

ELEKTROFLOTASI ION LOGAM PADA AIR LIMBAH

Oleh:

Asep Hodijat* dan Elin Nurlina**

* Dosen Kopertis yang di tempatkan pada jurusan Teknik Kimia Politeknik Industri Niaga Bandung (PINB)

** Dosen pada Fakultas Teknik Universitas Jenderal Achmad Yani (UNJANI)

Abstrak

Berbagai teknik pengolahan air buangan baik secara fisika, kimia atau secara biologi untuk menyisihkan bahan polutannya telah banyak dikembangkan. Metoda pengolahan tersebut dapat diaplikasikan secara sendiri-sendiri atau dikombinasikan. Metode secara fisika kimia untuk memisahkan suatu ion logam dengan bahan lainnya dalam suatu limbah cair, dapat dilakukan dengan elektroflotasi ion. Sifat flotasi suatu ion ditentukan oleh kemampuan ion logam tersebut untuk menempel pada gelembung gas, dan hal ini sangat dipengaruhi oleh sifat dari permukaan logam. Untuk menghasilkan sifat permukaan yang sesuai dengan yang diinginkan, maka dalam prosesnya perlu ditambahkan reagen-reagen yang dapat mengubah sifat dari permukaan logam tersebut. Elektroflotasi menghasilkan efek pemisahan gas secara elektrolitik. Efektivitas flotasi tergantung kepada beberapa faktor, diantaranya dispersitas, volume dari fase gas, tipe dan konsentrasi surfaktan, kondisi hidrodinamik pH dan kandungan ion dalam media.

Kata kunci: Flotasi, Elektroflotasi, surfaktan

I. PENDAHULUAN

Sejalan dengan berkembangnya industri dan teknologi pada masa pembangunan, akhir-akhir ini masalah lingkungan nampaknya semakin kompleks, karena industri selain dapat menghasilkan produk yang sangat diperlukan, pada kenyataannya industri tersebut menghasilkan pula produk samping yang sering dijumpai di lingkungan, yaitu berupa limbah yang dapat menyebabkan terjadinya masalah bagi lingkungan.

Saat ini Limbah yang keluar dari industri sering menjadi sorotan masyarakat, karena menyangkut kualitas air yang biasanya kotor, berbau dan berwarna. Buangan yang mengandung logam berat, buangan

organik yang lambat terurai secara alamiah ataupun buangan organik sintesis lainnya yang sangat sulit terurai oleh mikroorganisme semuanya mengalir ke air maupun ke tanah. Kadaan dimana kemampuan alam untuk melakukan pembersihan diri (self purifications) terlampaui, pada saat inilah polusi atau pencemaran mulai terjadi.

Melihat kenyataan ini, manusia tidak mampu mencegah dihasilkannya bahan limbah, yang dapat diusahakan hanyalah mengurangi jumlah beban limbah yang dihasilkannya. Dengan demikian maka harus diusahakan bagaimana cara pengolahan limbah yang paling efisien. Tanpa teknologi ini, tidak mungkin lingkungan hidup kita dapat dilestarikan.

II. PENGOLAHAN LIMBAH MELALUI ELEKTROFLOTASI ION

Pengolahan limbah dengan proses flotasi, biasanya banyak digunakan

untuk menyisihkan bahan-bahan yang mengapung seperti minyak dan lemak

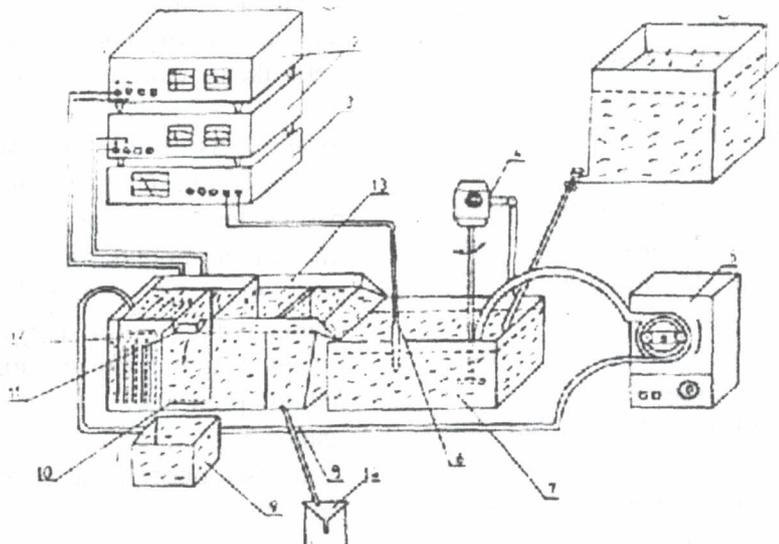
agar tidak mengganggu dalam proses pengolahan berikutnya, namun flotasi juga dapat digunakan dalam penyisihan bahan-bahan tersuspensi (clarifications) atau pemekatan Lumpur endapan (sludge thickening) dengan mengalirkan udara ke atas (air flotation).

Elektroflotasi ion merupakan metode secara fisika kimia untuk memisahkan suatu ion logam I dengan yang lainnya dalam suatu limbah cair, dengan

memanfaatkan sifat permukaan logam tersebut. Mekanisme flotasi didasarkan pada fenomena aktivitas permukaan mineral yang diinginkan sebagai hasil dari interaksi dengan reagen yang sesuai. Ada mineral yang hidrofilik dan ada yang hidrofobik, tergantung pada afinitas dari bahan terhadap permukaan cairan dan gas. Peristiwa adhesi akan memberikan pengubahan ion dari larutan yang diendapkan dengan pembentukan senyawa kompleks sebelum flotasi.

2.1 Skema instalasi

Suatu diagram rangkaian alat yang digunakan dalam elektroflotasi ion logam adalah sebagai berikut:



Gambar 1. Skema dari Instalasi flotasi ion

Keterangan gambar:

- | | |
|-------------------------|----------------------------------|
| 1. Penampung air limbah | 8. Outlet untuk air bersih |
| 2. Rectifier | 9. Kolom untuk produk busa |
| 3. pH-meter | 10. Elektroda (Katoda dan anoda) |
| 4. Mikser | 11. Outlet untuk produk busa |
| 5. Pompa peristaltic | 12. Elektroda (Katoda dan anoda) |
| 6. Elektrode | 13. Cell flotasi |
| 7. Kolom agitasi | 14. Test filter |

Elektroda yang dirangkai dalam Gb 1 ini terdiri dari 2 elektroda, elektroda pertama terdiri dari lapisan elektroda besi yang memberikan ion ferri, elektroda lain terdiri dari elektroda zone bebas yang menjaga dukungan kondisi hidrodinamik untuk terjadinya

flotasi dari partikel-partikel yang terdispersi.

Rangkaian proses pengolahan diawali dari proses penampungan air limbah, kemudian masuk ke dalam kolom pengadukan, air limbah dipompakan ke dalam sel elektroda yang dikontrol

dengan rectifier. Air limbah diberi perlakuan dengan reagen-reagen yang telah ditentukan, masuk ke dalam kolom flotasi. Air dari hasil flotasi kemudian ke dalam kolom filtrasi dan selanjutnya masuk ke outlet sebagai air bersih. Test flotasi dilakukan pada kolom flotasi yang bervolume 2000 cm³,

Volume dari gas yang dipisahkan secara elektrolitik diukur dalam suatu sel 50 cm³ anoda serta katoda platina, tekanan permukaan antara permukaan cairan dan gas, diukur dengan metode Wilhelmy dengan lempengan kaca. Konsentrasi ion hidrogen diukur oleh suatu pH meter digital "redelkis", konsentrasi ion logam ditentukan pada suatu spektrofotometer "ICP "Spectroflame" (Spectro analytical Instrumen). Konsentrasi residu xanthat diukur oleh "specord" spektrofotometer (Carl Zeiss, Jena) Efisiensi flotasi diestimasi dari konsentrasi residu dari ion logam.

Elektroflotasi menunjukkan adanya efek koagulasi dan pemisahan gas secara elektrolitik. Dalam hal ini ukuran gelembung udara yang terbentuk tergantung kepada potensial elektroda, konsentrasi surfaktan dan bentuk elektroda, Frumkin (1987), dalam Nishkov et al 1993). Perbedaan

dan gaya ikatan $F_y = \pi \cdot a \cdot y \cdot \sin \theta$ dan gaya apung $F_a = V \cdot g \cdot \rho$ dimana a adalah diameter dari gelembung yang berikatan dengan permukaan elektroda, y adalah tegangan permukaan dari ruang antar permukaan cairan dan gas, dan θ merupakan sudut kontak antara cairan dan gas. Nilai dari sudut kontak ini tergantung pada tegangan permukaan yang didefinisikan oleh persamaan Neumann sebagai berikut:

$$\cos \theta = \frac{Y_{s/g} - Y_{s/l}}{Y_{l/g}}$$

Dispersitas dari fase gas dapat ditambah oleh adanya perbedaan $Y_{s/g} - Y_{s/l}$. Hal ini dapat diperoleh dengan adanya penambahan dari polaritas elektroda atau oleh pengurangan tegangan permukaan pada ruang antar permukaan cairan dan gas.

Sifat flotasi suatu mineral ditentukan oleh kemampuannya untuk menempel pada gelembung gas, dan penempelan ini sangat dipengaruhi oleh sifat dari permukaan mineral. Untuk menghasilkan sifat permukaan yang sesuai dengan yang diinginkan, maka dalam prosesnya perlu ditambahkan reagen-reagen yang dapat mengubah sifat dari permukaan mineral dengan cara menyerap (mengadsorpsi) reagen pada permukaannya.

2.2 Reagen yang diperlukan

Pada umumnya reagen dapat dibagi menjadi 3 bagian, yaitu:

- a. **Kolektor**, suatu reagen kimia yang berfungsi untuk mengubah permukaan mineral agar sifatnya berubah menjadi hidrofobik. Kolektor akan menyelaputi permukaan mineral yang akan diflotasikan. Kolektor terdiri dari kolektor yang dapat terionisasi dalam air, dan kolektor yang tak terionisasi dalam air. Yang dapat terionisasi terdiri atas kolektor kationik dan kolektor anionik.
- b. **Pembuih**, suatu reagen kimia yang berfungsi untuk menurunkan tegangan permukaan cairan agar dihasilkan gelembung udara dalam jumlah yang cukup banyak. Jika gelembung yang dihasilkan stabil, maka gelembung dapat mengangkat butiran partikel sampai ke permukaan cairan
- c. **Modifier**, suatu reagen yang berfungsi untuk menambah selektifitas agar pemisahan berlangsung lebih baik. Terdiri atas aktivator, dispersan, pengatur pH dan depresan. Aktivator berfungsi untuk meningkatkan adsorpsi kolektor pada permukaan mineral. Dispersan berfungsi untuk melepaskan slime pada permukaan mineral, sehingga kontak permukaan dengan kolektor menjadi lebih baik. Sedangkan depresan biasanya dipakai bila terapungnya mineral yang tidak diinginkan hampir sama dengan mineral yang akan diflotasikan oleh kolektor tertentu

III. Elektro flotasi ion dari Limbah Cair

Elektroflotasi ion ini telah diteliti pada limbah yang dihasilkan dari proses penambangan logam tembaga (Alexandrova, L, 1993). Limbah tersebut mengandung ion-ion logam sebagai berikut:

Ion Logam	Konsentrasi (mg/L)
Cu	50,00
Zn	1,65
Co	0,75
Pb	0,15

3.1 Reagen yang digunakan untuk pengolahan ini terdiri atas:

- 1 % larutan Sodium Ethil Xanthat (NaEXt)
- Sodium Propil Xanthat (NaPrXt)
- Potassium Butil Xanthat (KBXt)
- Potassium Amil Xanthat (KAXt)
- Potassium Ethil Xanthat (KEXt)
- 10% larutan Sodium hidroksida
- 0,1 % larutan Potassium oleat (KOL)

Tabel I. Konsentrasi Residu ion Logam Terhadap Penggunaan Senyawa xanthat

Konsentrasi Residu (mg/L) dari	Xanthat			
	NaEXt	NaPr Xt	KBXt	KAXt
Cu	0,043	0,038	0,039	0,043
Zn	0,051	0,046	0,047	0,052
Co	0,043	0,041	0,039	0,042
Pb	0,038	0,046	0,045	0,048

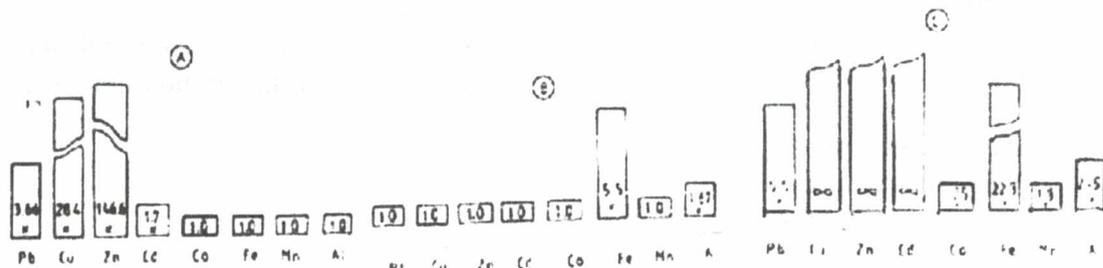
3.2 Hasil

Konsentrasi sisa logam yang ditemukan pada air yang telah diolah, tergantung kepada jenis senyawa xanthat yang digunakan. Efisiensi dari berbagai senyawa xanthat yang berbeda seperti ethil, propil, butil dan amil xanthat terhadap air limbah yang mengandung ion Cu, Zn, Pb dan Co dengan pemakaian xanthat secara stokiometris, menghasilkan efisiensi seperti dalam tabel 1.

Pada keadaan ini xanthat dipilih sebagai reagen, karena akan menghasilkan suatu kompleks chelat dengan ion tembaga, yang memiliki

sifat hidrofob yang tinggi serta produk yang terlarut rendah. Mekanisme reaksi yang terjadi adalah sbb

Jika pengendapan dengan xanthat tidak memberikan hasil yang maksimal, proses teknologi flotasi biasanya mencari jalan keluar dengan beberapa larutan yang mirip dengan senyawa tersebut. Pada pengolahan ini, senyawa potassium oleat (KOL), sebagai senyawa aktif permukaan (surfaktan) dicoba dikombinasikan dengan senyawa xanthat, efisiensi dari potassium ethil xanthat (KEXt) dibandingkan, hasilnya seperti dalam gambar 2.



Gambar 2. Rasio purifikasi (Pemurnian) Logam yang Terkandung dalam Air Limbah

(A) Q KEXt=12,5 mg/L, Q KOL=0 (B) Q KEXt=0 mg/L, Q KOL=12,5

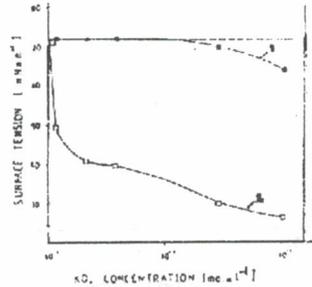
(C) Q KEXt=37,5 mg/L, Q KOL=12,5 mg/L

Berdasarkan gambar tersebut, dengan ditambahkan KOL, pemakaian KEXt berkurang 3 kali, serta menambah pemurnian air dari semua ion logam (Diagram C). Dari diagram C yang terbaik ternyata pada ion

tembaga, seng dan kadmium, konsentrasinya jauh di bawah

Penelitian lain yang dilakukan oleh Srinivansan dan De Levie (1986, dalam Alexandrova, L 1993) melaporkan bahwa dalam

menghasilkan gelembung gas, karena terhalangi lapisan yang terkondensasi pada permukaan elektroda.



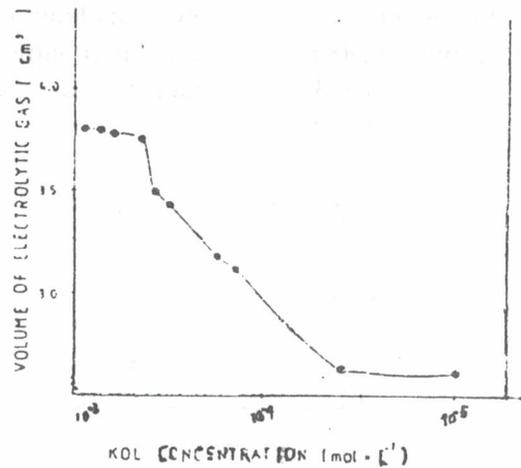
Gambar 3 . Perubahan Tegangan permukaan cairan-gas (Y l/g), pada konsentrasi KOL, dalam air limbah (1) dan pada air alkali yang didistilasi (2)

batas yang dapat dideteksi oleh analisis dengan spektrofotometer. Konsentrasi KOL sebagai surfactan berpengaruh terhadap nilai tegangan antara permukaan cairan dan gas (Y l/g), seperti terlihat dari Gambar 3. Gambar 3 menunjukkan bahwa gelembung gas dapat terpengaruh pada konsentrasi KOL lebih tinggi dari 6×10^{-5} mol/L. Efek pada konsentrasi tersebut menunjukkan bahwa KOL berpengaruh menurunkan volume gas elektrolitik. Studi mikroskopik memperlihatkan bahwa konsentrasi KOL dibawah 6×10^{-5} mol/L ukuran gelembung gas yang dipisahkan secara elektrolitik keberadaannya lebih stabil.

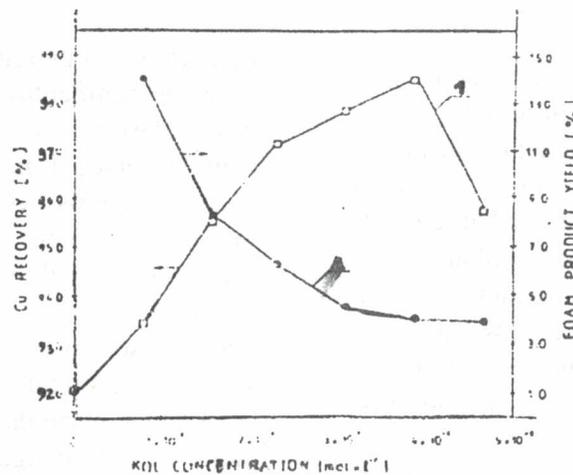
Pengaruh dari penggunaan KOL terhadap pembentukan gas, dapat dilihat dari Gb. 4 .

Gambar tersebut menunjukkan bahwa pada konsentrasi KOL diatas 4×10^{-5} mol/L, volume gas yang terpisah secara elektrolitik berkurang secara tiba-tiba.

Pada proses ini KOL selain bertindak sebagai surfactan penstabil lapisan busa, juga bertindak sebagai kolektor yang dibantu dengan elektrokoagulasi ferihidroksida, sehingga dapat membantu pengendapan dari kation dalam larutan. Pengaruh KOL pada flotasi ion tembaga dan perolehan produk busa, dapat dilihat pada gambar 5.



Gambar 4 . Perubahan Volume Gas Elektrolitik terhadap Konsentrasi KOL



Gambar 5 . Pengaruh konsentrasi KOL pada recovery tembaga(1) dan produk busa (2)

Pada proses ini KOL selain bertindak sebagai surfactan penstabil lapisan busa, juga bertindak sebagai kolektor yang dibantu dengan elektrokoagulasi ferihidroksida, sehingga dapat membantu pengendapan dari kation dalam larutan. Pengaruh KOL pada flotasi ion tembaga dan perolehan produk busa, dapat dilihat pada gambar 5.

Kurva 1 dalam Gb 5 menunjukkan persentase perolehan tembaga terhadap KOL, dan Kurva (2) menunjukkan persentasi produk busa sebagai fungsi dari pemakaian KOL.

Dalam hal ini efek dari KOL sebagai pembantu dalam menstabilkan busa, tidak berkaitan dengan peran KOL sebagai kolektor. KOL akan mempercepat adhesi diantara pengendap xanthat. Pada konsentrasi yang lebih tinggi dari 4×10^{-5} mol/L, pengendapan oleh xanthat bertambah secara drastis walaupun adsorpsi dari ion oleat berlangsung secara kontinyu pada permukaan koloid hingga konsentrasi 6×10^{-5} mol/L, seperti

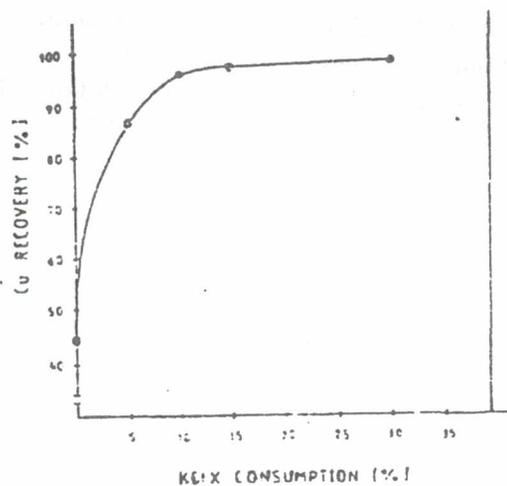
dapat dilihat dari kurva 1 pada gambar 3.

Phenomena yang dikemukakan oleh Bernascony et al (1987) untuk flotasi ion barium dengan sodium lauril sulfat dan flotasi ion zirconium oleh sodium alkil sulfat menunjukkan bahwa permukaan ion yang diendapkan, dikontrol oleh adsorpsi dari kolektor, partikel padat diflokulasi dan terapung cepat hanya apabila jumlah yang dikolektor dan yang diadsorpsi berada dalam satu lapisan tertentu.

Seperti dijelaskan di atas, studi tentang efek dari xanthat dengan panjang radikal hidrokarbon yang berbeda, flotasi dari endapan diperoleh secara efisien dengan menggunakan Ethil xanthat. Namun pemakaian optimal dari senyawa tersebut terjadi dengan adanya penambahan senyawa KOL

pada konsentrasi tertentu. Pengaruh penggunaan xanthat terhadap recovery tembaga seperti terlihat dari gambar 6. Gambar 6 menunjukkan bahwa recovery tembaga bertambah sekitar 98 % pada pemakaian KEXt sebanyak 10 hingga 15% dari pemakaian secara stokiometris. Secara lebih jauh pemakaian KEXt tidak mempengaruhi hasil yang dicapai.

Teknologi elektroflotasi yang digunakan dalam penyisihan ion mangan, seng, cobalt dan besi dari limbah, dapat berkurang hingga 0,14 mg/L; 0,09 mg/L; 0,06 mg/L dan 0,24 mg/L.



Gambar 6. Pengaruh Pemakaian KEXt Pada Recovery Tembaga

KESIMPULAN

1. Elektroflotasi merupakan metode fisika kimia dalam penyisihan ion logam .
2. Kombinasi dari kolektor dan Surfaktan dalam elektroflotasi ion , efektif mengubah keberadaan ion logam dalam limbah cair
3. Senyawa xanthat dapat membentuk senyawa kompleks chelat dengan ion logam, dengan menghasilkan sifat yang hidrofobik. Sehingga lebih mudah dalam proses flotasi.
4. Senyawa Kalium oleat (KOL) dapat berperan untuk menurunkan tegangan permukaan antara cairan dan gas, sehingga gelembung gas yang dihasilkan secara elektrolitik dapat bersifat lebih stabil. Gelembung gas berperan dalam mengangkat

ion logam ke permukaan cairan melalui proses flotasi

DAFTAR PUSTAKA

1. Kongsricharoern, N. and Polprasert, C (1996). Cr removal by a bipolar electro chemical precipitation process. Water Quality International '96 – 18th IAWQ Biennial International Conference, Preprint Book 3, Singapore
2. L. Alexandrova , T. Nedialkova, I. Nishkov. Electroflotation of metal ion in waste water. Central Laboratory of mineral processing, Bulgarian Academic of Sciences, Sofia 1126. P.O Box 32, Bulgaria, 1993
3. Metcalf & Eddy, (1991). Wastewater Engineering Treatment Disposal Reuse, 3rd ed., McGraw-Hill Inc., New York, USA

Gambar 4 . Perubahan Volume Gas Elektrolitik terhadap Konsentrasi KOL