

PEMANFAATAN KITOSAN DARI CANGKANG RAJUNGAN PADA PROSES ADSORPSI LOGAM NIKEL DARI LARUTAN NiSO_4

Yuliusman dan Adelina P.W.

Departemen Teknik Kimia, Fakultas Teknik Universitas Indonesia
Kampus UI, Depok 16424, Indonesia
usman@che.ui.ac.id

Abstrak

Limbah cangkang rajungan dan limbah nikel akan sangat berbahaya terhadap lingkungan apabila kadarnya melebihi ambang batas. Perlu dikembangkan metode pengolahan limbah yang mampu menyelesaikan kedua permasalahan tersebut. Salah satunya adalah metode adsorpsi-desorpsi menggunakan kitosan berbahan dasar cangkang rajungan, yang dilanjutkan dengan electrowinning untuk memperoleh padatan nikel. Penelitian ini terdiri dari tahap pembuatan bubuk kitosan, adsorpsi menggunakan kitosan, deadsorpsi logam nikel dari kitosan, dan electrowinning. Preparasi kitosan meliputi: demineralisasi dengan larutan HCl 1 M, deproteinasi dengan larutan NaOH 1 M, deasetilasi dengan larutan NaOH 50%. Pada proses adsorpsi logam nikel, larutan H_2SO_4 sebagai pengkondisi pH larutan. Proses desorpsi menggunakan larutan H_2SO_4 pH antara 1 sampai 3. Proses electrowinning menggunakan elektroda aluminium dan grafit. Kondisi optimum proses adsorpsi logam nikel dari larutan NiSO_4 peroleh pada kondisi pH 3, perbandingan solid:liquid (w/v) sebesar 1:150, dan waktu kontak selama 30 menit. Pada kondisi tersebut, konsentrasi awal nikel sebesar 400 ppm, diperoleh persentase adsorpsi telah mencapai 100 %. Kondisi optimum proses desorpsi diperoleh pada pH larutan 2 dan waktu desorpsi selama 60 menit, diperoleh persentase desorpsi sebesar 70 %. Kondisi optimum proses electrowinning logam nikel diperoleh pada kondisi rapat arus 150 mA/cm^2 dan waktu kontak selama 60 menit, dengan persentase recovery sebesar 62,3%.

Kata kunci : Kitosan, Kitin, logam nikel, Adsorpsi, Desorpsi, *Electrowinning*

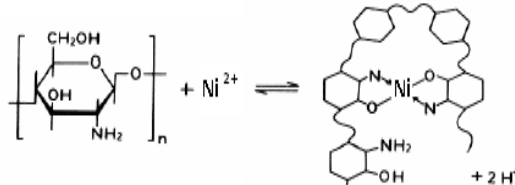
1. Pendahuluan

Indonesia memiliki kawasan perairan yang sangat luas dan menjadikannya sebagai salah satu negara pengekspor komoditas rajungan. Oleh karena Indonesia mengekspor komoditas tersebut dalam bentuk beku, dimana bagian kepala dan cangkang telah dipisahkan, maka pada akhirnya menyisakan limbah cangkang yang berpotensi mencemarkan lingkungan. Pada tahun 2006, Indonesia memproduksi 11.008 ton rajungan, dimana 85% diantaranya merupakan limbah cangkang [1]. Salah satu alternatif untuk memanfaatkan limbah cangkang tersebut adalah dengan mengolahnya menjadi produk baru yang memiliki nilai ekonomis, yaitu kitosan. Sementara itu, pertumbuhan industri yang kian pesat membuat polusi yang disebabkan oleh logam berat, khususnya nikel, menjadi tidak dapat dihindari. Logam nikel yang masih terkandung dalam limbah, sebenarnya masih dapat diambil kembali untuk dimanfaatkan menjadi produk lainnya.

Sebelumnya memang telah ada beberapa metode yang dikembangkan untuk melakukan *recovery* logam dari berbagai limbah. Kim (2005) pernah melakukan proses pengambilan kembali logam nikel dengan metode *leaching* dengan melarutkan limbah MLCC (*multi layer ceramic capacitor*) dengan larutan HNO_3 . Dengan penambahan peroksida, maka diperoleh persentase *recovery* logam nikel sebesar 97% [2]. Namun, kelemahan dari metode ini adalah apabila metode *leaching* diterapkan pada limbah yang mengandung banyak unsur logam, maka selektivitas terhadap unsur logam yang diinginkan menjadi rendah dan persentase *leaching* pun akan menurun. Oleh karena itu, perlu ditentukan metode *recovery* sederhana namun efektif dalam mengambil kembali logam nikel dari limbah.

Metode adsorpsi merupakan metode yang efektif. Efektivitas adsorpsi tidak terlepas dari jenis adsorben yang digunakan. Kitosan yang memiliki gugus-gugus fungsional untuk mengikat ion logam, dapat digunakan sebagai adsorben yang ramah lingkungan. Selain biaya adsorben kitosan yang relatif murah, potensi kitosan sebagai pengikat logam berat juga sangat besar. Dalam pengolahan limbah cair industri, kitosan umum dimanfaatkan karena sifatnya yang dapat menyerap logam berat dan menjernihkan limbah cair industri. Salah satunya adalah seperti yang dilakukan oleh Widodo dkk (2005), yaitu menggunakan kitosan berbahan dasar cangkang udang dalam proses pengolahan limbah cair industri tekstil, diperoleh bahwa kitosan mampu menyerap logam berat tembaga yang terdapat dalam limbah cair dengan metode penukar ion [3]. Dalam penelitian ini digunakan kitosan yang berbahan dasar cangkang rajungan untuk adsorpsi logam nikel. Kandungan kitin pada rajungan yang cukup besar, yakni sekitar 50-60%, diharapkan mampu menghasilkan persentase adsorpsi logam yang jauh lebih besar dibandingkan dengan penggunaan kitosan berbahan dasar cangkang udang.

Kitosan adalah senyawa turunan kitin yang juga merupakan salah satu adsorben polimer organik yang mampu mengikat ion logam. Kitosan yang disebut juga dengan β -1,4-2 amino-2-dioksi-D-glukosa merupakan polisakarida linear yang berasal dari zat kitin yang telah dihilangkan gugus asetilnya dengan menggunakan basa kuat. Rumus molekul kitosan adalah $C_{18}H_{26}N_2O_{10}$. Kitosan dapat mengikat logam berat dengan menggunakan prinsip koagulasi. Prinsip koagulasi kitosan adalah penukar ion dimana garam amina yang terbentuk karena reaksi amina dengan asam akan mempertukarkan proton yang dimiliki logam pencemar dengan elektron yang dimiliki oleh nitrogen (N). Proses koagulasi logam berat oleh kitosan dapat dilihat dalam Gambar 1.



Gambar 1. Pengikatan ion logam oleh kitosan

2. Bahan dan Metode Penelitian

2.1. Preparasi Kitosan

Dalam tahap ini kitosan dibuat dari limbah rajungan dengan kondisi optimum yang telah diperoleh dari penelitian sebelumnya. Adapun spesifikasinya adalah kitosan yang memiliki kadar abu 0,65%, kadar protein 6,78%, dan derajat deasetilasi sebesar 52,58%.

Pembuatan kitosan ini terdiri dari 3 tahap, yakni :

1. Proses demineralisasi dengan larutan HCl 1 M, temperatur konstan 60°C , dan waktu kontak 1 jam.
2. Proses deproteinasi dengan larutan NaOH 1 M, temperatur konstan 70°C , dan waktu kontak 2 jam.
3. Proses deasetilasi dengan larutan NaOH 50%, temperatur konstan 100°C , kecepatan pengadukan 500 rpm, perbandingan *solid/liquid* = 1:15, dan waktu kontak 45 menit.

Kitosan yang terbentuk dikarakterisasi dengan uji FTIR untuk mengetahui derajat deasetilasinya.

2.2. Adsorpsi Nikel dengan Kitosan

Dalam proses adsorpsi logam nikel, parameter proses yang dijaga konstan adalah :

1. Temperatur sistem adalah temperatur ruang.
2. Kecepatan pengadukan dijaga konstan, yaitu 200 rpm.
3. Larutan yang digunakan adalah larutan NiSO_4 .

Parameter proses yang divariasikan adalah:

1. pH larutan; 2, 3, 5, 6.
2. Perbandingan solid/liquid (S/L); 1:100, 1:150, dan 1:200.
3. Waktu adsorpsi; 15, 30, 45, dan 60 menit.
4. Konsentrasi awal logam dalam larutan; 500, 1000, 1500, dan 2000 ppm dalam larutan NiSO_4 .

2.3. Desorpsi Nikel

Pada proses desorpsi logam nikel dari kitosan, parameter proses yang dijaga konstan adalah :

1. Temperatur sistem dijaga konstan pada 50°C .
2. Kecepatan pengadukan dijaga konstan pada 300 rpm.
3. *Stripping agent* yang digunakan adalah larutan H_2SO_4 .

Parameter proses yang divariasikan adalah:

1. pH: 1, 2, dan 3.
2. Waktu desorpsi: 15, 30, dan 60 menit.

2.4. Electrowinning Logam Nikel

Pada proses *electrowinning* ion Ni dari *rich solution*, parameter proses yang dijaga konstan adalah :

1. Temperatur sistem dijaga konstan pada temperatur ruang, 27^oC.
2. Konsentrasi logam nikel berdasarkan pada konsentrasi larutan hasil desorpsi pada kondisi optimum.
3. Anoda yang digunakan adalah grafit, dan aluminium sebagai katoda.
4. Jarak antar elektroda 3 cm.

Parameter proses yang divariasikan adalah:

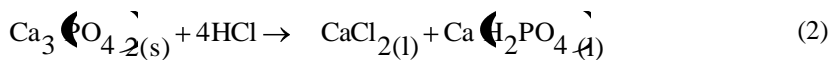
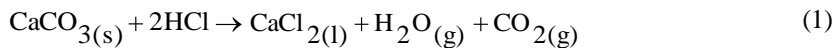
- a) Rapat arus pada 50, 100, dan 150 mA/cm².
- b) Waktu kontak: 30 dan 60 menit.

3. Hasil dan Pembahasan

3.1. Preparasi Kitosan

a. Demineralisasi

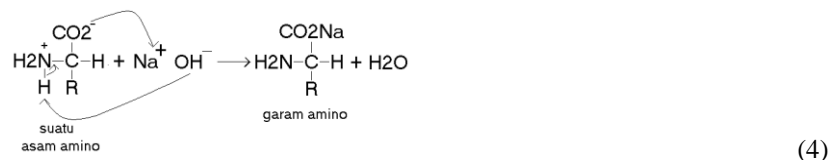
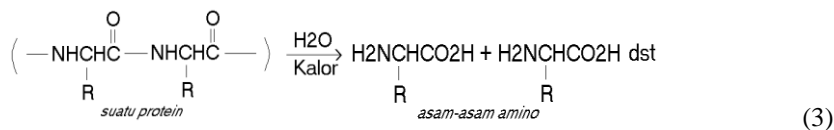
Pada awal proses pencampuran cangkang rajungan dengan HCl 1 M, terjadi reaksi yang cukup signifikan. Selanjutnya terbentuk banyak buih dan gelembung-gelembung udara dengan volume yang cukup besar, dan hal ini berlangsung selama ± 5 menit. Hal ini disebabkan oleh terbentuknya gas-gas CO₂ dan H₂O di permukaan larutan berdasarkan reaksi demineralisasi yang ditunjukkan oleh Persamaan (1) dan (2).



Crude kitin hasil tahap demineralisasi dicuci dengan air distilasi untuk menghilangkan sisa HCl yang masih menempel pada *crude* kitin. Hal ini sangat penting agar kitin tidak rusak ketika akan direaksikan dengan NaOH pada tahap deproteinasi, yang diakibatkan oleh perubahan pH yang cukup drastis.

b. Deproteinasi

Pada tahap deproteinasi, *crude* kitin hasil dari tahapan demineralisasi dicampurkan dengan NaOH 1 M dengan perbandingan *solid/solvent* (w/v) 1:10. Ketika proses pencampuran terjadi, terbentuk sedikit gelembung di permukaan larutan. Sementara itu larutan menjadi agak mengental dan berwarna kemerahan. Larutan yang agak mengental tersebut mengindikasikan adanya kandungan protein dari dalam *crude* kitin yang terlepas dan berikatan dengan ion Na⁺ dalam larutan, membentuk natrium proteinat. Pada saat deproteinasi, ujung rantai protein (poliamida) yang bermuatan negatif akan bereaksi dengan basa (NaOH) membentuk garam amino. Persamaan (3) dan (4) menunjukkan reaksi kimia yang terjadi pada tahap deproteinasi :

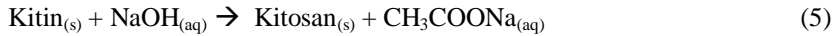


Setelah deproteinasi, maka *crude* kitin melalui tahap depigmentasi bertujuan untuk penghilangan warna (pigmen) yang terkandung dalam *crude* kitin, yaitu *red-orange astaxanthin*, suatu jenis karotenoid. Untuk proses ini, digunakan larutan natrium hipoklorit (NaOCl) dengan konsentrasi 0,315% dan berlangsung selama 10 menit.

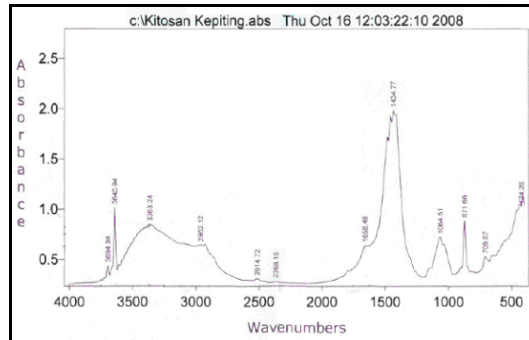
c. Deasetilasi

Tahap deasetilasi merupakan tahapan transformasi kitin menjadi kitosan dengan melarutkan *crude* kitin pada larutan NaOH pekat 50%. Pemilihan konsentrasi NaOH 50% disebabkan oleh pada kondisi tersebut reaksi hidrolisis amida dan pemutusan ikatan antara gugus asetil dengan atom nitrogen berlangsung efektif. Pada tahap ini, gugus asetil yang dimiliki kitin akan bereaksi dengan atom nitrogen untuk membentuk gugus amina. Gugus amina ini yang nantinya akan sangat berperan penting dalam proses pengikatan ion logam nikel pada adsorpsi.

Reaksi yang terjadi pada deasetilasi adalah reaksi adisi, dimana gugus OH⁻ masuk ke dalam gugus NHCOCH₃ pada kitin seperti yang ditunjukkan oleh Persamaan (5). Kemudian terjadi eliminasi gugus CH₃COO⁻ sehingga menghasilkan suatu amina, yaitu kitosan.



Produk kitosan selanjutnya diuji derajat deasetilasinya untuk memastikan apakah kitosan yang dihasilkan telah memenuhi spesifikasi (derajat deasetilasi > 50%) atau belum. Pengujian kitosan dilakukan dengan metode FTIR (*Fourier Transform Infra Red*). Gambar 2 menunjukkan grafik absorbansi kitosan dengan spektrum infra merah.



Gambar 2. Grafik FTIR Kitosan

Berdasarkan grafik di atas, maka dapat dihitung derajat deasetilasi kitosan dengan menggunakan Persamaan (6) berikut :

$$DD = 100 - \left[\left(\frac{A_{1655}}{A_{3450}} \right) \times \left(\frac{100}{1,33} \right) \right] \quad (6)$$

dimana :

A_{1655} = absorbansi pada panjang gelombang 1655. Pada panjang gelombang ini menunjukkan kandungan ikatan amina untuk perhitungan kandungan gugus n-asetil.

A_{3450} = absorbansi pada panjang gelombang 3450. Pada panjang gelombang ini menunjukkan ikatan hidroksil sebagai faktor koreksi untuk sampel ketebalan film dari kitosan tersebut.

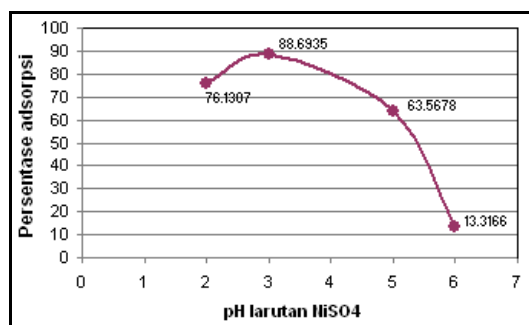
Faktor 1,33 = nilai dari A_{1655}/A_{3450} untuk kitosan yang terdeasetilasi sempurna.

Berdasarkan perhitungan, maka diperoleh derajat deasetilasi kitosan adalah 50,2%. Meski kitosan yang umumnya beredar di pasaran memiliki derajat deasetilasi 70-90%, namun kitosan yang dihasilkan dari penelitian ini telah memenuhi spesifikasi derajat deasetilasi minimum karena lebih besar dari 50%.

3.2. Adsorpsi

a. Pengaruh pH

Derajat keasaman atau pH larutan merupakan salah satu faktor penting yang menentukan kinerja adsorben dalam proses adsorpsi. Nilai pH yang terlalu rendah atau terlalu tinggi akan membuat kitosan tidak mampu bekerja optimum [4]. Gambar 3 menunjukkan hasil variasi pH larutan terhadap persentase adsorpsi.



Gambar 3. Pengaruh pH Larutan pada Adsorpsi.

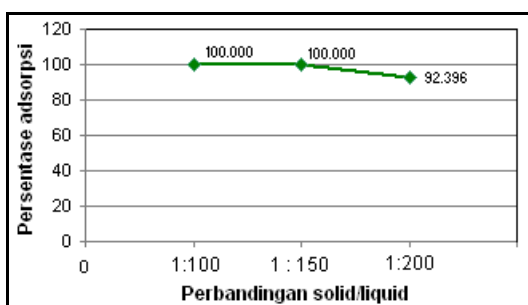
Pada pH 2 diperoleh persentase adsorpsi sebesar 76,13%. Nilai persentase adsorpsi yang tidak terlalu besar ini diperkirakan terjadi karena pada kondisi tersebut terlalu banyak ion H^+ dalam larutan. Keberadaan ion H^+ ini menyebabkan gugus amina pada kitosan terprotonasi, dan pada akhirnya mengganggu proses pengikatan ion logam Ni^{2+} . Sementara itu, persentase adsorpsi cenderung naik ketika pH larutan dinaikkan menjadi 3. Hal ini dikarenakan dengan naiknya pH, maka jumlah ion H^+ dalam larutan pun berkurang yang menyebabkan gugus amina tidak akan terlalu terprotonasi dan dipengaruhi oleh ion H^+ seperti pada pH sebelumnya. Kondisi ini akan

memudahkan gugus amina kitosan untuk memberikan dua elektron bebasnya untuk dapat membentuk ikatan kovalen koordinat dengan ion logam nikel. Selain itu, terjadi juga reaksi pemutusan atom H pada gugus hidroksil, yang menyebabkan O⁻ berikatan ionik dengan ion logam nikel.

Selanjutnya pada pH 5, terjadi penurunan persentase adsorpsi menjadi 63,56 %. Hal disebabkan oleh pada kondisi pH yang semakin tinggi, maka semakin banyak juga ion-ion OH⁻ dalam larutan. Keberadaan ion OH⁻ ini menyebabkan ion Ni²⁺ terhidrolisis dan menghasilkan Ni(OH)₂. Nikel yang tidak lagi berada dalam bentuk ionnya, semakin sulit untuk berikatan dengan gugus amina dan hidroksil pada kitosan. Akan tetapi, Ni(OH)₂ tersebut kemungkinan masih berada dalam fasa cair (bentuk koloid) sehingga masih terlarut dalam NiSO₄ dan tidak ikut tersaring bersama kitosan. Persentase adsorpsi semakin menurun tajam ketika pH dinaikkan kembali menjadi 6, dimana diperoleh persentase adsorpsi sebesar 13,31%. Kecenderungan penurunan kinerja adsorpsi kitosan pada pH yang semakin tinggi kemungkinan disebabkan oleh semakin banyaknya ion Ni²⁺ yang terpresipitasi dengan ion-ion OH⁻ dalam larutan. Kondisi pH optimum untuk proses adsorpsi ini ditetapkan pada kondisi pH 3, karena pada pH tersebut diperoleh persentase adsorpsi yang terbesar dibandingkan dengan kondisi pH lainnya.

b. Pengaruh perbandingan solid/liquid (S/L)

Faktor penting lainnya yang juga mempengaruhi kinerja proses adsorpsi adalah perbandingan massa padatan adsorben dengan volume larutan yang diadsorpsi. Rasio yang terlalu besar akan menurunkan kemampuan penyerapan kitosan. Pengaruh variasi perbandingan S/L terhadap persentase adsorpsi ditunjukkan oleh Gambar 4.



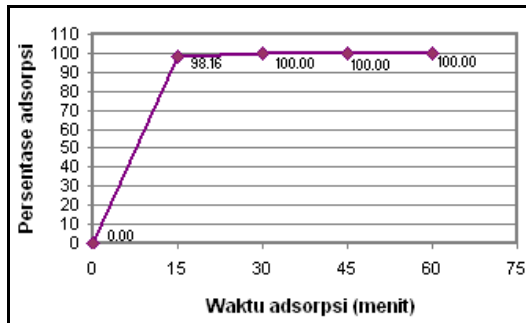
Gambar 4. Pengaruh Perbandingan S/L pada Adsorpsi

Dari grafik di atas terlihat bahwa pada adsorpsi dengan perbandingan *solid/liquid* 1:100, persentase adsorpsi telah mencapai 100% yang artinya kitosan berhasil mengadsorpsi semua kandungan logam nikel yang ada dalam larutan. Hal yang sama juga terjadi ketika perbandingan *solid/liquid* dinaikkan menjadi 1:150. Namun, persentase adsorpsi justru menurun menjadi 92,396% ketika perbandingan *solid/liquid* dinaikkan menjadi 1:200. Hal ini disebabkan oleh pada perbandingan *solid/liquid* 1:200, kadar nikel dalam larutan cukup besar sehingga kitosan tidak mampu bekerja secara efektif karena sempitnya ruang yang dimiliki oleh permukaan kitosan untuk mengadsorpsi ion-ion logam nikel tersebut. Dengan kata lain, kandungan nikel yang besar tidak diimbangi dengan kapasitas pori adsorben yang dimiliki oleh kitosan.

Karena kondisi pada saat rasio 1:150 merupakan perbandingan dimana persentase adsorpsi tepat akan turun dari 100%, maka ditetapkan bahwa perbandingan *solid/liquid* yang optimum untuk proses adsorpsi ini adalah 1:150. Meskipun pada rasio 1:100 juga diperoleh persentase adsorpsi 100%, namun rasio 1:150 tetap dipilih sebagai kondisi optimum karena pada kondisi tersebut lebih banyak volume larutan yang dapat diadsorpsi atau dengan kata lain efisiensi adsorpsi menjadi lebih besar.

c. Pengaruh waktu kontak

Variabel lain yang diujikan dalam tahap adsorpsi adalah waktu kontak. Pada prinsipnya, semakin lama waktu kontak maka akan semakin banyak logam yang dapat diadsorpsi oleh kitosan. Gambar 5 menunjukkan hasil variasi waktu kontak pada adsorpsi.

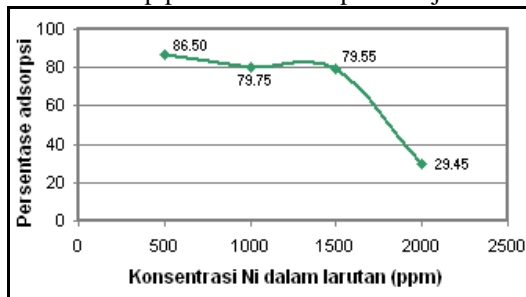


Gambar 5. Variasi Waktu Kontak pada Adsorpsi

Dari gambar di atas, terlihat bahwa kondisi optimum adsorpsi diperoleh pada saat adsorpsi berlangsung selama 30 menit. Pada saat itu, persentase adsorpsi telah mencapai 100%. Pemilihan kondisi ini didasarkan pada perolehan persentase adsorpsi terbesar, namun pada waktu yang paling singkat, guna mendapatkan kondisi operasi adsorpsi yang paling efektif. Pada saat adsorpsi hanya berlangsung selama 15 menit, ternyata persentase adsorpsi yang dihasilkan sudah cukup baik, yakni sekitar 98,16%. Kenaikan persentase adsorpsi dari waktu kontak 15 menit menjadi 30 menit, tidak lagi signifikan dan malah cenderung konstan pada saat waktu kontak menjadi 45 dan 60 menit. Hal ini menggambarkan bahwa pada saat adsorpsi berlangsung selama 45 menit, situs aktif permukaan kitosan telah berada dalam kondisi jenuh oleh ion logam nikel. Oleh karena itu, penambahan waktu kontak adsorpsi tidak akan terlalu mempengaruhi persentase adsorpsi.

d. Pengaruh konsentrasi awal logam

Variabel terakhir yang ingin dilihat pengaruhnya terhadap persentase adsorpsi adalah konsentrasi awal nikel dalam larutan NiSO_4 . Pada tahap ini dilakukan variasi konsentrasi nikel dalam larutan dari 500 ppm hingga 2000 ppm. Pengaruh variasi konsentrasi terhadap persentase adsorpsi ditunjukkan oleh Gambar 6.

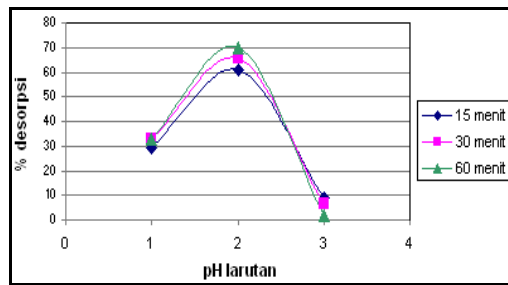


Gambar 6. Variasi Konsentrasi pada Adsorpsi

Gambar 6 menunjukkan tren bahwa persentase adsorpsi akan cenderung menurun seiring dengan kenaikan konsentrasi awal nikel dalam larutan. Pada rentang konsentrasi 500 hingga 1500 ppm, terjadi penurunan persentase adsorpsi yang tidak terlalu signifikan, dimana persentase adsorpsi berada dalam rentang 79-87%. Namun ketika konsentrasi nikel dinaikkan menjadi 2000 ppm, maka persentase adsorpsi menurun drastis hingga hanya sebesar 29,45%. Penurunan ini terjadi karena pada konsentrasi tersebut situs aktif yang dimiliki kitosan telah jenuh karena permukaannya telah terisi penuh oleh ion nikel, serta tidak mampu lagi mengikat ion logam nikel yang kadarnya masih cukup banyak dalam larutan.

3.3. Desorpsi

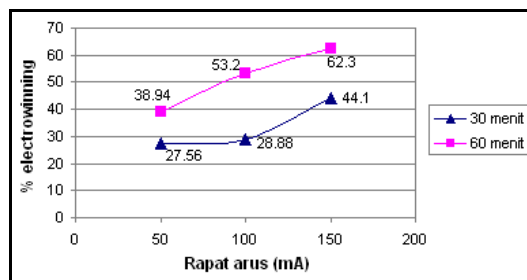
Pada tahap desorpsi, ion-ion logam nikel yang telah teradsorpsi oleh kitosan akan ditarik kembali agar terlarut serta berikatan dengan ion-ion SO_4^{2-} . Hal ini dapat terjadi karena ion H^+ dari larutan asam memiliki kemampuan untuk melepaskan ikatan ion logam Ni pada gugus amina. Pada tahap ini, pH *stripping agent* dan waktu kontak divariasikan, dan hasilnya ditunjukkan oleh Gambar 7. Pada Gambar 7, terlihat bahwa kondisi optimum proses desorpsi diperoleh pada kondisi pH 2 dan waktu desorpsi selama 30 menit. Pada pH 1, persentase desorpsi cukup rendah yakni hanya berada pada rentang 29-33%. Namun ketika pH larutan dinaikkan menjadi 2, ternyata persentase desorpsi pun meningkat tajam menjadi 60-70%. Kenaikan ini disebabkan oleh adanya ion-ion H^+ dari larutan *stripping agent* H_2SO_4 yang memiliki daya untuk melepaskan ikatan ion logam pada gugus amina dan ion O⁻. Sementara itu, ketika pH larutan dinaikkan menjadi 3, maka persentase desorpsi justru menurun drastis menjadi kurang dari 10%. Hal ini disebabkan oleh berkurangnya jumlah ion-ion H^+ dalam larutan yang berikatan pada menurunnya daya untuk mendorong terjadinya pelepasan ion logam nikel yang telah berikatan dengan kitosan untuk berikatan dengan ion SO_4^{2-} .



Gambar 7. Variasi pH dan Waktu Kontak pada Desorpsi

3.4. Electrowinning

Tujuan dari tahap *electrowinning* adalah untuk memperoleh logam nikel dalam fasa padat. Proses *electrowinning* lebih efektif bila dilakukan setelah proses desorpsi, karena *rich solution* yang digunakan lebih murni (bebas pengotor). Variabel rapat arus dan waktu kontak divariasikan, dan hasilnya ditunjukkan oleh Gambar 8.



Gambar 8. Variasi Rapat Arus dan Waktu Kontak pada *Electrowinning*

Dari Gambar 8 terlihat bahwa pada rapat arus yang semakin besar, maka persentase *electrowinning* juga semakin besar, atau dengan kata lain semakin banyak pula logam nikel yang mengendap di katoda. Arus listrik yang semakin besar yang mengalir dalam larutan, maka akan memberikan gaya yang lebih besar pula untuk mendorong terjadinya pergerakan ion-ion positif logam nikel menuju elektroda negatif aluminium. Semakin lama waktu kontak juga membuat persentase *electrowinning* semakin besar. Hal ini dikarenakan waktu reaksi yang lebih lama akan memberikan waktu yang lebih banyak untuk terjadinya reaksi reduksi, sehingga akan semakin banyak logam nikel yang terdeposit pada katoda.

4. Kesimpulan

Pemanfaatan metode adsorpsi menggunakan kitosan berbahan dasar cangkang rajungan sebagai adsorben logam, memiliki peluang yang cukup besar dalam menangani permasalahan limbah di Indonesia. Kemampuan kitosan yang sangat baik dalam mengadsorpsi logam nikel pada suatu kondisi optimum (terlihat dari persentase adsorpsi yang cukup besar), membuat kitosan menjadi alternatif yang menjanjikan dalam upaya pengolahan limbah nikel. Dari penelitian ini, diperoleh kondisi optimum adsorpsi oleh kitosan pada pH 3, perbandingan *solid/liquid* 1:100, dan waktu kontak selama 30 menit. Sementara kondisi optimum desorpsi diperoleh pada pH 2 dan waktu kontak 60 menit. Untuk memperoleh nikel dalam fasa padat, maka metode *electrowinning* perlu dilakukan dengan mengalirkan arus listrik 150 mA/cm² selama 60 menit.

Daftar Acuan

- [1] Anonim. 2006. *Limbah Udang dan Rajungan : Potensi Devisa 80 Juta Dollar AS Setiap Tahun*. <http://www.lampungpost.com>. Diakses 25 April 2009.
- [2] Kim, Eun-young, dkk. 2005. *Leaching Behavior of Nickel from Waste Multi-layer Ceramic Capacitors*. <http://www.sciencedirect.com>.
- [3] Widodo, Agus. dkk. 2005. *Potensi Kitosan dari Sisa Udang sebagai Koagulan Logam Berat Limbah Cair Industri Tekstil*. Surabaya : Jurusan Teknik Kimia Institut Teknologi Sepuluh November.
- [4] Guibal E, Millot C. 1999. Personal Communication: Influence of Hydrolysis Mechanism on Molybdate Sorption Isotherm Using Chitosan. France : Ecole des Mines d'Ales, Laboratoire Genie de l'Environnement. Industriel.