

## PENURUNAN KADAR LOGAM BERAT LIMBAH CAIR INDUSTRI EMAS DENGAN KAUSTIK SODA

Agung Rasmito<sup>1</sup>, Suhadi<sup>2</sup>  
Jurusan Teknik Kimia, Universitas WR Supratman Surabaya<sup>1,2</sup>

### **Abstrak**

*Penelitian ini bertujuan untuk menurunkan kadar logam berat pada limbah cair industri emas (PT X) di Surabaya. Limbah industri PT. X ini memiliki kandungan logam – logam berat yang dapat disetarakan dengan limbah industri Electroplating. Limbah cair dari industri perhiasan emas sebagian besar merupakan limbah anorganik dengan kandungan asam yang cukup tinggi (pH rendah). Metode yang digunakan adalah metode presipitasi(pengendapan) dengan beberapa variable yaitu jenis bahan pengendap(NaOH dan CaOH), pH larutan dan waktu pengendapan. Dari hasil penelitian diketahui bahwa , dengan penambahan Ca(OH) maupun NaOH semakin tinggi pH , maka semakin besar pula % Removal logam Cu, Ni, Zn dan Fe. Demikian pula dengan variable waktu flokulasi maka semakin lama waktu flokulasi maka semakin besa.% Removal logam Cu, Ni, Zn dan Fe. Untuk pH optimum yang dapat menurunkan kadar logam Cu, Ni, Zn dan Fe adalah pada pH 12. Besarnya % removal logam Cu, Ni, Zn & Fe dengan penambahan koagulan NaOH berturut – turut adalah 99.993% , 99.877%, 99.946% dan 99.935%. Besarnya % removal logam Cu, Ni, Zn dan Fe dengan penambahan koagulan Ca(OH)<sub>2</sub> berturut – turut adalah 99.994%, 99.936%, 99.949% dan 99.941%. Sedangkan waktu flokulasi optimum untuk menurunkan kadar logam Cu, Ni, Zn dan Fe adalah pada waktu flokulasi 30 menit.*

**Kata kunci:** Logam berat, limbah cair, presipitasi.

### **1. Pendahuluan**

PT. X (Industri perhiasan emas di Surabaya Timur) merupakan industri yang menghasilkan perhiasan yang terbuat dari bahan emas, dimana dalam proses pembuatan perhiasan tersebut juga menghasilkan limbah cair yang banyak mengandung logam berat. Apabila limbah ini langsung di buang ke badan air penerima maka dapat menimbulkan dampak negatif terhadap lingkungan sekitar.

Limbah industri PT. X ini memiliki kandungan logam – logam berat yang dapat disetarakan dengan limbah industri Electroplating. Limbah cair dari industri perhiasan emas sebagian besar merupakan limbah anorganik dengan kandungan asam yang cukup tinggi (PH rendah).

| Kandungan Logam          | Cu       | Ni    | Zn     | Fe      |
|--------------------------|----------|-------|--------|---------|
| (ppm)                    | 29627.79 | 187.5 | 295.75 | 2562.79 |
| Standard Baku Mutu (ppm) | 5        | 1     | 20     | 20      |

Tabel 1.1. Karakteristik Limbah Cair PT. X

Dari table diatas menunjukkan bahwa kandungan logam berat yang berasal dari limbah cair PT. X , seperti logam Cu, Ni, Zn, Cd dan Fe melebihi kadar maksimum baku mutu limbah cair electroplating. Sehingga perlu untuk dilakukan pengolahan limbah cair tersebut untuk mereduksi kadar logam berat sebelum di buang ke badan air. Untuk menurunkan kadar logam tersebut diatas, PT. X telah melakukan pengolahan limbahnya sebelum dibuang ke badan air dengan menggunakan metode presipitasi , yaitu dengan menambahkan NaOH sebagai bahan reduktornya pada pH 8.5-10, namun kadar logam beratnya masih diatas ambang batas baku mutu yang diijinkan. Limbah cair PTX berasal dari proses Refinary, Proses Bombing dan glundung, Proses Pencucian dan Proses Pengaturan warna dan Bilasan. Rachmad dkk) telah melakukan penelitian pendahuluan menggunakan sample air limbah sebanyak 200 ml menggunakan metode Jar-tes dengan menggunakan komposisi air limbah dari keempat proses diatas sebagai variabel, dengan penambahan NaOH pada pH sekitar 8,5-10. Hasil penelitian menunjukkan bahwa pH awal limbah 2 sedangkan komposisi limbah terbaik adalah 13.37% limbah dari Bak penampung limbah I (proses Refinery), 1.96% limbah dari Bak penampung limbah II (proses Bombing dan glundung), 5.72% limbah dari Bak penampung limbah III (proses pencucian) , 78.95%limbah dari Bak penampung limbah IV (proses pengaturan warna & bilasan), dengan penurunan kadar logam berat berkisar antara 96-98 %. Roekmijati W.Soemantojo, Praswasti PDK. Wulan, dan Yulianti (2001) telah melakukan penelitian tentang “Presipitasi Bertahap Logam Berat Limbah Cair Industri Pelapisan Logam Menggunakan Larutan Kaustik Soda”.Hasil penelitiannya menunjukkan bahwa dengan variabel pH 4,6 dan 8 tidak berpengaruh secara signifikan terhadap penurunan kadar logam berat Cudan Fe.

Dari latar belakang diatas ,dapat diketahui bahwa kadar logam berat yang melebihi baku mutu pemerintah adalah logam Cu, Ni, Zn dan Fe sehingga dilakukan penelitian untuk menurunkan kadar logam – logam berat tersebut sampai sekecil mungkin dengan metode presipitasi. Banyak faktor yang mempengaruhi proses presipitasi, namun pada penelitian ini difokuskan pada variabel pH, waktu flokulasi dan jenis reduktor. Jenis reduktor yang digunakan adalah NaOH dan Ca(OH)<sub>2</sub>. Ca(OH)<sub>2</sub> digunakan sebagai pembanding NaOH yang selama ini digunakan dengan harapan didapat reduktor yang lebih efektif dan efisien.

Tujuan dari penelitian ini adalah untuk mendapatkan harga pH larutan dan waktu pengendapan yang memberikan % removal dari logam Cu, Ni, Zn dan Fe yang paling besar.. Disamping itu juga untuk mengetahui diantara dua reduktor yang digunakan mana yang lebih efisien.

Hasil penelitian ini diharapkan dapat digunakan sebagai referensi, sebagai bahan perbandingan maupun sebagai acuan bagi industri industri yang sejenis dalam mengolah limbah cair terutama dalam penurunan logamberat yang terkandung didalamnya.

## 2. Teori Dasar

Pada dasarnya logam berat dalam air buangan dapat dipisahkan dengan berbagai cara yaitu dengan proses fisika, kimia dan biologi. Proses pengambilan logam berat yang terlarut dalam suatu larutan biasanya dilakukan dengan cara *presipitasi, reverse osmosis, ion exchange dan adsorpsi*.

Penurunan kandungan logam berat pada air limbah industri ini, dapat dilakukan dengan proses secara fisik – kimia. Teknologi pengolahan air limbah yang mengandung logam – logam, telah lama dikembangkan dan sampai saat tetap “establish” yaitu dengan prinsip.

### Proses Produksi PT. X :

#### 1. Peleburan

Proses ini adalah proses untuk membuat kadar emas sesuai dengan keinginan. Bahan baku terdiri dari emas, perak dan tembaga. Proses peleburan menggunakan system induksi panas dengan menggunakan tenaga listrik dalam suatu bejana reactor. Hasil peleburan berupa emas cair yang siap untuk di cetak / di casting.

##### 1. Pencetakan

Pada unit proses ini merupakan proses pembuatan perhiasan (kalung, gelang, cincin, dll) dimana emas cair dengan kadar (karat) tertentu yang dihasilkan dari proses peleburan dicetak.

##### 2. Pembentukan

##### 3. Finishing

Pada unit proses ini semua produk dari unit pembentukkan dilakukan proses penghalusan & pencucian dengan menggunakan air & NaCN. Proses penghalusan dilakukan dengan mesin penghalus pada unit Bombing dan unit Glundung. Dari proses ini dihasilkan limbah cair yang bersifat basa cyanide, dan basa non cyanide

##### 4. Pencucian

Perhiasan yang telah dihaluskan kemudian dicuci. Pencucian dilakukan berulang – ulang sehingga di peroleh perhiasan dengan kilap tertentu. Di dalam ini dilakukan proses penghilangan kotoran & lemak, dengan menggunakan air dan detergen . Dari proses ini dihasilkan limbah detergen dan limbah yang mengandung NaCN serta logam berat.

5. Pengaturan Warna & Bilasan

Pada proses ini penyepuhan dilakukan dengan mencelupkan bahan – bahan ke dalam larutan elektrolit yang mengandung emas. Setelah disepuh, perhiasan dicuci dengan larutan basa & di bilas dengan air.

6. Refinery

Barang rusak/gagal produksi dikumpulkan pada unit proses ini. Dimana pada proses ini digunakan bahan pelarut emas yaitu air raja yang terdiri dari HCl dan HNO<sub>3</sub> pekat dalam reactor peleburan. Dari proses ini dihasilkan limbah cair dan gas buang yang bersifat Asam.

Limbah cair pada PT X, merupakan limbah yang dihasilkan dari proses – proses diatas adalah sebagai berikut :

1. Proses bombing dan proses glundung : menghasilkan limbah yang mengandung Basa Cyanide & Basa non - Cyanide.
2. Proses pencucian : menghasilkan limbah detergen yang mengandung Basa detergen
3. Proses Pengaturan Warna & Bilasan : menghasilkan limbah bilasan yang bersifat Basa
4. Proses Refinery : menghasilkan limbah asam yang bersifat Asam

Dengan volume limbah terbesar adalah limbah dari proses Pengaturan warna & Bilasan.

Seperti diketahui bahwa pengolahan limbah dengan metode presipitasi ini merupakan salah satu metode pengolahan limbah yang banyak digunakan untuk memisahkan logam berat dari limbah cair. Dalam metode presipitasi kimia dilakukan penambahan sejumlah zat kimia tertentu untuk mengubah senyawa yang mudah larut ke bentuk padatan yang tak larut. Tiap-tiap logam memiliki karakteristik pH optimum presipitasi tersendiri, yaitu pH pada saat logam tersebut memiliki kelarutan minimum. Oleh karena itu pada limbah yang mengandung beragam logam presipitasi dilakukan secara bertahap, yaitu dengan melakukan perubahan pH pada tiap tahapannya sehingga logam-logam tersebut dapat mengendap secara bertahap. (*Mc Graw "Resources and Enviromental Engineering*).

Presipitasi kimia adalah suatu prosedur standar untuk menyisihkan/menurunkan kandungan logam berat dari air dan air limbah. Pembentukan presipitat sangat ditentukan oleh penambahan bahan kimia sebagai pengikat logam – logam. Dosis bahan kimia yang dibutuhkan relative sulit dihitung secara teoritis, umumnya ditentukan melalui percobaan dalam skala Laboratorium. Percobaan dengan penentuan dosis bahan kimia untuk proses presipitasi atau koagulasi ini sering disebut sebagai Jar – Test. Adapun yang mempengaruhi percobaan dengan Jar – Test ini, antara lain :

1. Bahan kimia yang dipakai untuk mereduksi kadar logam berat
2. Penambahan dosis bahan reduktor
3. pH
4. Kecepatan pengadukan
5. Waktu flokulasi

Penurunan kadar logam berat terutama tergantung pada dua factor, yaitu :

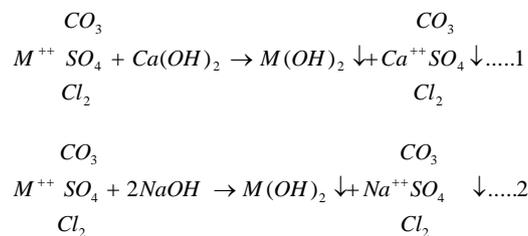
1. Kelarutan teoritis yang membentuk spesies padatan terlarut sebagai fungsi dari konstanta kesetimbangan kelarutan, pH dan konsentrasi bahan pembentuk presipitat.

2. Pemisahan padatan dari larutan yang membawanya.

Logam – logam berat umumnya dipresipitasi sebagai hidroksidanya dengan penambahan Kapur  $\text{Ca(OH)}_2$  atau Soda Api ( $\text{NaOH}$ ) untuk menjaga minimum PH kelarutan. Namun, ada beberapa jenis logam yang bersifat amfoter sebagaimana ditunjukkan pada gambar 1. Kelarutan Chrom (Cr) dan Seng (Zn) secara teoritis minimum masing – masing pada pH 7.5 dan 10.2 dan menunjukkan suatu kenaikan signifikan dalam konsentrasi jika diatas atau dibawah nilai PH tersebut.

Pada beberapa keadaan faktor – faktor diatas dapat mengganggu proses presipitasi karena kelebihan ion – ion yang berbeda muatannya, yang dapat menyebabkan presipitat tidak dapat mengendap/dipisahkan dari air yang membawanya. Oleh karenanya diperlukan suatu tambahan spesies kimia yang membantu proses presipitasi. Bahan kimia ini disebut sebagai bahan kopresipitasi, yang berfungsi untuk menyerap & menggumpalkan. Logam yang bersifat kopresipitat adalah Alumunium hidroksida /  $\text{Al(OH)}_3$  dan Feri hidroksida /  $\text{Fe(OH)}_3$ . (*Eckenfelder, W. Wesley, Jr. “ Industrial Water Pollution Control 2<sup>nd</sup> ed,” McGraw – Hill International*)

Logam – logam berat umumnya dipresipitasi sebagai  $\text{OH}^-$ ,  $\text{CO}_3^{2-}$ , dan  $\text{S}^{2-}$ . Logam diendapkan sebagai hidroksida dengan penambahan Kapur  $\text{Ca(OH)}_2$  atau Soda Api ( $\text{NaOH}$ ) untuk menjaga minimum pH kelarutan. Namun, ada beberapa jenis logam yang bersifat amfoter sebagaimana ditunjukkan pada gambar 1. Kelarutan Chrom (Cr) dan Seng (Zn) secara teoritis minimum masing – masing pada pH 7.5 dan 10.2 dan menunjukkan suatu kenaikan signifikan dalam konsentrasi jika diatas atau dibawah nilai pH tersebut. Reaksi – reaksi Presipitasi hidroksida untuk semua logam – logam kationik ( $\text{M}^{++}$ ) adalah sama dengan yang ditunjukkan dengan reaksi sebagai berikut :



Pemakaian kapur lebih menguntungkan daripada pemakaian Soda Api karena garam – garam kapur bersifat mengendap dan dapat bertindak sebagai Ko-presipitat. Kerugian pemakaian kapur adalah jumlah Lumpur yang dihasilkan lebih banyak dibandingkan dengan penggunaan Soda, tetapi secara ekonomi lebih murah pemakaian kapur karena harganya lebih murah & mudah didapatkan dipasaran.

Untuk presipitasi logam berat limbah cair industri electroplating dengan menggunakan caustic soda, maka sebelumnya dilakukan penambahan  $\text{NaHSO}_3$  40% untuk mengendapkan Cr(VI). Karena Cr(VI) sukar mengendap dengan menggunakan caustic. Logam Cr akan mengalami kenaikan proses penyisihan dengan meningkatnya volume reduktor. Logam Cu, Fe dan Mn akan mengalami penurunan proses penyisihan logam dengan semakin besarnya volume reduktor. Proses penyisihan tertinggi untuk logam Cr 98.04% dicapai pada (pH 8.2) Cu sebesar 99.94% pada (pH 8.5), Fe sebesar 99.97% (pH 7) sedangkan Mn sebesar 99.5% (pH 8.8)<sup>5</sup>

Logam berat dapat pula dipresipitasi sebagai sulfida dan karbonat, seperti dalam kasus pengolahan limbah timah (Pb). Kelarutan Sulfida dan Karbonat umumnya lebih rendah daripada bentuk Hidroksida, sehingga lebih sulit mencapai konsentrasi effluent pengolahan yang diinginkan. Beberapa bentuk reaksi Sulfida dan Karbonat.

Presipitasi Karbonat baik untuk pengendapan logam Pb dan Ni. Pengolahan logam yang mengandung logam, kadang kala diperlukan pengolahan pendahuluan untuk menghilangkan ion – ion pengganggu proses presipitasi logam. Cyanida dan Ammoniak dapat membentuk senyawa kompleks dengan logam – logam dan mengganggu proses presipitasi. Cyanida dapat dihilangkan dengan khlorinasi alkali atau dengan oksidasi katalitik. Akan tetapi limbah Cyanida yang mengandung nickel dan perak sulit untuk dihilangkan dengan metode khlorinasi alkali.

Ammoniak bisa dihilangkan dengan aerasi, khlorinasi titik retak. Kelarutan logam – logam dengan atau tanpa adanya ammmoniak sebagai fungsi pH dapat dilihat pada gambar 2.

Pada presipitasi Arsen dan Besi, oksidasi mungkin memerlukan penggunaan klor atau permanganate. Untuk pengolahan limbah khrom, khrom heksavalensi ( $Cr^{6+}$ ) harus direduksi terlebih dahulu menjadi khrom trivalent ( $Cr^{3+}$ ) dan kemudian di presipitasi dengan kapur.<sup>2</sup>

## **Performansi (kinerja) Proses Penyisihan Logam**

### **Cadmium (Cd)**

Cadmium disisihkan dari air limbah dengan proses presipitasi dan dapat dilanjutkan dengan proses ion exchange. Pada beberapa kasus untuk meningkatkan proses presipitasi dapat diawali dengan proses pemekatan air limbah dengan pengupan. Cadmium membentuk suatu Hidroksida tak larut dan sangat stabil pada pH tinggi, pada pH 8 kelarutan Cadmium sebesar  $1000\mu\text{g/l}$  dan pada pH 10 – 11 kelarutan Cadmium sebesar  $50\mu\text{g/l}$ . Pemakaian kapur (CaO) menghasilkan pengendapan yang baik, sedangkan pemakaian NaOH memerlukan proses penyaringan. Pemakaian kopresipitat  $\text{Fe}(\text{OH})_3$  dapat mereduksi Cadmium sampai  $8\mu\text{g/l}$  pada pH 6.5 dan  $50\mu\text{g/l}$  pada PH 8.5

Cadmium tidak dapat terpresipitasi jika ada ion kompleks seperti Cyanida (CN). Oleh karenanya diperlukan pengolahan pendahuluan untuk menghilangkan ion – ion kompleks tersebut. Pemakaian bahan kimia Hidrogen Peroksida ( $\text{H}_2\text{O}_2$ ) dapat mengoksidasi CN sekaligus membentuk presipitat  $\text{Cd}(\text{OH})_2$ .

### **. Tembaga (Cu)**

Metode pengolahan standart untuk tembaga adalah presipitasi. pH optimum untuk presipitasi Cu adalah pH 9 dan pH 10. Pengolahan yang efektif telah diobservasi terjadi pada nilai pH operasi yang lebih rendah.

Kapur dan soda digunakan secara luas untuk presipitasi Cu. Namun, dalam air limbah tembaga sulfat, penambahan kapur akan menghasilkan Kapur Sulfat yang mudah mengendap

sehingga disarankan tidak menggunakan filter, karena dapat mengikat media pasir menjadi gumpalan yang keras.

Cupri Oksida memiliki kelarutan minimum antara pH 9.0 dan 10.3 dengan suatu kelarutan sebesar 10 µg/l. Secara prakteknya mengindikasikan bahwa secara teknis maksimum tingkat pengolahan yang layak untuk Tembaga dengan proses presipitasi adalah 20 – 70 µg/l sebagai tembaga terlarut. Presipitasi dengan Sulfida pada pH 8.5 akan menghasilkan effluent dengan konsentrasi Tembaga sekitar 10 – 20 µg/l.

Proses presipitasi tembaga sulit mencapai konsentrasi sisa yang rendah jika air limbah mengandung senyawa pengkompleksnya seperti CN atau Ammoniak. Sehingga senyawa pengkomplek ini harus dihilangkan terlebih dahulu dengan penyerapan memakai karbon aktif sebelum proses presipitasi.

### **Nickel (Ni)**

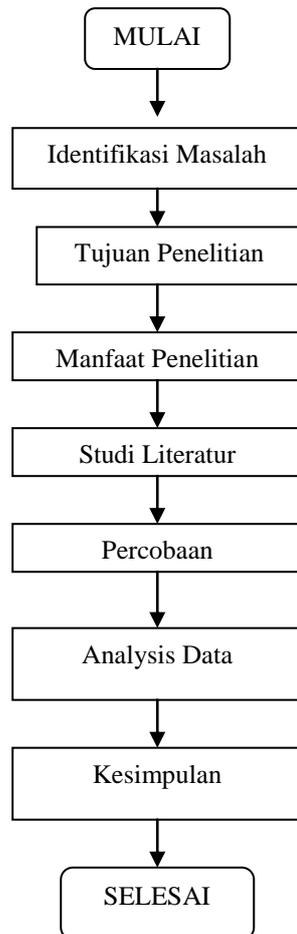
Presipitasi adalah standart pengolahan untuk mengontrol Nickel dalam buangan industri, walaupun dalam hal yang khusus seperti untuk recovery pada industri electroplating, telah digunakan metode reverse osmosis. Teknologi ini sangat efektif, secara prinsip hanya baik digunakan untuk buangan nickel yang bersifat alkali.

Nickel membentuk Nickel Hidroksida tak larut dengan penambahan Kapur, menghasilkan suatu kelarutan minimum 120 µg/l pada pH 10 – 11. Nickel dapat juga dipresipitasi sebagai Karbonat atau Sulfat yang digabungkan dengan system recovery. Dalam prakteknya, penambahan Kapur (pH 11.5) dapat diperkirakan menghasilkan konsentrasi residu Nickel sebesar 150µg/l setelah pengendapan dan filtrasi. Recovery Nickel dapat dilakukan dengan ion exchange atau evaporasi.

### **3. Metode Penelitian**

Penelitian ini dilakukan melalui beberapa tahap meliputi penyiapan sample, percobaan(eksperimen) dan analisa hasil. Penyiapan sample sebanyak 200ml dilakukan dengan mencampur keempat sumber limbah yaitu limbah dari proses refinery, limbah bombing dan glundung, proses pencucian, dan limbah pengaturan warna dan bilasan masing masing 13,37%, 1,96%, 5,72% dan 78,95%. Kemudian dilakukan eksperimen (proses presipitasi) dengan metode Jar-Tes dengan variabel pH 8,9,10,11 dan 12, waktu pengendapan 15, 20, 25 dan 30 menit serta jenis reduktor NaOH dan Ca(OH)<sub>2</sub>. Analisa hasil dilakukan dengan AAS. Adapun skema penelitian, penyiapan sample maupun prosedur penelitian secara keseluruhan dapat dilihat pada skema-skema berikut.

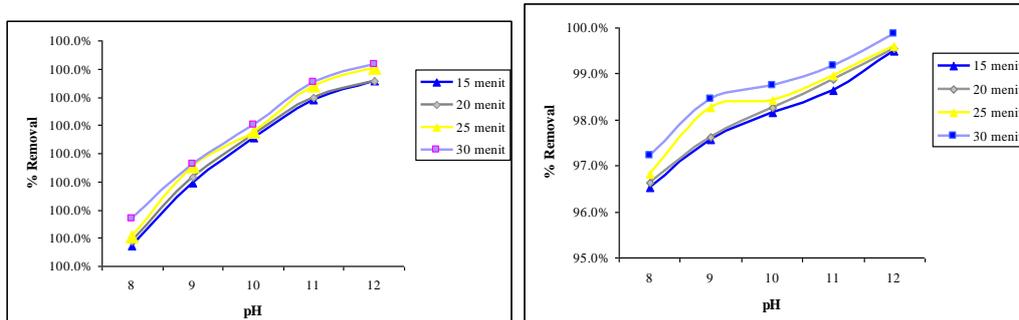
### Skema Penelitian



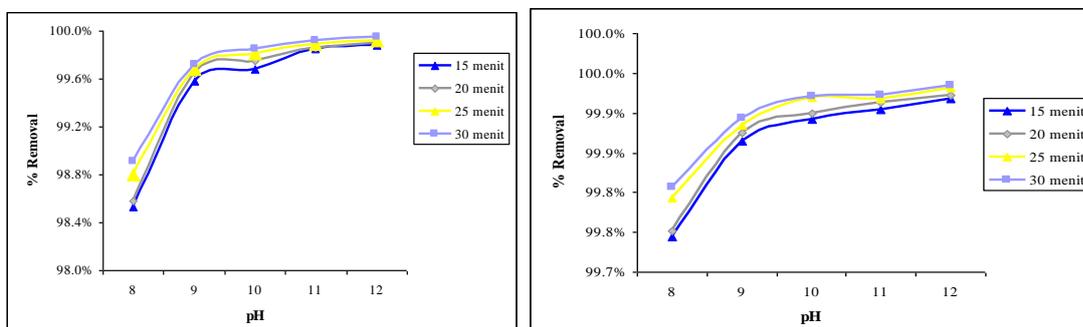
### 4.Hasil Pembahasan

Analisis kandungan logam berat pada sample awal maupun setelah eksperimen dilakukan dengan metode AAS, sedangkan perhitungan % removal dihitung dengan rumus sebagai berikut:

$$(\%) \text{ Removal} = \frac{\text{Kadar Awal} - \text{Kadar Akhir}}{\text{Kadar Awal}} \times 100\%$$

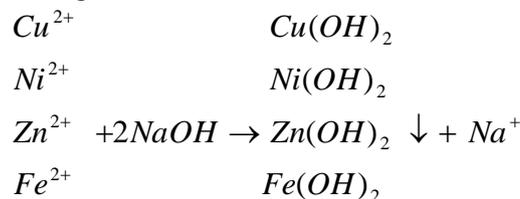


Grafik 1 dan 2. pH Versus % Removal logam Cu dan Ni dengan reduktor NaOH.

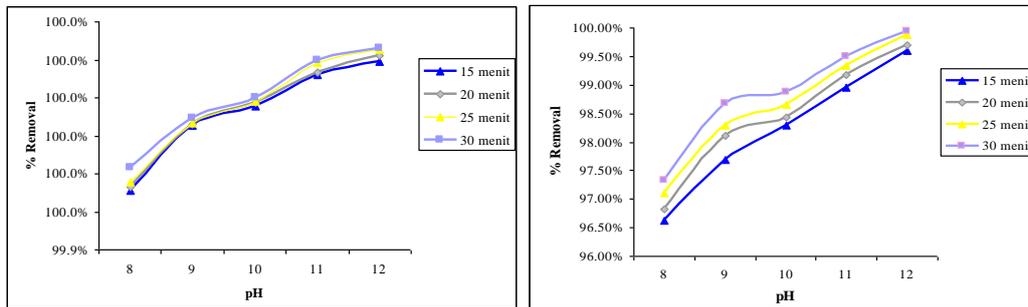


Grafik 3.dan 4 pH Vs % Removal logam Zn dan Fe dengan reduktor NaOH

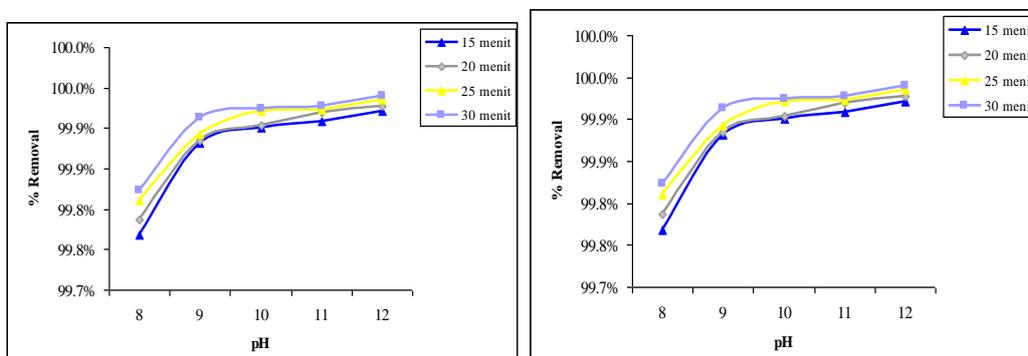
Grafik 1, 2, 3, dan 4 menunjukkan pengaruh pH terhadap % removal logam Cu, Ni, Zn dan Fe dengan penambahan reduktor NaOH pada waktu flokulasi sesuai dengan variable (15, 20, 25 dan 30 menit). Dari grafik – grafik diatas terlihat bahwa semakin besar pH maka % removal logam semakin besar. Sebagai contoh dari Grafik 4. terlihat bahwa dengan penambahan bahan reduktor NaOH dengan waktu flokulasi 30 menit, % removal logam Fe pada pH 8, 9, 10, 11 & 12 berturut – turut adalah 99.807%, 99.893%, 99.921%, 99.923%, dan 99.935% . Dimana % removal tertinggi adalah pada pH 12 yaitu sebesar 99.935%, hal ini menunjukkan bahwa semakin tinggi pH maka % removal logam semakin besar. Dalam literature menyebutkan bahwa pH sangat berpengaruh pada saat ion – ion logam terikat dengan OH<sup>-</sup> yang ada pada reduktor (NaOH) dan membentuk endapan. Reaksi ikatan ion – ion logam tersebut adalah sebagai berikut :



Selain itu semakin tinggi pH maka semakin besar konsentrasi ion OH<sup>-</sup> sehingga kelarutannya semakin besar. Hal ini ditunjukkan dengan hubungan pH dengan kelarutan sebagai berikut pH = log OH<sup>-</sup> dimana OH<sup>-</sup> = s dan s = K<sub>SP</sub>

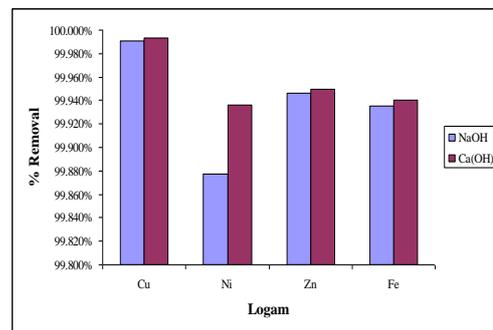


Grafik 5 dan 6. pH Vs % removal logam Cu dan Ni dengan reduktor  $\text{Ca}(\text{OH})_2$



Grafik 7. dan 8 pH Vs % removal logam Zn dan Fe reduktor  $\text{Ca}(\text{OH})_2$

Dari Grafik.5, 6, 7, dan 8 menunjukkan pengaruh pH terhadap % removal logam Cu, Ni, Zn dan Fe dengan penambahan reduktor  $\text{Ca}(\text{OH})_2$  dengan masing – masing variable waktu flokulasi (15, 20, 25 & 30 menit). Dari grafik tersebut juga menunjukkan bahwa semakin besar pH maka % removal masing – masing logam semakin besar. Sebagai contoh : pada Grafik 8 terlihat bahwa dengan penambahan bahan reduktor  $\text{Ca}(\text{OH})_2$  dengan waktu flokulasi 30 menit, % removal logam Fe pada pH 8, 9, 10, 11 & 12 berturut – turut adalah 99.822 %, 99.913%, 99.924 %, 99.927% dan 99.941% Dimana % removal tertinggi adalah pada pH 12 yaitu sebesar 99.941%, hal ini menunjukkan bahwa semakin tinggi pH maka % removal logam semakin besar. Dalam literature menyebutkan bahwa pH sangat berpengaruh pada saat ion – ion logam terikat dengan  $\text{OH}^-$  yang ada pada reduktor ( $\text{NaOH}$ ) dan membentuk endapan.



Grafik 9. % Removal logam Cu, Ni, Zn dan Fe dengan reduktor NaOH dan Ca(OH)<sub>2</sub> dan waktu 30 menit.

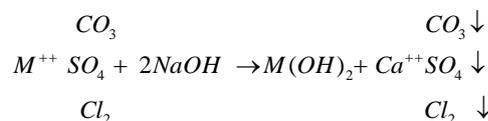
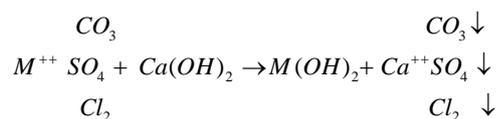
Dari grafik 9. menunjukkan bahwa % removal terbesar pada pH 12 dengan waktu flokulasi 30 menit adalah logam Cu baik dengan menggunakan reduktor NaOH maupun Ca(OH)<sub>2</sub>. Dimana besarnya % removal hampir mendekati 100% yaitu 99.993% dengan menggunakan bahan reduktor Ca(OH)<sub>2</sub> dan 99.990% dengan menggunakan reduktor NaOH. Terlihat bahwa logam Cu sudah terlarut sempurna pada pH 12, hal ini terjadi karena Cupri Oksida memiliki kelarutan minimum antara pH 9.0 dengan suatu kelarutan sebesar 10 µg/l<sup>4</sup> sehingga untuk mendapatkan % removal logam Cu yang besar diperlukan pH yang lebih besar daripada pH kelarutan minimumnya.

Sedangkan % removal terkecil terjadi pada logam Ni yaitu 99.877% dengan reduktor NaOH dan 99.936% dengan reduktor Ca(OH)<sub>2</sub>. Dimana logam Nickel membentuk Nickel Hidroksida tak larut dengan penambahan Kapur, menghasilkan suatu kelarutan minimum 120 µg/l pada pH 10 – 11. Dari grafik 17, terlihat bahwa % removal logam Ni pada pH 12 cukup besar tetapi belum mencapai 99.99% hal ini terjadi karena logam Ni yang terlarut mulai terjadi pada pH 11 sehingga pada pH 12 logam Ni yang terlarut tidak begitu besar.

Begitu pula untuk logam Zn, dari **Grafik.7** terlihat bahwa % removalnya belum mencapai 99.99% yaitu hanya sebesar 99.949% dengan menggunakan reduktor Ca(OH)<sub>2</sub> dan 99.946% dengan reduktor NaOH. Hal ini terjadi karena logam Zn mempunyai kelarutan minimum pada pH 10.5, dimana logam Zn mulai terlarut pada pH 10.5 sehingga pada pH 12 logam Zn yang terlarut masih sedikit. Untuk logam Fe, dari **Grafik.7** terlihat bahwa % removalnya belum mencapai 99.99% yaitu hanya sebesar 99.941% dengan menggunakan

reduktor  $\text{Ca(OH)}_2$  sedangkan dengan reduktor  $\text{NaOH}$  diperoleh 99.935%. Hal ini terjadi karena logam Fe mempunyai kelarutan minimum pada pH 10, dimana logam Fe mulai terlarut pada pH 10 sehingga pada pH 12 logam Fe yang terlarut masih sedikit. Dari uraian diatas menunjukkan bahwa besarnya % removal masing – masing logam berbeda – beda, hal ini terjadi karena kelarutan masing – masing logam berbeda – beda. Seperti diketahui bahwa kelarutan logam sangat dipengaruhi oleh pH, konsentrasi bahan reduktor dan bahan pembentuk presipitat (koagulan) sehingga perlakuan pH untuk masing – masing logam tidak sama. Seperti contoh logam Cu dapat terlarut optimum pada pH 12 sedangkan logam Ni masih belum terlarut optimum pada pH tersebut.

Dari grafik 9 juga terlihat bahwa penambahan bahan reduktor kapur ( $\text{Ca(OH)}_2$ ) lebih bagus dibanding dengan menggunakan caustic soda ( $\text{NaOH}$ ) dalam meremoval logam, hal itu disebabkan kapur mengendapkan logam lebih cepat dan dapat bertindak sebagai Ko-presipitat. Reaksi – reaksi Presipitasi hidroksida untuk semua logam – logam kationik ( $\text{M}^{++}$ ) adalah sama dengan yang ditunjukkan dengan reaksi sebagai berikut :



Perbedaan penambahan bahan reduktor  $\text{NaOH}$  dengan  $\text{Ca(OH)}_2$  dari segi efisiensi biaya maupun operasionalnya ditunjukkan dengan table dibawah :

| Parameter              | NaOH    | Ca(OH) <sub>2</sub> |
|------------------------|---------|---------------------|
| Biaya operasional      | Mahal   | Murah               |
| Lumpur yang dihasilkan | Sedikit | Banyak              |
| Kecepatan pengendapan  | Lambat  | Cepat               |

Tabel 4.1 Perbandingan koagulan NaOH dan Ca(OH)<sub>2</sub> :<sup>3</sup>

Dari tabel diatas terlihat bahwa kerugian menggunakan kapur adalah jumlah lumpur yang dihasilkan lebih banyak dibandingkan dengan penggunaan NaOH, tetapi Lumpur yang dihasilkan sebagai limbah padat dapat diolah lagi menjadi Paving. Secara ekonomi harga kapur lebih murah dibandingkan dengan NaOH

Dari penelitian yang telah dilakukan oleh Praswasti PDK Wulan dalam penurunan logam berat Cu dan Fe dengan variable pH 4, 6 dan 8 tidak begitu berpengaruh terhadap penurunan kadar logam karena pH minimal dari kedua logam tersebut adalah pada pH 10 untuk logam Cu dan 12 untuk logam Fe. Sedangkan penelitian ini variable pH yang diambil adalah pada pH 8, 9, 10, 11 dan 12 untuk menentukan pH optimum dari masing – masing logam. Dari hasil penelitian ini didapatkan bahwa pH optimum untuk logam Cu dan Fe ada diatas pH 10.

## 5. Kesimpulan

Dari penelitian yang telah dilakukan dapat ditarik kesimpulan sebagai berikut :

1. % Removal terbesar pada pH dan waktu flokulasi optimum dengan penambahan bahan reduktor NaOH adalah logam Cu dengan % removal sebesar 99.993%. Sedangkan % removal terbesar pada pH dan waktu flokulasi optimum dengan penambahan bahan reduktor Ca(OH)<sub>2</sub> adalah logam Cu dengan % removal sebesar 99.994%

2. Penambahan bahan reduktor  $\text{Ca(OH)}_2$  lebih baik dibandingkan NaOH karena menghasilkan % removal logam Cu, Ni, Zn dan Fe lebih besar dan dari segi efisiensi biaya maupun pengolahannya.

### Daftar Pustaka

1. Afiatun, Evi, Wahyui, Sri, Rachmawaty, Agustini, (2004), "Perolehan Kembali Cu dari Limbah Elektroplating dengan Menggunakan Reaktor Unggun Terfluidisasi", Infomatek, Volume 6 No.1, 27 - 36.
2. Day, R.A., Jr., and A.L. Underwood, (1991), "Analisa Kimia Kuantitatif Edisi ke-4", Penerbit Erlangga, Jakarta.
3. Eckenfelder, W.Wesley, Jr., (1989), "Industrial Water Pollution Control 2nd ed.", McGraw-Hill International, Singapore.
4. N. HAAS, Charles, J.Vamos, Richard, "Hazardous and Industrial Waste Treatment", Prentice Hall, Engelwood Cliffs, New Jersey 07632
5. Roekmijati W. Soemantojo, Praswasti PDK. Wulan, dan Yulianti (2001) "Presipitasi Bertahap Logam Berat Limbah Cair Industri Pelapisan Logam Menggunakan Larutan Kaustik Soda", Jurusan Teknik Gas dan Petrokimia, Fakultas Teknik Universitas Indonesia
6. Soeprijanto, Aryanto, Bambang, Fabella, Ryan, (2007), "Biosorpsi Ion Logam Berat Cu(II) dalam Larutan Menggunakan Biomassa *Phanerochaete Chrysosporium*", Jurnal Ilmiah Sains dan Teknologi, Vol.6 No.1, 61-67
7. W. Patterson, James, "Industrial Wasterwater Treatment Technology", second Edition, McGraw-Hill International, Singapore
8. \_\_\_\_\_, Keputusan Menteri Negara Lingkungan Hidup Nomor: KEP-51/MENLH/10/1995. <http://www.bapedal.go.id/kepmen>.