

BAB IV

HASIL DAN PEMBAHASAN

4.1 PRA STUDI

4.1.1 Desain Alat

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

a. 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 kogulan.

Elektrokoagulasi adalah bagian dari elektrokimia yang dapat mendestabilisasikan agen pencemar yang mana pencemar tersebut dapat di reduksi. 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.

Pengolahan 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 menggunakan *magnetic steer barr* didalamnya. Pengadukan dilakukan dengan kecepatan 10 rpm

b. 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 kehilangan tekanan(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

c. 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:

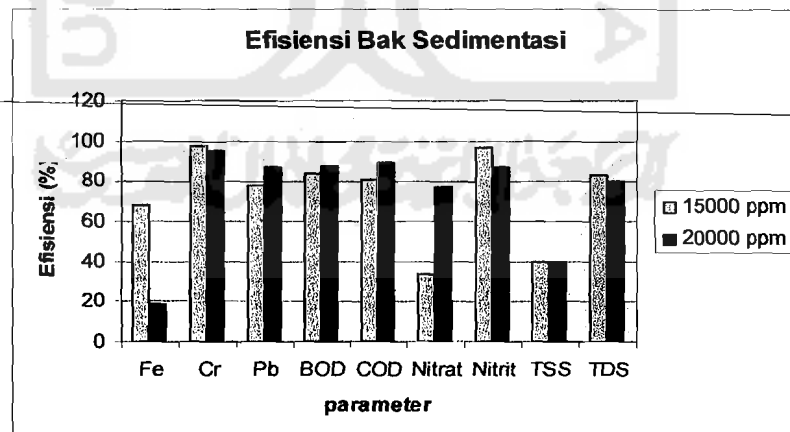
- ❖ Kecepatan yang mengendap partikel adalah jarak yang ditempuh partikel persatuan waktu.
- ❖ Beban permukaan adalah laju pergerakan cairan arah vertikal
- ❖ Efisiensi removal dari partikel diskrit yang memiliki ukuran, bentuk, densitas serta spesifik gravity yang sama tidak dipengaruhi oleh kedalaman,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

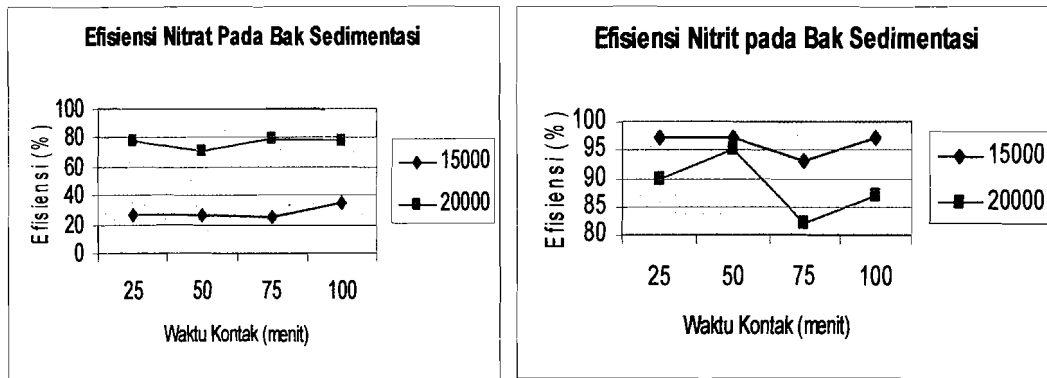


Gambar 4.3 Bak sedimentasi

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



Gambar 4.4 Efisiensi bak sedimentasi



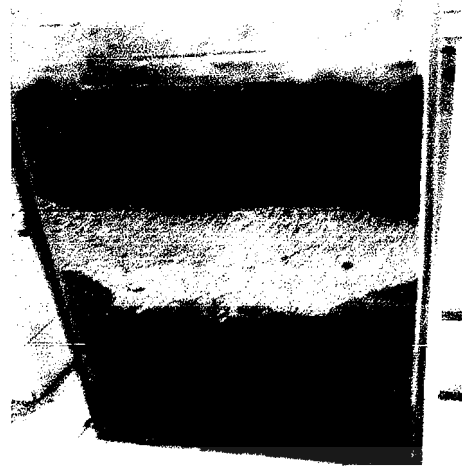
Gambar 4.5 Efisiensi nitrat dan nitrit pada bak sedimentasi dengan variasi waktu kontak terhadap variasi dosis tawas

Pada gambar 4.4 dan 4.5 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 nitrat dan nitrit efisiensi yang paling tinggi pada bak ini adalah nitrat sebesar 78,8% dengan koagulan 20000 ppm dan nitrit sebesar 97% dengan koagulan 15000 ppm, 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%. 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.

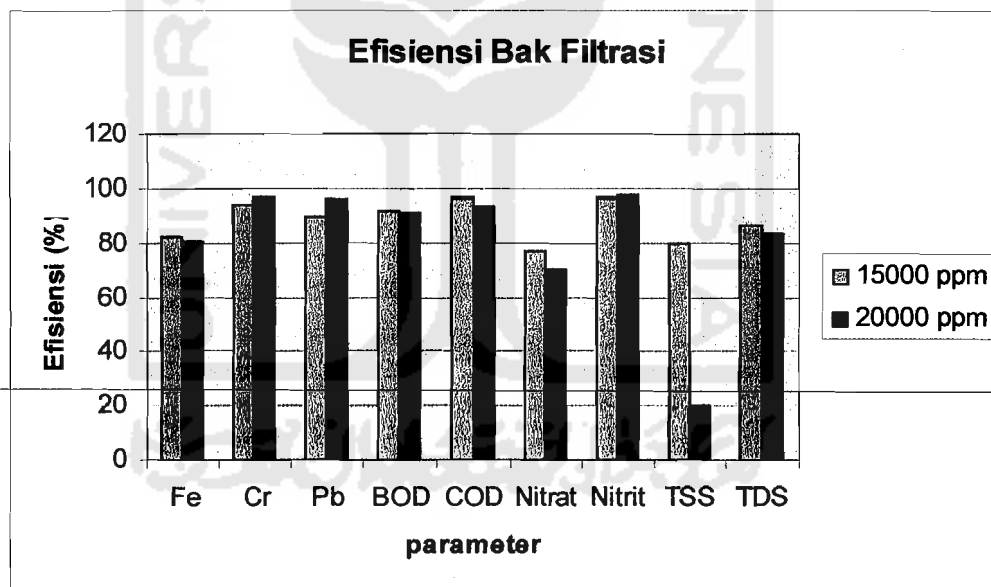
d. Bak Filtrasi

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.

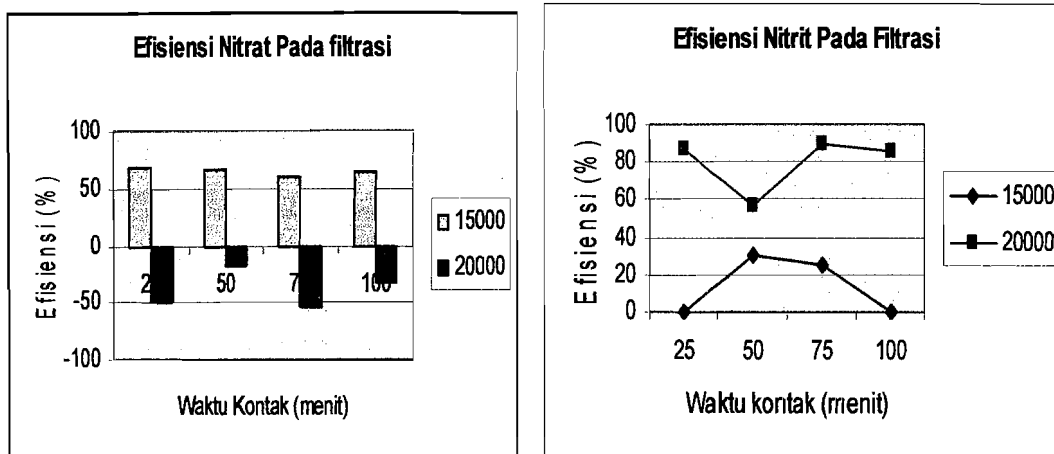


Gambar 4.6 Bak filtrasi

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



Gambar 4.8 Efisiensi nitrat dan nitrit pada bak filtrasi dengan variasi waktu kontak terhadap variasi dosis tawas

Pada gambar 4.7 dan 4.8 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 %. Penurunan nitrat dan nitrit efisiensi yang paling tinggi pada bak ini adalah nitrat sebesar 69% dengan koagulan 15000 ppm dan nitrit sebesar 89% dengan koagulan 20000 ppm, ini tidak semata dipengaruhi oleh bak ini tetapi penambahan koagulan serta proses elektrokoagulasi juga sangat mempengaruhi.

Efisiensi bak filtrasi ini berdasarkan kriteria desain, untuk parameter BOD sebesar 10-20 % sedangkan untuk parameter TSS sebesar 50-75%. Efisiensi untuk bak ini sudah sesuai dengan kriteria desain yang mana untuk efisiensi dari TSS dan COD ini sebesar 70 dan 50 %.

Ada beberapa hal yang dilakukan sebelum melakukan penelitian sesungguhnya. Pada penelitian ini dilakukan penelitian awal, hal ini dilakukan untuk mengetahui Jenis dan dosis koagulan, batangan elektroda dan waktu kontak yang tepat.

4.1.2 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.

a. *Jar Test*

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



Gambar 4.9 Percobaan *jar test*

- a. Tawas (Al_2SO_4)
 - b. Ferro Sulfat
 - c. 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.

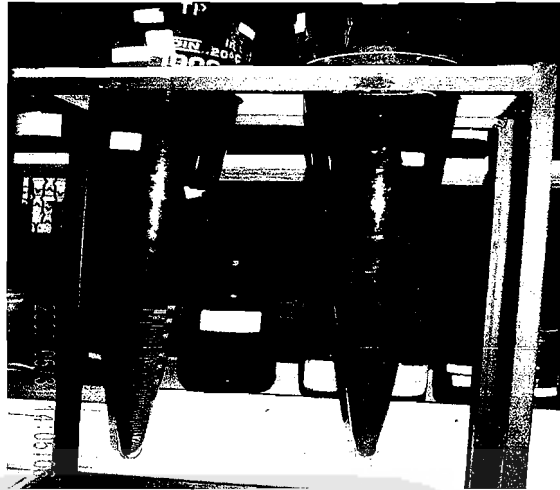


Gambar 4.10 Percobaan *jar test* dengan menggunakan tawas

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

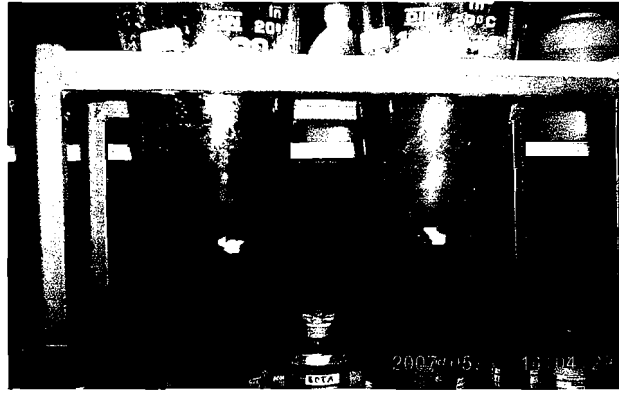




Gambar 4.11 Percobaan *jar test* dengan menggunakan Ferro sulfat

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 4.12 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 4.1 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

b. 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 4.13 Percobaan elektrokoagulasi

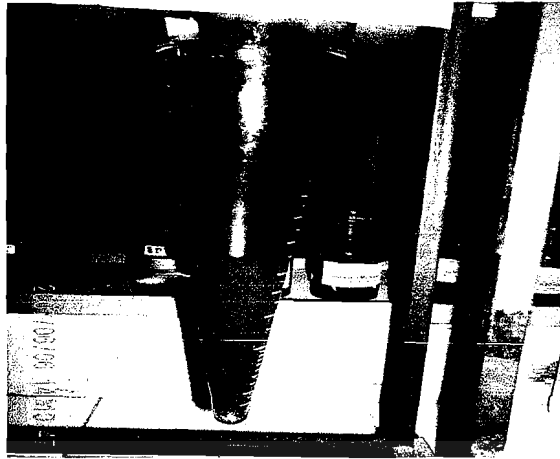
1. Dosis tawas 5, 10, 15 gr/500 ml tanpa aerator

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, dimasukan 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 dimasukan 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 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, dimasukan 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 4.14 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"

Tabel 4.2 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	41menit	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.

4.1.3 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*". Pada penelitian ini digunakan variasi batangan tembaga sebagai kutub positif (anoda), dan batangan aluminium sebagai kutub negatif (katoda).



Gambar 4.15 Batangan anoda dari tembaga dan katoda dari aluminium

4.1.4 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.

4.2 Parameter Fisik

4.2.1 pH

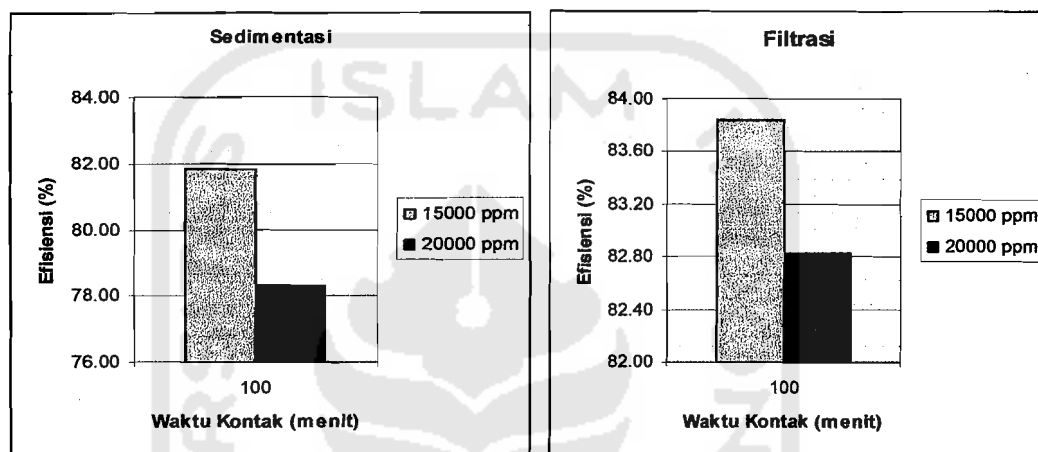
pH mempengaruhi toksisitas senyawa kimia. Mackereth *et al.* (1989) berpendapat bahwa pH juga berkaitan erat dengan karbondioksida dan alkalinitas. Tokisitas logam memperlihatkan peningkatan pada pH rendah (Novotny dan Olem dalam Effendi, 2003).

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.

4.2.2 Daya Hantar Listrik (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* dalam Effendi, 2003). Nilai DHL biasanya lebih besar dari nilai TDS.

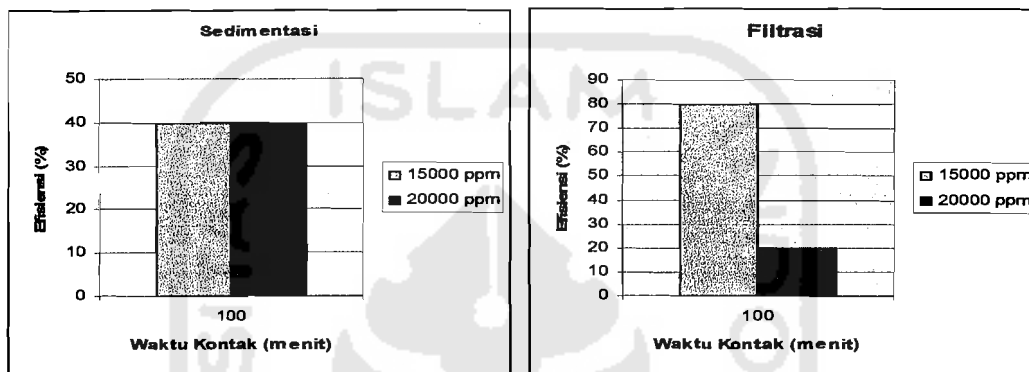


Gambar 4.16 Efisiensi DHL dengan variasi waktu kontak terhadap variasi dosis tawas

Berdasarkan gambar 4.14 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.

4.2.3 Total Suspended Solid (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 konsentrasi TSS pada limbah pada dosis 15000 ppm dan 20000 ppm dibawah batas maksimal sesuai dengan SK Gubernur Kepala Daerah Istimewa Yogyakarta nomor 281/KPTS/1998 tentang Baku Mutu Limbah Cair Bagi Kegiatan Industri di Propinsi DIY yaitu sebesar 200 ppm.



Gambar 4.17 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 laminer 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. Karena memakai unit filtrasi hanya satu sehingga media dalam filtrasi tersebut tidak dicuci lagi sehingga dalam filtrasi tersebut masih terdapat bekas

clogging yang memakai dosis tawas 15000 ppm dan menyebabkan efisiensi penurunan TSS pada dosis tawas 20000 kecil, Sebagaimana di jelaskan di atas dosis koagulan mempengaruhi efisiensi penurunan TSS.

4.2.4 Total Dissolved Solid (TDS)

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

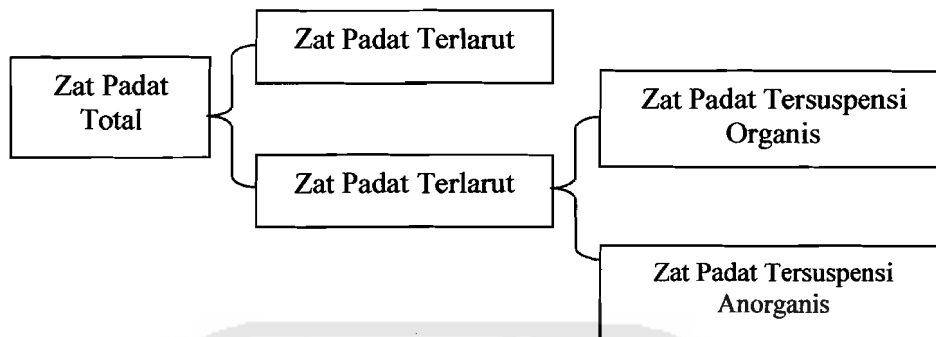
Analisa zat padat dalam air, sangat penting bagi penentuan komponen-komponen air secara lengkap, juga untuk perencanaan serta pengawasan proses-proses pengolahan data dalam bidang air minum maupun dalam bidang air buangan. Zat-zat padat yang berada dalam suspensi dapat dibedakan menurut ukurannya sebagai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

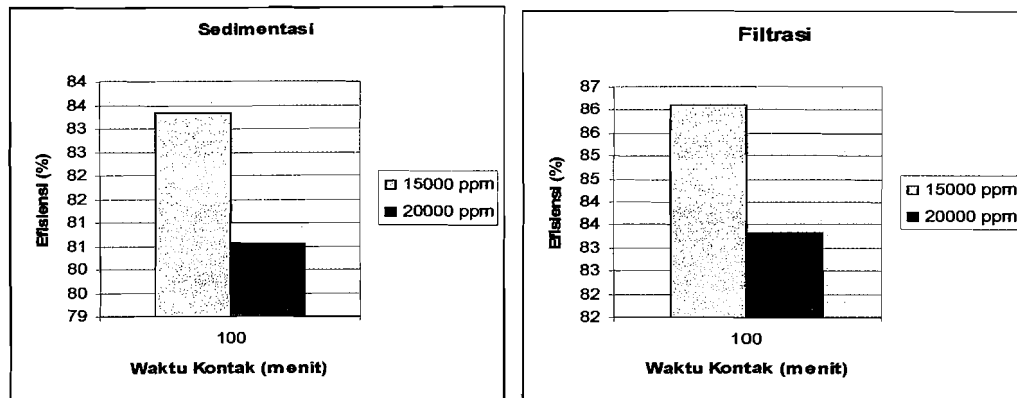


Gambar 4.18 Skema Zat Padat Total

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



Gambar 4.19 Efisiensi TDS dengan variasi waktu kontak terhadap variasi dosis tawas

4.2.5 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 dalam Effendi, 2003) 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 (Tinsley 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 mempengaruhi kecerahan dengan cara membatasi transmisi sinar matahari ke dalamnya (Swingle, 1968 dalam Effendi, 2003).

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

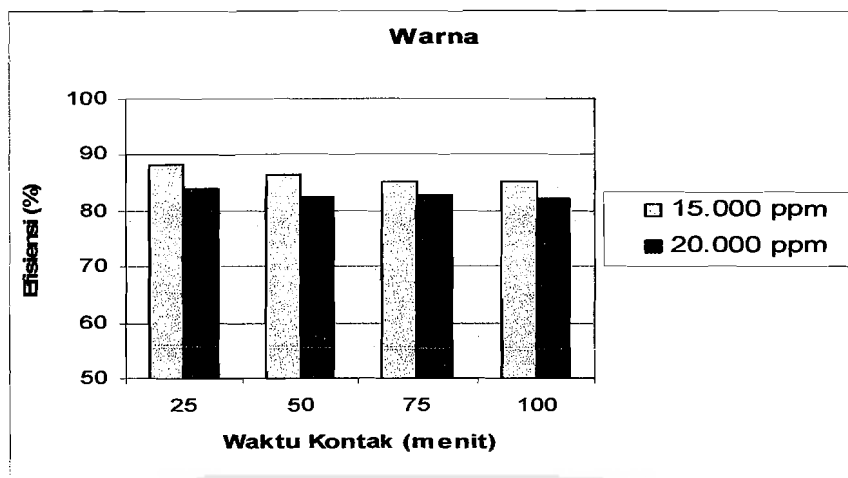
Jenis hewan yang biasa dijadikan zat warna misalnya: Kerang (Tyran Purple), Insekta (Coechikal) dan Insekta merah (Loe)

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 pII (Sawyer dan McCarty, 1978 dalam Effendi, 2003).

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 4.20 Efisiensi Warna dengan variasi waktu kontak terhadap variasi dosis tawas

Dari gambar 4.20 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 sisa-sisa tumbuhan oleh bakteri.

Warna juga dapat menghambat penetrasi cahaya ke dalam 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

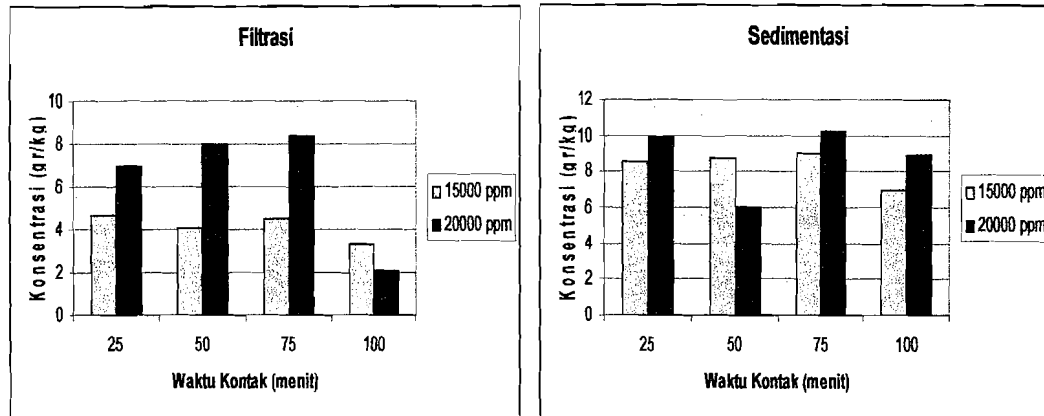
logam-logam berat yang bersifat toksis. Untuk kepentingan keindahan, warna air sebaiknya tidak melebihi dari 15 PtCo. Sumber air untuk kepentingan air minum sebaiknya memiliki nilai warna antara 5–50 PtCo. Perbedaan warna pada kolom air menunjukkan indikasi bahwa semakin dalam perairan, semakin tinggi 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).

4.2.6 Salinitas

Salinitas adalah konsentrasi total ion yang terdapat di perairan (Boyd, 1988 dalam Effendi, 2003). 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 leachete (lindi) yang terdapat pada tempat pembuangan akhir (TPA) Piyungan.



Gambar 4.21 Variasi waktu kontak terhadap konsentrasi salinitas

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.

4.2.7 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.

4.2.8 Disolved Oksigen (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 9,66 mg/l, 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 dalam Effendi, 2003). Dekomposisi bahan organik dan oksidasi bahan anorganik dapat mengurangi kadar oksigen terlarut hingga mencapai nol(anaerob). Hubungan antara kadar oksigen terlarut jenuh dan suhu yakni bahwa semakin 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 di perairan tawar.

Tabel 4.3 Ringkasan Kualitas Air Hasil Dari Pengolahan dengan Proses Elektrokoagulasi untuk Parameter fisik

No.	Waktu Kontak	Parameter fisik							
		TDS	TSS	DHL / Tegangan	pH	DO	Suhu	Warna	Salinitas
1	Sampel Awal	0.36 ppm	0.05 ppm	0.198 S/m	8	96.67 ppm	27 °C	3800 PtCO	6,1 gr/kg
Koagulan tawas 15000 ppm									
2	25 mnt sedimentasi				7	8.7 ppm	26 °C	1191 PtCO	8,6 gr/kg
3	50 mnt sedimentasi				7	6.4 ppm	26 °C	1414 PtCO	8,7 gr/kg
4	75 mnt sedimentasi				7	7.9 ppm	27 °C	1418 PtCO	9,0 gr/kg
5	100 mnt sedimentasi	0.06 ppm	0.03 ppm	0.036 S/m	7	6.4 ppm	27 °C	1285 PtCO	7,0 gr/kg
6	25 mnt filtrasi				7	7.4 ppm	27 °C	453 PtCO	4,7 gr/kg
7	50 mnt filtrasi				7	7.2 ppm	27.5 °C	514 PtCO	4,1 gr/kg
8	75 mnt filtrasi				7	6.2 ppm	27.5 °C	561 PtCO	4,5 gr/kg
9	100 mnt filtrasi	0.05 ppm	0.01 ppm	0.03 S/m	7	6.2 ppm	28 °C	563 PtCO	3,3 gr/kg
Koagulan tawas 20000 ppm									
10	25 mnt sedimentasi				7	13.4 ppm	26 °C	907 PtCO	10 gr/kg
11	50 mnt sedimentasi				7	13.04 ppm	26 °C	1094 PtCO	6,0 gr/kg
12	75 mnt sedimentasi				7	9.7 ppm	26 °C	1032 PtCO	10,2 gr/kg
13	100 mnt sedimentasi	0.07 ppm	0.03 ppm	0.04 S/m	7	9.4 ppm	27 °C	1136 PtCO	8,9 gr/kg
14	25 mnt filtrasi				7	10.2 ppm	27 °C	612 PtCO	7,0 gr/kg
15	50 mnt filtrasi				7	9.4 ppm	27 °C	665 PtCO	8,0 gr/kg
16	75 mnt filtrasi				7	9.7 ppm	27 °C	655 PtCO	8,4 gr/kg
17	100 mnt filtrasi	0.06 ppm	0.04 ppm	0.03 S/m	7	8.1 ppm	27 °C	675 PtCO	2,1 gr/kg

4.3. Konsentrasi Nitrat (NO_3^-) dan Nitrit (NO_2^-) dalam Limbah lindi TPA Piyungan

Penelitian ini dimulai dengan melakukan pengujian awal terhadap kandungan Nitrat (NO_3^-) dan Nitrit (NO_2^-) pada lindi TPA Piyungan yang berasal dari sampah-sampah dengan menggunakan bahan-bahan organik yang berbahaya. Tes Nitrat (NO_3^-) dan Nitrit (NO_2^-) digunakan untuk menentukan tingkat pencemar oleh senyawa organik yang dapat diuraikan oleh bakteri, pengukuran Nitrat (NO_3^-) terdiri dari pengenceran sampel, penambahan larutan kimia (NaCl, Asam sulfat dan Brusin-asam sulfanilat), panaskan diatas penangas air pada suhu tidak lebih 95°C selama 20 menit. Nitrat (NO_3^-) dianalisa dengan menggunakan Spektropotometer secara Brusin Sulfanilat. Analisis Nitrat (NO_3^-) cukup sulit, karena rumit dan peka terhadap jenis gangguan. Nitrat mewakili produk akhir dari pengoksidasi zat yang bersifat nitrogen. Jadi jumlah nitrat itu menunjukkan lajunya penambahan menuju oksidasi lengkap dan kemantapan. penentuan-penentuan nitrogen nitrat oleh karena itu adalah sangat penting dalam kaitanya dengan pembenahan air limbah dan sampah industri. Nitrat dapat diolah atau dihilangkan maupun dikurangi kadarnya dengan mengubahnya dalam bentuk gas melalui aerasi atau dapat juga diolah dengan cara oksidasi. Pengukuran Nitrit (NO_2^-) terdiri dari penyaringan sampel, pengenceran sampel, penambahan larutan kimia (Asam sulfanilat dan Neftil etilendiamin dihidroklorida). Nitrit (NO_2^-) dianalisa dengan menggunakan Spektropotometer secara Asam sulfanilat. Penelitian terhadap nitrit menunjukkan jumlah zat nitrogen yang hanya sebagian saja mengalami oksidasi. Dengan demikian nitrit merupakan suatu tingkat peralihan dalam proses perubahan zat organik kedalam bentuk yang tetap. Nitrit, oleh karena itu, tidak dapat diketemukan dalam air limbah baru kecuali dalam jumlah kecil sekali, akan tetapi didalam air limbah yang sudah basi, nitrit dapat saja lebih unggul. Namun demikian, nitrit itu tidak tetap dan dapat merosot menjadi amoniak atau dioksidasikan menjadi nitrat. Penelitian ini bertujuan mengetahui pengaruh koagulan, kuat arus dan waktu kontak dalam pengolahan yang menggunakan metode elektrokoagulasi sedimentasi dan filtrasi serta mengetahui tingkat efisiensi penurunan

kadar Nitrat (NO_3^-) dan Nitrit (NO_2^-) yang terkandung dalam Lindi setelah melalui proses elektrokoagulasi.

Konsentrasi awal Nitrat (NO_3^-) dan Nitrit (NO_2^-) dalam limbah lindi TPA Piyungan dapat dilihat pada tabel 5.1 dan 5.2 dibawah ini:

Tabel 4.4 Konsentrasi Nitrat (NO_3^-) dan Nitrit (NO_2^-)

No.	Konsentrasi Nitrat (NO_3^-) dan Nitrit (NO_2^-) awal (mg/L)	Metode
1.	9,41	SNI M – 49 – 1990 – 03 Metode Spektrofotometer Secara Brusin Sulfanilat
2.	1,48	SNI M – 53 – 1990 – 03 Metode Spektrofotometer Secara Asam Sulfanilat

Sumber: Data Primer 2007

Dari hasil tersebut menunjukkan bahwa kualitas air limbah lindi TPA Piyungan untuk parameter nitrat (NO_3^-) sudah memenuhi syarat untuk dapat dibuang ke badan air karena konsentrasinya dibawah ambang batas sebesar 20 mg/L dan parameter nitrit (NO_2^-) belum memenuhi syarat untuk dapat dibuang ke badan air karena masih diatas ambang batas sebesar 0,06 mg/L dari Peraturan Pemerintah No. 82 Tahun 2001 tentang Pengelolaan Kualitas Air dan Pengendalian Pencemaran Air Baku Mutu Golongan IV.

Pada penelitian ini digunakan metode elektrokoagulasi yang mana elektrokoagulasi ini diharapkan mampu menurunkan konsentrasi nitrat (NO_3^-) dan nitrit (NO_2^-) pada lindi. Dalam penelitian ini menggunakan tawas dengan konsentrasi yang bervariasi yaitu sebesar 15000 ppm dan 20000 ppm. Penambahan tawas ini dimaksudkan untuk menurunkan kandungan TSS, kekeruhan dan warna. Dalam penelitian ini digunakan aerator sebagai penyuplai oksigen, yang mana juga diharapkan dari aerator ini terjadi penurunan pH. Sebagai pengaduk lambatnya,

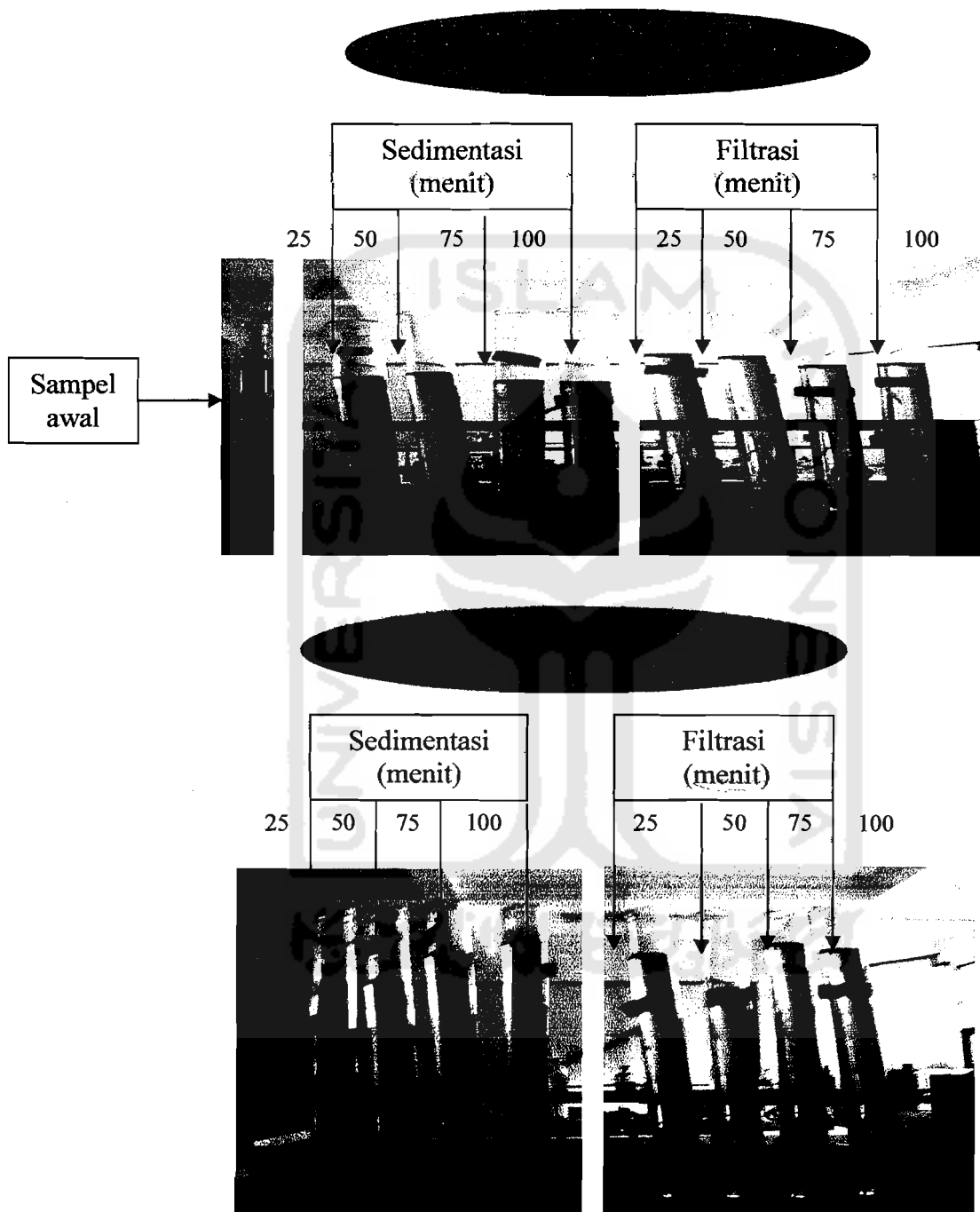
digunakan *Baffle Chanell Flocculator*, yang bertujuan untuk menghasilkan gerakan air secara perlahan sehingga terjadi kontak antar partikel untuk membentuk gabungan partikel berukuran besar. Selanjutnya digunakan juga bak sedimentasi yang berfungsi sebagai bak pengendap flok hasil koagulasi-flokulasi, khususnya sebelum disaring dengan filter cepat. Sebagai pengolahan selanjutnya digunakan bak filtrasi berfungsi untuk menyaring air hasil dari proses koagulasi-flokulasi-sedimentasi.

4.3.1 Dosis koagulan tawas 15000 dan 20000 ppm

Pada penelitian ini digunakan aluminium sulfat (tawas) sebagai koagulan. Penggunaan tawas sebagai koagulan disini didasarkan pada penelitian awal, dengan melakukan berbagai percobaan disimpulkan bahwa tawas memiliki keunggulan di bandingkan berbagai koagulan lainnya. Antara lain didasarkan atas nilai ekonomisnya yang murah dibanding PAC, Ferro sulfat, dan kapur tohor. Selain itu, hasil dari penggunaan tawas dengan variasi dosis yang diberikan memberikan hasil lebih bagus dibandingkan koagulan yang lain berupa warna secara visual lebih jernih, walaupun waktu pengendapannya lebih lama dibandingkan koagulan lain. Flokulasi suspensi-suspensi koloid yang encer (konsentrasi rendah) hanya akan menghasilkan tumbukan antar partikel yang jarang dan penggabungan atau penggumpalan tidak akan terjadi sampai tingkat yang memuaskan. Dalam hal semacam ini klarifikasi akan dapat tercapai dengan baik dengan menggunakan suatu koagulan kimia yang diikuti oleh proses flokulasi dan sedimentasi. Bilamana koagulasi digunakan sebagai pemisah tampaknya reaksi yang berlangsung akan bergantung pada pembentukan presipitat (endapan) dari kombinasi antara zat- zat organik terlarut dan koagulan. Nilai koagulan tambahan dapat dihubungkan dengan kemampuan molekul- molekul besar dalam bentuk struktur rantai panjang yang dapat memberikan suatu jembatan dan gerak mengikat antara partikel- partikel yang berdekatan sehingga menghasilkan penggabungan atau penggumpalan dan menghindarnya pecahnya flok akibat adanya geseran.

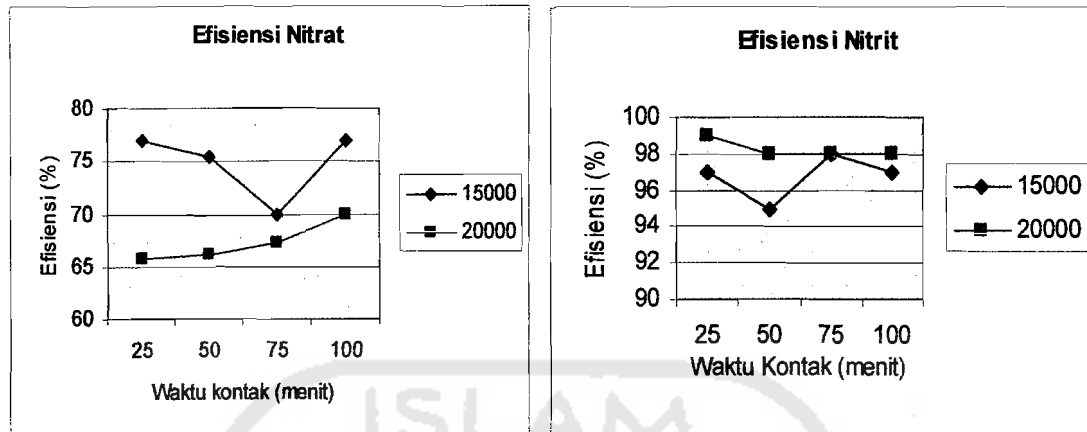
Berikut ini hasil pengujian konsentrasi nitrat (NO_3^-) dan nitrit (NO_2^-) pada 15000 dan 20000 ppm tawas terhadap waktu kontak yakni dilakukan secara kontinue

dan pemakaian dosis tawas 15000 dan 20000 ppm ini karena didapat kesimpulan dari keseluruhan percobaan elektrokoagulasi menggunakan aerator, perubahan warna yang dihasilkan lebih jernih dari percobaan sebelumnya, seperti yang terlihat pada gambar dibawah ini.



Gambar 4.22 Lindi hasil proses elektrokoagulasi a). dosis tawas 15000 dan b). 20000 ppm

4.3.2 Efisiensi konsentrasi nitrat (NO_3^-) dan nitrit (NO_2^-) pada unit proses Elektrokoagulasi.



Gambar 4.23 Efisiensi nitrat (NO_3^-) dan nitrit (NO_2^-) pada dosis tawas 15000 dan 20000 ppm

Dari gambar diatas dapat dilihat efisiensi penurunan konsentrasi nitrat (NO_3^-) pada outlet unit proses elektrokoagulasi. Pada dosis tawas 15000 ppm, efisiensi paling tinggi terjadi pada waktu kontak 100 menit dan 25 menit efisiensinya sama yaitu sebesar 77 %, sedangkan efisiensi paling rendah pada waktu kontak 75 menit efisiensinya sebesar 70 %. Pada dosis tawas 20000 ppm, efisiensi paling tinggi terjadi pada waktu kontak 100 menit efisiensinya 69,9%, sedangkan efisiensi paling rendah pada waktu kontak 25 menit efisiensinya adalah 65,7%. Efisiensi penurunan konsentrasi nitrit (NO_2^-). Pada dosis tawas 15000 ppm, efisiensi paling tinggi terjadi pada waktu kontak 75 menit sebesar 98 %, sedangkan efisiensi paling rendah pada waktu kontak 50 menit sebesar 95 % . Pada dosis tawas 20000 ppm, efisiensi paling tinggi terjadi pada waktu kontak 25 menit efisiensinya adalah 99%, 50 menit, 75 menit dan 100 menit efisiensinya sama yaitu sebesar 98%. Walaupun penurunan konsentrasi bervariasi, tetapi penurunan konsentrasi ini merupakan penurunan yang cukup bagus. Kuat arus dan tegangan berpengaruh pada hasil konsentrasi setelah di elektrokoagulasi. Semakin tinggi kuat arus disertai dengan peningkatan tegangan sehingga memicu naiknya suhu dan berubahnya pH air. Suhu yang awalnya suhu normal 27 °C, begitu mengalami elektrokoagulasi meningkat dengan suhu rata-rata

sebesar 30 °C. pH air awal yang tadinya 8 begitu mengalami proses elektrokoagulasi menurun menjadi 6-7.

Berdasarkan hasil yang telah diperoleh dari penelitian ini terjadinya penurunan konsentrasi nitrat (NO_3^-) dan nitrit (NO_2^-) dipengaruhi oleh beberapa hal seperti yang akan dijelaskan di bawah ini.

Unit elektrokoagulasi adalah bagian dari elektrokimia yang dapat mendestabilisasikan agen-agen pencemar yang 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.

Pada saat elektrolisis, penggunaan batang metal seperti besi, aluminium, tembaga dan lain-lain, pada umumnya digunakan sebagai *sacrificial electrodes* untuk melanjutkan produksi ion dalam sistem. Ion-ion yang terlepas akan mengalami reduksi kontaminan dengan reaksi kimia dan presipitasi. Pada sel elektrolisis terjadi reaksi oksidasi-reduksi pada kedua elektroda.

1. Elektroda

Pada penelitian ini digunakan variasi batangan tembaga sebagai kutub positif (anoda), dan batangan aluminium sebagai kutub negatif (katoda). Pemilihan elektroda ini didasarkan pada deret volta atau deret potensial redoks, karena hal ini sangat mempengaruhi proses elektrokoagulasi. Logam Cu sebagai elektroda positif dipilih karena logam Cu sukar mengalami oksidasi, sedangkan logam Al bila dibandingkan dengan deret volta berada sebelah kiri, ini berarti logam Al lebih mudah mengalami oksidasi, sehingga memiliki kekurangan dibandingkan dengan logam Cu dalam hal korosi.

Proses elektrokoagulasi yang merupakan penggabungan proses elektrolisis dan koagulasi, fenomena-fenomena yang terjadi pada proses elektrokoagulasi ini dapat dijabarkan dengan reaksi dibawah ini:

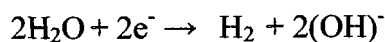
1. Pada permukaan elektroda positif (anoda)



2. Sekitar elektroda



3. Pada permukaan elektroda negatif (katoda)



Dari reaksi diatas pada permukaan elektroda positif, Cu akan melepaskan elektronnya menjadi Cu^{2+} sebagai akibat dari peristiwa oksidasi. Cu^{2+} akan mengikat OH^- membentuk $\text{Cu}(\text{OH})_2$. Oleh karena itu terbentuknya $\text{Cu}(\text{OH})_2$ dalam proses elektrokoagulasi tersebut berfungsi sebagai koagulan. (Babu *et al*, 2006).

Koagulasi dan Flokulasi merupakan suatu metode pengolahan limbah secara kimia. Tujuannya untuk mengurangi konsentrasi zat pencemar seperti nitrat dan nitrit dalam limbah melalui proses pemisahan kotoran-kotoran halus (partikel-partikel yang tersuspensi dan koloid) yang menyebabkan warna dan kekeruhan dalam air limbah dengan penambahan koagulan.

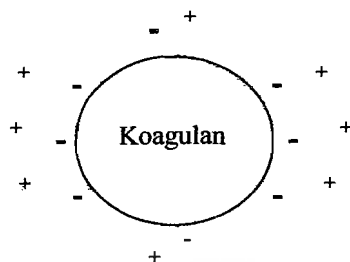
Teori ini didasarkan pada kenyataan bahwa untuk mengkoagulasi partikel-partikel koloid dalam air, kestabilan suspensi koloid harus dihancurkan terlebih dahulu. Stabilisasi koloid banyak disebabkan karena muatan listrik yang dimiliki partikel koloid. Muatan listrik koloid dapat diperoleh dari:

- adsorpsi selektif ion-ion dalam larutan oleh partikel koloid.
- ionisasi dari partikel koloid itu sendiri misalnya protein.

Ion-ion positif ataupun negatif dalam larutan dapat diadsorpsi oleh partikel-partikel koloid. Ion-ion yang teradsorpsi ini membentuk suatu lapisan ion di sekeliling partikel koloid, disebut lapisan primer. Kemudian lapisan primer ini akan menarik ion-ion yang berlawanan muatan untuk membentuk lapisan sekunder. Ion-ion lapisan sekunder tidak sebanyak lapisan primer, sehingga lapisan ini kurang kuat diikat dari pada lapisan primer. Lapisan primer dan sekunder ini membentuk lapisan ganda listrik atau disebut *electrical double layer* .

Electrical double layer ini stasioner, sedangkan ion-ion dalam larutan diluar lapisan ganda listrik ini bebas bergerak. Antara partikel koloid dan larutan terbentuk beda potensial yang disebut *zeta potensial*. Dengan adanya lapisan ganda listrik ini,

partikel-partikel koloid akan saling tolak menolak apabila berdekatan, melawan gumpalan. Apabila tidak terdapat lapisan ganda listrik ini, tentu gaya *Van der Waals* akan menjadi partikel-partikel tarik menarik dan menjadi satu membentuk materi yang lebih besar.



Gambar 4.24 Lapisan ganda listrik partikel koloid

Keterangan:

+ = ion positif sebagai lapisan primer

- = ion negatif sebagai lapisan sekunder (NO_3^- dan NO_2^-)

Koagulan = $\text{Cu}(\text{OH})_2$ dan Tawas (Al_2SO_4)

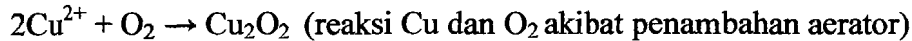
Kestabilan suspensi koloid tergantung pada kesetimbangan antara gaya tarik menarik kovalen dan tolak menolak elektrostatis antar partikel. (Alex Raharjo, 1993).

2. Aerasi

Pada gambar 4.20 terlihat grafik efisiensi nitrat (NO_3^-) dan nitrit (NO_2^-) yang berfluktuatif, hal ini bisa dijelaskan seperti berikut ini. Pada saat percobaan, dilakukan penambahan alat aerator, hal ini bisa bermanfaat juga bisa merugikan. Manfaat penambahan aerator ini adalah untuk meningkatkan kandungan oksigen kedalam air, yang bertujuan agar O_2 diudara dapat bereaksi dengan kation yang ada dalam air limbah dan tujuan aerasi ini yakni menurunkan konsentrasi materi-materi penyebab rasa dan bau, menghilangkan senyawa-senyawa pengganggu, misalnya menghilangkan hidrogen sulfida sebelum klorinasi dan menghilangkan carbon dioksida sebelum pelunakan sehingga terjadi perubahan warna pada limbah dari warna hitam menjadi coklat berkarat.

Aerator juga bisa merugikan, karena O_2 yang dihasilkan akan mengikat ion Cu membentuk Cu_2O_2 , hal ini akan mempengaruhi kinerja $\text{Cu}(\text{OH})_2$ sebagai salah satu koagulan sehingga senyawa $\text{Cu}(\text{OH})_2$ akan terganggu. Kedepannya perlu

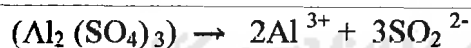
diperhatikan tenaga aerator yang diperlukan sehingga tidak sampai mempengaruhi kinerja $\text{Cu}(\text{OH})_2$.



3. Koagulan Tawas

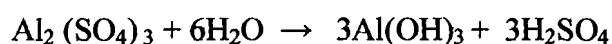
Dosis koagulan tawas disini bervariasi yaitu sebesar 15000 ppm dan 20000 ppm. Penambahan tawas akan semakin meningkatkan reduksi nitrat dan nitrit. Karena penambahan koagulan tawas ini adalah bagian dari peristiwa koagulasi. Prinsip kerjanya sama seperti yang dijelaskan sebelumnya pada koagulan $\text{Cu}(\text{OH})_2$ yang terbentuk dari proses elektrokoagulasi. Koagulasi yang terjadi dengan penambahan tawas akan menghasilkan asam. Sehingga dapat dikatakan bahwa pembentukan endapan tersebut di pengaruhi oleh kondisi pH. 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 suatu 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 keseluruhan bagian zat cair dan memungkinkan terbentuknya inti-inti flok. Didalam tawas terjadi reaksi:

1. Reaksi Penguraian (Disosiasi)



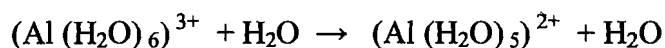
Al^{3+} berperan sebagai elektrolit positif pada destabilisasi koloid sehingga Al^{3+} akan terdifusi didalam koloid membentuk muatan didalam koloid tersebut.

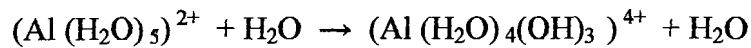
2. Reaksi Hidrolisa



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

3. Reaksi Polimerisasi Ion Kompleks





$(\text{Al}(\text{H}_2\text{O})_4(\text{OH})_3)^{4+}$ merupakan jembatan antar partikel.

Ion Al^{3+} berperan sebagai elektrolit positif dalam destabilisasi partikel koloid. Senyawa $\text{Al}(\text{OH})_3$ dalam bentuk presipitat berfungsi sebagai inti jonjot, sedangkan ion kompleks $(\text{Al}(\text{H}_2\text{O})_4(\text{OH})_3)^{4+}$ akan berfungsi sebagai jembatan antar partikel. (Degreemont, 1991).

Prinsip proses yang terjadi pada kerja elektrokoagulasi secara umum sama seperti teori double layer yaitu pembentukan flokulasi partikel bersifat adsorpsi dimana $\text{Cu}(\text{OH})_2$ dan tawas sebagai koagulan pada elektrokoagulasi bermuatan positif akan menyerap ion-ion negatif pada lindi seperti nitrat dan nitrit dan membentuk flok. Pada teori double layer lingkaran terdalam akan diisi oleh koagulan bermuatan positif dan akan menyerap ion-ion negatif 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 akan tetapi ion logam berat sangat sedikit sekali pengaruhnya terhadap pembentukan koagulan yang dapat membantu penurunan nitrat dan nitrit.

Tereduksinya nitrat dan nitrit dari 9,41 ppm dan 1,48 menjadi 2,15 ppm dan 0,02 ppm, atau sebesar 77% dan 99%, ini dipengaruhi oleh koagulan yang dihasilkan dari batangan anoda yaitu ion-ion Cu yang terlepas menjadi ion Cu^{2+} , yang berikatan dengan ion OH^- membentuk $\text{Cu}(\text{OH})_2$, koagulan tawas serta adanya aerasi seperti yang telah dijelaskan sebelumnya.

Berdasarkan data diatas, konsentrasi outlet nitrat dan nitrit bila didasarkan pada Peraturan Pemerintah Nomor 82 Tahun 2001 tentang Pengolahan Kualitas Air dan Pengendalian Pencemaran Air Baku Mutu Golongan IV bisa dikatakan nitrat dan nitrit hasil proses ini sudah memenuhi baku mutu yang dipersyaratkan yaitu nitrat sebesar 20 ppm dan nitrit sebesar 0,06 ppm.

4. Kuat Arus dan Waktu Kontak

Turunnya konsentrasi nitrat dan nitrit juga dipengaruhi oleh kuat arus dan waktu kontak, tetapi pada penelitian yang dilakukan, nilai kuat arus tidak digunakan. Pada gambar 4.23 efisiensi penurunan nitrat dan nitrit dapat dilihat, efisiensi

penurunan nitrat paling tinggi pada waktu kontak 25 menit sebesar 77 % dengan dosis tawas 15000 ppm, sedangkan efisiensi paling rendah terjadi pada waktu kontak 25 menit sebesar 65,7 % dengan dosis tawas 20000. Ini menunjukkan bahwa dengan waktu kontak 25 menit dan dosis koagulan 15000 ppm efisiensi penurunan konsentrasi nitrat tersebut lebih bagus serta lebih ekonomis dalam penggunaan koagulan dan menghemat energi dalam pemakaian listrik. Dari gambar 4.23 efisiensi penurunan nitrit dapat dilihat efisiensi paling tinggi pada waktu kontak 25 menit sebesar 99 % dengan dosis tawas 20000 ppm, sedangkan efisiensi paling rendah terjadi pada waktu kontak 50 menit sebesar 95 % dengan dosis tawas 15000 ppm. Ini menunjukkan bahwa dengan variasi waktu kontak 25 menit dan dosis koagulan 20000 ppm efisiensi penurunan konsentrasi nitrit tersebut lebih bagus serta lebih hemat energi dalam pemakaian listrik.

Adapun penurunan konsentrasi nitrat (NO_3^-) dan nitrit (NO_2^-) dalam hal ini tidak hanya karena proses elektrokoagulasi namun banyak hal yang mempengaruhi dalam penurunannya diantaranya parameter-parameter seperti Warna: Dari hasil penelitian kita ketahui kadar warna 3800 PtCO yakni termasuk tinggi dan warna tersebut bisa kita simpulkan berasal dari zat organik berarti nitrat (NO_3^-) dan nitrit (NO_2^-) yang terkandung dalam limbah tersebut tinggi. TSS: Dari hasil penelitian kadar TSS sebesar 0.05 ppm yakni kadar TSS nya termasuk rendah sehingga konsentrasi DO atau Oksigen terlarutnya rendah karena tidak mendapat suplai oksigen dan menyebabkan konsentrasi nitrat (NO_3^-) dan nitrit (NO_2^-) juga rendah. TDS: Dari hasil penelitian kadar TDS sebesar 0.36 ppm yakni kadar TDS termasuk rendah sehingga nitrat (NO_3^-) dan nitrit (NO_2^-) dapat dikatakan rendah tapi kalau didalam proses elektrokoagulasi terdapat bahan kimia maka nitrat (NO_3^-) dan nitrit (NO_2^-) bisa tinggi dan semakin banyak mikroorganisme atau senyawa-senyawa kimia, semakin banyak logam yang terkandung dalam proses elektrokoagulasi, Daya Hantar Listrik (DHL) nya tinggi dan hambatan atau resistensinya rendah.