

ADSORPSI NIKEL DAN KOBALT PADA RESIN PENUKAR ION LEWATIT MONOPLUS TP 207 XL DALAM BEBERAPA LARUTAN SULFAT

Frideni G.F , G. A Wisma, M.Z. Mubarok, dan S. Purwadaria

Program Studi Sarjana Teknik Metalurgi, FTTM-ITB, Jl. Ganesa 10 Bandung, 40312

E-mail : frideni_gf@yahoo.com / sunara_p@yahoo.com

Intisari

Resin penukar ion Lewatit Monoplus TP 207 XL adalah salah satu resin untuk memisahkan logam dari larutan hasil pelindian bijih nikel laterit. Resin ini tahan terhadap abrasi, dapat digunakan pada suhu diatas suhu kamar, memiliki kelarutan yang rendah dalam larutan hasil leaching sehingga dapat digunakan berulang-ulang. Tulisan ini membahas kinetika proses adsorpsi nikel dan kobalt pada resin penukar ion Lewatit Monoplus TP 207 XL dalam beberapa larutan nikel dan kobalt sintetik dengan pH 3, 4, dan 5 pada suhu kamar, 40 °C, dan 50°C. Hasil dari percobaan menunjukkan bahwa dalam larutan nikel sulfat dan kobalt sulfat sintetik pH 5, persen adsorpsi nikel dan kobalt masing-masing dapat mencapai 92,19% dan 97,12% bila adsorpsinya dilakukan pada suhu 50 °C. Berdasarkan studi kinetika yang telah dilakukan, laju adsorpsi pada resin saat awal proses (≤ 2 jam) cenderung terkendali oleh laju difusi ion-ion melalui lapis difusi dalam fluida. Hasil percobaan menunjukkan pH dan suhu larutan berpengaruh pada persen adsorpsi nikel dan kobalt dan resin lebih sesuai untuk adsorpsi logam-logam ini secara bersamaan, karena tidak cukup selektif untuk memisahkan keduanya. Kemungkinan penggunaan resin ini untuk mengadsorpsi nikel dan kobalt dari beberapa larutan hasil pelindian nikel laterit kadar rendah yang telah dikurangi kandungan ion besinya juga disajikan dalam tulisan ini.

Kata kunci : Resin, Lewatit Monoplus TP 207 XL, Laterit, Pelindian, Difusi

Abstract

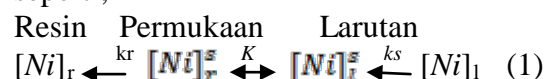
Lewatit Monoplus TP 207 XL ion exchange resin has a function to separate metal from nickel ore laterite in leaching solution. This resin has good wear ability and low solubility inside of solution after leaching process, therefore can be used at elevated temperature frequently. This study concern on kinetic of nickel and cobalt absorption of Lewatit Monoplus TP 207 XL ion exchange resin in nickel solution and synthetic cobalt, with potential hydrogen various around 3,4 and 5 at room temperature of 40 °C and 50 °C. Result shows that nickel and cobalt adsorption percentage can be obtained approximately around 92.19% and 97.12%, respectively, in nickel sulfide solution and 5 potential hydrogen of synthetic cobalt at temperature 50 °C. Based on kinetic study which has been done, absorption rate of resin at the first process (≤ 2 h) effected by ions diffusion rate through diffusion layer in the fluid. Result shows that potential hydrogen and solution temperature affect in nickel and cobalt absorption percentages, and also resin more appropriate to absorb these metals simultaneously, due to difficulty to separate of them. This study also shows possibility to using this resin for absorption nickel and cobalt in various solutions which is obtained from low nickel laterite with low ferrous ions after leaching process.

Keywords : Resin, Lewatit Monoplus TP 207 XL, Laterit, Leaching, Diffusion

PENDAHULUAN

Mengikuti Hellferich^[1-2], proses adsorpsi nikel pada resin penukar ion Lewatit Monoplus TP 207 XL secara hipotetik diawali dengan perpindahan massa ion-ion nikel dari ruah larutan

kepermukaan resin, adsorpsi nikel pada permukaan resin dan dilanjutkan dengan difusi nikel kebagian dalam resin. Proses adsorpsi ini ditunjukkan secara skematik seperti;



dengan l menyatakan larutan, r menyatakan resin, s menyatakan permukaan butiran resin, k_s adalah koefisien perpindahan massa dalam larutan, k_r adalah koefisien perpindahan massa dalam resin, dan K adalah konstanta kesetimbangan reaksi adsorpsi.

Setelah kesetimbangan tercapai antara nikel yang teradsorpsi pada resin dengan nikel dalam larutan dimuka resin, akan diperoleh hubungan :

$$[Ni]_r^e = K [Ni]_l^e \quad (2)$$

Laju pemuatan nikel pada resin sebelum kesetimbangan tercapai dapat dinyatakan oleh laju perpindahan massa nikel dari ruah larutan ke permukaan resin ;

$$\frac{d[Ni]_r}{dt} = k_r A ([Ni]_l^e - [Ni]_r) \quad (3)$$

dan laju perpindahan massa nikel pada resin yang dapat dinyatakan dengan persamaan,

$$\frac{d[Ni]_r}{dt} = k_r A ([Ni]_l^e - [Ni]_r) \quad (4)$$

dengan A adalah luas antarmuka resin-larutan.

Apabila laju pemuatan resin terkendali oleh laju perpindahan massa ion-ion Ni dari ruah larutan ke permukaan resin, maka pada keadaan tunak laju perpindahan

massa dalam resin $\left[\frac{d[Ni]_r}{dt} \right]$ akan sama dengan laju perpindahan massa dalam larutan $\left[-\frac{d[Ni]_l}{dt} \right]$ Kondisi ini biasanya terjadi dalam larutan dengan konsentrasi nikel yang rendah. Dengan menyelesaikan kedua persamaan tersebut (Persamaan 3 = Persamaan 4) dan dengan mensubstitusikannya ke Persamaan (2), akan diperoleh relasi ;

$$[Ni]_l^e = \frac{k_s [Ni]_l + k_r [Ni]_r}{k_r K + k_s} \quad (5)$$

Substitusi persamaan ini ke dalam Persamaan (4) memberikan,

$$\frac{d[Ni]_r}{dt} = k' (K [Ni]_l - [Ni]_r) \quad (6)$$

dengan $k' = k_s k_r A / (k_s K + k_s)$

Bila konsentrasi nikel dalam larutan pada permukaan resin konstan, integrasi Persamaan 6 menghasilkan,

$$\ln \left(\frac{K [Ni]_l - [Ni]_{r,0}}{K [Ni]_l - [Ni]_r} \right) = k' t \quad (7)$$

Dengan memperhatikan bahwa pada keadaan kesetimbangan berlaku $K [Ni]_l = [Ni]_{r,e}$

dan $[Ni]_{r,0}$ adalah pemuatan nikel resin pada $t = 0$ yang nilainya = 0, persamaan diatas dapat disederhanakan menjadi,

$$\ln \left(\frac{[Ni]_{r,e}}{[Ni]_{r,e} - [Ni]_r} \right) = k' t \quad (8)$$

Persamaan ini menyatakan bahwa

hubungan $\ln \left(\frac{[Ni]_{r,e}}{[Ni]_{r,e} - [Ni]_r} \right)$ dengan t linier.

PROSEDUR PERCOBAAN

Untuk mempelajari kinetika adsorpsi nikel dan/atau kobalt pada resin penukar ion Lewatit Monoplus TP 207 XL dari larutan nikel dan/atau kobalt sulfat, dilakukan serangkaian percobaan adsorpsi dibawah tekanan atmosfer pada suhu kamar, 40 °C, dan 50 °C, dengan menggunakan larutan-larutan artifisial yang pH-nya 3, 4 dan 5. Keseluruhan percobaan dilakukan dengan menggunakan resin 4x atau 1x dari perkiraan kebutuhan teoritik.

Percobaan adsorpsi nikel dan kobal juga dilakukan dengan menggunakan larutan hasil pelindian bijih nikel laterit yang ion besinya telah dikurangi. Pelindian dilakukan dalam larutan asam sulfat 1 M pada tekanan atmosfer dan percobaan adsorpsi ion-ion nikel dan kobalt dilakukan dalam larutan hasil pelindian pada temperatur 50 °C dan 60 °C, dengan menggunakan resin 4x teoritik.

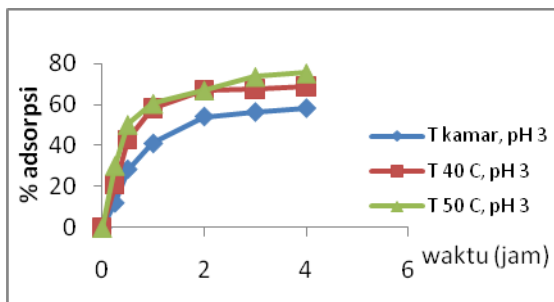
Nikel dan kobalt yang masih tertinggal dalam larutan, dianalisis dengan menggunakan flame AAS (Atomic Absorption Spectrophotometer) Shimadzu seri AA 6300.

HASIL DAN PEMBAHASAN

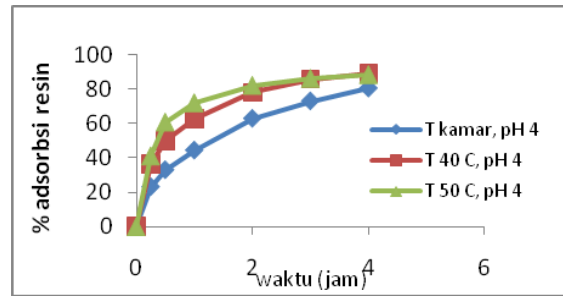
Kinetika Adsorpsi Nikel pada Resin Penukar Ion Lewatit TP 207 XL dalam Larutan Sulfat Artifisial

Dari data hasil pengujian adsorpsi nikel dalam larutan nikel sulfat dengan konsentrasi awal kurang lebih 280 ppm Ni, dialurkan hubungan antara % adsorpsi nikel dengan waktu sebagaimana disajikan pada Gambar-gambar 1, 2 dan 3 berturut-turut dari hasil percobaan pada pH 3, pH 4 dan pH 5.

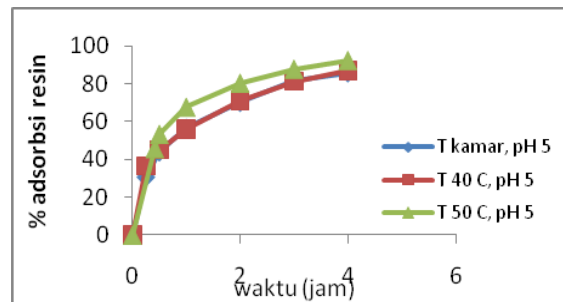
Untuk perhitungan kinetika perlu diprediksi kondisi kesetimbangan (keadaan terminal proses adsorpsi), yaitu saat tidak lagi terjadi perubahan konsentrasi ion logam dalam resin. Oleh karena percobaan dilakukan selama 4 jam, kondisi kesetimbangan diasumsikan sebagai konsentrasi ion logam tertinggi dalam resin selama 4 jam pengamatan. Sedangkan data yang digunakan untuk perhitungan kinetika adalah data adsorpsi resin selama 2 jam, karena adsorpsi sudah tidak signifikan lagi setelah 2 jam proses adsorpsi.



Gambar 1. Persen adsorpsi Ni sebagai fungsi waktu dalam larutan nikel sulfat pH 3 pada suhu kamar, 40 °C, dan 50 °C



Gambar 2. Persen adsorpsi Ni sebagai fungsi waktu dalam larutan nikel sulfat pH 4 pada suhu kamar, 40 °C, dan 50 °C

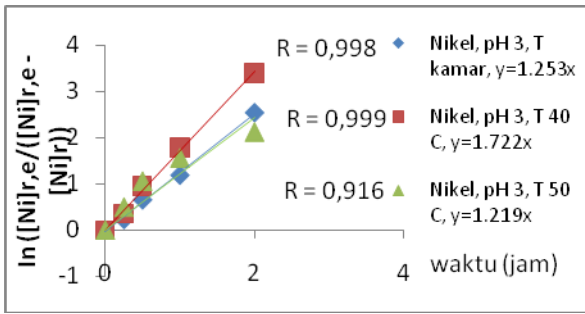


Gambar 3. Persen adsorpsi Ni sebagai fungsi waktu dalam larutan nikel sulfat pH 5 pada suhu kamar, 40 °C, dan 50 °C

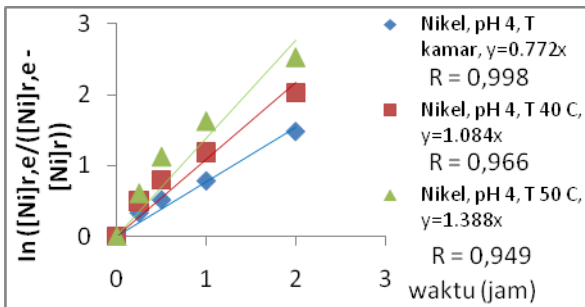
Hubungan $\ln \left(\frac{[Ni]_{T,E}}{[Ni]_{T,E} - [Ni]_t} \right)$ dengan t untuk hasil-hasil percobaan di atas ditunjukkan pada Gambar 4, 5 dan 6. Keseluruhannya menunjukkan hubungan yang linier dengan koefisien korelasi (R) mendekati 1. Energi aktivasi proses (Tabel 1) < 4,46 kkal/mol menekankan bahwa proses terkendali oleh difusi melalui lapis difusi dalam fluida [3].

Tabel 1. Energi aktifasi proses adsorpsi nikel

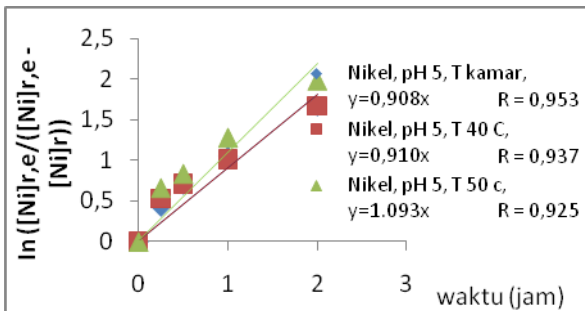
pH	k'	$-E_a / R$	E_a (kalori/mol)	E_a (kkalori/mol)
3	-154,2	-154,2	306,395	0,306
4	-2244	-2244	4458,825	4,459
5	-646,4	-646,4	1284,396	1,284



Gambar 4. Kinetika proses adsorpsi nikel dalam larutan dengan pH 3



Gambar 5. Kinetika proses adsorpsi nikel dalam larutan dengan pH 4

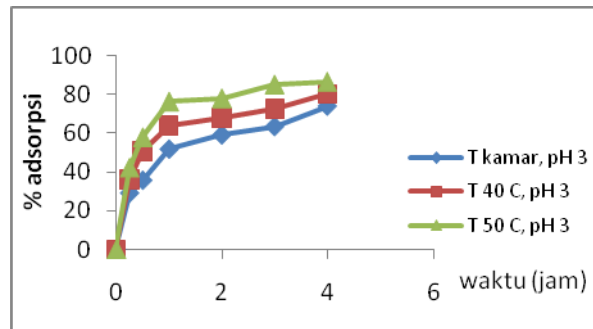


Gambar 6. Kinetika proses adsorpsi nikel dalam larutan dengan pH 5

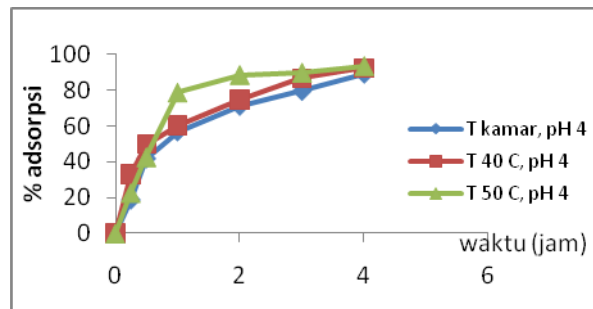
Kinetika Adsorpsi Kobalt pada Resin Penukar Ion Lewatit TP 207 XL dalam Larutan Sulfat Artifisial.

Hubungan antara % adsorpsi kobalt dengan waktu dari serangkaian percobaan yang dilakukan dalam larutan kobalt sulfat 63,48 ppm Co, disajikan pada Gambar 7, 8 dan 9 berturut-turut dari hasil percobaan pada pH 3, pH 4 dan pH 5. Sama seperti perilaku adsorpsi nikel pada resin yang digunakan, laju adsorpsi pada resin menurun dengan peningkatan waktu adsorpsi.

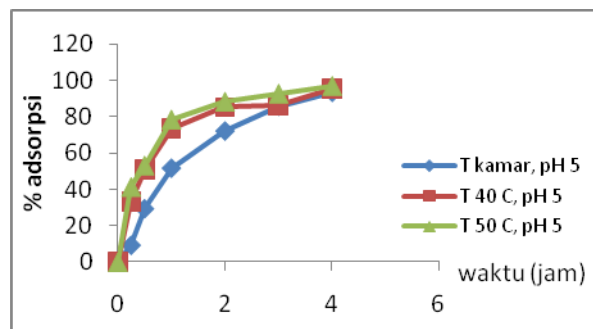
Hubungan $\ln\left(\frac{[Co]_{r,e}}{[Co]_{r,e}-[Co]_t}\right)$ dengan t untuk hasil-hasil percobaan di atas ditunjukkan pada Gambar 10, 11 dan 12. Keseluruhannya menunjukkan hubungan yang linear meskipun tidak sebaik pengaluran yang dilakukan pada adsorpsi nikel. Energi aktivasi proses (Tabel 2) < 4,4 kkal/mol menyatakan kembali bahwa proses terkendali oleh difusi melalui lapis difusi dalam fluida.



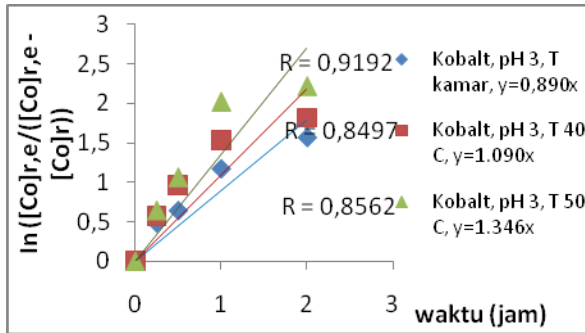
Gambar 7. Persen adsorpsi Co sebagai fungsi waktu dalam larutan kobalt sulfat pH 3 pada suhu kamar, 40 °C dan 50 °C



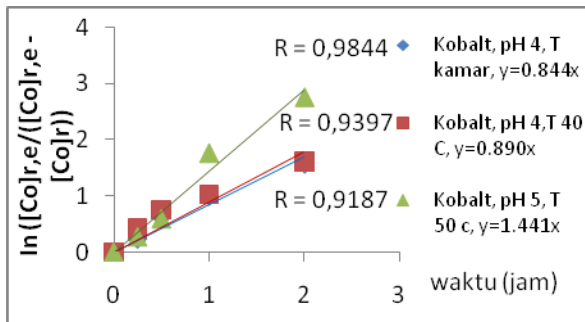
Gambar 8. Persen adsorpsi Co sebagai fungsi waktu dalam larutan kobalt sulfat pH 4 pada suhu kamar, 40 °C, dan 50 °C



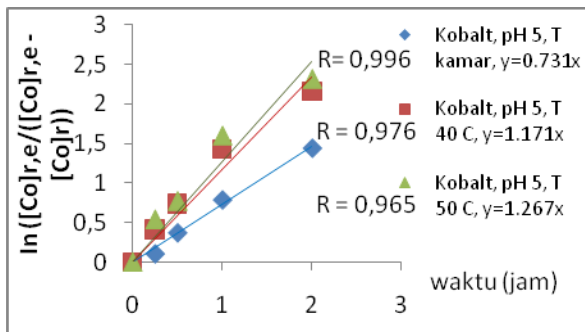
Gambar 9. Persen adsorpsi Co sebagai fungsi waktu dalam larutan kobalt sulfat pH 5 pada suhu kamar, 40 °C, dan 50 °C



Gambar 10. Kinetika proses adsorpsi kobalt dalam larutan dengan pH 3



Gambar 11. Kinetika proses adsorpsi kobalt dalam larutan dengan pH 4



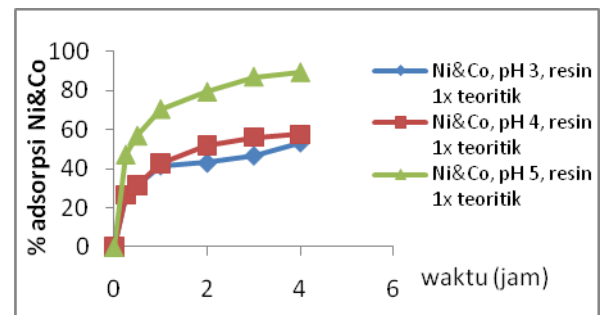
Gambar 12. Kinetika proses adsorpsi kobalt dalam larutan dengan pH 5

Tabel 2. Energi aktivasi proses adsorpsi kobalt

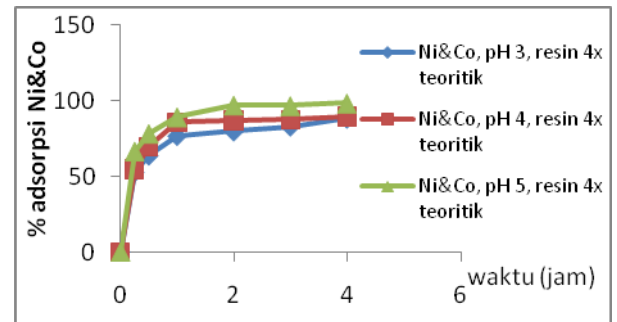
pH	k'	$-E_a / R$	E_a (Kalori/mole)	E_a (kkalori/mole)
3	-1560	-1560	3099,718	3,100
4	-1892	-1892	3759,402	3,759
5	-2196	-2196	4363,449	4,363

Kinetika Adsorpsi Nikel dan Kobalt pada Resin Penukar Ion Lewatit TP 207 XL dalam Larutan Nikel-Kobalt Sulfat Artifisial

Untuk menentukan % adsorpsi Ni+Co dari larutan nikel-kobalt artifisial, konsentrasi nikel dan kobalt dalam larutan diubah dalam unit mol/L. Oleh karena itu hubungan antara % adsorpsi dengan waktu yang ditunjukkan pada Gambar 13 dan 14 didasarkan pada % mol (Ni+Co) yang teradsorpsi pada resin. Konsentrasi total awal Ni+Co yang digunakan dalam percobaan adalah sebesar 0,024 mol/L.

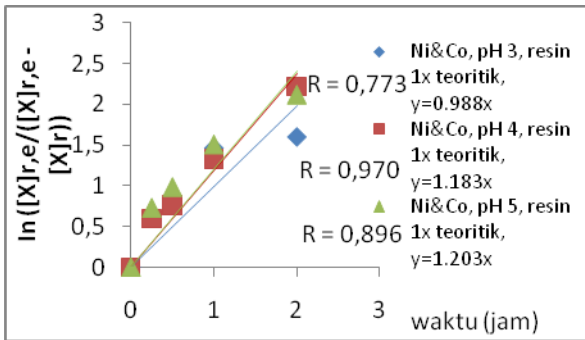


Gambar 13. Persen adsorpsi Ni+Co sebagai fungsi waktu pada suhu kamar dengan resin 1x teoritik

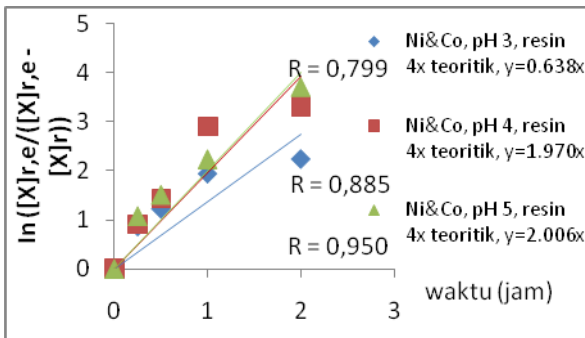


Gambar 14. Persen adsorpsi Ni+Co sebagai fungsi waktu pada suhu kamar dengan resin 4x teoritik

Dengan cara yang sama seperti yang dilakukan sebelumnya, laju adsorpsi Ni+Co dialurkan hubungan $\ln\left(\frac{[Ni+Co]_{t,e}}{[Ni+Co]_{t,e} - [Ni+Co]_t}\right)$ dengan t dari hasil-hasil percobaan di atas sebagaimana ditunjukkan pada Gambar 15 dan 16.



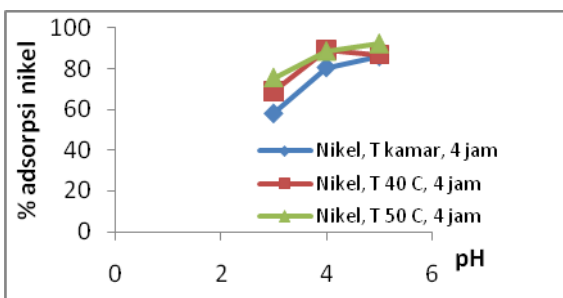
Gambar 15. Kinetika adsorpsi Ni+Co dalam larutan yang mengandung resin 1 kali teoritik



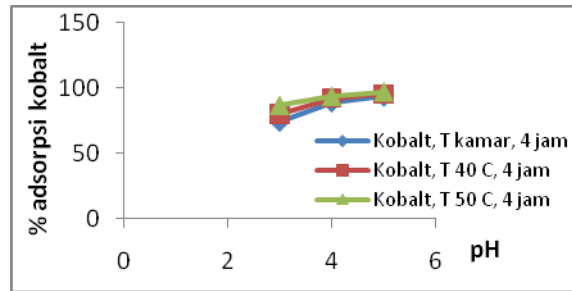
Gambar 16. Kinetika adsorpsi Ni+Co dalam larutan yang mengandung resin 4 kali teoritik

Pengaruh Temperatur dan pH terhadap Kemampuan Adsorpsi Nikel dan Kobalt pada Resin Penukar Ion Lewatit TP 207 XL dari Larutan Artifisial

Gambar 17 dan 18 berturut-turut menunjukkan pengaruh peningkatan pH terhadap persen adsorpsi nikel dan kobalt pada pada temperatur kamar, 40 °C, dan 50 °C.



Gambar 17. Pengaruh pH dan temperature pada persen adsorpsi nikel dalam larutan nikel sulfat setelah selama 4 jam

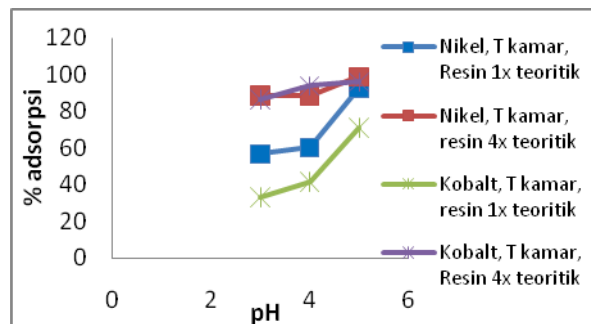


Gambar 18. Pengaruh pH dan temperatur pada persen adsorpsi kobalt dalam larutan kobalt sulfat setelah selama 4 jam

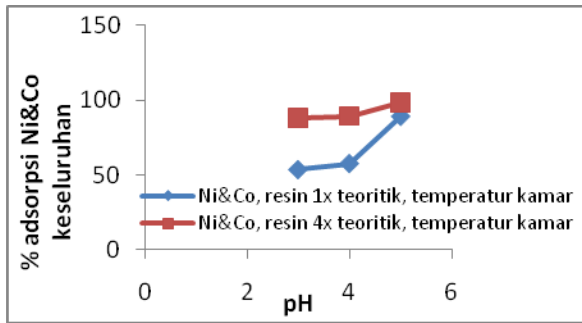
Proses adsorpsi Ni+Co berlangsung dengan energi aktivasi yang rendah, karena cenderung terkendali oleh laju perpindahan massa ion-ion nikel dalam larutan. Proses ini tidak sensitif terhadap kenaikan suhu. Laju adsorpsi nikel secara keseluruhan lebih lambat dari laju adsorpsi kobalt, meskipun dari larutan dengan konsentrasi kobalt jauh lebih rendah dari nikel.

Peningkatan jumlah nikel dan kobalt yang dapat diadsorpsi pada suhu yang lebih tinggi kemungkinan berkaitan dengan peningkatan konsentrasi kesetimbangan ion-ion nikel dan kobalt pada resin. Adsorpsi pada pH yang lebih tinggi dari DpH (DpH nikel 2,2 dan DpH kobalt 2,7)^[4] meningkatkan laju adsorpsi nikel dan kobalt serta jumlah nikel dan kobalt yang dapat teradsorpsi selama 4 jam.

Selektifitas Resin Penukar Ion Lewatit TP 207 XL Terhadap Nikel dan Kobalt



Gambar 19. perbandingan persen adsorpsi nikel dan kobalt dalam larutan nikel-kobalt sulfat pada berbagai pH dengan suhu kamar selama 4 jam

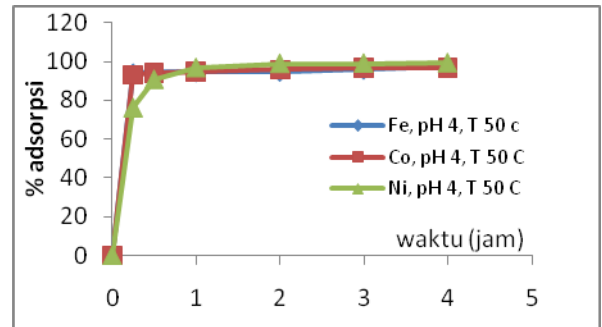


Gambar 20. Perbandingan persen adsorpsi nikel dan kobalt dalam larutan nikel-kobalt sulfat pada berbagai pH dengan suhu kamar selama 4 jam

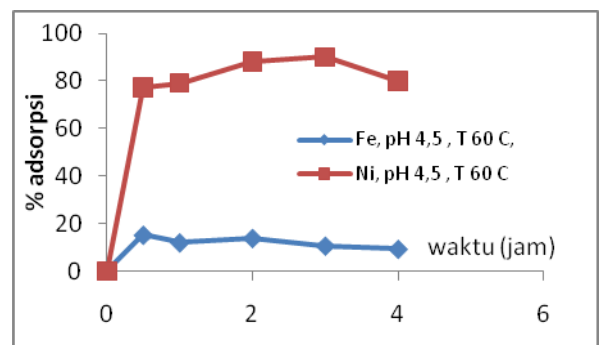
Nikel dan kobalt memiliki DpH dengan rentang perbedaan yang kecil pada resin penukar ion Lewatit Monoplus TP 207 XL. Bersamaan dengan itu laju adsorpsi nikel lebih lambat dari laju adsorpsi kobalt. Sebagai konsekuensinya selektifitas resin terhadap nikel dan kobalt dalam larutan sulfat sangat rendah. Sebagai kesimpulannya resin penukar ion Lewatit TP Monoplus 207 XL lebih sesuai untuk digunakan mengadsorpsi nikel dan kobalt secara bersamaan.

Adsorpsi Nikel dan Kobalt pada Resin Lewatit TP 207 XL dari Larutan Hasil Pelindian

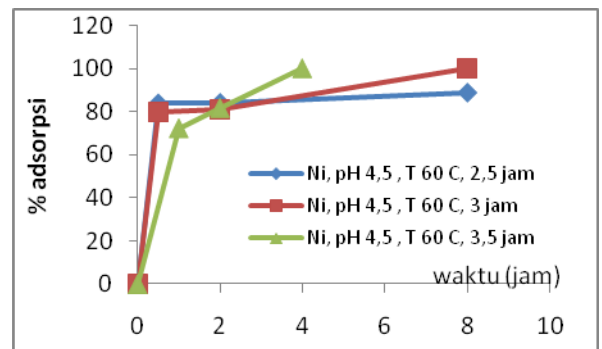
Larutan hasil pelindian yang digunakan adalah hasil pelindian dibawah tekanan atmosfer pada 95°C dengan menggunakan reagen pelindi larutan asam sulfat 1 M. Larutan hasil pelindian mengandung pengotor besi yang tinggi, sehingga besi harus dioksidasi terlebih dahulu menjadi ion Fe^{3+} dengan berbagai metoda, dan selanjutnya dilakukan presipitasi besi dengan menaikkan pH. Ion-ion nikel dan kobalt dari larutan yang telah dipisahkan besinya di adsorpsi dengan resin Lewatit Monoplus TP 207 XL pada pH 4-4,5. Gambar-gambar 21, 22 dan 23 menunjukkan persen adsorpsi nikel, kobalt, dan/atau besi dari larutan hasil pelindian yang telah dikurangi kadar besinya.



Gambar 21. Persen adsorpsi nikel, kobalt, dan besi dari larutan hasil pelindian (besi dioksidasi dengan H_2O_2) pada pH 4 dengan suhu 50°C



Gambar 22. Persen adsorpsi nikel dan besi dari larutan hasil pelindian (besi dioksidasi dengan aerasi 2 tahap) pada pH 4,5 dengan temperatur 60°C



Gambar 23. Persen adsorpsi nikel dari larutan hasil pelindian (besi dioksidasi elektrokimia dengan beberapa variasi waktu) pada pH 4,5 dengan temperatur 60°C (adsorpsi besi sangat kecil dan diabaikan)

Besi yang tertinggal cenderung ikut teradsorpsi saat adsorpsi nikel pada pH 4 - 4,5. Oleh karena itu besi dari larutan hasil pelindian harus dipisahkan sebanyak mungkin, sebelum dilakukan recovery

nikel dengan Lewatit Monoplus TP 207 XL.

KESIMPULAN

Dari percobaan adsorpsi yang telah dilakukan diketahui bahwa resin penukar ion Lewatit TP Monoplus 207 XL dapat digunakan untuk mengadsorpsi nikel, kobalt, dan besi pada pH sekitar 4. Keasaman larutan sangat mempengaruhi laju dan jumlah ion-ion nikel dan kobalt yang dapat di adsorpsi. Resin ini tidak selektif untuk memisahkan nikel dan kobalt dari larutan nikel-kobalt sulfat karena DpH untuk pemisahan kedua ion tersebut sangat berdekatan. Laju adsorpsi nikel lebih lambat dari laju adsorpsi kobalt dari larutan sulfat artifisial. Proses adsorpsi terkendali oleh laju difusi ion-ion melalui lapis difusi dalam fluida. Adsorpsi nikel dan kobalt dari larutan hasil pelindian berlangsung dengan laju yang lebih tinggi.

DAFTAR PUSTAKA

- [1] Kunin, R., *Ion Exchange Resin*, Second Edition, John Wiley and Son, Inc., New York.
- [2] Zaimawati, Z. 2005. *Development of Resin in Pulp Process for Recovery Nickel and Cobalt from Laterite Leach Slurries*, PhD Thesis, Murdoch Univ. WA.
- [3] Habashi, F.1970. *Principle Of Extractive Metallurgy*, Volume 2 (Hydrometallurgy), Gordon and Research, Science Publisher, Inc, New York.
- [4] *Metal Winning by Hydrometallurgy*, Lewatit, Bayer Chemicals.