

PENGAMBILAN LOGAM Ni DALAM LIMBAH ELEKTROPLATING DENGAN PROSES KOAGULASI FLOKULASI

Lukman Hakim (L2C004242) dan Yayat Iman Supriyatna (L2C004285)

Jurusan Teknik Kimia, Fakultas Teknik, Universitas Diponegoro
Jl. Prof. Sudharto, Tembalang, Semarang, 50239, Telp./Fax. 024-7460058
Pembimbing : Dr. Ir. Purwanto, DEA

Abstrak

Kegiatan industri elektroplating sering menimbulkan permasalahan lingkungan, karena banyak mempergunakan bahan-bahan kimia yang berbahaya. Salah satu diantaranya adalah Nikel (Ni) yang dipergunakan sebagai bahan baku pelapisan logam. Melihat dari permasalahan tersebut, perlu dikembangkan suatu teknik pengolahan limbah untuk mengurangi kadar salah satu unsur logam yang ada di dalam limbah. Penelitian ini bertujuan untuk mengambil logam Nikel dengan proses koagulasi flokulasi. Variabel proses penelitian ini bertujuan untuk mengetahui pH optimum, pengaruh konsentrasi koagulan, jenis koagulan yang efektif, dan kecepatan pengadukan dalam pengambilan logam nikel dari limbah elektroplating dengan proses koagulasi flokulasi. Limbah yang digunakan dalam penelitian ini adalah limbah elektroplating dengan konsentrasi awal 14,823 ppm. Variabel yang digunakan adalah pH koagulasi 6, 7, 8, 9, dan 10, konsentrasi koagulan 100 mg/l, 200 mg/l, 300 mg/l, 400 mg/l, dan 500 mg/l, jenis koagulan tawas, PAC, dan ferro sulfat, kecepatan pengadukan 100 rpm, 115 rpm, 160 rpm dan 200 rpm. Dari hasil penelitian diperoleh pH paling optimum untuk mengendapkan Ni yaitu pH 9, jenis koagulan yang paling efektif yaitu tawas, pengaruh variabel konsentrasi koagulan yaitu semakin banyak jumlah koagulan semakin banyak Ni terlarut yang dapat dikoagulasi dan mengendap, dan pengaruh variabel kecepatan pengadukan yaitu semakin cepat kecepatan pengadukan semakin banyak Ni terlarut yang dapat dikoagulasi dan mengendap.

Kata kunci : elektroplating; flokulasi; koagulasi; nikel

Abstract

Electroplating industry with the effect to the environment, need to developed one technic recovery electroplating waste to get either on of metal element. This research will recover Nikel from electroplating waste by coagulation and flocculation process. The aim of variable process, is to know optimum pH and effective coagulant for coagulation process, the effect of coagulant concentration and stirring speed in coagulation and flocculation process. Initial concentration of electroplating waste is 14,823 ppm. The variable are pH coagulation 6, 7, 8, 9, and 10, coagulant concentration 100 mg/l, 200 mg/l, 300 mg/l, 400 mg/l and 500 mg/l, type of coagulant tawas, PAC, and ferro sulfat, stirring speed 100 rpm, 115 rpm, 160 rpm and 200 rpm. The result obtained the most optimum pH to precipitate Ni is 9, the most effective coagulant is tawas, its indicate that increasing concentration of coagulant and stirring speed, more dissolve Ni able to coagulated.

Key words : coagulation; electroplating; flocculation; nikel

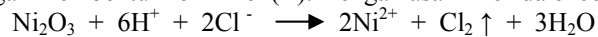
1. Pendahuluan

Salah satu industri yang dapat menimbulkan pencemaran adalah industri pelapisan logam (*electroplating*) yang menghasilkan limbah B3. Logam berat yang terkandung dalam limbah industri *electroplating* diantaranya adalah Cu, Zn, Cr, Cd, Ni, Pb Sifat dari limbah B3 antara lain adalah mudah terbakar, mudah meledak, dan bersifat karsinogenik (penyebab kanker).

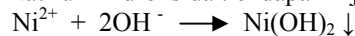
Pada penelitian ini akan dilakukan pengambilan kembali logam Nikel dengan menggunakan proses koagulasi flokulasi yang dilakukan secara batch. Koagulasi adalah proses penambahan bahan-bahan kimia untuk membentuk gumpalan (flok) yang selanjutnya dipisahkan pada proses flokulasi. Sedangkan flokulasi adalah proses untuk mempercepat penggumpalan partikel dengan pengadukan sangat lambat. Dalam pengambilan logam dengan

cara koagulasi, limbah elektroplating ditambahkan senyawa kimia yang dapat menyebabkan senyawa dalam limbah tersebut (dalam hal ini Ni) mengalami ketidakstabilan (destabilisasi). Akibat dari destabilisasi, partikel mengalami flokulasi. Secara garis besar mekanisme pembentukan flok terdiri dari empat tahap, yaitu ; 1. Tahap destabilisasi partikel koloid; 2. Tahap pembentukan partikel koloid; 3. Tahap penggabungan mikroflokk; 4. Tahap pembentukan mikroflokk. Proses koagulasi dan flokulasi dalam pengolahan air berfungsi untuk ; 1. Menghilangkan kekeruhan dan warna; 2. Menghilangkan kadar solid; 3. Menghilangkan kandungan bakteri yang terdapat dalam air; 4. Menghilangkan algae dalam kolom distilasi; 5. Menghilangkan kesadahan.

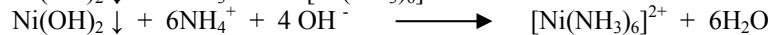
Nikel adalah logam putih yang keras dengan berat molekul 58,71. nikel bersifat liat, dapat ditempa dan sangat kukuh. Logam ini melebur pada 1455°C dan bersifat magnetis. Nikel adalah logam putih yang keras dengan berat molekul 58,71. nikel bersifat liat, dapat ditempa dan sangat kukuh. Logam ini melebur pada 1455°C dan bersifat magnetis. Garam – garam nikel (II) yang stabil diturunkan dari nikel (II) oksida, NiO, yang merupakan zat berwarna hijau. Garam-garam nikel yang terlarut berwarna hijau disebabkan oleh warna dari kompleks heksakuonikelat (II) $[\text{Ni}(\text{H}_2\text{O})_6]^{2+}$. Nikel (III) oksida, Ni_2O_3 , yang hitam kecoklatan juga ada, tetapi zat ini melarut dalam asam dengan membentuk ion nikel (II). Dengan asam klorida encer reaksi ini menghasilkan gas klor :



Larutan Natrium hidroksida : endapan hijau nikel (II) hidroksida



Endapan tak larut dalam reagensia berlebihan. Tidak terjadi endapan jika ada serta tartrat atau sitrat, karena terbentuk kompleks. Amonia melarutkan endapan, dengan adanya alkali hidroksida berlebihan, garam-garam amonium akan juga melarutkan endapan :



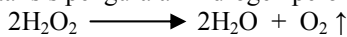
Larutan ion Heksaaminanikelat (II) ini berwarna biru tua, ion ini dapat dengan mudah disalah sangka sebagai ion tembaga (II) yang membentuk ion tetraaminakuprat (II) biru dalam suatu reaksi yang analog.

Larutan tak teroksidasi pada pendidihan yang terbuka terhadap udara, atau pada penambahan hidrogen peroksida.

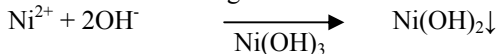
Endapan nikel (II) hidroksida yang hijau dapat dioksidasikan menjadi nikel (III) hidroksida hitam dengan larutan natrium hipoklorit :



Namun larutan hidrogen peroksida tidak mengoksidasikan nikel (II) hidroksida, tetapi endapan itu mengkatalisis penguraian hidrogen peroksida menjadi oksigen dan air.

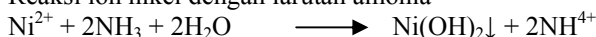


Reaksi ion nikel dengan natrium hidroksida

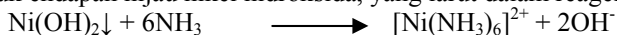


Terbentuk endapan hijau nikel hidroksida yang tidak larut dalam reagensia berlebih. Tidak terjadi endapan jika ada serta tartrat dan sitrat karena terbentuk kompleks.

Reaksi ion nikel dengan larutan amonia



Terbentuk endapan hijau nikel hidroksida, yang larut dalam reagensia berlebihan :



Larutan berubah menjadi biru tua.

Faktor – Faktor yang Mempengaruhi Proses Koagulasi dan Flokulasi :

1. Kualitas air
2. Suhu air
3. Jenis koagulan
4. koagulan aid
5. pH air
6. Jumlah garam – garam terlarut dalam air, tingkat kekeruhan air baku
7. Kecepatan pengadukan
8. Waktu pengadukan
9. Dosis koagulan

Kualitas Air

Kualitas air ditentukan oleh tingkat kekeruhan, pH, COD (Chemical Oxygen Demand), BOD (Biological Oxygen Demand), DO (Dissolved Oxygen), serta kandungan logam terlarut.

Suhu Air

Pada umumnya, koagulasi lebih cepat terbentuk pada suhu kamar/dingin. Pada suhu yang lebih tinggi, koagulasi yang terbentuk akan terlarut kembali karena kelarutan dipengaruhi suhu.

Jenis Koagulan Dan Koagulan Aid

Koagulan merupakan bahan kimia yang dibutuhkan untuk membantu proses pengendapan partikel – partikel kecil yang tidak dapat mengendap dengan sendirinya (secara grafitasi). Kekeuhan dan warna dapat dihilangkan melalui penambahan koagulan atau sejenis bahan – bahan kimia antara lain :

Alumunium sulfat ($\text{Al}_2(\text{SO}_4)_3 \cdot 14\text{H}_2\text{O}$)

Biasanya disebut tawas, bahan ini sering dipakai karena efektif untuk menurunkan kadar karbonat. Tawas berbentuk kristal atau bubuk putih, larut dalam air, tidak larut dalam alkohol, tidak mudah terbakar, ekonomis, mudah didapat dan mudah disimpan. Penggunaan tawas memiliki keuntungan yaitu harga relatif murah dan sudah dikenal luas oleh operator water treatment. Namun Ada juga kerugiannya, yaitu umumnya dipasok dalam bentuk padatan sehingga perlu waktu yang lama untuk proses pelarutan.

Sodium aluminate (NaAlO_2)

Digunakan dalam kondisi khusus karena harganya yang relatif mahal. Biasanya digunakan sebagai koagulan sekunder untuk menghilangkan warna dan dalam proses pelunakan air dengan lime soda ash.

Ferrous sulfate ($\text{FeSO}_4 \cdot 7\text{H}_2\text{O}$)

Dikenal sebagai Copperas, bentuk umumnya adalah granular. Ferrous Sulfate dan lime sangat efektif untuk proses penjernihan air dengan pH tinggi ($\text{pH} > 10$).

Chlorinated copperas

Dibuat dengan menambahkan klorin untuk mengioksidasi Ferrous Sulfate. Keuntungan penggunaan koagulan ini adalah dapat bekerja pada jangkauan pH 4,8 hingga 11.

Ferrie sulfate ($\text{Fe}_2(\text{SO}_4)_3$)

Mampu untuk menghilangkan warna pada pH rendah dan tinggi serta dapat menghilangkan Fe dan Mn.

Ferrie chloride ($\text{FeCl}_3 \cdot 6\text{H}_2\text{O}$)

Dalam pengolahan air penggunaannya terbatas karena bersifat korosif dan tidak tahan untuk penyimpanan yang terlalu lama.

Jenis Koagulan Aid

Kesulitan pada saat proses koagulasi kadang-kadang terjadi karena lamanya waktu pengendapan dan flok yang terbentuk lunak sehingga akan mempersulit proses pemisahan. Koagulan Aid menguntungkan proses koagulasi dengan mempersingkat waktu pengendapan dan memperkeras flok yang terbentuk. Jadi difinisi koagulan aids adalah koagulan sekunder yang ditambahkan setelah koagulan primer atau utama bertujuan untuk mempercepat pengendapan, pembentukan dan pengerasan flok. Jenis koagulan aid diantaranya:

PAC (poly alumunium chloride)

Polimer alumunium merupakan jenis baru sebagai hasil riset dan pengembangan teknologi air sebagai dasarnya adalah alumunium yang berhubungan dengan unsur lain membentuk unit berulang dalam suatu ikatan rantai molekul yang cukup panjang, pada PAC unit berulangnya adalah Al-OH.

Rumus empirisnya adalah $\text{Al}_n(\text{OH})_m\text{Cl}_{3n-m}$

Dimana : $n = 2$ $2,7 < n < 3,9$ $m > 0$

Dengan demikian PAC menggabungkan netralisasi dan kemampuan menjembatani partikel-partikel koloid sehingga koagulasi berlangsung efisien. Namun terdapat kendala dalam menggunakan PAC sebagai koagulan aids yaitu perlu pengarahan dalam pemakaiannya karena bersifat higroskopis.

Karbon aktif

Aktivasi karbon bertujuan untuk memperbesar luas permukaan arang dengan membuka pori-pori yang tertutup sehingga memperbesar kapasitas adsorpsi. Pori-pori arang biasanya diisi oleh hidrokarbon dan zat-zat organik lainnya yang terdiri dari persenyawaan kimia yang ditambahkan akan meresap dalam arang dan membuka permukaan yang mula-mula tertutup oleh komponen kimia sehingga luas permukaan yang aktif bertambah besar.

Efisiensi adsorpsi karbon aktif tergantung dari perbedaan muatan listrik antara arang dengan zat atau ion yang diserap. Bahan yang bermuatan listrik positif akan diserap lebih efektif oleh arang aktif dalam larutan yang bersifat basa. Jumlah karbon aktif yang digunakan untuk menyerap warna berpengaruh terhadap jumlah warna yang diserap.

Activated silica

Merupakan sodium silicate yang telah direaksikan dengan sulfuric acid, alumunium sulfate, carbon dioxide, atau klorida. Sebagai koagulan aid, activated silica memberikan keuntungan antara lain meningkatkan laju reaksi kimia, menurunkan dosis koagulan, memperluas jangkauan pH optimum dan mempercepat serta memperkeras flok yang terbentuk. Umumnya digunakan dengan koagulan alumunium dengan dosis 7 – 11% dari dosis alum.

Bentonic clay

Digunakan pada pengolahan air yang mengandung zat warna tinggi, kekeruhan rendah dan mineral yang rendah.

pH Air

pH suatu larutan menunjukkan aktivitas ion hidrogen dalam larutan tersebut dan dinyatakan sebagai konsentrasi ion hidrogen (dalam mole per liter) pada suhu tertentu. Nilai pH suatu perairan mencirikan keseimbangan antara asam dan basa dalam air. pH yang baik bagi air minum dan air limbah adalah netral yaitu 7. Untuk proses flokulasi dan koagulasi limbah cair tergantung logam terkandung yang akan diendapkan. Logam diendapkan pada pH tinggi dengan penambahan kapur dan/atau kostik. Logam yang berbeda mengendap pada tingkat pH yang berbeda antara 8 sampai 11, sehingga agar pengolahan berlangsung efektif, perlu dilakukan dalam beberapa tahap, masing-masing logam dalam satu tahap. Zat Bantu penggumpal seperti feriklorida, tawas dan polielektrolit sering digunakan untuk membantu pemisahan zat padat-cair.

Jumlah Garam – Garam Terlarut Dalam Air, Tingkat Kekeruhan Air Baku

Bermacam-macam garam yang terlarut membutuhkan treatment yang berbeda untuk memisahkan masing-masing garam terlarut tersebut. Oleh karena itu perlu analisa garam terlarut terlebih dahulu untuk mengetahui proses koagulasi yang akan dilakukan.

Kecepatan Pengadukan

Dengan adanya pengadukan, maka tumbukan antar partikel-partikel koloid akan semakin besar, mempercepat terbentuknya flokulasi, sehingga memudahkan terjadinya pengendapan.

Waktu Pengadukan

Semakin lama pengadukan, maka flok yang terbentuk semakin banyak sehingga endapan yang terbentuk semakin banyak.

Dosis Koagulan

Banyak sedikitnya inti flok yang terbentuk tergantung pada banyak sedikitnya koagulan yang ditambahkan.

Penelitian ini bertujuan untuk mengetahui pH optimum, mengetahui jenis koagulan yang efektif (antara PAC, tawas, dan ferrosulfat), mengetahui pengaruh variabel konsentrasi koagulan, dan mengetahui pengaruh variabel kecepatan pengadukan dalam pengambilan logam nikel dari limbah elektroplating dengan proses koagulasi flokulasi

2. Bahan dan Metode Penelitian

Bahan dan Alat

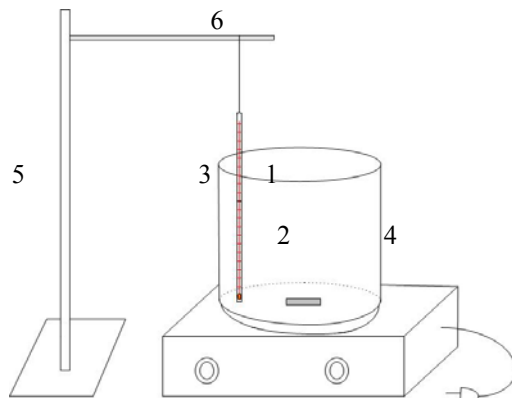
Bahan :

- Limbah cair elektroplating
- Koagulan : Alumunium Sulfat ($Al_2(SO_4)_3 \cdot 14 H_2O$), PAC (Poly Alumunium Chloride), Ferrous Sulfate ($FeSO_4 \cdot 7H_2O$)
- NaOH, H_2SO_4

Alat :

- Alat yang digunakan meliputi beaker glass, erlenmeyer, pipet tetes, corong, pengaduk kaca, stirer, pH indikator, dan timbangan elektrik

Gambar Alat Utama



Keterangan :

1. beaker glass
2. magnet
3. pengaduk
4. magnetik stirer
5. statif
6. klem

Gambar 3. Gambar alat proses koagulasi flokulasi

Prosedur Penelitian

Penentuan pH Optimum

Sebagai langkah awal, limbah 1000 ml, dimasukkan ke dalam tangki koagulasi flokulasi (beaker glass). pH limbah diatur sesuai variabel (6, 7, 8, 9, 10), kemudian dimasukkan koagulan tawas dengan konsentrasi 300 mg dalam tangki koagulasi flokulasi. Campuran diaduk selama 30 menit. Setelah selesai, campuran dibiarkan sampai terbentuk endapan.

Kondisi Operasi

Jumlah Koagulan

Limbah 1000 ml dengan pH optimum, dimasukkan jumlah koagulan (tawas) sesuai variabel (100 mg/L, 200 mg/L, 300 mg/L, 400 mg/L, 500mg/L). Diaduk selama 30 menit, kemudian dibiarkan sampai terbentuk endapan.

Jenis Koagulan

Limbah 1000 ml dengan pH optimum, dimasukkan jenis koagulan sesuai variabel (tawas, PAC, Ferro sulfat) sebanyak 100 mg/L, 200 mg/L, 300 mg/L, 400 mg/L, 500 mg/L. Diaduk selama 30 menit, kemudian dibiarkan sampai terbentuk endapan.

Kecepatan Pengadukan

Limbah 1000 ml dengan pH optimum, dimasukkan tawas 500 mg/L, diaduk dengan kecepatan pengadukan sesuai variabel (100 rpm, 115 rpm, 160 rpm, 200 rpm). Diaduk selama 30 menit, kemudian dibiarkan sampai terbentuk endapan.

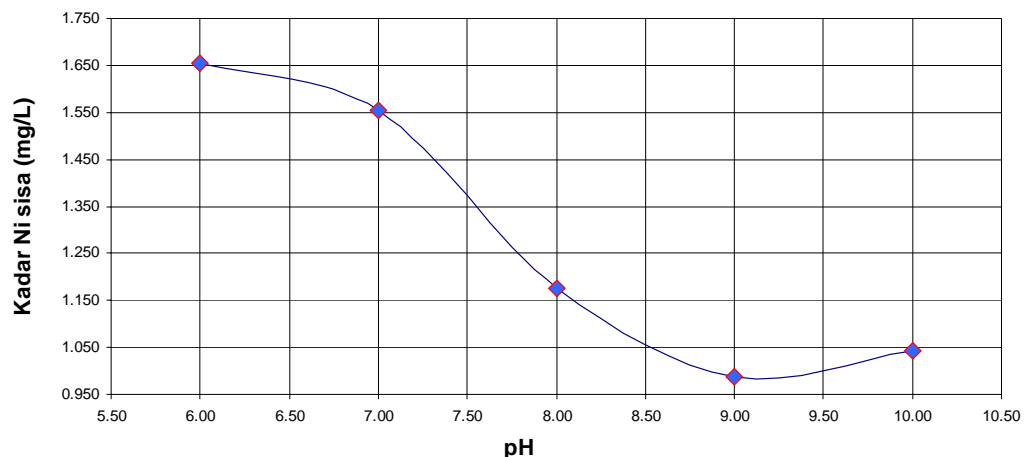
Analisa hasil

Limbah yang telah melalui proses koagulasi flokulasi dilakukan uji AAS untuk dianalisa kadar Ni sisa dari larutan limbah tersebut. Sebelumnya kadar awal logam Ni dalam limbah juga dianalisa, untuk mengetahui pengurangan kadar dari logam Ni tersebut setelah melalui tiap-tiap proses dengan variabel yang berbeda.

3. Hasil dan Pembahasan

Pengaruh pH Pengendapan

pH memiliki pengaruh yang besar terhadap pengendapan logam. Tiap logam memiliki pH spesifik saat kelarutannya minimum, sehingga dapat mengendap dengan maksimal. Dari grafik dapat terlihat bahwa semakin besar pH (semakin basa) maka kadar Ni dalam limbah setelah proses koagulasi semakin kecil. Hal ini disebabkan pada pH yang semakin basa maka konsentrasi Ni terlarut telah melewati (lebih tinggi) dari hasil kali kelarutan, sehingga pada pH basa Ni mengendap sempurna. Ni terlarut dalam limbah akan mulai mengendap pada pH 6 dan mengendap sempurna pada pH 9. Dari hasil percobaan, didapatkan pengaruh pH pengendapan terhadap kadar Ni sisa seperti yang tercantum dalam grafik berikut :



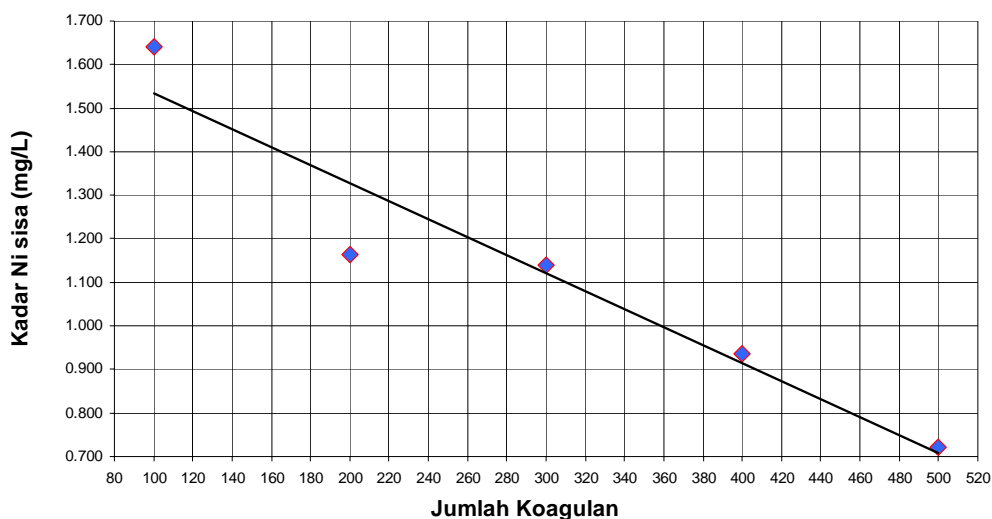
Grafik 1 Pengaruh pH Pengendapan Terhadap Kadar Ni sisa

Dari grafik dapat dilihat, dengan jumlah koagulan 300 mg untuk masing-masing pH, maka kadar Ni sisa bervariasi. Pada pH 6, Ni terlarut mulai sedikit terendapkan oleh koagulan dari kadar awal 14,823mg/L menjadi 1,650 mg/L. Seiring naiknya pH, Ni yang terendapkan semakin banyak hingga pada pH 9, kadar Ni yang terendapkan paling banyak dengan kadar Ni sisa sebesar 0,987 mg/L.

Pengaruh Jumlah Koagulan

Dalam pengambilan logam dengan cara koagulasi, limbah elektroplating ditambahkan koagulan yang dapat menyebabkan senyawa dalam limbah tersebut (dalam hal ini Ni) mengalami ketidakstabilan (destabilisasi). Ketika

koagulan ditambahkan ke dalam air limbah maka koagulan akan terdisosiasi dan ion logam akan mengalami hidrolisis dan menghasilkan ion kompleks logam hidroksida yang bermuatan positif dan teradsorpsi pada permukaan koloid negatif. Akibat dari destabilisasi, partikel mengalami flokulasi. Kemudian flok-flok yang terbentuk semakin besar karena pengadukan dan mengalami pengendapan. Semakin banyak jumlah koagulan maka semakin banyak Ni terlarut yang dapat dikoagulasi dan mengendap, sehingga konsentrasi Ni terlarut sisa semakin sedikit. Dari hasil percobaan, didapatkan pengaruh jumlah koagulan terhadap kadar Ni sisa seperti yang tercantum dalam grafik berikut :

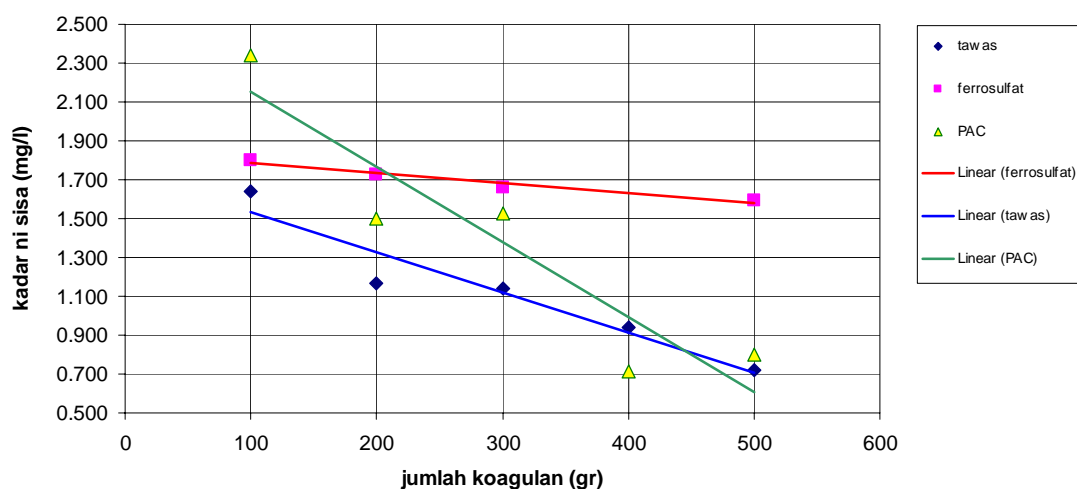


Grafik 2 Pengaruh Jumlah Koagulan Terhadap Kadar Ni sisa

Dengan jumlah koagulan antara 100 - 500 mg pada pH 9, maka kadar Ni sisa bervariasi. Pada jumlah koagulan 100 mg, Ni terlarut mulai sedikit terendapkan oleh koagulan dari kadar awal 14,823 mg/L menjadi 1,641 mg/L. Seiring bertambahnya jumlah koagulan, Ni yang terendapkan semakin banyak hingga pada jumlah koagulan 500, kadar Ni yang terendapkan paling banyak dengan kadar Ni sisa sebesar 0,721 mg/L.

Pengaruh Jenis Koagulan

Dalam proses koagulasi, limbah cair ditambahkan bahan kimia (koagulan) yang dapat menyebabkan senyawa dalam limbah tersebut tidak stabil. Kemampuan masing – masing koagulan untuk menyebabkan ketidakstabilan senyawa tersebut tergantung pada jenis logam aktif yang terkandung dalam koagulan dan kemampuan disosiasinya. Dari hasil percobaan, didapatkan pengaruh jenis koagulan terhadap kadar Ni sisa seperti yang tercantum dalam grafik berikut :

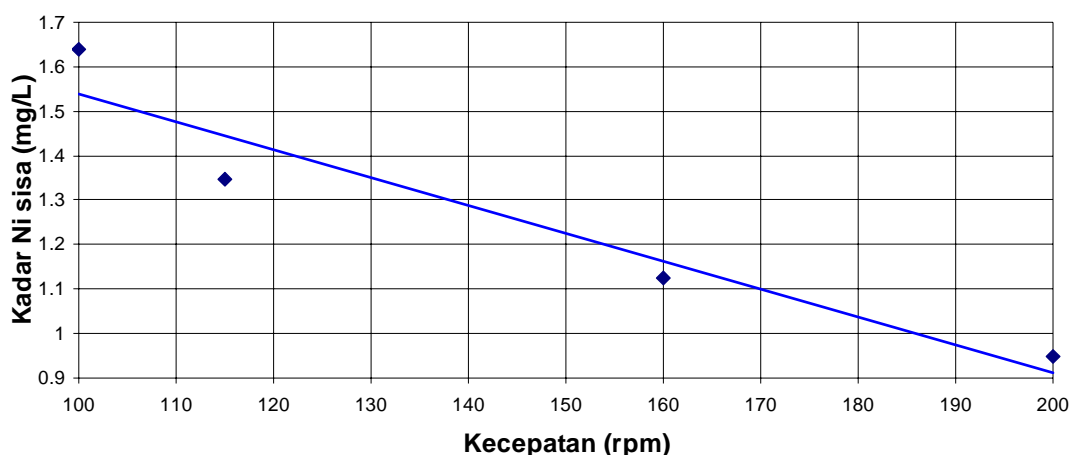


Grafik 3 Pengaruh Jenis Koagulan Terhadap Kadar Ni Sisa

Jenis koagulan secara umum yang paling baik sesuai grafik diatas adalah tawas. Hal ini disebabkan tawas merupakan koagulan yang membantu proses koagulasi dan flokulasi lebih baik, tawas menggabungkan netralisasi dan kemampuan menjembatani partikel-partikel koloid sehingga koagulasi berlangsung efisien. Sementara PAC yang umum digunakan sebagai koagulan aid (mempercepat flokulasi), mengendapkan lebih sedikit Ni daripada tawas sehingga kadar Ni sisa masih lebih tinggi untuk jumlah koagulan yang sama. Dan yang paling kurang efisien adalah ferrosulfat karena kandungan Fe dalam ferrosulfat kurang aktif bila dibandingkan Al dalam tawas dan PAC, selain itu ferro sulfat lebih efektif untuk proses penjernihan air limbah pada pH tinggi.

Pengaruh Kecepatan Pengadukan

Pada proses koagulasi, pengadukan membuat dispersi koloid menjadi uniform, menaikkan kontak antar partikel, merusak stabilitas sistem koloid, dan menaikkan jumlah tumbukan antar partikel. Jika kecepatan pengadukan semakin dipercepat maka jumlah tumbukan antar partikel koloid semakin banyak, maka semakin banyak pula flok-flok yang terbentuk. Ni yang terikut dalam flok-flok tersebut akan ikut mengendap, sehingga kadar Ni sisa semakin kecil. Dari hasil percobaan, didapatkan pengaruh kecepatan pengadukan terhadap kadar Ni sisa seperti yang tercantum dalam grafik berikut :



Grafik 4 Pengaruh Kecepatan Pengadukan Terhadap Kadar Ni Sisa

Dengan kecepatan pengadukan antara 100 – 200 rpm dengan jumlah koagulan 500 mg, maka kadar Ni sisa bervariasi. Pada kecepatan pengadukan 100 rpm, Ni terlarut mulai sedikit terendapkan dari kadar awal 14,823mg/L menjadi 1,638 mg/L. Seiring bertambahnya kecepatan pengadukan, Ni yang terendapkan semakin banyak hingga pada kecepatan pengadukan 200 rpm, kadar Ni yang terendapkan paling banyak dengan kadar Ni sisa sebesar 0,95 mg/L.

4. Kesimpulan

Kesimpulan :

1. Dalam proses koagulasi flokulasi logam Ni dipengaruhi oleh pH pengendapan dimana pH yang paling optimum adalah 9.
2. Peningkatan jumlah koagulan yang ditambahkan pada proses koagulasi dan flokulasi menyebabkan lebih banyak logam Ni yang dapat diendapkan.
3. Dari tiga jenis koagulan yang ditambahkan pada proses koagulasi dan flokulasi diperoleh koagulan yang paling bagus sebagai pengendap logam Ni adalah tawas.
4. Peningkatan kecepatan pengadukan menyebabkan semakin banyak logam Ni yang dapat diendapkan.

Ucapan Terima Kasih

Penulis mengucapkan terima kasih kepada Dr. Ir. Purwanto, DEA selaku dosen pembimbing, dan semua pihak yang membantu dalam pelaksanaan penelitian serta penyusunan makalah ini.

Daftar Pustaka

1. Basselievre & Schwartz, 1976, "The Treatment of Industrial Wastes", 2nd, Mc Graw Hill, Kogakusha Ltd, Tokyo, Japan.
2. Budiyo, 2003, "Teknologi Pengolahan Air", Jurusan Teknik Kimia, FT, Universitas Diponegoro, Semarang.

3. Purwanto dan Syamsul Huda, 2004, "*Teknologi Industri Elektroplating*", Badan Penerbit Universitas Diponegoro.
4. Linggawati, Amilia, Muhdarina, H Sianturi., 2001, "*Efektivitas Pati-Fosfat dan Aluminium Sulfat Sebagai Koagulan dan Flokulan*", Jurnal Natur Indonesia, Jurusan Kimia, FMIPA, Universitas Riau.