi (det)



Gambar 4.2. Bak *baffle channel flocculator*

Dimensi bak *baffle channel flocculator* adalah panjang 60 cm, lebar 40 cm, dan tinggi 30 cm. Bak *baffle channel flocculator* ini terdiri dari beberapa sekat dengan 3 buah kompartemen

4.1.3. Bak Sedimentasi

Pada umumnya, sedimentasi digunakan juga pada pengolahan air limbah selain tentunya juga pada pengolahan air minum. Pada penelitian ini digunakan sedimentasi tipe II, yang mana selama dalam operasi pengendapannya, ukuran partikel flokulen bertambah besar, sehingga kecepatannya juga meningkat.

Konsep sedimentasi :

- ❖ Kecepatan yang mengendap partikel adalah jarak yang ditempuh partikel persatuan waktu.
- ❖ Beban permukaan adalah laju pergerakan cairan arah vertikal
- ❖ Efisiensi removal dari partikel diskrit yang memiliki ukuran, bentuk, densitas serta spesifik gravity yang sama tidak dipengaruhi oleh kedalaman, melainkan luas permukaan serta waktu detensi dalam bak.

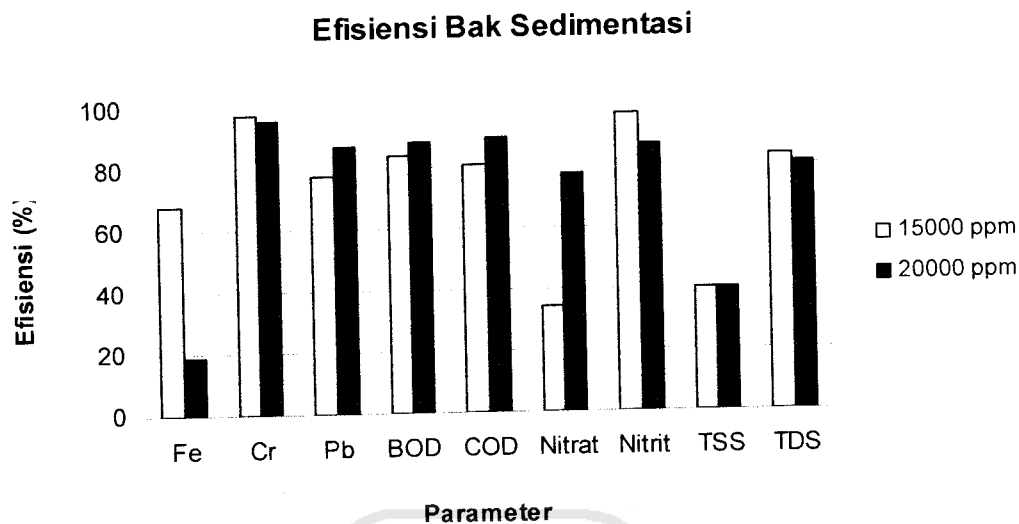
Bak sedimentasi tipe II ini bertujuan untuk mengendapkan partikel hasil proses koagulasi-flokulasi pada pengolahan air limbah.



Gambar 4.3. Bak sedimentasi

Dimensi bak sedimentasi adalah panjang 60 cm, lebar 40 cm dan tinggi 40 cm. Bentuk sedimentasi ini adalah limas yang terpancung.

Dimensi bak sedimentasi adalah panjang 60 cm, lebar 40 cm dan tinggi 40 cm. Bentuk sedimentasi ini adalah limas yang terpancung.



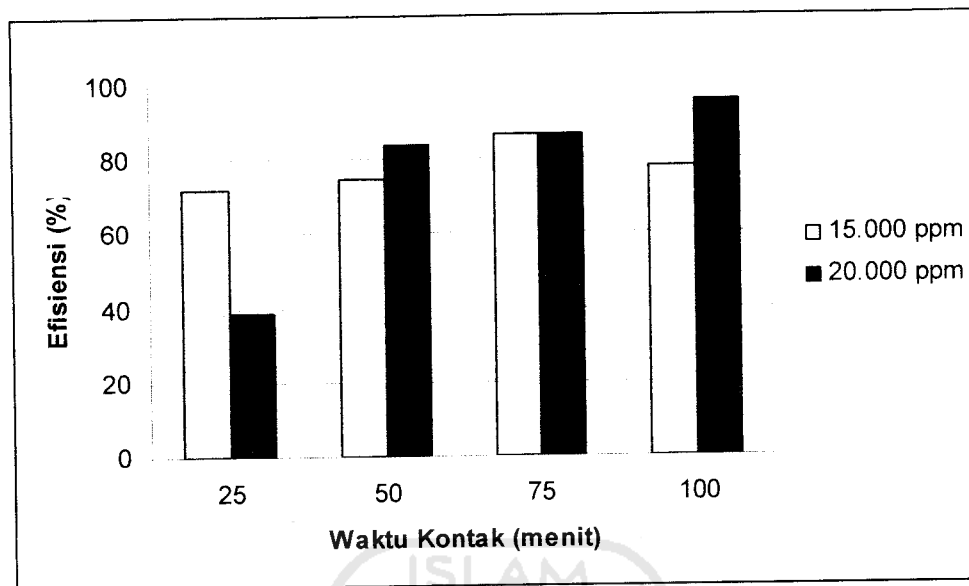
Gambar 4.4. Grafik Efisiensi bak sedimentasi

Pada grafik 4.4 dapat dilihat efisiensi dari bak ini yang umumnya berkisar antara 40-90%, dapat dilihat pada parameter BOD dan TSS sebagai contohnya besar efisiensi pada bak ini adalah 88% dan 40%. Penurunan BOD ini tidak semata dipengaruhi oleh bak ini tetapi penambahan koagulan serta proses elektrokoagulasi juga sangat mempengaruhi.

Efisiensi bak sedimentasi ini berdasarkan kriteria desain, untuk parameter BOD sebesar 30-40% sedangkan untuk parameter TSS sebesar 30-75% (Syed R Qasim, *Wastewater Treatment Plant* 2000).

Pada parameter TSS efisiensi yang dihasilkan kecil hanya sebesar 40%, hal itu sudah sesuai dengan kriteria desain. Efisiensi TSS yang masih tergolong kecil ini tidak sesuai dengan harapan, hal ini disebabkan karena aliran air pada bak sedimentasi ini kadang turbulen, sehingga flok-flok yang terikat oleh koagulan mengalami pemecahan.

Untuk efisiensi parameter Pb pada bak sedimentasi dapat dilihat pada grafik dibawah ini :



Gambar 4.5. Hubungan efisiensi penurunan konsentrasi Pb dengan variasi waktu kontak dan dosis koagulan pada bak sedimentasi

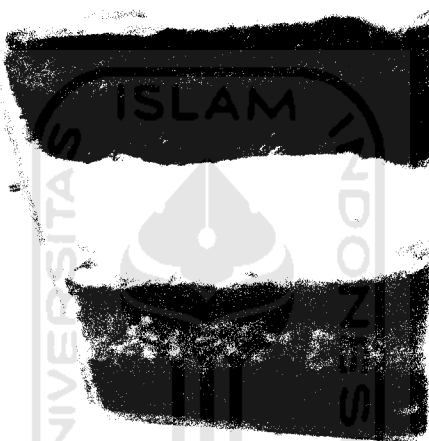
Dari grafik 4.5. dapat dilihat efisiensi bak sedimentasi setiap variasi koagulan yang berkisar antara 40 – 96 %. Pada dosis tawas 15.000 pm menunjukkan tidak stabilnya efisiensi tiap variasi waktu dimungkinkan ada persoalan dalam pengujian. Faktor lain yang berpengaruh pada peningkatan konsentrasi setiap variasi waktu percobaan adalah pada saat terjadi proses sebelum limbah dipompa ke inlet, tidak terjadi pengadukan yang sempurna pada bak penampung limbah tersebut (konsentrasi limbah pada bak penampung tidak homogen). Serta aliran yang bersifat turbulen yang menjadikan aliran tidak stabil. Dari gambar 4.5. menunjukkan efisiensi Pb pada bak sedimentasi dengan dosis tawas 15.000 ppm yang diolah dengan waktu 75 menit merupakan efisiensi yang paling optimum sebesar : 86.82 %.

Pada dosis tawas 20.000 ppm efisiensi Pb terlihat sangat bagus, terbukti bahwa semakin lama waktu kontak, efisiensi yang dihasilkan bertambah besar, sehingga efisiensi optimum berada pada waktu kontak 100 menit sebesar 95, 81 %. Dengan dosis tawas 20.000 ppm membuktikan bahwa Konsentrasi Pb hasil *treatment* elektrokoagulasi pada waktu kontak 100 menit sudah dibawah baku mutu kelas IV PP

No: 82 Tahun : 2001 tentang Pengelolaan Kualitas Air Dan Pengendalian Pencemaran Air sebesar 1 mg/l. Data dapat dilihat pada lampiran.

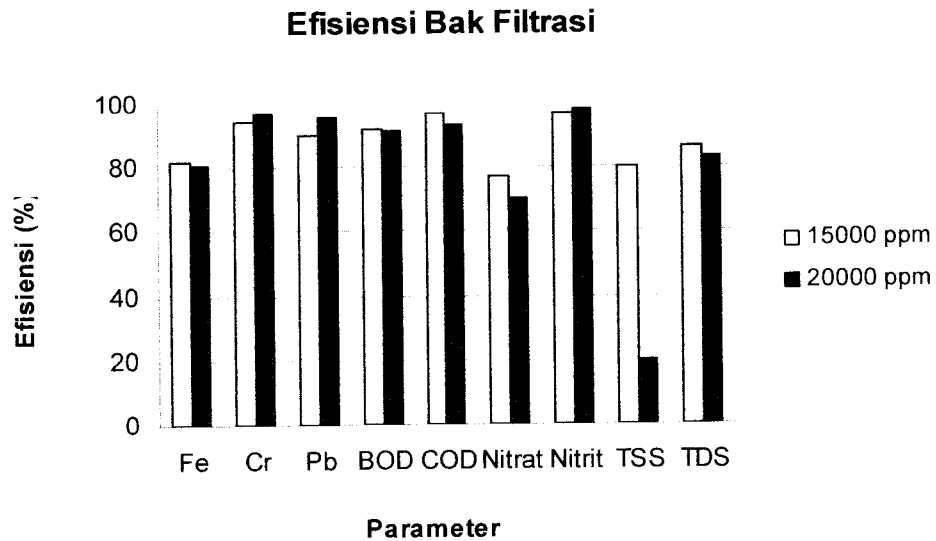
4.1.4 Bak Filtrasi

Penelitian ini menggunakan saringan pasir cepat. Saringan pasir cepat ini sebelumnya didahului dengan proses koagulasi-flokulasi dan pengendapan (sedimentasi) untuk memisahkan padatan tersuspensi yang terkandung dalam air limbah.



Gambar 4.6. Bak filtrasi

Dimensi bak filtrasi ini adalah panjang 40 cm, lebar 20 cm, dan tinggi 80 cm. Bak filtrasi ini terdiri dari berbagai macam media. Pada lapisan bawah digunakan batu sebagai penyangga. Diatas lapisan batu terdiri lapisan kerikil, diatas media kerikil terdapat media ijuk, kemudian karbon aktif, dan media paling atas adalah pasir.



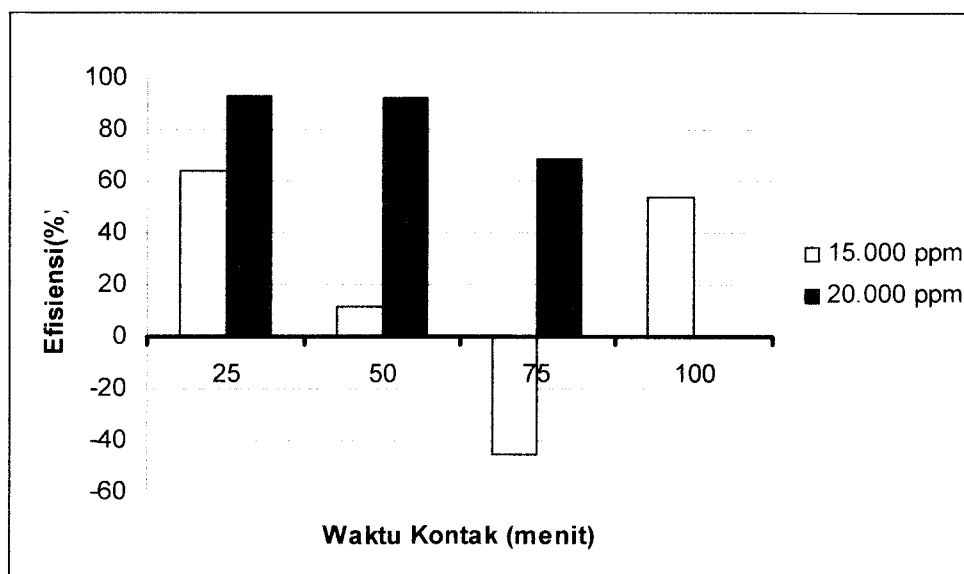
Gambar 4.7. Efisiensi bak filtrasi

Pada gambar 4.7.. dapat dilihat efisiensi bak filtrasi. Efisiensi bak filtrasi ini bila dikaitkan dengan beberapa parameter berkisar antara 80-90%. Efisiensi ini sangat tinggi dibandingkan dengan efisiensi bak sedimentasi. Pada dosis tawas 15000 ppm, dapat dilihat efisiensi untuk parameter TSS sebesar 80 % dan parameter COD sebesar 96 %.

Efisiensi bak filtrasi ini berdasarkan kriteria desain, untuk parameter BOD sebesar 10-20 % sedangkan untuk parameter TSS sebesar 50-75% (Syed R Qasim, *Wastewater Treatment Plant* 2000).

Efisiensi untuk bak ini sudah sesuai dengan kriteria desain yang mana untuk efisiensi dari TSS dan COD ini sebesar 70 dan 50 %.

Untuk efisiensi parameter Pb pada bak filtrasi dapat dilihat pada grafik dibawah ini :



Gambar 4.8. Hubungan efisiensi penurunan konsentrasi Pb dengan variasi waktu kontak dan dosis koagulan pada bak filtrasi

Dari gambar 4.8. dapat dilihat efisiensi bak filtrasi setiap variasi koagulan yang berkisar antara 12 – 93 %. Pada dosis tawas 15.000 ppm efisiensi terlihat fluktuatif hal ini dimungkinkan ada persoalan dalam pengujian. Faktor lain yang berpengaruh pada penurunan konsentrasi setiap variasi waktu percobaan adalah pada saat terjadi proses sebelum limbah dipompa ke inlet, tidak terjadi pengadukan yang sempurna pada bak penampung limbah tersebut (konsentrasi limbah pada bak penampung tidak homogen). Serta aliran yang bersifat turbulen yang menjadikan aliran tidak stabil.

Pada dosis tawas 20.000 ppm terjadi penurunan yang sangat signifikan, hal ini menunjukkan bahwa konsentrasi Pb dalam lindi pada proses elektrokoagulasi dengan menggunakan bak filtrasi tidak berpengaruh, semakin lama waktu kontak efisiensi yang dihasilkan bertambah kecil dan pada waktu kontak 100 menit sama sekali tidak terjadi efisiensi = 0.

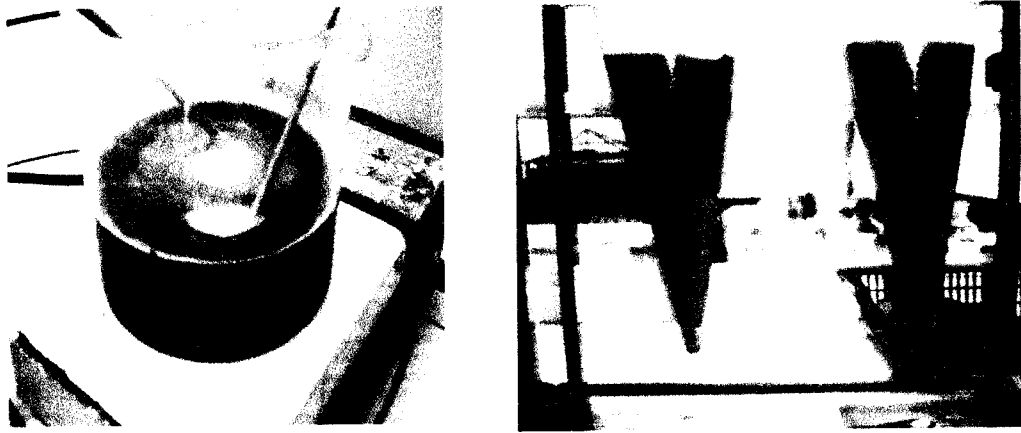
Dapat disimpulkan bahwa bak filtrasi tidak berfungsi untuk penurunan konsentrasi Pb. Walaupun efisiensi tertinggi terjadi pada waktu 25 menit, tetapi menunjukkan peningkatan konsentrasi Pb setelah pengolah di bak sedimentasi.

4.2. Percobaan Awal

Ada beberapa hal yang dilakukan sebelum melakukan penelitian sesungguhnya. Pada penelitian ini dilakukan penelitian awal yaitu tanpa koagulan tambahan dalam proses elektrokoagulasi. Diambil sampel air limbah masing-masing sebanyak 500 ml, kemudian dimasukkan ke dalam beaker glass yang berkapasitas 1000 ml sebanyak 2 buah. 2 buah *beaker glass* yang berisi air baku tadi diletakkan di atas masing-masing *magnetic steer barr* yang kemudian masukan *steer barr* ke dalam *beaker glass*. Celupkan batangan aluminium ke dalam *beaker glass*. Batangan aluminium satu disambungkan ke kutub positif adaptor sebagai anoda dan satu batang aluminium lainnya disambungkan ke kutub negatif adaptor. Tetapi ada perbedaan dalam kecepatan putaran yaitu salah satunya ada yang 5 rpm dan 10 rpm. Kemudian adaptor dinyalakan di set ke tegangan sebesar 12 volt, serta *magnetic steer barr* dihidupkan dengan putaran sebesar 5 rpm dan 10 rpm. Ditunggu selama 20 menit. Setelah 20 menit, adaptor serta *magnetic steer barr* dimatikan. Sampel diambil, kemudian dimasukkan ke dalam tabung imhoff. Kemudian diulangi dengan perlakuan yang sama tetapi beda waktu kontak yaitu 60 menit. Setelah melewati proses yang sama sampel diambil, kemudian dimasukkan ke dalam tabung imhoff. Hasil yang dicapai :

Tabel 4.1. Tabel percobaan *elektrokoagulasi* tanpa koagulan

Pengadukan (rpm)	Waktu (menit)	pH	Pengendapan (menit)
5	20	8	30
5	60	8	45
10	20	8	30
10	60	8	50



Gambar 4.9. Elektrokoagulasi tanpa koagulan

Dari hasil pengamatan tersebut disimpulkan bahwa dalam variasi kecepatan pengadukan akan berpengaruh pada waktu pengendapan dalam tabung imhoff. Dimana dengan kecepatan 10 rpm waktu pengendapan lebih lama dibandingkan kecepatan 5 rpm. Dari kedua percobaan tersebut tidak menunjukkan perubahan warna. Sampel awal yang berwarna coklat kehitaman setelah diolah menjadi berwarna coklat, sehingga perubahan warna yang diamati secara visual tidak mengalami perubahan yang besar. Oleh sebab itu analisis melakukan percobaan lagi mengetahui Jenis dan dosis koagulan, batangan elektroda dan waktu kontak yang tepat.

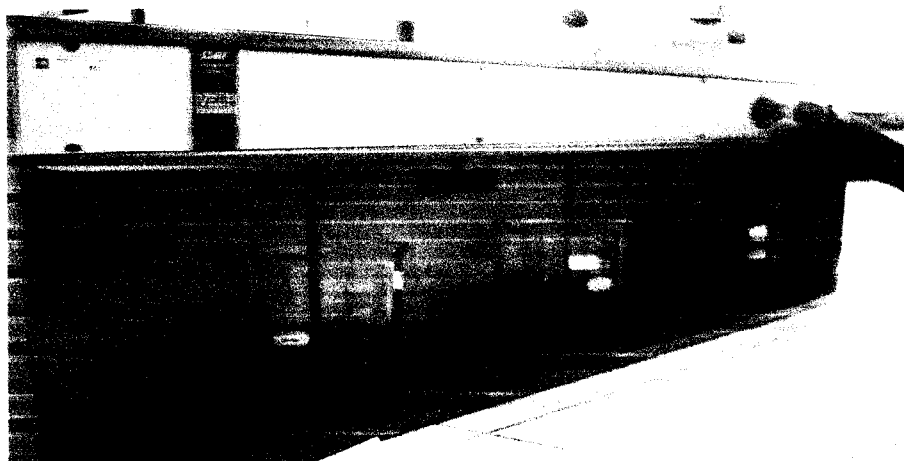
4.2.1. Jenis dan dosis koagulan

Pada penelitian ini, dilakukan penelitian awal untuk mengetahui jenis dan dosis koagulan yang tepat. Sebagai perbandingan, dilakukan dua macam teknik koagulasi skala laboratorium, yaitu dengan menggunakan *jar test* dan Elektrokoagulasi.

4.2.1.1. *Jar Test*

Pada percobaan awal ini, *jar test* dilakukan dengan menggunakan beberapa macam koagulan serta variasinya.





Gambar 4.10. Percobaan *jar test*

1. Tawas (Al_2SO_4)
2. Ferro Sulfat
3. Ferro Sulfat + Kapur Tohor

1. Tawas (Al_2SO_4)

Di ambil contoh air limbah masing-masing sebanyak 500 ml, kemudian dimasukkan kedalam beaker jar test yang berkapasitas 1000 ml sebanyak 3 buah. Beaker jar test yang berisi air baku tadi diletakkan diatas mesin pengaduk. Kemudian ditambahkan pada masing-masing beaker jar test Aluminium sulfat (alum) dengan konsentrasi 1, 3, dan 5 gr/500ml. Kemudian dilakukan pengadukan dengan kecepatan 200 rpm selama 2 menit. Setelah 2 menit, kecepatan pengadukan diturunkan menjadi 80 rpm dan diaduk selama 4 menit. Setelah 4 menit berakhir, dilakukan slow mix II dengan menurunkan kecepatan putar sampai 20 rpm dan diaduk lagi selama 4 menit. Setelah slow mix II selesai, mesin pengaduk dimatikan. Kemudian hasil percobaan tadi dimasukkan ke dalam tabung imhoff. Setelah itu waktu pengendapan, pH, serta suhu diukur. Waktu pengendapan = 30 menit; pH = 8; suhu = 27 °C.



Gambar 4.11. Percobaan *jar test* dengan menggunakan tawas

2. Ferro Sulfat (FeSO_4)

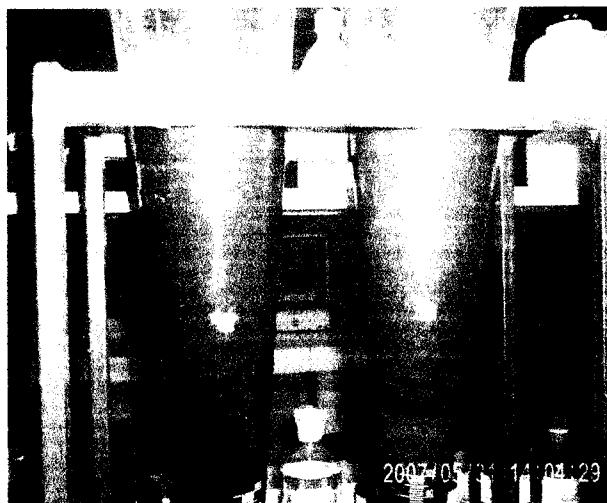
Di ambil contoh air limbah masing-masing sebanyak 500 ml, kemudian dimasukkan kedalam beaker jar test yang berkapasitas 1000 ml sebanyak 3 buah. Beaker jar test yang berisi air baku tadi diletakkan diatas mesin pengaduk. Kemudian ditambahkan pada masing-masing beaker jar test Ferro Sulfat dengan konsentrasi 1, 3, dan 5 gr/500ml. Kemudian dilakukan pengadukan dengan kecepatan 200 rpm selama 2 menit. Setelah 2 menit, kecepatan pengadukan diturunkan menjadi 80 rpm dan diaduk selama 4 menit. Setelah 4 menit berakhir, dilakukan slow mix II dengan menurunkan kecepatan putar sampai 20 rpm dan diaduk lagi selama 4 menit. Setelah slow mix II selesai, mesin pengaduk dimatikan. Kemudian hasil percobaan tadi dimasukkan ke dalam tabung imhoff. Setelah itu waktu pengendapan, pH, serta suhu diukur. Waktu pengendapan = 20 menit; pH = 8; suhu = 27 °C



Gambar 4.12. Percobaan *jar test* dengan menggunakan Ferro sulfat

3. Ferro Sulfat (FeSO_4) + Kapur Tohor (CaOH)

Di ambil contoh air limbah masing-masing sebanyak 500 ml, kemudian dimasukkan kedalam beaker jar test yang berkapasitas 1000 ml sebanyak 3 buah. Beaker jar test yang berisi air baku tadi diletakkan diatas mesin pengaduk. Kemudian ditambahkan pada masing-masing beaker jar test Ferro Sulfat dengan konsentrasi 3 gr/500ml dan Kapur Tohor (CaOH) dengan variasi konsentrasi 4, 5, 6 gr/500ml. Kemudian dilakukan pengadukan dengan kecepatan 200 rpm selama 5 menit. Setelah 5 menit, kecepatan pengadukan diturunkan menjadi 80 rpm dan diaduk selama 10 menit. Setelah 10 menit berakhir, dilakukan slow mix II dengan menurunkan kecepatan putar sampai 20 rpm dan diaduk lagi selama 15 menit. Setelah slow mix II selesai, mesin pengaduk dimatikan. Kemudian hasil percobaan tadi dimasukkan ke dalam tabung imhoff. Setelah itu waktu pengendapan, pH, serta suhu diukur. Waktu pengendapan = 25 menit; pH = 8; suhu = 27°C



Gambar 4.13. Percobaan *jar test* dengan menggunakan variasi ferro sulfat dan kapur tohor

Kesimpulan dari *jar test* ini, pH awal limbah bersifat stabil, begitu juga suhu pada semua jenis koagulan yang dipakai, sedangkan yang mengalami perubahan adalah hanya pada waktu pengendapan. Waktu pengendapan yang paling cepat adalah jenis koagulan Ferro sulfat begitu juga dengan variasi penambahan Ferro Sulfat dan Kapur Tohor. Warna air limbah bila dilihat secara visual yang agak jernih yaitu penggunaan koagulan tawas dengan konsentrasi dosis 5 gr/500ml.

Tabel 4.2. Tabel percobaan *jar test* dengan variasi koagulan

Parameter	<i>Jar Test</i>		
	Tawas (Al_2SO_4)	Ferro Sulfat (FeSO_4)	Ferro Sulfat (FeSO_4) + Kapur Tohor (CaOH)
pH	8	8	8
Suhu	27 °C	27 °C	27 °C
Warna	Agak Jernih	Kurang Jernih	Kurang Jernih
Waktu Pengendapan	30 menit	20 menit	25 menit

4.2.1.2. Elektrokoagulasi

Pada penelitian awal yang menggunakan *jar test* dihasilkan koagulan dan dosis yang bagus yaitu tawas dengan dosis 5 gr/500ml. Maka, untuk percobaan selanjutnya fokus penggunaan koagulan lebih ditekankan ke jenis koagulan tawas. Pada penelitian awal selanjutnya digunakan Elektrokoagulasi dengan tambahan aerator. Diharapkan dengan adanya aerator ini dapat meningkatkan kadar oksigen terlarut dalam air dan membantu pengadukan air.

Pada percobaan ini digunakan 5, 10, 15 gr/500ml tanpa aerator, dan 4, 6, 8 gr/500ml tawas dengan menggunakan aerator.



Gambar 4.14. Percobaan elektrokoagulasi dengan tawas

1. Dosis tawas 5, 10, 15 gr/500 ml tanpa aerator

Ketiga percobaan ini dilakukan selama 20 menit, pada tegangan 40 volt. Langkah pertama yang dilakukan adalah mengambil air 500ml kemudian dimasukan kedalam *beaker glass* 1000 ml. Setelah itu letakkan diatas *magnetic steer barr* kemudian masukan *steer barr* ke dalam *beaker glass*. Celupkan batangan aluminium ke dalam *beaker glass*. Batangan aluminium satu disambungkan ke kutub positif adaptor sebagai anoda dan satu batang aluminium lainnya disambungkan ke kutub negatif adaptor sebagai katoda.

Setelah semua siap, dimasukkan 5 gr/500 ml dosis tawas, begitupun untuk dosis tawas selanjutnya. Kemudian adaptor dinyalakan di set ke tegangan sebesar 40 volt, serta *magnetic steer barr* dihidupkan dengan putaran sebesar 10 rpm. Ditunggu selama 20 menit. Setelah 20 menit, adaptor serta *magnetic steer barr* dimatikan. Sampel diambil, kemudian dimasukkan kedalam tabung imhoff. Hasil yang dicapai :

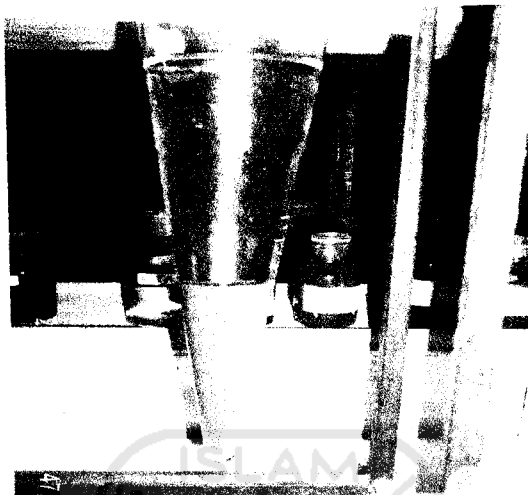
- a. Dosis tawas 5 gr/500ml
pH = 7; suhu 40°C, waktu pengendapan = 40 menit
- b. Dosis tawas 10 gr/500ml
pH = 7; suhu 40°C, waktu pengendapan = 35 menit
- c. Dosis tawas 15 gr/500ml
pH = 5; suhu 44°C, waktu pengendapan = 42 menit

2. Dosis tawas 4, 6, 8 gr/500 ml dengan aerator

Sama halnya dengan percobaan diatas, tetapi disini ada penambahan aerator serta dosis tawas yang berbeda. Ketiga percobaan ini dilakukan selama 50 menit, pada tegangan 40 volt. Langkah pertama yang dilakukan adalah mengambil air 500ml kemudian dimasukkan kedalam *beaker glass* 1000 ml. Setelah itu letakkan diatas *magnetic steer barr* kemudian masukan *steer barr* ke dalam *beaker glass*. Celupkan batangan aluminium ke dalam *beaker glass*. Batangan aluminium satu disambungkan ke kutub positif adaptor sebagai anoda dan satu batang aluminium lainnya disambungkan ke kutub negatif adaptor sebagai katoda. Setelah semua siap, dimasukkan 4 gr/500 ml dosis tawas, begitupun untuk dosis tawas selanjutnya. Kemudian adaptor dinyalakan di set ke tegangan sebesar 40 volt, serta *magnetic steer barr* dihidupkan dengan putaran sebesar 10 rpm. Ditunggu selama 50 menit. Setelah 50 menit, adaptor serta *magnetic steer barr* dimatikan. Sampel diambil, kemudian dimasukkan kedalam tabung imhoff. Hasil yang dicapai :

- a. Dosis tawas 4 gr/500ml
pH = 8; suhu 50°C, waktu pengendapan = 30 menit

- b. Dosis tawas 6 gr/500ml
pH = 8; suhu 53°C, waktu pengendapan = 41 menit
- c. Dosis tawas 8 gr/500ml
pH = 8; suhu 64°C, waktu pengendapan = 45 menit



Gambar 4.15. Percobaan elektrokoagulasi menggunakan tawas 8 gr/500ml

Kesimpulan dari keseluruhan percobaan elektrokoagulasi diatas, perubahan warna yang paling krusial terjadi pada dosis tawas 8 gr/500ml dengan menggunakan aerator. Warna yang dihasilkan lebih jernih dari 5 percobaan lainnya yang menggunakan elektrokoagulasi. Disimpulkan juga penggunaan batang aluminium dengan hantaran listrik akan memicu kenaikan suhu yang tinggi seperti yang terlihat pada dosis tawas 8 gr/500ml sebesar 64°C. Serta tidak terjadi perubahan pH pada saat percobaan dengan menggunakan aerator, sebaliknya terjadi variasi perubahan pH pada saat percobaan yang tidak menggunakan aerator. Batangan anoda pada keseluruhan percobaan ini mengalami pengikisan, peristiwa ini dinamakan "*sacrificial electrodes*" (Beagles, 2004).

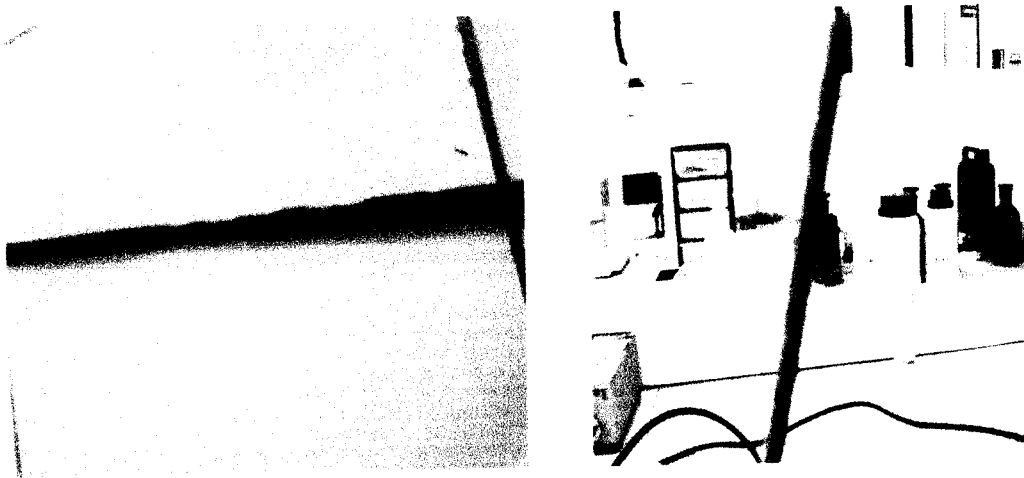
Tabel 4.3. Tabel percobaan elektrokoagulasi dengan variasi dosis tawas

Parameter	Elektrokoagulasi					
	Tanpa Aerator (gr/500ml)			Dengan Aerator (gr/500ml)		
	5	10	15	4	6	8
pH	7	7	5	8	8	8
Suhu	40°C	40°C	44°C	50°C	53°C	64°C
Warna	Agak jernih	Agak jernih	Agak jernih	Agak jernih	Agak jernih	Jernih
Waktu pengendapan	40 menit	35 menit	42 menit	30 menit	41 menit	45 menit

Dari kesimpulan diatas, digunakan tawas 8 gr/500ml dengan elektrokoagulasi-aerator sebagai dosis yang paling tepat untuk penelitian selanjutnya, dan sebagai perbandingan digunakan tawas 10 gr/500ml.

4.2.2. Elektroda

Elektroda terdiri dari 2 buah kutub, yaitu kutub positif sebagai anoda dan kutub negatif sebagai katoda. Ketika kedua batangan elektroda ini dialiri listrik maka kutub positif sebagai anoda akan mengalami korosi karena terjadi oksidasi, sedangkan kutub negatif sebagai katoda akan bersifat pasif. Peristiwa korosi ini disebut dengan "*sacrificial electrodes*" (Beagles, 2004). Pada penelitian ini digunakan variasi batangan tembaga sebagai kutub positif (anoda), dan batangan aluminium sebagai kutub negatif (katoda).



Gambar 4.16. Batangan anoda dari tembaga dan katoda dari aluminium

4.2.3. Waktu Kontak

Waktu kontak yang dipakai dalam percobaan ini adalah 25 menit, 50 menit, 75 menit dan 100 menit. Pada penelitian sebelumnya digunakan variasi rentang waktu kontak yaitu:

1. 20 menit, 40 menit, 60 menit, 80 menit dan 100 menit

Pada waktu kontak diatas pengolahannya menggunakan percobaan elektrokoagulasi, pada waktu kontak 20 menit menggunakan koagulan tawas warna yang dihasilkan kurang bagus. Sehingga kurang memenuhi kriteria desain.

2. 25 menit, 50 menit, 75 menit dan 100 menit

Pada waktu kontak diatas secara visual parameter yang dipantau adalah perubahan warna, berdasarkan pada percobaan elektrokoagulasi dengan menggunakan aerator pada waktu 50 menit perubahan warna menjadi lebih jernih.

3. 30 menit, 60 menit, 90 menit dan 120 menit

Pada waktu kontak diatas secara visual parameter yang dipantau adalah perubahan warna, berdasarkan pada penelitian awal pada percobaan *jar test* dengan koagulan Ferro sulfat + kapur tohor selama 30 menit perubahan warna yang dihasilkan tidak terlalu bagus. Sehingga waktu kontak ini tidak memenuhi kriteria.

Berdasarkan beberapa percobaan yang telah dilakukan dapat disimpulkan bahwa waktu kontak 25 menit, 50 menit, 75 menit dan 100 menit ini paling efektif sehingga pada saat penelitian digunakan waktu 25 menit, 50 menit, 75 menit dan 100 menit.

4.3. Parameter Pendukung

4.3.1. pH

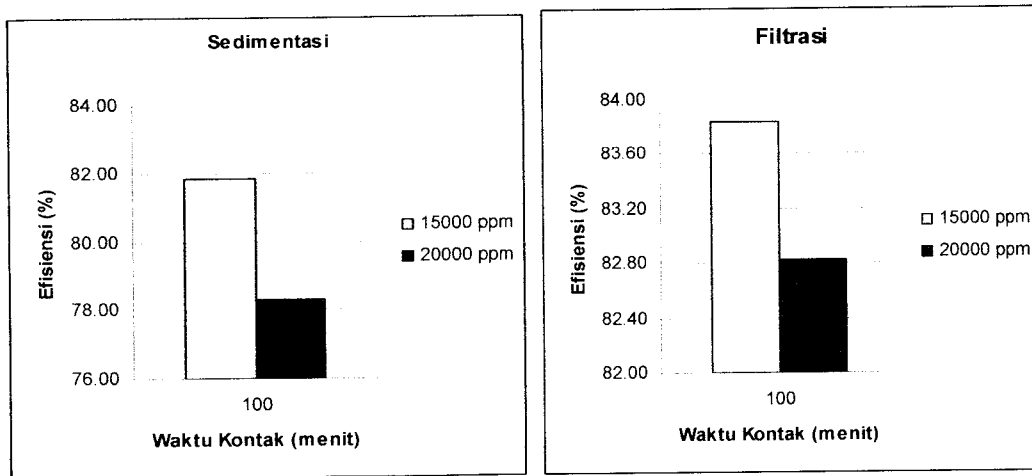
pH mempengaruhi toksisitas senyawa kimia. Mackereth *al.* (1989) berpendapat bahwa pH juga berkaitan erat dengan karbondioksida dan alkalinitas. Toksisitas logam memperlihatkan peningkatan pada pH rendah (Novotny dan Olem dalam Effendi, 2003).

Pada tabel 4.3, pH mengalami penurunan dari 8 menjadi 7. pH ini sangat berpengaruh besar dengan parameter lain seperti logam berat, COD, BOD, nitrat, DO dan lain-lain. Salah satu contoh pengaruh pH adalah perubahan logam berat, ion Fe^{2+} , Pb^{2+} , Cr^{2+} akan mengalami oksidasi menjadi Fe^{3+} , Pb^{3+} , Cr^{3+} . pH juga berpengaruh besar terhadap COD, bila dalam keadaan asam COD dapat mengoksidasikan semua zat organik menjadi CO_2 dan H_2O hampir sebesar 85% dan berpengaruh terhadap BOD juga karena jika pH asam maka BOD nya tinggi.

Nilai pH juga sangat mempengaruhi proses biokimiawi perairan, misalnya proses nitrifikasi akan berakhir jika pH rendah. Dengan adanya proses elektrokoagulasi serta daya hantar listrik menyebabkan penurunan pH dari kondisi basa menjadi asam yakni dari pH 8 Menjadi pH 7.

4.3.2. DHL

Konduktivitas (daya Hantar listrik/ DHL) adalah gambaran numerik dari kemampuan air untuk meneruskan aliran listrik. Oleh karena itu, semakin banyak garam-garam terlarut yang dapat terionisasi, semakin tinggi pula nilai DHL. Nilai DHL dapat diperkirakan dengan mengalikan nilai TDS dengan bilangan 0,55-0,75 (*Canadian Water Quality Guidelines, 1987*). Nilai DHL biasanya lebih besar dari nilai TDS.

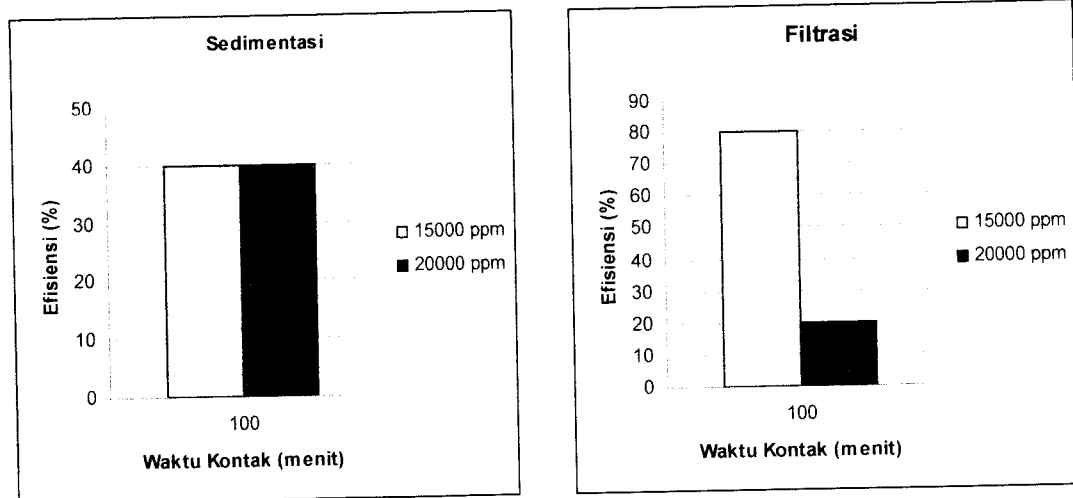


Gambar 4.17. Grafik Efisiensi DHL dengan variasi waktu kontak terhadap variasi dosis tawas

Berdasarkan Grafik 4.3 diatas, terlihat nilai penurunan DHL, penurunan DHL ini dibarengi dengan penurunan nilai TDS. Penurunan ini ditandai dengan meningkatnya efisiensi. Efisiensi ini hampir 99 %. Peningkatan efisiensi ini jelas berpengaruh besar terhadap parameter lain. DHL ini membantu proses elektrokoagulasi yakni pengaruhnya terhadap elektroda. ketika batangan anoda dialiri listrik akan terjadi proses reduksi sebaliknya apabila batangan katoda dialiri listrik maka akan terjadi proses oksidasi. Proses redoks ini akan sangat berpengaruh terhadap parameter- parameter lain seperti COD, BOD, Nitrat dan terutama logam berat.

4.3.3. TSS

Pengujian Konsentrasi TSS pada pengujian ini menggunakan metode penguapan dengan hasil uji limbah dari proses elektrokoagulasi dengan menggunakan dosis 15000 ppm dan 20000 ppm dan waktu kontak 100 menit di dapatkan hasil yang sangat signifikan yaitu konsentasi TSS pada limbah pada dosis 15000 ppm dan 20000 ppm dibawah batas maksimal sesuai dengan Baku Mutu Kelas IV dari PP No. 82 Thn 2001 besar 400ppm.



Gambar 4.18. Grafik. Efisiensi TSS dengan variasi waktu kontak terhadap variasi dosis tawas

Perlakuan limbah pada saat proses elektrokoagulasi pada setiap unit juga mempengaruhi nilai TSS misalnya pada unit elektrokoagulasi pemberian dosis mempengaruhi ukuran flok yang terbentuk karena dalam hal ini tawas sebagai koagulan dan di pengaruhi oleh arus listrik dapat mengikat lumpur halus, pasir halus dan jasad- jasad renik sebagai pembentuk TSS terbentuk menjadi flok, proses ini merupakan salah satu faktor yang mempengaruhi turunnya nilai TSS. Selain itu pada bak sedimentasi aliran limbah mempengaruhi nilai TSS karena jika aliran pada bak sedimentasi laminar maka flok yang berasal dari proses sebelumnya yaitu elektrokoagulasi akan mudah mengendap dan untuk flok yang tidak terendap akan mengalir bersama air limbah.

Unit terakhir sebagai outlet yaitu filtrasi pada unit ini efisiensi penurunan nilai TSS pada dosis 15000 ppm lebih besar dari pada pada dosis 20000 ppm seperti terlihat pada gambar 4.18. Hal ini diakibatkan karena pada dosis tawas 15000 ppm kondisi bak filtrasi bersih karena media pasirnya sudah dicuci bersih. Sedangkan pada dosis tawas 20000 ppm, walaupun bak filtrasi sudah di *backwash*, tetapi karena dibak sedimentasi aliran yang terbentuk turbulen, sehingga flok-flok yang sudah terbentuk di bak tersebut pecah, dan mengalir ke bak filtrasi, seiring dengan waktu kontak yang

semakin lama, maka endapan flok-flok tersebut semakin menumpuk dan menutup media pasir sebagai media paling atas pada bak filtrasi ini.

4.3.4. TDS

Dalam air alam ditemui dua kelompok zat, yaitu zat terlarut seperti garam, dan molekul organis, dan zat padat tersuspensi dan koloidal seperti tanah liat, kwarts. Perbedaan utama antara kedua zat tersebut adalah ditentukan melalui ukuran/diameter partikel-partikel tersebut.

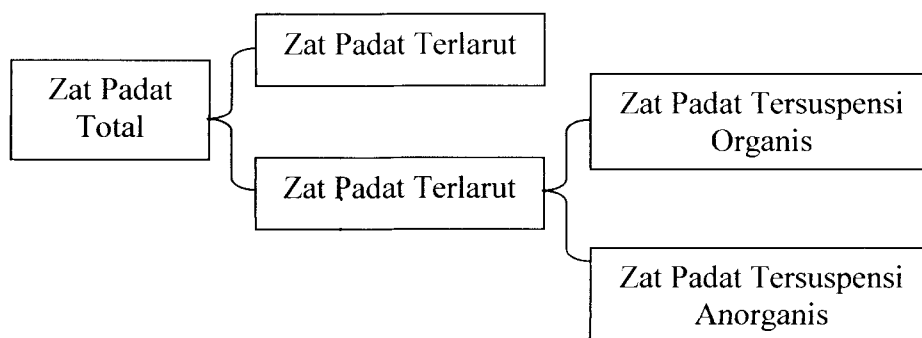
Analisa zat padat dalam air, sangat penting bagi penentuan komponen-komponen air secara lengkap, juga untuk perencanaan serta pengawasan proses-proses pengolahan data dalam bidang air minum maupun dalam bidang air buangan. Zat-zat padat yang berada dalam suspensi dapat dibedakan menurut ukurannya sebagai partikel tersuspensi koloidal (partikel koloid) dan partikel tersuspensi biasa (partikel tersuspensi).

Jenis partikel koloid tersebut adalah penyebab kekeruhan dalam air (efek tyndall) yang disebabkan oleh penyimpangan sinar nyata yang menembus suspensi tersebut. Partikel-partikel koloid tidak terlihat secara visual sedangkan larutannya (tanpa partikel koloid) yang terdiri dari ion-ion dan molekul-molekul tidak pernah keruh. Larutan menjadi keruh bila terjadi pengendapan yang merupakan komponen kejenuhan dari suatu senyawa kimia.

Partikel-partikel tersuspensi biasanya, mempunyai ukuran lebih besar dari partikel koloid dan dapat menghalangi sinar yang akan menembus suspensi, sehingga suspensi tidak dapat dikatakan keruh, karena sebenarnya air diantara partikel-partikel tersuspensi tidak keruh dan sinar tidak menyimpang seperti halnya ion-ion dan molekul-molekul (zat yang terlarut), zat padat koloidal dan zat padat tersuspensi dapat bersifat inorganis (tanah liat, kwarts) dan organis (protein, sisa tanaman).

Dalam metode analisa zat padat, pengertian zat padat total adalah semua zat-zat yang tersisa sebagai residu dalam suatu bejana, bila sampel air didalam bejana tersebut dikeringkan pada suhu tertentu. Zat padat total terdiri dari zat padat terlarut,

dan zat padat tersuspensi yang dapat bersifat organis dan inorganis seperti pada skema dibawah ini :

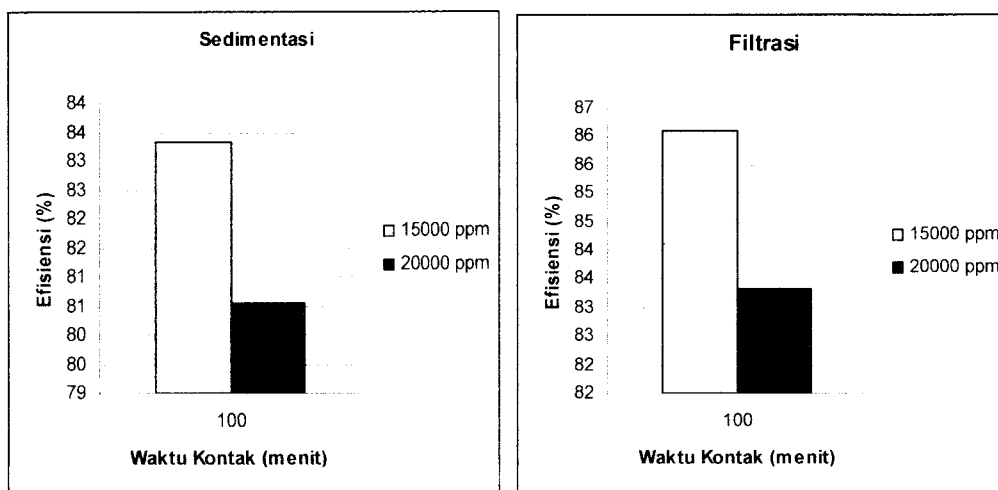


Gambar 4.19. Skema Zat Padat Total

Zat padat tersuspensi sendiri dapat diklasifikasikan sekali lagi menjadi antara lain zat padat terapung yang selalu bersifat organis dan zat padat terendap yang dapat bersifat organis dan inorganis. Zat padat terendap adalah zat padat dalam keadaan suspensi yang dalam keadaan tenang dapat mengendap setelah waktu tertentu karena pengaruh gaya beratnya.

Penentuan zat padat ini dapat melalui volumenya, yang disebut analisa volume lumpur (*sludge volume*), dan dapat melalui beratnya disebut analisa lumpur kasar atau umumnya disebut zat padat terendap (*settleable solids*). Dimensi dari zat-zat padat tersebut diatas adalah dalam mg/L atau g/L, namun sering pula ditemui ” % berat ” yaitu kg zat padat / kg larutan, atau ” % volume ” yaitu dalam dm^3 zat padat /liter larutan.

Padatan terlarut total (*Total Dissolved Solids*) adalah bahan-bahan terlarut ($\text{diameter} > 10^{-6}$ mm) dan koloid ($\text{diameter} > 10^{-6} - 10^{-3}$ mm) yang berupa senyawa-senyawa kimia dan bahan-bahan lain, yang tidak tersaring pada kertas saring berdiameter 0,45 μm (Rao dalam Effendi, 2003). TDS berhubungan erat dengan nilai DHL. Nilai DHL biasanya lebih besar dari nilai TDS.



Gambar 4.20. Grafik Efisiensi TDS dengan variasi waktu kontak terhadap variasi dosis tawas

4.3.5. Warna

Warna adalah senyawa yang dapat dipergunakan dalam bentuk larutan sehingga penampangnya berwarna. Warna air limbah dapat dibedakan menjadi dua, yaitu warna sejati dan warna semu. Warna yang disebabkan oleh warna organik yang mudah larut dan beberapa ion logam ini disebut warna sejati, jika air tersebut mengandung kekeruhan atau adanya bahan tersuspensi dan juga oleh penyebab warna sejati maka warna tersebut dikatakan warna semu (Benny Chatib, 1990) dan juga karena adanya bahan-bahan yang tersuspensi yang termasuk koloid (Tchobanoglous, 1985). Berdasarkan studi yang dilakukan oleh Black dan Christman (1979) ditemukan bahwa organik didalam air limbah adalah koloid yang bermuatan negatif.

Warna akibat suatu bahan terlarut atau tersuspensi dalam air, disamping adanya bahan pewarna tertentu yang kemungkinan mengandung logam berat. Warna air limbah menunjukkan kualitasnya, air limbah yang baru akan berwarna abu – abu, dan air limbah yang sudah basi atau busuk akan berwarna gelap (Mahida, 1984). Warna tertentu dapat menunjukkan adanya logam berat yang terkandung dalam air buangan (Linsley dan Fransini, 1991).

Kecerahan dipengaruhi oleh warna lain, semakin dalam penetrasi sinar matahari dapat menembus air, semakin produktif pula perairan tersebut. Hal ini seiring dengan banyaknya fitoplankton di perairan tersebut. Kekeruhan ialah suatu istilah yang digunakan untuk menyatakan derajat kegelapan didalam air yang disebabkan oleh bahan-bahan yang melayang. Kekeruhan sangat berhubungan erat dengan warna perairan, sedangkan konsentrasinya sangat memengaruhi kecerahan dengan cara membatasi transmisi sinar matahari kedalamnya (Swingle, 1968).

Penggolongan zat warna

Menurut Soeparman (1967), jenis zat warna ada dua, yaitu:

1. Zat Warna Alam

Zat warna alam adalah zat warna yang berasal dari alam, baik yang berasal dari tanaman, hewan, maupun bahan metal.

A. Zat warna yang berasal dari tumbuhan

Zat warna yang berasal dari tumbuhan antara lain : Alzarin, Indanthreen dan Indigosol.

B. Zat warna yang berasal dari hewan

Jenis hewan yang biasa dijadikan zat warna misalnya: Kerang (Tyran Purple), Insekta (Coechikal) dan Insekta merah (Loe)

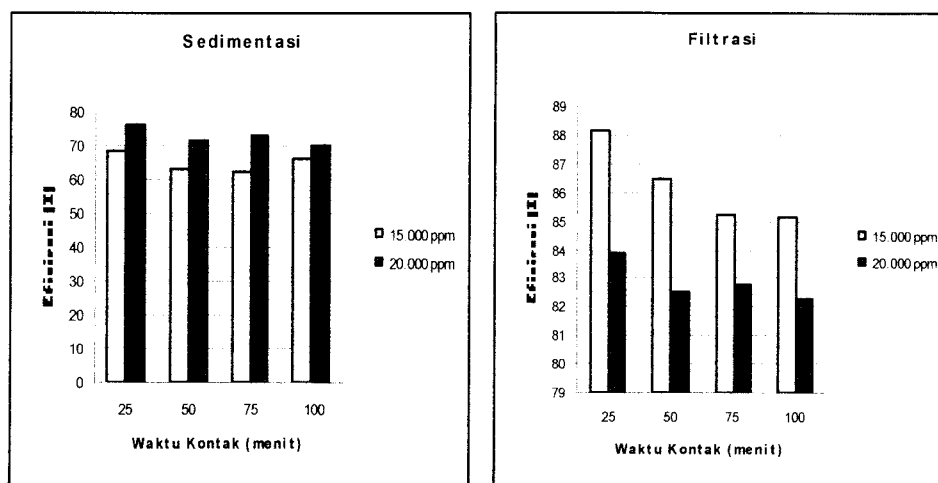
2. Zat Warna Sintesis

Zat Warna Sintesis adalah zat warna buatan dengan bahan dasar buatan misalnya: Hidrokarbon Aromatik dan naftalena yang berasal dari batu bara.

Warna dapat diamati secara visual (langsung) ataupun diukur berdasarkan skala platinum kobalt (dinyatakan dengan satuan PtCo), dengan membandingkan warna air sampel dengan warna standar. Air yang memiliki nilai kekeruhan rendah biasanya memiliki nilai warna tampak dan warna sesungguhnya yang sama dengan standar (APHA, 1976; Davis dan Cornwell, 1991). Intensitas warna cenderung meningkat dengan meningkatnya nilai pH (Sawyer dan McCarty, 1978).

Efisiensi Penurunan warna diperoleh dari pengalihan konsentrasi yang diperoleh dari data hasil laboratorium yang menggunakan Spektrofotometri dengan

jumlah pengenceran. Hasil penurunan kadar warna pada lindi dapat dilihat dalam tabel sebagai berikut :



Gambar 4.21. Grafik Efisiensi warna dengan variasi waktu kontak terhadap variasi dosis tawas

Dari gambar 4.18 terlihat persentase penurunan kadar warna yang cukup besar setelah melalui proses elektrokoagulasi dan sedimentasi. Penurunan yang optimum terjadi pada 25 menit di filtrasi, pada dosis tawas 15000 ppm sebesar 88.17% dan dosis tawas 20000 ppm sebesar 83.90%.

Seperti yang telah ditunjukkan pada tabel 4.3 ternyata kadar warna yang telah mengalami pengolahan secara elektrokoagulasi dan dilanjutkan sedimentasi serta filtrasi, mengalami penurunan. Hasil pengolahan yang optimum didapatkan pada pengolahan filtrasi, yaitu dari 3799.55 PtCo menjadi 453.075 PtCo pada 25 menit filtrasi dengan dosis tawas 15.000 ppm dan 611.85 PtCo pada 25 menit filtrasi dengan dosis tawas 20.000 ppm. Dari pengolahan tersebut dapat diamati secara visual karena terjadi perubahan warna dari yang berwarna coklat kehitam-hitaman menjadi berwarna kuning bening. Hal ini disebabkan karena adanya penambahan koagulan tawas. Warna yang timbul pada perairan disebabkan oleh buangan industri di hulu sungai atau dapat juga berasal dari bahan hancuran sisi-sisi tumbuhan oleh bakteri. Santanniello (1971) menyatakan bahwa industri – industri yang mengeluarkan warna adalah kertas dan pulp, tekstil, petrokimia dan kimia.

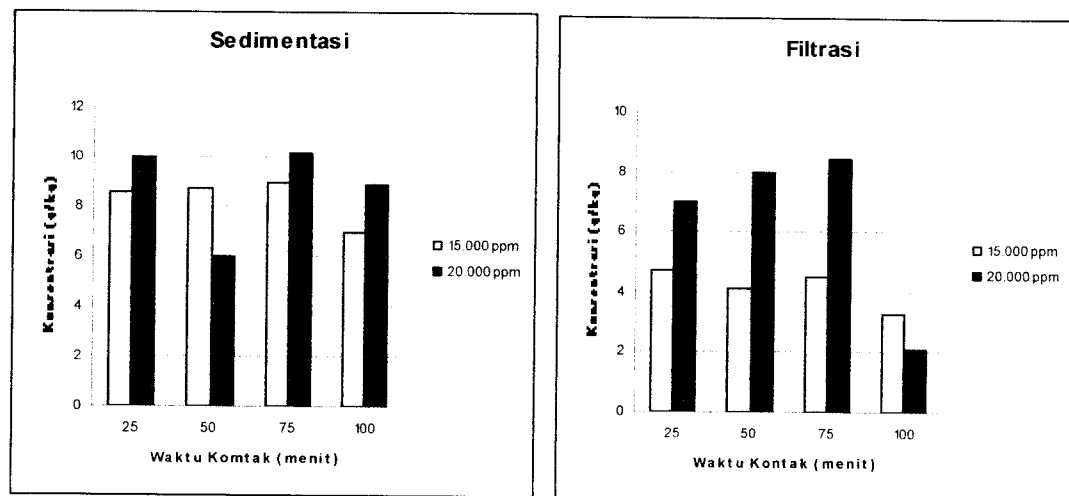
Warna juga dapat menghambat penetrasi cahaya kedalam air dan mengakibatkan terganggunya proses fotosintesis yang mengandung 50 warna. Air yang digunakan masyarakat umum diijinkan dengan kriteria bahwa air tersebut tidak lebih dari 75 unit warna (standar kobal-platinum), sedangkan yang disarankan tidak lebih dari 10 warna. Hal ini penting mengingat zat-zat warna banyak mengandung logam-logam berat yang bersifat toksis. Untuk kepentingan keindahan, warna air sebaiknya tidak melebihi dari 15 PtCo. Sumber air untuk kepentingan air minum sebaiknya memiliki nilai warna antara 5-50 PtCo. Perbedaan warna pada kolom air menunjukkan indikasi bahwa semakin dalam perairan, semakin tinggi nilai warna karena terlarutnya bahan organik yang terakumulasi di dasar perairan.

Warna perairan pada umumnya disebabkan oleh partikel koloid bermuatan negatif, sehingga penghilangan warna di perairan dapat dilakukan dengan penambahan koagulan yang bermuatan positif, misalnya aluminium dan besi (Sawyer dan McCarty, 1978).

4.3.6. Salinitas

Salinitas adalah konsentrasi total ion yang terdapat di perairan (Boyd, 1988). Salinitas (garam NaCl) menggambarkan padatan total di dalam air, setelah semua karbonat dikonversi menjadi oksida, semua bromida dan iodida diganti oleh klorida, dan semua bahan organik telah dioksidasi.

Berdasarkan hasil pemeriksaan awal air limbah lindi sebelum proses elektrokoagulasi dari parameter salinitas (garam NaCl) hasilnya sangat tinggi sehingga air limbah lindi menjadi kecoklatan dan dapat mencemari lingkungan. Hasil salinitas yang dihasilkan melebihi ambang batas. Proses penurunan dan kenaikan salinitas dengan menggunakan proses elektrokoagulasi, dengan adanya perubahan waktu kontak dan dosis koagulan maka akan berpengaruh terhadap terjadinya penurunan nilai konsentrasi salinitas dalam limbah cair leachate (lindi) yang terdapat pada tempat pembuangan akhir (TPA) Piyungan.



Gambar 4.22. Efisiensi salinitas dengan variasi waktu kontak terhadap variasi dosis tawas

Pada dosis tawas 15000 ppm menunjukkan bahwa sebelum adanya proses elektrokoagulasi nilai konsentrasi salinitas sangat tinggi yaitu 6,1 mg/l. Pada sedimentasi mengalami kenaikan, dengan adanya proses elektrokoagulasi ini belum dapat menurunkan kadar salinitas hingga mencapai hasil yang sesuai dengan baku mutu. Pada filtrasi dengan waktu kontak 25 menit sampai waktu kontak 100 menit mengalami penurunan kadar salinitas (garam NaCl).

Pada dosis tawas 20000 ppm menunjukkan bahwa sebelum adanya proses elektrokoagulasi nilai konsentrasi salinitas sangat tinggi yaitu 6,1 mg/l. Pada sedimentasi dengan waktu kontak 25 menit sampai waktu kontak 100 menit mengalami kenaikan, pada filtrasi dengan waktu kontak 25 menit sampai waktu kontak 75 menit juga mengalami kenaikan. Proses elektrokoagulasi ini belum dapat menurunkan kadar salinitas hingga mencapai hasil yang sesuai dengan baku mutu. Pada filtrasi dengan waktu kontak 25 menit sampai waktu kontak 100 menit mengalami penurunan kadar salinitas (garam NaCl).

Berdasarkan hasil penelitian menggunakan proses elektrokoagulasi mampu menurunkan kadar salinitas (garam NaCl) pada air lindi. Variasi waktu kontak dan dosis koagulan, memiliki kemampuan yang berbeda untuk menurunkan kadar salinitas (NaCl). Pada sedimentasi hasilnya belum dapat menurunkan kadar salinitas

(garam NaCl) hingga mencapai hasil yang sesuai dengan baku mutu air bersih sesuai dengan peraturan Menteri Kesehatan No. 416/Menkes/Per/IX/1990 karena dengan variasi waktu kontak dan dosis koagulan yang berbeda maka mengalami kenaikan dan penurunan yang berbeda yang masih belum maksimal dan dengan adanya aliran air yang turbulen juga dapat mengakibatkan kenaikan kadar salinitas, maka sesudah dari pengolahan sedimentasi dilanjutkan kembali pada proses filtrasi sehingga kadar salinitas mengalami penurunan, sehingga didapatkan hasil yang memenuhi baku mutu air bersih.

4.3.7. Suhu

Suhu suatu badan air dipengaruhi oleh musim, waktu dalam hari, sirkulasi udara, dan aliran serta kedalaman badan air. Perubahan suhu ini sangat berpengaruh terhadap proses fisika, kimia, dan biologi badan air. Pada penelitian ini, terjadi variasi perbedaan suhu. Variasi perbedaan itu ditandai dengan peningkatan dan penurunan suhu pada tiap waktu kontak. Peningkatan suhu mengakibatkan peningkatan viskositas, reaksi kimia, evaporasi, dan volatilisasi (Effendi, 2003). Kenaikan suhu ini dipengaruhi oleh tegangan listrik, pada penelitian awal, dengan menggunakan tegangan 40 volt suhu air mencapai 64 °C, sehingga pada penelitian selanjutnya, tegangan coba diturunkan menjadi 10 volt, agar suhu tidak mengalami kenaikan yang tajam. Pada penelitian ini suhu awal 27°C naik menjadi 28 °C.

4.3.8. DO

Oksigen terlarut merupakan parameter untuk mengetahui kandungan oksigen dalam air maupun air buangan. Jumlah oksigen terlarut juga dipengaruhi oleh suhu. Hubungan suhu dan DO berbanding terbalik yaitu bila suhu tinggi kandungan oksigen terlarut rendah dan sebaliknya bila suhu rendah DO tinggi. Dari hasil penelitian, pada saat proses pengujian sampel awal didapat hasil DO nya 9,67 mg/l karena Volume sampel yang dipakai 25 ml dan selanjutnya dipakai volume sampel 250 ml. hasil DO segera awal pengencer = 8,17 mg/l. Kemudian di dapat hasil pemeriksaan DOsegera sampel dengan kadar tawas sebesar 15.000 ppm di

sedimentasi pada waktu 25 menit = 8.75 mg/l; pada waktu 50 menit = 6.44 mg/l; pada waktu 75 menit = 7.9 mg/l; pada waktu 100 menit = 6.44 mg/l. selanjutnya di Rapid sand filter didapatkan hasil pada waktu 25 menit = 7,43 mg/l ; pada waktu 50 menit = 7,18 mg/l ; pada waktu 75 menit = 6,19 mg/l; pada waktu 100 menit = 6,19 mg/l, dapat dilihat dari hasil diatas terlihat penurunan pada media sedimentasi ke Rapid sand filter. Selanjutnya DO segera sampel dengan kadar tawas sebesar 20.000 ppm di sedimentasi pada waktu 25 menit = 13.36 mg/l; pada waktu 50 menit = 13.04 mg/l; pada waktu 75 menit = 9.74 mg/l; pada waktu 100 menit = 9.4 mg/l. selanjutnya di Rapid sand filter didapatkan hasil pada waktu 25 menit = 10.24 mg/l ; pada waktu 50 menit = 9.4 mg/l ; pada waktu 75 menit = 9.74 mg/l; pada waktu 100 menit = 8.08 mg/l, dapat dilihat dari hasil diatas terlihat penurunan pada media sedimentasi ke Rapid sand filter. Nilai yang didapat diatas selanjutnya untuk mengetahui kandungan BOD yang di inkubasikan selama 5 hari dalam suhu 20°C.

Hubungan antara BOD dengan DO dalam perairan yakni jika DO di dalam air tersebut tinggi maka kandungan BOD nya rendah. Test BOD sesungguhnya dimaksudkan untuk menirukan atau memodelkan keadaan yang terjadi apabila air limbah memasuki sungai namun hanya ada sedikit hubungan antara kondisi test dan yang berlangsung dalam instalasi pengolahan limbah secara biologi. Test BOD menggunakan biakan (kultur) mikroorganisme yang sedikit untuk menstabilkan material- material organik dalam kondisi diam dan suhu tetap dengan suplai DO yang terbatas. Dalam instalasi pengolahan limbah secara biologi, mikroorganisme dengan konsentrasi tinggi di aduk terus menerus supaya terjadi kontak dengan substrat dan DO disuplai dalam jumlah yang berlebihan.

Peningkatan suhu sebesar 1°C akan meningkatkan konsumsi oksigen sekitar 10%(Brown, 1987). Dekomposisi bahan organik dan oksidasi bahan anorganik dapat mengurangi kadar oksigen terlarut hingga mencapai nol(anaerob). Hubungan antara kadar oksigen terlarut jenuh dan suhuyakni bahwasemakin tinggi suhu, kelarutan oksigen semakin berkurang. Kelarutan oksigen dan gas-gas lain juga berkurang dan meningkatnya salinitas sehingga kadar oksigen di laut cenderung lebih rendah daripada kadar oksigen diperairan tawar.

4.4. Konsentrasi Awal Logam Pb dalam lindi TPA Piyungan

Penelitian ini dimulai dengan melakukan pengujian awal terhadap kandungan Timbal pada lindi TPA Piyungan. Konsentrasi awal logam Pb dalam lindi TPA Piyungan dapat dilihat pada tabel dibawah ini:

Tabel 4.4. Hasil Pengujian Awal Konsentrasi Pb

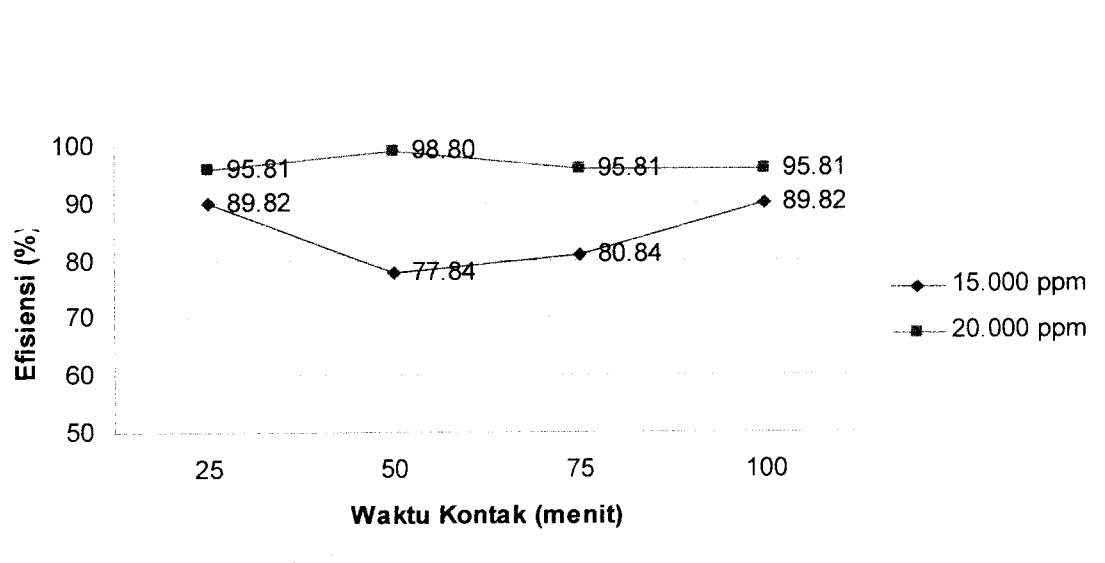
No.	Absorbansi	Konsentrasi Pb (mg/L)	Alat Uji	Metode Uji
1.	0.0033	1.4034	AAS	SNI 06-6989.8-2004

Sumber : Data Primer 2007

Dari hasil tersebut menunjukkan bahwa kualitas air lindi TPA Piyungan untuk parameter Pb belum memenuhi syarat untuk dapat dibuang ke badan air karena masih jauh di batas ambang sebesar 1 mg/L Baku Mutu Kelas IV dari PP No. 82 th 2001.

4.4.1. Variasi Dosis koagulan dan Waktu Kontak.

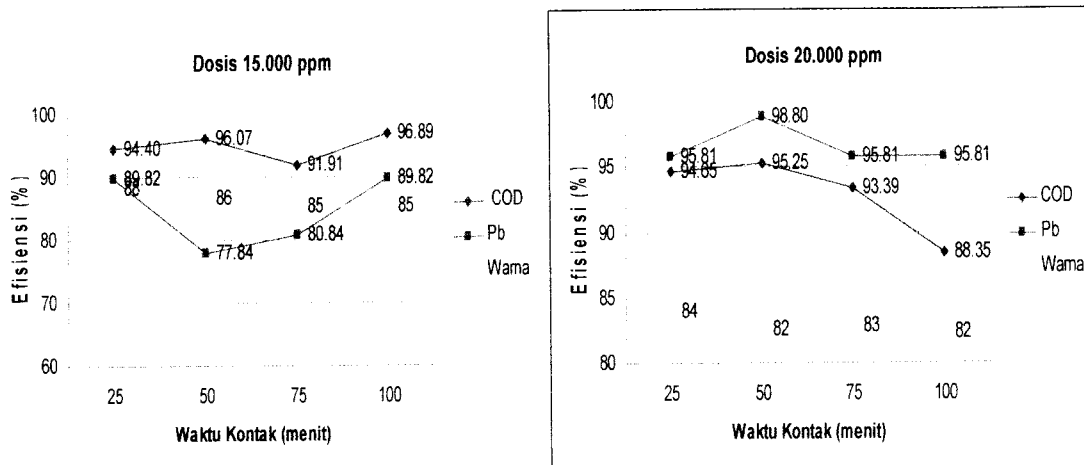
Hasil penelitian lindi yang mengandung kadar Pb menunjukkan terjadinya penurunan kadar Pb pada lindi tersebut dengan hasil yang bervariasi. Koagulan yang digunakan adalah tawas, dosis yang digunakan bervariasi yaitu 15.000 ppm dan 20.000 ppm yang disertai variasi waktu kontak yaitu 25 menit, 50 menit, 75 menit, 100 menit. Dari serangkaian proses pengolahan yang dilakukan, analisis menghitung efisiensi removal (inlet – outlet). Inlet : Konsentrasi awal lindi yang mengandung Pb, Outlet : Konsentrasi akhir lindi setelah mengalami proses pengolahan yang diambil pada bak filtrasi. Didapatkan hasil seperti grafik dibawah ini :



Gambar 4.23. Hubungan efisiensi penurunan konsentrasi Pb dengan variasi waktu kontak dan dosis tawas

Berdasarkan data diatas, dapat dilihat efisiensi penurunan Timbal. Penurunan signifikan terjadi pada sampel dosis tawas 15.000 ppm dengan waktu kontak 100 menit sebesar 89.82 % sedangkan penurunan paling kecil terjadi pada sampel dengan waktu kontak 50 menit sebesar 77.84 %. Walaupun hasil efisiensi bervariasi, tetapi efisiensi pada waktu kontak 25 menit merupakan yang paling bagus.

Untuk dosis tawas 20.000 ppm efisiensi penurunan hampir sama pada tiap waktu pengolahan. Sebesar 95.81% pada waktu 25, 75 dan 100 menit, sedangkan efisiensi tertinggi terjadi pada waktu kontak 50 menit pada bak filtrasi yaitu sebesar 98.80 %. Hal ini disebabkan karena selisih waktu kontak dari 25 menit menjadi 50 menit karena adanya perbedaan waktu itu menunjukkan lamanya proses pengolahan yang terjadi pada bak filtrasi. Karena bertambahnya waktu pengolahan bertambah pula efisiensi konsentrasi Pb. Tetapi pada waktu 75 sampai 100 menit terjadi penurunan efisiensi menjadi sama nilainya pada waktu 25 menit. Sehingga efisiensi optimum yang dihasilkan pada dosis tawas 20.000 ppm berada pada waktu kontak 25 menit sebesar 95, 81%.



Gambar 4.24. Hubungan efisiensi penurunan konsentrasi Pb dengan parameter COD dan Warna

Perubahan warna, bau dan rasa Air normal dan air bersih tidak akan berwarna, sehingga tampak bening / jernih. Bila kondisi air warnanya berubah maka hal tersebut merupakan salah satu indikasi bahwa air telah tercemar. Timbulnya bau pada air lingkungan merupakan indikasi kuat bahwa air telah tercemar. Air yang bau dapat berasal dari limbah industri atau dari hasil degradasi oleh mikroba. Mikroba yang hidup dalam air akan mengubah organik menjadi bahan yang mudah menguap dan berbau sehingga mengubah rasa. Warna kecoklatan pada limbah cair leachete disebabkan oleh komponen utama yang terdapat pada leachete diantaranya adalah : zat organik, kalsium (Ca), besi (Fe), nitrit ($\text{Na}_3\text{-N}$), magnesium (Mg), trace metal seperti : mangan (Mn), timah hitam (Pb) serta komponen mikrobiologi yang merupakan partikel koloid bermuatan negatif dan sulit dipisahkan dari cairan karena ukurannya sangat kecil dan mempunyai sifat muatan listrik pada permukaannya yang menyebabkan koloid ini stabil.

Timbulnya endapan, koloid dan bahan terlarut Endapan, koloid dan bahan terlarut berasal dari adanya limbah industri yang berbentuk padat. Limbah industri yang berbentuk padat, bila tidak larut sempurna akan mengendap dan yang larut sebagian akan menjadi koloid dan akan menghalangi bahan-bahan organik yang sulit

diukur melalui uji BOD karena sulit didegradasi melalui reaksi biokimia, namun dapat diukur menjadi uji COD. Leachate merupakan limbah campuran yang terdiri dari berbagai bahan, sehingga itu ukuran molekulnya berbeda-beda dan mempengaruhi proses oksidasi. Selain itu leachate kadar logamnya sangat banyak dan berbagai macam, kehadiran logam pada leachate juga mempunyai pengaruh besar terhadap oksidasi bahan organik.

Dari grafik tersebut didapatkan hasil bahwa elektrokoagulasi benar – benar mampu menurunkan konsentrasi Pb, COD dan Warna dengan variasi dosis koagulan sebesar 15.000 ppm dan 20.000 ppm.

4.4.2. Faktor – faktor yang mempengaruhi dalam Efisiensi Pb :

A. Pengaruh koagulan terhadap konsentrasi Pb

Pada penelitian ini, fenomena yang terjadi adalah adanya dua koagulan. Koagulan pertama adalah koagulan tawas, dengan dosis 15.000 ppm dan 20.000 ppm. Koagulan kedua adalah koagulan yang berasal dari proses elektrokoagulasi dari batangan anoda (tembaga) yang mengalami reaksi oksidasi. Untuk lebih jelasnya dijabarkan sebagai berikut:

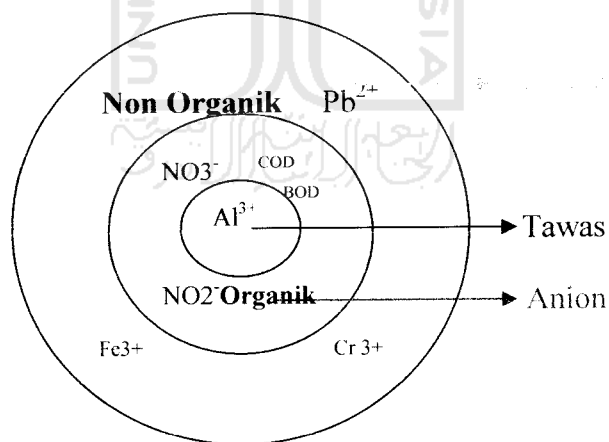
A.1. Koagulan tawas

Penambahan koagulan tawas ini adalah bagian dari peristiwa koagulasi. Pada proses koagulasi, didalamnya terjadi suatu mekanisme untuk mendestabilisasi partikel koloid. Pada umumnya hampir semua partikel koloid dalam air bermuatan listrik, dimana muatan itu cenderung menghasilkan gaya tolak – menolak antara partikel sehingga untuk menggumpalkan partikel koloid harus dilakukan usaha mendestabilisasikan koloid tersebut. Menurut Tjokrokusumo (1995), ada tiga mekanisme dalam proses destabilisasi koloid yang dapat menjelaskan proses koagulasi, yaitu:

a. Pemanfaatan lapisan difusi (*Double Layer Compression*)

Kestabilan partikel disebabkan oleh adanya lapisan bermuatan listrik pada permukaan partikel koloid, yang disebabkan oleh ionisasi atom, hidrasi molekul H_2O , pertukaran elemen atau adsorpsi dari air, ion – ion yang melekat kuat pada permukaan koloid akan menarik ion dengan muatan yang berlawanan dari media sekitarnya dan membentuk lapisan ion – ion. Lapisan difusi yang berperan adalah lapisan molekul air yang mengalami hidrasi (pada permukaan koloid) dan lapisan ion terluar yang mengalami difusi disekitar partikel koloid. Lapisan difusi mempunyai dua fungsi yang saling membantu sehingga koloid dikatakan stabil, yaitu:

1. Akan menimbulkan tenaga yang dapat mengalami usaha pendekatan antar partikel koloid yang bermuatan sama (gaya tolak- menolak elektrostatis)
2. Akan menimbulkan gaya tarik – menarik (*attractive force*) antar partikel, yang disebut sebagai gaya tarik – menarik van der waals yang disebabkan oleh tenaga kohensif atom tersebut.



Gambar 4.25. Peristiwa gaya tarik menarik antar partikel

Keterangan :

Pembentukan flokulasi partikel bersifat adsorpsi dimana tawas sebagai koagulan pada elektrokoagulasi bermuatan positif akan menyerap ion – ion negative pada limbah seperti COD, BOD, nitrit, nitrat dan senyawa organik lainnya dan membentuk flok yang membantu proses penurunan senyawa organik. Pada teori double layer lingkaran terdalam akan diisi oleh koagulan bermuatan positif dan akan menyerap ion – ion negative yang terletak pada lingkaran lebih luar, ion – ion lain yang terdapat pada limbah yang bermuatan positif seperti logam berat akan teradsorpsi oleh senyawa organik yang bermuatan negatif. Sehingga perlunya pengadukan agar tawas dapat menyerap logam dan pembentukan flok merata.

b. Netralisasi muatan adsorpsi

1. Interaksi koagulan dengan koloid

Kemampuan interaksi koagulan dengan koloid berperan untuk mengatasi efek elektrostatik.

2. Interaksi koagulan dengan pelarut

Proses adsorpsi koagulan pada pertemuan koloid dan pelarut, dengan digunakan zat aktif permukaan maka akan terjadi pergeseran ion dari permukaan koloid akibat akumulasi zat aktif tersebut.

3. Proses adsorpsi koagulan pada pertemuan partikel koloid dan pelarut, dengan digunakan zat aktif permukaan maka akan terjadi pergeseran ion dari permukaan koloid akibat akumulasi zat aktif tersebut.

4. Interaksi koloid dan pelarut

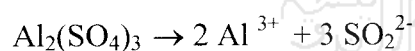
Molekul air terikat sangat kuat dengan partikel koloid, ikatan tersebut harus dilenyapkan jika diinginkan terbentuknya ikatan langsung koagulan dengan koloid, disini diperlukan energi untuk menguraikan molekul air dari permukaan koloid.

c. Pembentukan jembatan polimer

Usaha destabilisasi dengan adanya polimer-ionik sebagai pengikat kimia, dimana jika suatu rangkaian polimer mengadakan kontak dengan koloid, sebageian akan terserap pada permukaan koloid ruang bebas dan sebageian lagi bebas berada dalam larutan. Ketika partikel lain dengan kondisi yang sama mendekat dan terjadi tarik-menarik maka akan terbentuk ikatan yang kompleks antar koloid dengan polimer sebagai jembatan penghubung.

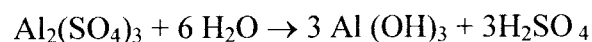
Alumunium sulfat atau tawas ($\text{Al}_2(\text{SO}_4)_3$), merupakan salah satu jenis koagulan yang biasa digunakan dalam proses koagulasi. Pada umumnya partikel koloid penyebab kekeruhan bersifat *hydrophobic* yang bermuatan negatif. Agar terjadi penggabungan diperlukan destabilisasi yang hanya dapat dicapai dengan penambahan elektrolit yang bermuatan positif, sehingga diharapkan gaya tolak menolak antar partikel dapat diperkecil. Selanjutnya diperlukan gaya yang dapat memperkecil jarak antar partikel yakni dengan mengadakan tumbukan antar partikel. Oleh karena itu dalam proses elektrokoagulasi diperlukan turbulensi yang cukup tinggi untuk meratakan koagulan ke seluruh bagian zat cair dan memungkinkan terbentuknya inti-inti flok. Di dalam Alumunium Sulfat terjadi reaksi :

1. Reaksi penguraian (Disosiasi)



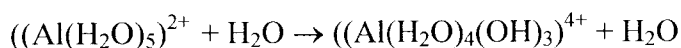
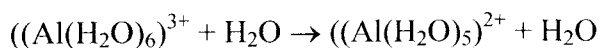
Al^{3+} berperan sebagai elektrolit positif pada destabilisasi koloid sebagai Al^{3+} akan terdifusi didalam koloid membentuk adanya muatan didalam koloid tersebut.

2. Reaksi Hidrolisa



$\text{Al}_2(\text{SO}_4)_3$ merupakan presipitat atau endapan halus yang membentuk inti flok.

3. Reaksi polimerisasi ion kompleks

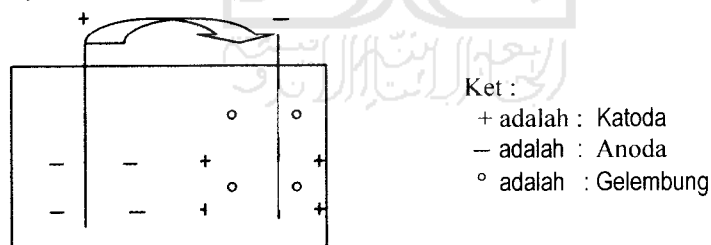


Ion Al^{3+} berperan sebagai elektrolit positif dalam destabilisasi partikel koloid. Senyawa $(\text{Al}(\text{OH})_3)$ dalam bentuk presipitat berfungsi sebagai inti flok, sedangkan ion kompleks $((\text{Al}(\text{H}_2\text{O})_4(\text{OH})_3)^{4+}$ akan berfungsi sebagai jembatan antar partikel. Dalam keadaan alkalis yang cukup, tawas akan bereaksi dan menghasilkan flok hidroksid.

A.2. Koagulan Tembaga $\text{Cu}(\text{OH})_2$

Pada proses elektrokoagulasi ini terdapat aliran listrik searah melalui batangan Tembaga (anoda) dan aluminium (katoda) yang dipasang secara paralel dalam bak segiempat. Pada anoda akan terjadi reaksi oksidasi terhadap anion (ion negatif), anoda yang terbuat dari logam seperti tembaga akan mengalami reaksi oksidasi membentuk $\text{Cu}(\text{OH})_2$. Gas hydrogen dari katoda akan membantu flok $\text{Cu}(\text{OH})_2$ dalam larutan akan terangkat ke atas permukaan. Mekanisme pengendapan flok $\text{Cu}(\text{OH})_2$ pada bak sedimentasi mengikuti prinsip koagulasi-flokulasi, karena adanya pertumbuhan massa flok sehingga berat jenis flok menjadi besar dan akhirnya mengendap.

Lebih jelasnya dapat dilihat pada gambar :



Gambar 4.26. Proses reaksi oksidasi – reduksi

Keterangan:

- (+) Anoda, Terjadi reaksi oksidasi Cu pada elektroda positif yang menghasilkan $\text{Cu}(\text{OH})_2$
- (-) Katoda, Terjadi reaksi reduksi terhadap kation (ion positif). Pb^{2+} akan direduksi menjadi Pb. Ion H^+ direduksi menjadi gas H_2 yang bebas sebagai gelembung gas.

B. Pengaruh waktu kontak

Menurut faraday jumlah equivalen bahan yang dihasilkan pada salah satu elektroda selama elektrolisis sebanding dengan jumlah listrik yang mengalir melalui sel elektrolisis, karena itu makin lama waktu elektrolisis, makin banyak endapan yang terbentuk. Dalam proses elektrokoagulasi ini terjadi pembentukan gas Hidrogen dan ion Hidroksida (OH^-), dengan semakin lama waktu kontak yang digunakan, maka, semakin cepat juga pembentukan gas hidrogen dan ion Hidroksida (OH^-) tersebut terjadi. Sehingga semakin lama waktu kontak, efisiensinya akan bertambah pula.

Tetapi pada hasil analisis menunjukkan variasi efisiensi. Tidak stabilnya efisiensi tiap variasi waktu dimungkinkan ada persoalan dalam pengujian. Faktor lain yang berpengaruh pada peningkatan konsentrasi setiap variasi waktu percobaan adalah pada saat terjadi proses sebelum limbah dipompa ke inlet, tidak terjadi pengadukan yang sempurna pada bak penampung limbah tersebut (konsentrasi limbah pada bak penampung tidak homogen). Serta aliran yang bersifat turbulen pada *baffle chanel* dan sedimentasi yang menjadikan aliran tidak stabil. Dari gambar 5.1 menunjukkan efisiensi Pb dengan dosis tawas 15.000 ppm yang diolah hanya dengan waktu 25 menit saja sudah mencapai hasil yang bagus sebesar : 89.82 %. Pada dosis tawas 20.000 ppm efisiensi Pb mencapai nilai jenuh yaitu : 95.81%. Hal ini menunjukkan bahwa proses elektrokoagulasi dengan variasi dosis koagulan tawas benar-benar mampu menurunkan konsentrasi Pb.

Dari data tersebut Konsentrasi Pb hasil *treatment* elektrokoagulasi semuanya sudah dibawah baku mutu kelas IV PP No: 82 Tahun : 2001 tentang Pengelolaan Kualitas Air Dan Pengendalian Pencemaran Air sebesar 1 mg/l..

C. Tegangan

Efek voltase sangat berpengaruh terhadap penurunan Pb ini. Voltase sangat berpengaruh terhadap kuat arus dan dari penelitian sebelumnya, telah diadakan penelitian yang mana sebagai variabel penelitian adalah kuat arus terhadap logam berat (A.K. Golder dkk). Kombinasi kuat arus akan memberi efek terhadap kuat sel

dan permukaan area elektroda. Kuat arus yang tinggi akan menyebabkan beberapa fenomena antara lain:

1. Berdasarkan hukum Faraday, ion logam akan mengalami pemisahan/pengkroposan apabila dialiri listrik di dalam cairan, dengan tingginya formasi monomerik dan polimerik dari tembaga hidroksida menghasilkan perubahan yang signifikan terhadap reduksi Pb^{2+} yang sebagian besar diakibatkan oleh ko-presipitasi bentuk menjadi padat.
2. Pemisahan dari senyawa-senyawa yang dapat larut seperti Cu^{2+} dengan generasi dari ion OH^- pada permukaan katoda pada saat proses elektrokoagulasi akan meningkatkan pH sebagai solusinya. Pada pH yang tinggi, kedua-duanya Pb dan tembaga hidroksida cenderung terpresipitasi sehingga meningkatkan pereduksian Pb.
3. Dalam kaitannya dengan anoda, banyak *sludge* dari logam elektroda yang dihasilkan.
Banyak gelembung-gelembung udara yang dihasilkan, hal ini akan meningkatkan proses pengadukan dan pereduksian.

D. Aerasi

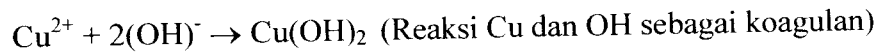
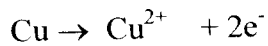
Pada saat percobaan, dilakukan penambahan *Aerasi*, yaitu alat yang digunakan untuk memasukkan oksigen ke dalam suatu zat, dimana oksigen akan membantu proses pemurniannya.

Tujuan dari proses aerasi menurut Fair dan Oknum (1969) adalah :

1. Menambah kandungan O_2 pada air tanah atau menambah kadar DO sehingga unsur – unsur besi dan mangan yang ada pada air tanah akan menurun.
2. Mereduksi gas metan yang ada dalam air guna mencegah ledakan/kebakaran.
3. Menurunkan dan mereduksi zat hidrogen sulfida yang menyebabkan bau dan rasa yang tidak sedap.
4. Mereduksi zat karbondioksida yang menyebabkan korosi pada logam.

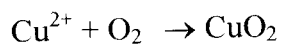
Manfaat penambahan aerator ini adalah untuk meningkatkan kandungan oksigen kedalam air, yang tentunya akan dapat mereduksi kandungan BOD, COD, nitrat, nitrit dan beberapa parameter lainnya dalam lindi.

Reaksi pada anoda (reaksi oksidasi):



Reaksi tersebut menunjukkan batangan Cu yang mengalami reaksi oksidasi dengan ion Hidroksida (OH^{-}) menjadikannya sebagai koagulan.

Tetapi pada saat penelitian aerator ini bersifat merugikan, karena O_2 yang dihasilkan akan mengikat ion Cu membentuk CuO_2



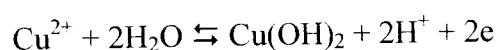
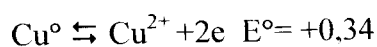
Hal ini akan mempengaruhi kinerja $\text{Cu}(\text{OH})_2$ sebagai salah satu koagulan. Sehingga mempengaruhi efisiensi Pb.

E. Jenis elektroda

Mudah tidaknya suatu logam diendapkan dengan cara proses elektrokoagulasi juga tergantung dari jenis batangan elektroda yang digunakan, bila logam yang akan diendapkan mempunyai derat gaya listrik lebih kecil dari pada deret gaya gerak listrik yang dimiliki elektroda, maka logam tersebut akan lebih mudah diendapkan. Maka dapat disimpulkan bahwa jenis batangan elektroda yang terbuat dari logam mempengaruhi tingkat penurunan ion – ion logam dalam larutan.

Pada anoda terjadi reaksi oksidasi terhadap anion (ion negatif)

Pada anoda yang terbuat dari logam tembaga akan mengalami reaksi oksidasi :



Tabel 4.5. Daftar deret gaya gerak listrik beberapa unsur

Elektroda	Potensial (V)
$\text{Al}^{3+} + 3\text{e}^- \rightarrow \text{Al}$	-1,66
$\text{Pb}^{2+} + 2\text{e}^- \rightarrow \text{Pb}$	-0,126
$2\text{H}^+ + 2\text{e}^- \rightarrow \text{H}_2$	0,000
$\text{Cu}^{2+} + 2\text{e}^- \rightarrow \text{Cu}$	+0,34
$\text{Ag}^+ + \text{e}^- \rightarrow \text{Ag}$	+0,799

Lindi yang mengandung ion Pb^{2+} , dimana ion Pb^{2+} akan mengalami reaksi reduksi pada katoda. Ion Pb^{2+} akan lebih mudah mengalami reduksi karena potensial reduksi negatif lebih rendah dari molekul H_2O , sehingga pada elektroda akan terlapisi logam Pb. Pada penelitian ini menggunakan elektroda yang terbuat dari tembaga dan alumunium yang mana mempunyai sifat, bila bahan ini dialiri arus listrik akan semakin mudah menjadi magnet dan jika arus diputus sifat hantar dan kemagnetannya akan mudah hilang. Sehingga semakin baik plat elektroda yang digunakan maka sifat kemagnetannya juga semakin besar, akibatnya semakin banyak logam Pb yang menempel pada elektroda (katoda) tersebut. Selain itu akan terjadi pembentukan inti flok yang reaksi ion Cu^{2+} yang dilepaskan oleh elektroda (dari anoda dengan ion hidroksida).

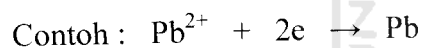
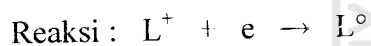
Dari daftar E° (deret potensial logam atau deret volta) maka akan diketahui bahwa reduksi terhadap air limbah lebih mudah berlangsung dari pada reduksi terhadap pelarutnya (air) : K, Ba, Ca, Na, Mg, Al, Zn, Cr, Fe, Cd, Co, Ni, Sn, **Pb**, **(H)**, Sb, Bi, Cu, Hg, Ag, Pt, Au.

Dengan memakai deret volta, kita memperoleh beberapa kesimpulan sebagai berikut :

- f. Logam-logam yang terletak di sebelah kiri H memiliki E° negatif sedangkan logam-logam yang terletak di sebelah kanan H memiliki E° positif .

- g. Makin ke kanan letak suatu logam dalam deret volta, harga E° besar. Hal ini berarti bahwa logam-logam di sebelah kanan mudah mengalami reduksi serta sukar mengalami oksidasi. Berarti logam **Pb** sukar mengalami oksidasi.
- h. Makin ke kiri letak suatu unsur dalam deret volta, harga E° makin kecil. Hal ini berarti bahwa logam-logam di sebelah kiri sukar mengalami reduksi serta mudah mengalami oksidasi.
- i. Oleh karena unsur-unsur logam cenderung melepaskan elektron (mengalami oksidasi), maka logam-logam di sebelah kiri merupakan logam-logam yang aktif (mudah melepaskan elektron), sedangkan logam-logam di sebelah kanan merupakan logam-logam yang sukar melepaskan elektron. Emas terletak di ujung paling kanan, sebab emaspaling sukar teroksidasi.
- j. Makin ke kanan, sifat reduktor makin lemah (sukar teroksidasi). Makin ke kiri, sifat reduktor makin kuat (mudah teroksidasi). Itulah sebabnya, unsur-unsur dalam deret volta hanya mampu mereduksi unsur-unsur di kanannya, tapi tidak mampu mereduksi unsur-unsur di kirinya.

Jika larutan mengandung ion-ion logam lain maka ion-ion logam akan direduksi menjadi logamnya dan terdapat pada batang katoda.



4.5. Penurunan kadar Pb oleh elektrokoagulasi

Elektrokoagulasi telah dikembangkan 1974 dan mengalami peningkatan di tahun terakhir (Bersier et al.,1994). Elektrokoagulasi adalah suatu proses yang menggunakan arus listrik untuk mendestabilisasi koloidal dan menjadi emulsi partikel. Mungkin saja digunakan atau tanpa penambahan koagulan.(Beck et al,1974;Beszeedits,1982;Scott,1995).Elektrokoagulasi selain bagian dari elektrokimia juga merupakan bagian dari flokulasi dan koagulasi serta penggunaan elektroda untuk mengaliri listrik di dalam larutan yang bersifat elektrolit yang biasa disebut elektrolisis. Dalam elektrolisis ion positif berpindah ke katoda sedangkan ion negatif

ke anoda. Reaksi yang terjadi bergantung pada pengalihan electron pada elektroda, karena itu sama artinya dengan reaksi redoks. Di anoda, ion negatif dalam larutan dapat kehilangan elektronnya membentuk spesies netral. Atom dari elektroda dapat melepas elektronnya dan pindah ke larutan sebagai ion positif dan disebut reaksi oksidasi. Di katoda, ion positif dalam larutan dapat mengambil electron membentuk spesies netral, jadi reaksinya adalah : reaksi reduksi.

Pada sel elektrolisis akan terjadi reaksi kimia apabila di dalam sel dialiri arus searah, yaitu tenaga listrik diubah menjadi reaksi kimia. Pada sel elektrolisis terjadi reaksi oksidasi-reduksi pada kedua elektroda. Elektroda tempat terjadinya reaksi oksidasi disebut: anoda, sedangkan elektroda tempat terjadinya reaksi reduksi disebut : katoda.

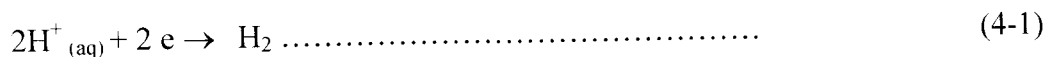
Oksidasi adalah suatu perubahan kimia

- a) Jika suatu zat memberikan atau melepaskan elektron
- b) Jika suatu unsur mengalami penambahan bilangan oksidasi atau tingkat oksidasi
- c) Yang terjadi di anoda suatu sel elektrokimia

Reduksi ialah suatu perubahan kimia

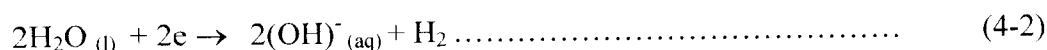
- a) Jika suatu zat menerima atau menangkap elektron
- b) Jika suatu unsur mengalami pengurangan bilangan oksidasi atau tingkat oksidasi
- c) Yang terjadi di katoda suatu sel elektrokimia

Pada proses elektrokimia melalui proses elektrolisa ini terjadi oksidasi tembaga pada elektroda positif (anoda). Apabila didalam air terdapat Pb^{++} akan direduksi menjadi Pb. Adapun reaksi yang terjadi pada katoda yaitu reaksi reduksi terhadap kation (ion positif). Ion H^+ suatu asam akan direduksi menjadi gas H_2 yang bebas sebagai gelembung- gelembung gas.

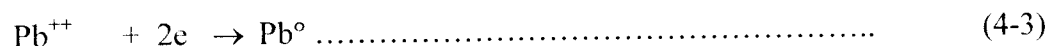


Sedangkan ion-ion logam yang mempunyai logam potensial elektroda (E_o) lebih kecil dari harga potensial elektroda air seperti logam alkali, alkali tanah, Al^{3+} , Mn^{2+} , tidak

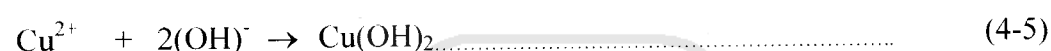
dapat direduksi dari larutan. Yang mengalami reaksi reduksi pada katoda adalah air yang bertindak sebagai pelarut.



Selanjutnya ion-ion logam selain ion-ion logam diatas mengalami reaksi reduksi membentuk logamnya. Logam yang dihasilkan sebagian akan terdeposit pada batang katoda, sebagian akan tertangkap flok $\text{Cu}(\text{OH})_2$ dan akhirnya mengendap pada sedimentasi.

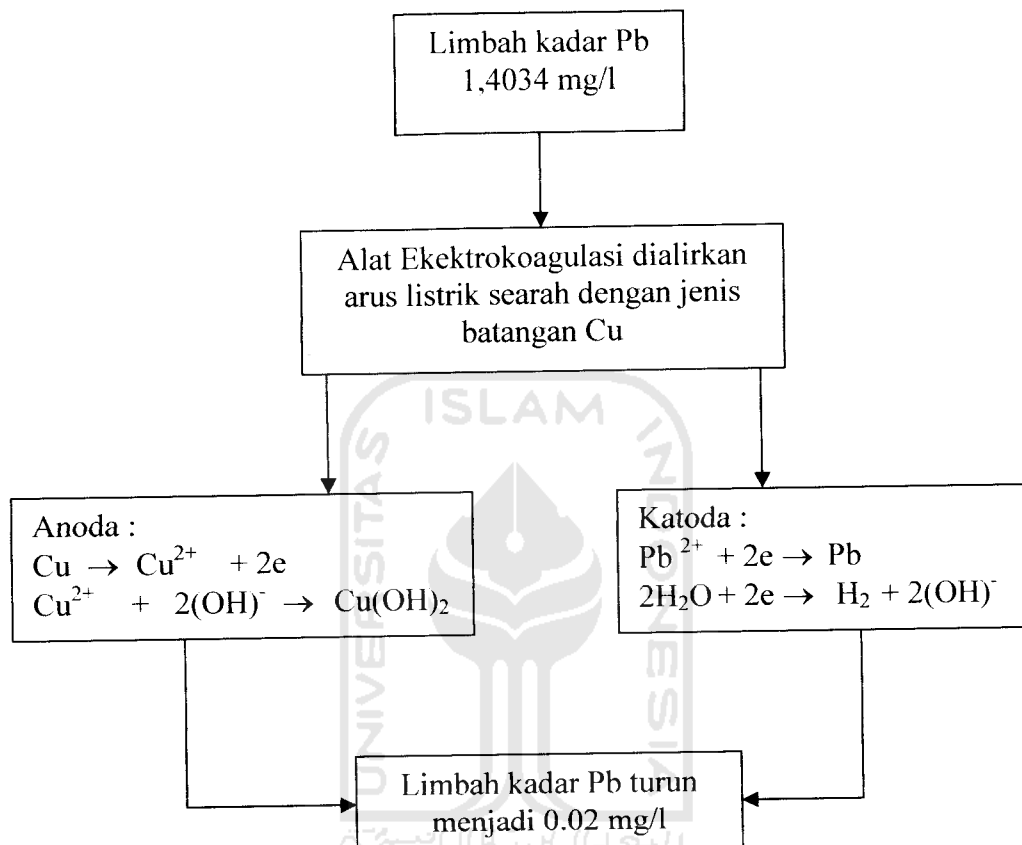


Pada anoda akan terjadi reaksi oksidasi terhadap anion (ion neagatif), anoda yang terbuat dari logam seperti tembaga akan mengalami reaksi oksidasi membentuk Cu^{2+}



Karena dalam proses elektrokimia ini menghasilkan gelembung gas pada elektroda, gas seperti oksigen dan hidogen ini akan mempengaruhi pereduksiaan COD, BOD serta TDS begitu juga logam berat. Gas hydrogen dari katoda akan membantu kontaminan (kotoran-kotoran dan partikel-partikel) yang terbentuk dan sudah ada dalam larutan akan terangkat ke atas permukaan, termasuk flok $\text{Cu}(\text{OH})_2$. Oleh karena itu dalam proses elektrokoagulasi diperlukan bak sedimentasi untuk mengendapkan flok $\text{Cu}(\text{OH})_2$ yang mengikat ion-ion Pb^{++} serta menangkap sebagian logam Pb° yang tidak terdeposit pada batang katoda. Mekanisme pengendapan flok $\text{Cu}(\text{OH})_2$ pada bak sedimentasi mengikuti prinsip koagulasi-flokulasi yaitu karena adanya pertumbuhan massa flok sehingga berat jenis flok menjadi besar dan akhirnya mengendap.

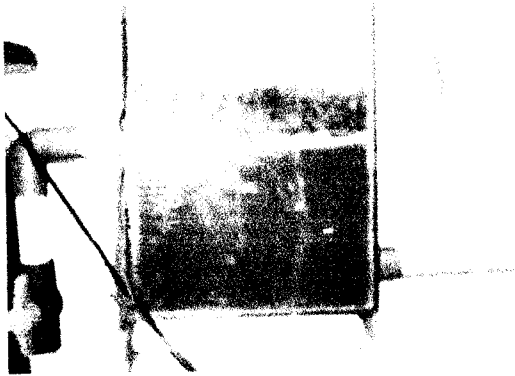
Adapun fenomena yang terjadi selama proses elektrokoagulasi disajikan dalam bagan berikut:



Gambar 4.27. Bagan fenomena penurunan kadar Pb pada elektrokoagulasi

4.5.1 Gambaran proses elektrokoagulasi

Proses tersebut dapat dilihat pada gambar dibawah ini :



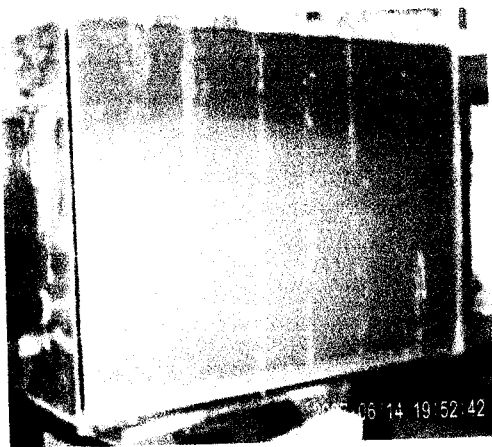
a) Alat elektrokoagulasi dimana terjadi proses elektrokimia yang menghasilkan gelembung gas, maka kotoran - kotoran dan partikel - partikel yang terbentuk yang sudah ada dalam larutan akan terangkat ke atas permukaan, termasuk flok $\text{Cu}(\text{OH})_3$.

Gambar 4.28. BAK ELEKTROKOAGULASI



b) Lalu dilanjutkan pada bak baffle chanel dimana termasuk jenis pengadukanhidrolis, yang mana pengadukan ini memanfaatkan gerakan air sebagai tenaga pengadukan. Pada pengadukan lambat ini,energi hidrolis yang diharapkan cukup kecil dengan tujuan menghasilkan gerakan air yang mendorong kontak antar partikel tanpa menyebabkan pecahnya gabungan.

Gambar 4.29. BAFFLE CHANEL



Gambar 4.30. BAK SEDIMENTASI

c) Kemudian overflow ke bak sedimentasi sesuai dengan namanya, pada bak ini namanya, pada bak ini partikel yang telah membesar tadi akan mengendap dalam bak sedimentasi secara gravitasi. Apabila pada sedimentasi ini masih ada partikel yang tidak mau mengendap, maka langkah selanjutnya dapat dilakukan penyaringan

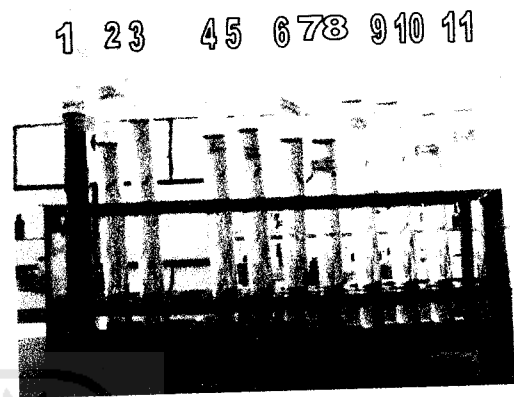


Gambar 4.31. BAK FILTRASI

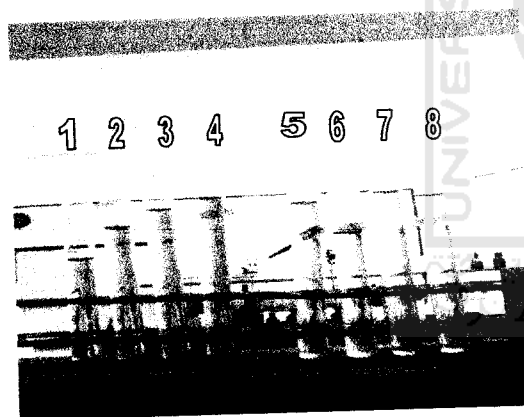
d) Dengan bak filtrasi diharapkan partikel lebu dapat mengendap secara sempurna dibandingkan bak sedimentasi. Bak filtrasi ini berfungsi mengolah air yang berasal dari baffle channel dengan mekanisme aliran air yang jatuh dan mengalir perlahan – perlahan melalui lapisan media yang ada di filtrasi yang kemudian disaring.

Hasil dari rangkaian proses tersebut dijadikan sample yang dimasukkan di tabung reaksi

a) Tabung reaksi pertama dari sebelah kiri merupakan sampel awal. Tabung 4 – 7 berupa sampel sedimentasi dengan waktu kontak 25,50,75,100 menit. Tabung 8 -11 berupa sampel filtrasi dengan waktu dan pengolahan yang sama dengan dosis tawas sebesar 15.000 ppm.



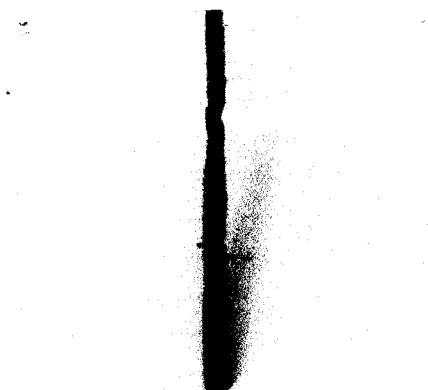
Gambar 5.32. DOSIS TAWAS 15.000 ppm.



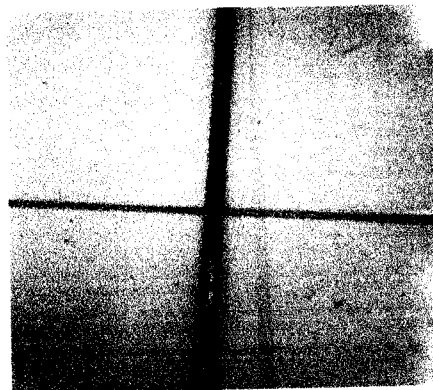
b) Tabung reaksi 1–4 dari kiri berupa Sampel sediemntasi dengan waktu kontak 25,50,75,100 menit. Tabung 5 – 7 berupa sampel filtrasi dengan pengolahan yang sama dengan dosis tawas sebesar 20.000 ppm.

Gambar 5.33. DOSIS TAWAS 20.000 ppm

Dari gambar tersebut dapat dilihat bahwa pengendapan yang ada pada tabung reaksi dengan dosis tawas 20.000 ppm lebih sedikit dibandingkan 15.000 ppm. Dapat dipastikan bahwa semakin besar dosis tawas menghilangkan warna yang lebih jernih dan pengendapan lebih sedikit.



Gambar 4.34. BATANGAN CU
(ANODA)



Gambar.4.35.BATANGAN ALUMUNIUM
(KATODA)

Keterangan :

- a) Pada batangan anoda yang mengalami reaksi oksidasi terlihat keropos karena telah melalui proses yang cukup lama.
- b) Pada batangan katoda terlihat warnanya putih kekuningan, terbukti bahwa logam Pb berhasil menempel pada batangan katoda yang telah mengalami reaksi reduksi.



Gambar 4.36. Rangkaian alat yang telah melalui proses elektrokoagulasi

Dari gambar rangkaian alat tersebut dapat dilihat, pada setelah melakukan proses percobaan setiap bak berwarna kuning kecoklatan seperti warna korosif. Menandakan proses elektrokoagulasi telah berjalan dengan baik.