

KAJIAN INSTALASI PENGOLAHAN AIR LIMBAH INDUSTRI ELEKTROPLATING YANG EFISIEN

Ketut Sumada

Jurusan Teknik Kimia, Fakultas Teknologi Industri, UPN 'Veteran' Jawa Timur
Jl. Rungkut Madya, Gunung Anyar Surabaya 60294 fax . 0318706372

Abstrak

Dalam rangka menurunkan biaya investasi dan operasional limbah industri elektroplating diperlukan pengkajian terhadap berbagai teknologi pengolahan air limbah industri elektroplating. Pada penelitian ini teknologi pengolahan air limbah untuk industri elektroplating yang dikaji adalah Proses Kimia-Fisik dengan Teknologi Tangki Berpengaduk aliran kontinyu dan Proses Pertukaran Ion dengan Teknologi Unggun Diam (fixed bed).

Penelitian ini bertujuan untuk menghasilkan suatu proses dan teknologi pengolahan air limbah industri elektroplating yang efisien dilihat dari segi biaya operasionalnya, serta kualitas air hasil pengolahan yang memenuhi standar Baku Mutu Air Limbah.

Penelitian dengan proses kimia-fisik menggunakan bahan kimia ferro sulfat (FeSO_4) sebagai reduktor, natrium hidroksida (NaOH) dan kalsium hidroksida (Ca(OH)_2) sebagai presipitat (bahan pengendap). Variabel proses pada kombinasi ferro sulfat-natrium hidroksida : Derajat keasaman (pH) : 5, 7, 9, 11, dan 13, sedangkan pada kombinasi ferro sulfat-kalsium hidroksida : derajat keasaman (pH) : 5, 7, 9 dan 11 serta laju alir air limbah : 200, 400, 600, 800, 1000 ml/menit

Penelitian dengan proses pertukaran ion menggunakan resin kation sebagai penukar ion logam berat bermuatan positif (Cr^{+3} , Cu^{+2} , Zn^{+2} , Pb^{+2} dan Cd^{+2}), dan resin anion penukar ion logam berat bermuatan negatif ($\text{Cr}_2\text{O}_7^{-2}$ dan CN). Variabel proses : berat resin kation dan anion : 500, 750, 1000, 1250 gram, volume air terolah : 20, 40, 60, 80, 100, 120, 140, 160, 180 dan 200 liter serta pengujian terhadap resin yang telah diregenerasi dengan mempergunakan larutan natrium hidroksida 5% berat.

Hasil penelitian menunjukkan bahwa proses kimia-fisik dan pertukaran ion dapat menurunkan konsentrasi ion logam berat air limbah industri elektroplating hingga dibawah nilai baku mutu air limbah, pada proses kimia-fisik kondisi terbaik pada pH 9 dan laju alir 400 ml/menit, biaya operasional dengan kombinasi ferro sulfat-natrium hidroksida sebesar Rp 7.150/m³, ferro sulfat-kalsium hidroksida Rp 51.500/m³, waktu tinggal tangki reduksi : 24 menit, tangki presipitasi 22 menit dan clarifier 1,5 jam.

Pada proses pertukaran ion jika resin dipergunakan sekali dalam operasional, biaya operasionalnya Rp 250.000/m³, tetapi jika resin dipergunakan berulang-ulang dengan regenerasi biaya operasional Rp 1250/m³.

Kata Kunci : Limbah elektroplating, proses kimia fisik, proses pertukaran ion

Abstract

In order to decrease the investment and operational cost of electroplating industry waste, study on various kind of electroplating industry waste water treatment technology is needed. In this research, the studied waste water treatment technology for electroplating industry was Physic-Chemistry Process conducted with the technology of Continuous Stream Tank with Stirring Rod and Ion Exchange Process with Fixed Bed Technology.

This research aimed to yield an efficient electroplating industry waste water treatment technology and process measured from it's operational cost aspect, and also the quality of treatment product water which meets Waste Water Quality Standard.

Research was conducted with physic-chemistry process using FeSO_4 as reductor, NaOH and Ca(OH)_2 as precipitator. Process variables at FeSO_4 - NaOH combination : acidity degree (pH) : 5, 7, 9, 11, dan 13; at FeSO_4 - Ca(OH)_2 combination : acidity degree (pH) : 5, 7, 9, dan 11, and waste water flow velocity : 200, 400, 600, 800, 1000 ml/minute.

Research was conducted with ion exchange process using cation resin as ion exchanger for heavy metal with positive ion (Cr^{+3} , Cu^{+2} , Zn^{+2} , Pb^{+2} , and Cd^{+2}), and ion exchanger anion resin for heavy metal with negative ion ($Cr_2O_7^{-2}$ and CN). Process variables : the weight of cation and anion resin : 500, 750, 1000, 1250 gram, the volume of processed water : 20, 40, 60, 80, 100, 120, 140, 160, 180, and 200 litre, and testing over resin which had been regenerated using NaOH solution with 5% weight.

The result of research showed that physic-chemistry process and ion exchange could decrease the concentration of electroplating industry waste water heavy metal ion down to the quality standard amount of waste water, at physic-chemistry process with the best condition at pH 9 and flow velocity 400 ml/minute, operational cost with $FeSO_4$ -NaOH combination as much as Rp 7.150/m³, $FeSO_4$ -Ca(OH)₂ Rp 51.500/m³, reduction tank left time : 24 minutes, precipitation tank 22 minutes and clarifier 1,5 hours.

At ion exchange process if resin was used once at operational, the operational cost was Rp 250.000/m³, but if resin was used repeatedly with regeneration then the operational cost was Rp 1250/m³.

Keywords : Electroplating waste, physic-chemistry process, ion exchange process

Pendahuluan

Berdasarkan hasil analisis laboratorium diketahui bahwa air limbah industri electroplating mengandung berbagai jenis ion logam berat yang berbahaya bagi lingkungan khususnya lingkungan perairan sungai. Berbagai jenis ion logam berat yang terkandung dalam air limbah industri electroplating seperti ion kromium valensi VI (Cr^{+6}), kromium total (Cr tot), Sianida (CN⁻), Tembaga (Cu⁺²), Seng (Zn⁺²), Nikel (Ni⁺²), Timbal (Pb⁺²) dan Kadmium (Cd⁺²).

Konsentrasi ion-ion logam berat yang terkandung dalam air limbah industri electroplating seperti tercantum dalam table berikut ;

Tabel 1. konsentrasi ion-ion logam berat dalam air limbah industri electroplating dan baku mutu air limbah berdasarkan SKGUB Jawa Timur no 45 Tahun 2002

Parameter	Konsentrasi ion logam berat dalam air limbah industri electroplating (mg/l)	Baku Mutu air limbah industri electroplating (mg/l)
Kromium valensi VI	65,60	0,1
Sianida (CN ⁻)	0,53	0,2
Nikel (Ni ⁺²)	52,60	1,0
Seng (Zn ⁺²)	1,75	1,0
Timbal	3,56	0,1

(Pb ⁺²)		
Kadmium (Cd ⁺²)	0,95	0,05
Tembaga (Cu ⁺²)	5,70	0,6
Kromium total (Cr tot)	79,10	0,5
pH	3	6-9

Berdasarkan data tersebut diatas, kualitas air limbah industri electroplating masih diatas Baku Mutu air limbah untuk industri electroplating yang ditetapkan, oleh karena itu air limbah industri electroplating sebelum dialirkan keperairan sungai perlu dilakukan pengolahan terlebih dahulu.

Berbagai metode telah dipergunakan untuk melakukan pengolahan air limbah industri electroplating seperti : proses kimia (reduksi & precipitasi), proses adsorpsi fisik, proses pertukaran ion, proses evaporasi dan elektrokimia, dimana setiap proses memiliki kelemahan dan keunggulan masing-masing. Pada penelitian kali ini dilakukan penelitian dengan mempergunakan **Proses Kimia-Fisik** (Reduksi & Precipitasi) dan **Proses Pertukaran Ion** untuk menentukan proses mana yang memiliki biaya operasional yang lebih efisien.

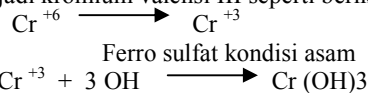
Landasan Teori

Pengolahan air limbah industri electroplating yang mengandung berbagai jenis ion-ion logam berat dapat dilakukan dengan proses kimia-fisik (reduksi & precipitasi), proses adsorpsi fisik, proses pertukaran ion, proses evaporasi dan elektrokimia. Pada proses kimia-fisik dilakukan dalam 3 tahapan proses yaitu proses reduksi, proses precipitasi

(pembentukan partikel hidroksida) dan proses pengendapan (pemisahan partikel hidroksida).

Pada proses pengolahan dengan proses kimia-fisik diperlukan proses reduksi karena dalam air limbah industri electroplating mengandung ion kromium valensi VI yang sulit untuk diendapkan dalam bentuk hidroksida. Dengan proses reduksi ion kromium valensi VI akan menjadi ion kromium valensi III yang mudah diendapkan dalam bentuk hidroksida, dalam penelitian bahan reduksi dipergunakan ferro sulfat.

Mekanisme reduksi ion kromium valensi VI menjadi kromium valensi III seperti berikut :



Mekanisme reaksi-reaksi logam berat dengan ion hidroksida seperti berikut :

1. Nikel : $\text{Ni}^{+2} + 2 \text{OH} \longrightarrow \text{Ni}(\text{OH})_2$ padatan/endapan
2. Timbal : $\text{Pb}^{+2} + 2 \text{OH} \longrightarrow \text{Pb}(\text{OH})_2$ padatan/endapan
3. Seng : $\text{Zn}^{+2} + 2 \text{OH} \longrightarrow \text{Zn}(\text{OH})_2$ padatan/endapan
4. Tembaga : $\text{Cu}^{+2} + 2 \text{OH} \longrightarrow \text{Cu}(\text{OH})_2$ padatan/endapan
5. Kadmium : $\text{Cd}^{+2} + 2 \text{OH} \longrightarrow \text{Cd}(\text{OH})_2$ padatan/endapan
6. Kromium : $\text{Cr}^{+3} + 3 \text{OH} \longrightarrow \text{Cr}(\text{OH})_3$ padatan/endapan

Reaksi-reaksi tersebut dipengaruhi oleh kelarutan setiap ion logam berat dan kelarutan ion logam berat dipengaruhi oleh derajat keasaman (pH) serta tingkat kesempurnaan pembentukan hidroksida dipengaruhi oleh waktu pengadukan dan kecepatan putaran pengaduk.

Kelarutan ion-ion logam berat pada setiap derajat keasaman sebagai berikut :

Tabel 2. Kelarutan ion-ion logam berat pada setiap derajat keasaman

Jenis ion logam berat	Derajat keasaman (pH)	Kelarutan (mg/l)
Kromium (Cr^{+3})	5	80
	6	9
	7	0,2
	8	0,2
	10	5
Tembaga (Cu^{+2})	11	9
	6,5	11
	7	8
	8	0,2
	8,5	0,01

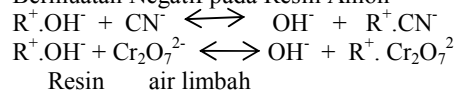
Seng (Zn^{+2})	7,5	80
	9	6
	10	0,6
	11	0,3
	11,5	1,2
Nikel (Ni^{+2})	9	85
	10	0,4
	11	0,02
Kadmium(Cd^{+2})	9,5	85
	10	8
	11	0,2
	11,5	0,1
Timbal (Pb^{+2})	7	5
	8	0,02
	10	1,4

Berdasarkan data kelarutan tersebut, ion-ion logam berat akan mudah bereaksi dengan ion hidroksida pada kelarutan yang kecil.

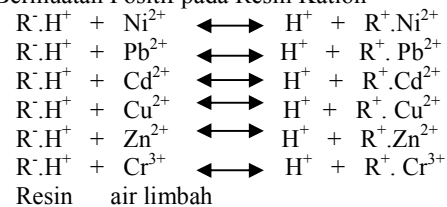
Pada proses pengolahan dengan mempergunakan proses pertukaran ion, media penukar ion yang dipergunakan resin kation dan anion, pemakaian resin ini karena dalam air limbah industri electroplating mengandung ion logam berat bermuatan positif (Cr^{+3} , Cu^{+2} , Zn^{+2} , Pb^{+2} dan Cd^{+2}) dan bermuatan negatif ($\text{Cr}_2\text{O}_7^{-2}$ dan CN^-). Ion logam berat bermuatan positif terikat kedalam resin kation, sedangkan yang bermuatan negatif terikat pada resin anion.

Mekanisme pertukaran ion logam berat bermuatan negatif pada resin anion seperti berikut :

Mekanisme Pengikatan Ion Logam Berat Bermuatan Negatif pada Resin Anion



Mekanisme Pengikatan Ion Logam Berat Bermuatan Positif pada Resin Kation



Beberapa faktor yang mempengaruhi proses pertukaran ion diantaranya valensi ion, ion yang mempunyai valensi tinggi akan terserap terlebih dahulu, berat atom ion logam berat, ion logam berat yang mempunyai berat atom terbesar terserap terlebih dahulu. Disamping itu faktor lain yang mempengaruhi seperti waktu kontak air limbah dengan resin dan daya serap resin.

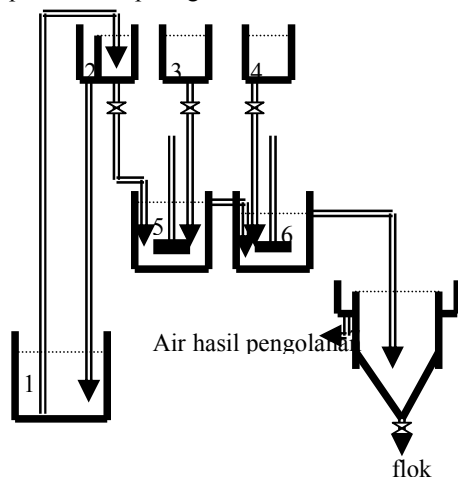
Resin yang telah dipergunakan dalam operasional pengolahan air limbah (kondisi jenuh) selanjutnya dilakukan operasional regenerasi dengan tujuan agar resin dapat dipergunakan kembali, bahan kimia yang dipergunakan seperti HCl, NaOH maupun larutan garam.

Metode Penelitian

Penelitian dilaksanakan dalam 2 tahap kegiatan penelitian : 1 Penelitian dengan proses kimia-fisik dan Pertukaran ion.

Penelitian dengan **proses kimia-fisik** menggunakan bahan kimia ferro sulfat (FeSO_4) sebagai reduktor, natrium hidroksida (NaOH) dan kalsium hidroksida (Ca(OH)_2) sebagai presipitat (bahan pengendap). Variabel proses pada kombinasi ferro sulfat-natrium hidroksida : Derajat keasaman (pH) : 5, 7, 9, 11, dan 13, sedangkan pada kombinasi ferro sulfat-kalsium hidroksida : derajat keasaman (pH) : 5, 7, 9 dan 11 serta laju alir air limbah : 200, 400, 600, 800, 1000 ml/menit. Skema peralatan penelitian seperti gambar 1.

Penelitian dengan **proses pertukaran ion** menggunakan resin kation sebagai penukar ion logam berat bermuatan positif (Cr^{+3} , Cu^{+2} , Zn^{+2} , Pb^{+2} dan Cd^{+2}), dan resin anion penukar ion logam berat bermuatan negatif ($\text{Cr}_2\text{O}_7^{-2}$ dan CN^-). Variabel proses : berat resin kation dan anion : 500, 750, 1000, 1250 gram, volume air terolah : 20, 40, 60, 80, 100, 120, 140, 160, 180 dan 200 liter serta pengujian terhadap resin yang telah diregenerasi dengan mempergunakan larutan natrium hidroksida 5% berat. Skema penelitian seperti gambar 2.

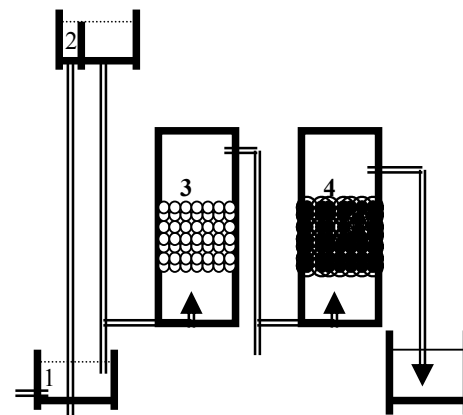


Gambar 1 . Susunan Peralatan Penelitian Proses Kimia-Fisik

Keterangan gambar :

1. bak penampung air limbah
2. distribusi aliran
3. bak ferro sulfat
4. bak proses reduksi
5. bak precipitasi/proses hidroksida
6. clarifier (pemisahan padatan/flok)

Air limbah pada bak penampung dipompa menuju ke distribusi aliran dan dialirkan ke bak proses reduksi dengan laju alir bervariasi : 200, 400, 600, 800 dan 1000 ml/menit, pada bak reduksi dialirkan larutan ferro sulfat dengan laju alir yang ditetapkan berdasarkan penelitian pendahuluan yaitu 40 ml per liter air limbah. Pada bak reduksi terjadi perubahan valensi ion kromium valensi VI menjadi valensi III. Air limbah selanjutnya dialirkan ke bak precipitasi dengan penambahan larutan natrium hidroksida atau kalsium hidroksida. Penambahan natrium hidroksida dilakukan secara kontinyu dan derajat keasaman pada bak ini dirubah-ubah pada derajat keasaman 5,7, 9, 11 dan 13. Pada bak precipitasi terjadi reaksi pembentukan endapan (padatan) dari masing-masing ion logam berat. Air limbah dari bak precipitasi selanjutnya dialirkan ke clarifier untuk pemisahan padatan dari air limbah. Air hasil pengolahan selanjutnya dianalisis konsentrasi ion logam beratnya.



Gambar 2 . Susunan Peralatan Penelitian Proses Pertukaran Ion

Keterangan Gambar

1. Bak penampung air limbah
2. Bak kendali aliran
3. Kolom resin anion
4. Kolom resin kation
5. Bak penampung hasil pengolahan

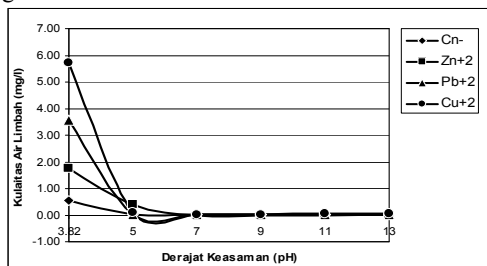
Air limbah pada bak penampung dipompa menuju ke distribusi aliran dan dialirkan ke

kolom resin anion dengan laju alir tetap 2 liter/jam, air limbah yang keluar dari kolom anion dialirkan ke kolom resin kation, air limbah yang keluar dari resin anion diukur setiap saat dan dianalisis konsentrasi ion logam beratnya.

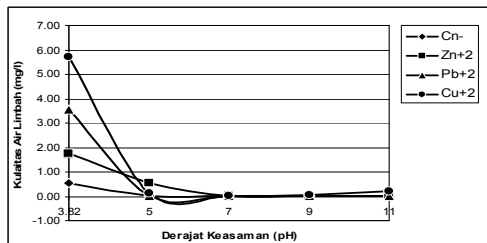
Pada proses regenerasi, larutan NaOH 5% berat ditempatkan pada bak air limbah selanjutnya dipompa menuju ke distribusi aliran dan dialirkan ke kolom resin anion maupun resin kation dengan laju alir 2 liter/jam, larutan NaOH yang mengandung ion logam berat terlarut maupun endapan ditampung pada bak 5 dan dilakukan analisis konsentrasi ion logam berat yang keluar. Resin yang telah mengalami proses regenerasi selanjutnya dipakai kembali dalam proses pengolahan air limbah. Variabel proses dalam penelitian ini berat resin kation dan anion : 500, 750, 1000, 1250 gram serta waktu pengambilan sampel.

Hasil dan Pembahasan

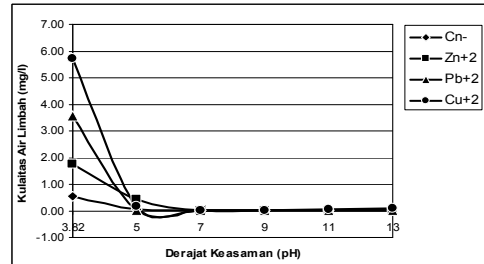
Hasil penelitian pengolahan air limbah industri electroplating secara kimia melalui proses reduksi dan precipitasi dengan berbagai variable proses : laju alir 200, 400, 600, 800 dan 1000 ml/menit serta derajat keasaman (pH) 5, 7, 9, 11 dan 13 seperti tergambar dalam grafik-grafik berikut ini.



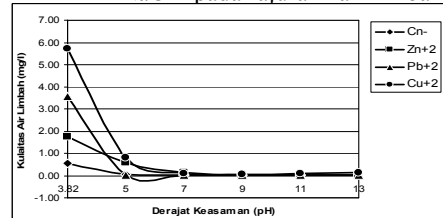
Gambar 3. kualitas air limbah terhadap derajat keasaman (pH) dengan penambahan NaOH pada laju alir air limbah 200 ml/menit



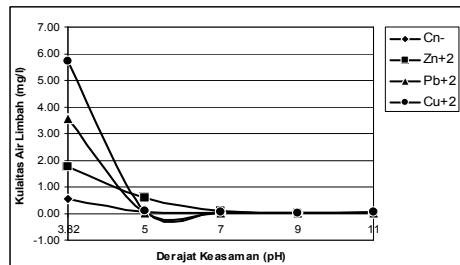
Gambar 4. kualitas air limbah terhadap derajat keasaman (pH) dengan penambahan Ca(OH)₂ pada laju alir air limbah 200 ml/menit



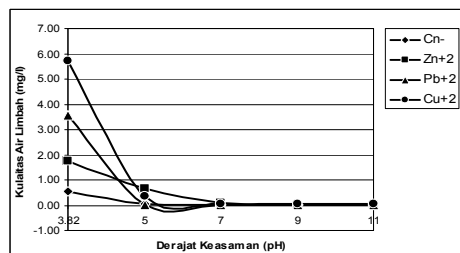
Gambar 5. kualitas air limbah terhadap derajat keasaman (pH) dengan penambahan NaOH pada laju alir air limbah 400 ml/menit



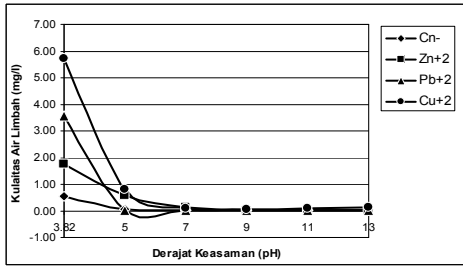
Gambar 6. kualitas air limbah terhadap derajat keasaman (pH) dengan penambahan Ca(OH)₂ pada laju alir air limbah 400 ml/menit



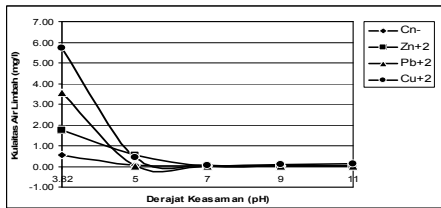
Gambar 7. kualitas air limbah terhadap derajat keasaman (pH) dengan penambahan NaOH pada laju alir air limbah 600 ml/menit



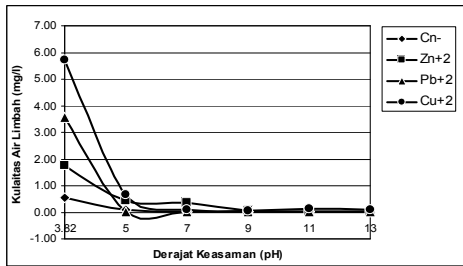
Gambar 8. kualitas air limbah terhadap derajat keasaman (pH) dengan penambahan Ca(OH)₂ pada laju alir air limbah 600 ml/menit



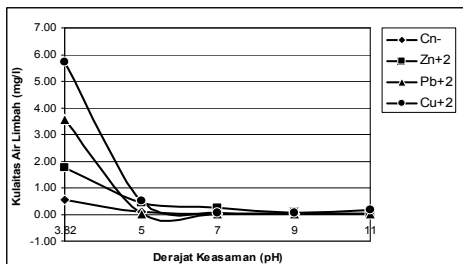
Gambar 9. kualitas air limbah terhadap derajat keasaman (pH) dengan penambahan NaOH pada laju alir air limbah 800 ml/menit



Gambar 10. kualitas air limbah terhadap derajat keasaman (pH) dengan penambahan Ca(OH)₂ pada laju alir air limbah 800 ml/menit



Gambar 11. kualitas air limbah terhadap derajat keasaman (pH) dengan penambahan NaOH pada laju alir air limbah 1000 ml/menit

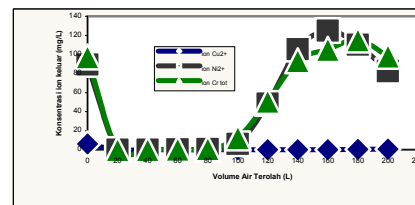
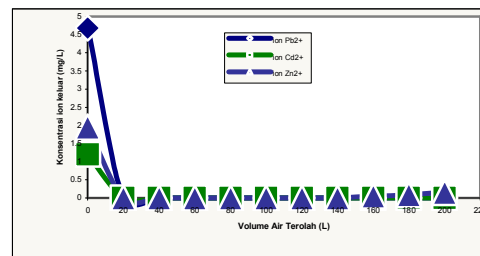


Gambar 12. kualitas air limbah terhadap derajat keasaman (pH) dengan penambahan Ca(OH)₂ pada laju alir air limbah 1000 ml/menit

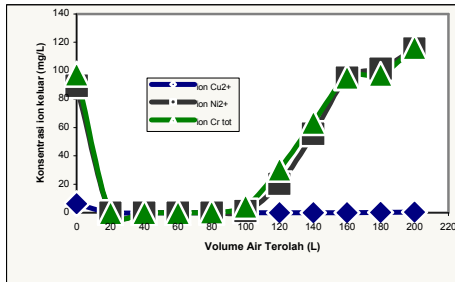
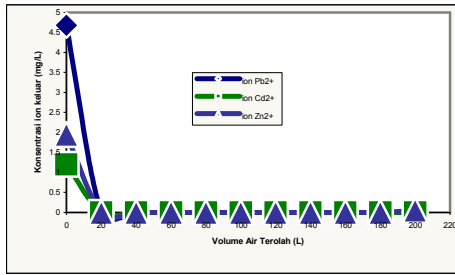
Berdasarkan hasil penelitian yang tercantum dalam grafik 3 sampai 12 tersebut diketahui bahwa secara keseluruhan pada laju alir air limbah yang sama, semakin besar derajat keasaman (pH) maka konsentrasi ion logam berat dalam air limbah semakin kecil hal ini disebabkan karena secara keseluruhan semakin besar derajat keasaman (pH) kelarutan ion logam berat semakin kecil sehingga mempermudah terjadinya reaksi pembentukan hidroksida ion logam berat, dengan terbentuknya hidroksida logam berat menunjukkan terbentuknya endapan ion logam berat.

Pada derajat keasaman (pH) yang sama, semakin besar laju alir air limbah maka hampir seluruh ion logam berat dalam air limbah mempunyai konsentrasi yang tidak berbeda secara signifikan kecuali ion logam berat nikel dimana semakin besar laju alir air limbah konsentrasi ion nikel pada pH 5 semakin besar, hal ini disebabkan kelarutan ion nikel paling besar dibandingkan dengan ion logam berat lainnya.

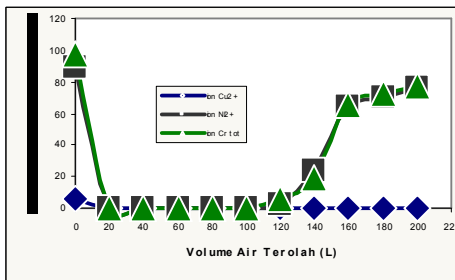
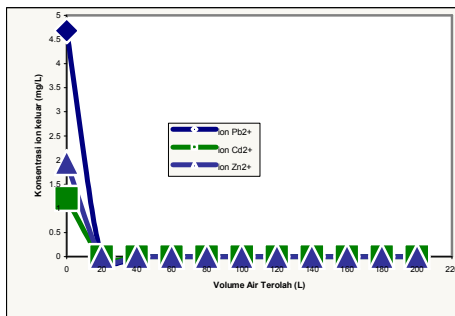
Pada range laju alir 200 – 1000 ml/menit dan derajat keasaman (pH) 9 dan 11 baik mempergunakan bahan kimia NaOH maupun Ca(OH)₂ sebagai precipitan memberikan hasil pengolahan dengan konsentrasi ion logam berat dalam air limbah dibawah nilai Baku Mutu.



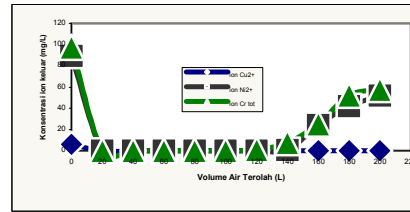
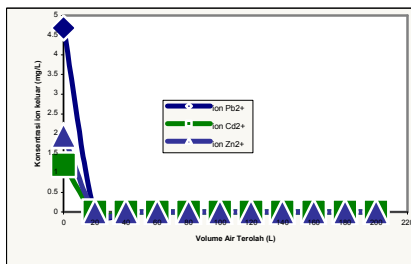
Gambar 13. Hubungan Volume Air Terolah Terhadap konsentrasi ion keluar pada berat resin kation 500 gram



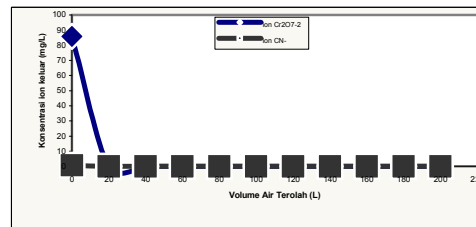
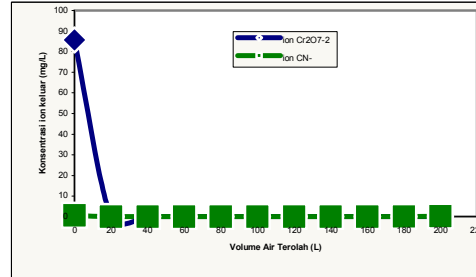
Gambar 14. Hubungan Volume Air Terolah Terhadap konsentrasi ion keluar pada berat resin kation 750 gram



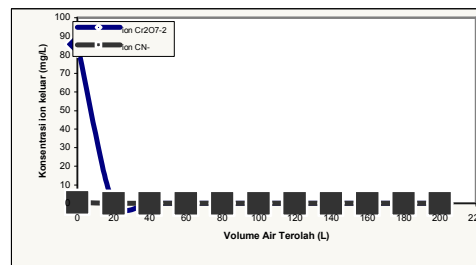
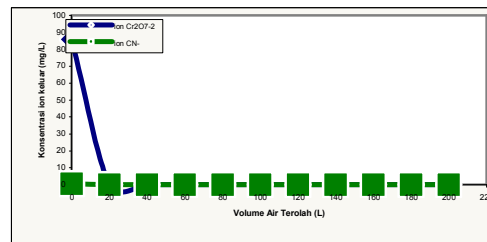
Gambar 15. Hubungan Volume Air Terolah Terhadap konsentrasi ion keluar pada berat resin kation 1000 gram



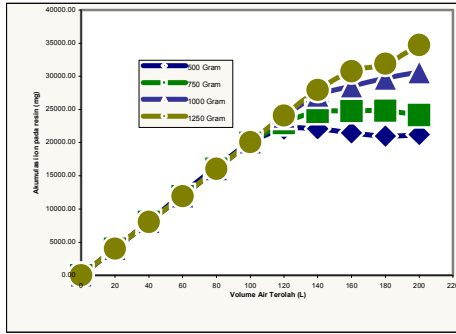
Gambar 16. Hubungan Volume Air Terolah Terhadap konsentrasi ion keluar pada berat resin kation 1250 gram



Gambar 17. Hubungan Volume Air Terolah Terhadap konsentrasi ion keluar pada berat resin anion 500 gram dan 750 gram

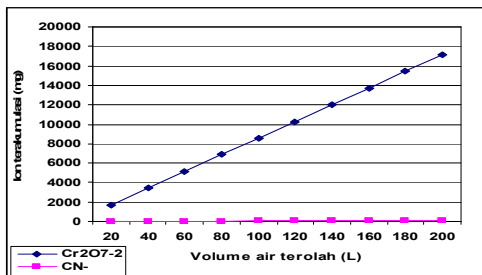


Gambar 18. Hubungan Volume Air Terolah Terhadap konsentrasi ion keluar pada berat resin anion 1000 gram dan 1250 gram



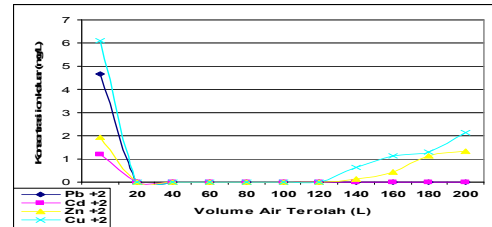
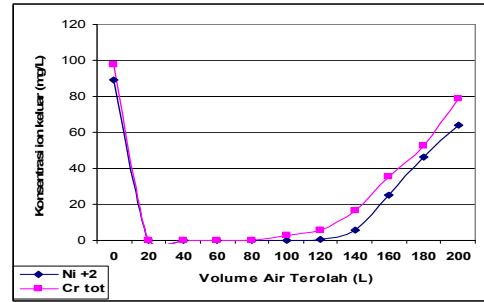
Gambar 19. Hubungan Volume Air Terolah Terhadap Akumulasi Ion Logam Berat Dalam Berbagai Berat Resin

Berdasarkan gambar 18 tersebut terlihat bahwa semakin besar volume air terolah ion yang terakumulasi semakin besar, tetapi pada volume air terolah tertentu ion terakumulasi menjadi konstan, ini menunjukkan bahwa resin dalam keadaan jenuh. Pada berat resin 500 gram kondisi jenuh pada jumlah ion terakumulasi 22060 mg, resin 750 gram sebesar 24757 mg, resin 1000 gram sebesar 30641 mg sedangkan untuk resin 1250 gram belum menunjukkan kejenuhan. Berdasarkan data tersebut diatas, diketahui bahwa daya serap resin terhadap ion logam berat rata-rata : 36 mg/gram resin

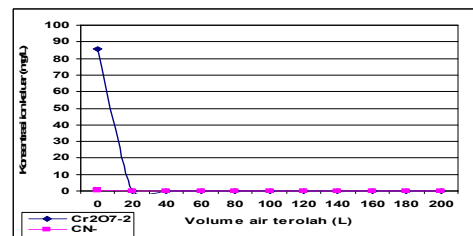


Gambar 20. Hubungan Volume Air Terolah Terhadap Akumulasi Ion Logam Berat Dalam Resin Anion untuk 500, 750, 1000 dan 1250 gram

Jumlah ion yang terakumulasi pada resin anion dengan berat 500, 750, 1000, dan 1250 gram hampir sama, hal ini disebabkan karena berat resin 500 gram, resin tersebut masih mampu mengolah air limbah sebesar 200 liter



Gambar 21. Hubungan volume air terolah terhadap konsentrasi ion logam berat dalam air limbah pada berat resin kation 1250 gram terregenerasi



Gambar 22. Hubungan volume air terolah terhadap konsentrasi ion logam berat dalam air limbah pada berat resin anion 1250 gram terregenerasi

Pembahasan

Berdasarkan hasil penelitian pengolahan air limbah industri elektroplating dengan proses pertukaran ion diketahui beberapa hal diantaranya :

1. Resin kation dan anion dapat dipergunakan sebagai media penukar ion dalam pengolahan air limbah industri elektroplating hingga kualitas air limbah dibawah nilai baku mutu air limbah
2. Resin kation dan anion yang telah diregenerasi dapat dipergunakan kembali sebagai media penukar ion dalam pengolahan air limbah, ini berarti akan memperkecil biaya operasional pengolahan air limbah
3. Ion-ion logam berat yang mempunyai berat atom terbesar akan terserap terlebih dahulu, dengan demikian dalam perancangan instalasi pengolahan air limbah dengan media penukar ion harus terlebih dahulu menentukan jenis ion dan berat atom ion masing-masing, ion dengan berat atom

terkecil sebagai pengendali kapasitas resin yang diperlukan

4. Daya serap resin kation baru rata-rata 36 mg/gram resin dan resin anion baru 35 mg/gram resin, untuk resin yang telah diregenerasi daya serapnya 75% dari resin baru.
5. Biaya operasional pengolahan air limbah untuk resin baru Rp 250.000/m³, sedangkan untuk resin yang diregenerasi sebesar Rp 1250/m³, dihitung berdasarkan biaya bahan regenerasi dan kerusakan resin.

Kesimpulan

1. Air limbah industri elektroplating yang mengandung berbagai jenis ion logam berat yang bermuatan negatif dan positif dapat dilakukan pengolahan baik secara kimia-fisik maupun dengan proses pertukaran ion
2. Kualitas air hasil pengolahan baik dilakukan pengolahan dengan proses kimia-fisik maupun pertukaran ion dibawah baku mutu air limbah yang ditetapkan pemerintah daerah, dengan demikian layak untuk dibuang ke badan air penerima (sungai).
3. Biaya operasional pengolahan secara kimia-fisik lebih besar dibandingkan dengan menggunakan resin, yaitu Rp 7.150/m³ untuk pengolahan secara kimia-fisik, sedangkan dengan proses pertukaran ion hanya Rp 1.250/m³ dengan kualitas air hasil pengolahan dibawah baku mutu air limbah.

Saran

1. Bagi suatu industri yang memiliki air limbah mengandung ion logam berat dan belum memiliki instalasi pengolahan air limbah, hasil penelitian ini dapat dimanfaatkan untuk merencanakan instalasi pengolahan air limbahnya.
2. Bagi industri yang telah memiliki instalasi pengolahan air limbah, hasil penelitian ini dapat dijadikan pertimbangan dalam rangka menurunkan biaya operasionalnya.

Daftar Pustaka

Alliane A, Bounatrio N, Cherif A.t, and akretche D.E, 2001, "**Removal of Chromium from Aqueous Solution by Complexation-Ultrafiltration Using A Water-Soluble Macroligand**", Journal Water

Research, Vol 35, No 9, Elsevier Science Ltd, Poland

Casaveno, 1980, "**Industrial Wastewater & Water Engineering**" Chemical Engineering Magazine, Mc Graw Hill Publication Co, New York

Cezary A, Kozlowski and Wladyslaw Walkowiak, 2002, "**Removal of Chromium (VI) from Aqueous Solution by Polymer Inclusion membrane**", Journal Water Research, Elsevier Science Ltd, Poland

Daniel Schaum, 1972, "**Theory and Problem of College Chemistry**", Mc Graw Hill Inc, New York. David M. Ayres, 1994, "**Removing Heavy Metals from Wastewater**", Engineering Research Center Report, University of Maryland

Domenico Petruzzelli, Roberto Passino and Giovanni Tiravanti, 1995, "**Ion Exchange Process for Chromium Removal and Recovery from Tannary Wastes**", Journal I.E.C. Res, Vol 34, No 8, Italy.

Grimshaw and Harland, 1975, "**In Exchange : Introduction to Theory and Practice**", The Chemical Society, Burlington House, London.

Heryando Palar, 1994, "**Pencemaran & Toksikologi Logam Berat**", Rineka Cipta, Indonesia. James M. Montgomery, 1985, "**Water Treatment Principles & Design**", John Wiley & Sons, New York, Toronto, Singapore.

James W Patterson, 1985, "**Industrial wastewater Treatment Technologi**", Second Edition, USA.

J.A.S. Tenorio, D.C.R. Espinosa (2000), "**Treatment of Chromium Plating Process effluent with Ion Exchange Resin**", Journal Waste Management, Pergamon.

J.M. Coulson and J.F. Richardson, 1968, "**Chemical Engineering**", Pergamon Press Ltd, USA.

Jolanta Bohdziewicz, 2000, "**Removal of Chromium Ions (VI) from Underground Water in The hybrid Complexation-ultrafiltration Process**", Desalination, Elsevier Science Ltd, Poland.

Ketut Sumada, Alton D dan Desi W (2001), "**Removal (pengambilan) Ion kromium valensi 6 air limbah industri elektroplating dengan proses pertukaran ion**", Belum terpublikasikan dalam jurnal.

- Ketut Sumanda, Doni W Putra dan Ratna Y (2001), **“Pemanfaatan kembali ion kromium valensi 6 air limbah industri elektroplating membentuk larutan kalium brikomat dengan proses pertukaran ion”**, belum terpublikasi dalam jurnal.
- Ketut Sumanda, Riza Hidari Irava dan I Gusti Ayu Ade R (2000), **“Recovery Ion Kromium Valensi 3 Limbah Cair industri elektroplating dengan proses pertukaran ion”**, Belum terpublikasi dalam jurnal.
- Linvil G Rich, (1987), **“Unit Processes of Sanitary Engineering”**, John Wiley & Sons Tata Mc States of America.
- Metcalf & Eddy, 1979, **“Wastewater Engineering Treatment Disposal Reuse”**, Tata Mc Graw Hill, new Delhi.
- Nemerow, N.L, 1966, **“Theories and and Practice of Industrial Waste Management”**, Addison Wesley, MA.
- Nourbakhsh M, Sag Y, Ozer D, 1994, **“A Comparative Study of Various Biosorbents for Removal of Chromium (VI) Ions from Industrial Wastewaters”**, Journal Process Biochemistry, Elsevier Science Ltd, England.
- Rengaraj S, Kyeong-Ho Yeon and Seung-Hyeon Moon, 2001, **“Removal of Chromium from Water and Wastewater by Ion Exchange Resins”**, Journal of Hazardous Material, Elsevier.
- Stella Lacour, Jean-Claude Bollinger at all, (2001), **“Removal of Heavy metals in industrial wastewaters by ion-exchanger grafted textile”**, JournalAnalytica Chimica Acta, Elsevier
- Sultan I, Amer, Ph.D, 1998, **“Treating Metal Finishing Wastewater”** Environmental Technology, AQUACHEM INC.
- Tom D Reynold, 1982, **“Unit Operations and Processes In Environmental Engineering”**, Texas A & M University, Boston, Massachusetts
- Vogel, 1979, **“Textbook of Macro and Semimicro Qualitative Inorganic Analysis”**, Longman Group Limited, London