

PENYISIHAN NIKEL MENGGUNAKAN MEDIA ZEOLIT (STUDI KASUS LIMBAH INDUSTRI KECIL PELAPISAN LOGAM KECAMATAN JUWANA PATI)

Syafrudin^{*)}

ABSTRACT

Metal coating industries were rapidly grown up but they had negative environmental impact because of their wastewater-contained nickel. One of technology to remove nickel used zeolite as media of ion exchange. This research used zeolite to remove nickel content by batch and continuous column process. The batch process used zeolite with diameter of 10-20 MESH and 20-40 MESH. The highest efficiency of 97,483% is reached at zeolite with diameter 20-40 MESH, while continuous column process is applied in column with diameter 2,54 cm at the concentration of 4 mg/liters and flow rate variation at 30-450 ml/minute. Nickel concentration could reach until 0.1mg/liters at flow rate of 30 ml/minute. Nickel concentration could accomplish the limit of standardization wastewater from metal-coated industry of 0.6 mg/liters. The Reynolds number was about 0,45-4,78 still in the Reynolds range 0.016-1500. The relationship between Sherwood and Reynolds number is $Sh = 4,53 NRe^{0,3996}$.

Keywords: ion exchange, zeolit, nickel, Reynolds number, and Sherwood number

PENDAHULUAN

Seiring dengan perkembangan industri di Indonesia khususnya di Jawa Tengah, industri pelapisan logam merupakan salah satu industri yang sangat berperan dalam mendukung kemajuan perekonomian daerah. Disamping produk-produk logam yang dihasilkan industri pelapisan logam juga mempunyai produk samping berupa limbah cair yang mengandung logam-logam berat. Limbah cair berasal dari larutan elektrolit tipe asam air pembilasan. Air ini banyak mengandung bahan baku $NiSO_4 \cdot H_2O$ dan H_2SO_4 . Pada proses pelapisan inilah dihasilkan limbah cair yang banyak mengandung $NiSO_4$.

Desa Bojomulyo, Kecamatan Juwana Kabupaten Pati merupakan salah satu sentra industri pelapisan logam dimana air limbah yang dikeluarkan banyak mengandung logam berat salah satunya adalah nikel. Nikel termasuk dalam jenis logam berat yang sangat berbahaya. Jumlah sedikit dari logam ini diperlukan bagi manusia akan tetapi pada kadar yang lebih besar akan bersifat sebagai racun. Berdasarkan Keputusan Menteri Kesehatan Republik Indonesia Nomor 907/Menteri Kesehatan/Surat Keputusan/VII/2002 tanggal 29 Juli 2002 tentang Syarat-Syarat dan Pengawasan Kualitas Air Minum disebutkan bahwa nikel termasuk di dalam bahan kimia yang berpengaruh pada kesehatan. Menurut pemeriksaan yang dilakukan oleh Balai

Riset dan Standarisasi Industri dan Perdagangan Semarang pada bulan Oktober 2003 diketahui bahwa kadar nikel yang ada di desa Bojomulyo sebesar 4.042 mg/l. Berdasarkan standar baku mutu limbah cair dengan Surat Keputusan Gubernur Jateng No 660.1/02/1997 kadar nikel yang diperbolehkan sebesar 0.60 mg/l.

Pengaruh nikel bagi kesehatan adalah dapat menyebabkan penyakit. Kontak langsung dengan larutan garam nikel akan mengakibatkan dermatitis (penyakit kulit), biasanya terjadi pada pekerja di daerah pengolahan biji besi atau galvanisasi (www.pikiranrakyat.com, 2004).

Salah satu metode penurunan nikel adalah dengan menggunakan zeolit. Zeolit merupakan media yang murah dan mudah di dapat di pasaran selain itu zeolit dapat diregenerasi sehingga dapat digunakan kembali. Zeolit memiliki kapasitas besar dan memiliki ion aktif di seluruh strukturnya karena zeolit berfungsi sebagai penukar kation (Sutarti, 1994). Berbagai penelitian telah dilakukan dengan menggunakan media zeolit untuk menurunkan limbah industri diantaranya sebagai adsorben dalam penghilangan kesadahan air yang mengandung ion Ca^{2+} (Santoso, 1997), penurunan pencemar air buangan tekstil (Andriani, 1996), pengolahan tanah tercemar merkuri (Wahyuni, 2003) dan penurunan limbah kromium (Budayani, 2000).

Tujuan penelitian ini adalah untuk mengetahui kemampuan zeolit untuk

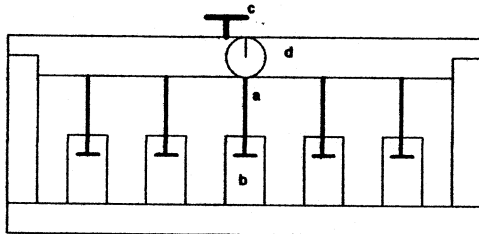
^{*)} Program Studi Teknik Lingkungan FT Undip
Jl. Prof. H. Sudarto, SH Tembalang Semarang

menurunkan konsentrasi nikel pada limbah industri pelapisan logam dan mencari persamaan hubungan antara bilangan Reynold dan Sherwood.

METODOLOGI PENELITIAN

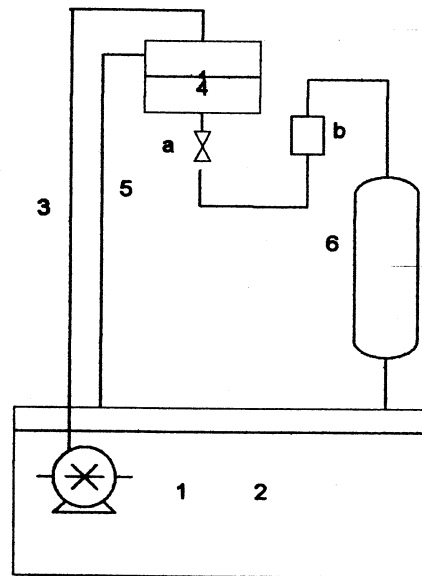
Tahapan penelitian meliputi persiapan media (penanganan awal media zeolith, mengukur berat jenis zeolit), melakukan percobaan secara batch dengan menggunakan variasi berat media dan ukuran butir media. Berat media yang digunakan adalah 5 gram, 10 gram, 15 gram dan 20 gram. Ukuran diameter digunakan ukuran variasi 10-20 MESH dan 20-40 MESH, selanjutnya dilakukan percobaan kolom resirkulasi untuk mengetahui efisiensi zeolit untuk penyisihan kadar nikel, untuk menghitung konstanta transfer massa dan bilangan Reynold serta Sherwood.

Kolom resirkulasi skala laboratorium terbuat dari pipa PVC dengan diameter 2.54 cm. Kolom resirkulasi tersebut diisi ketebalan media 60 cm. Gambar alat percobaan batch dan kolom resirkulasi dapat dilihat pada gambar 1 dan 2.



Keterangan:
a. Blade, b. Gelas beker, c. Pengatur kecepatan, d. Jarum pengatur kecepatan

Gambar 1 Peralatan percobaan batch
Sumber: Hasil penelitian, 2004



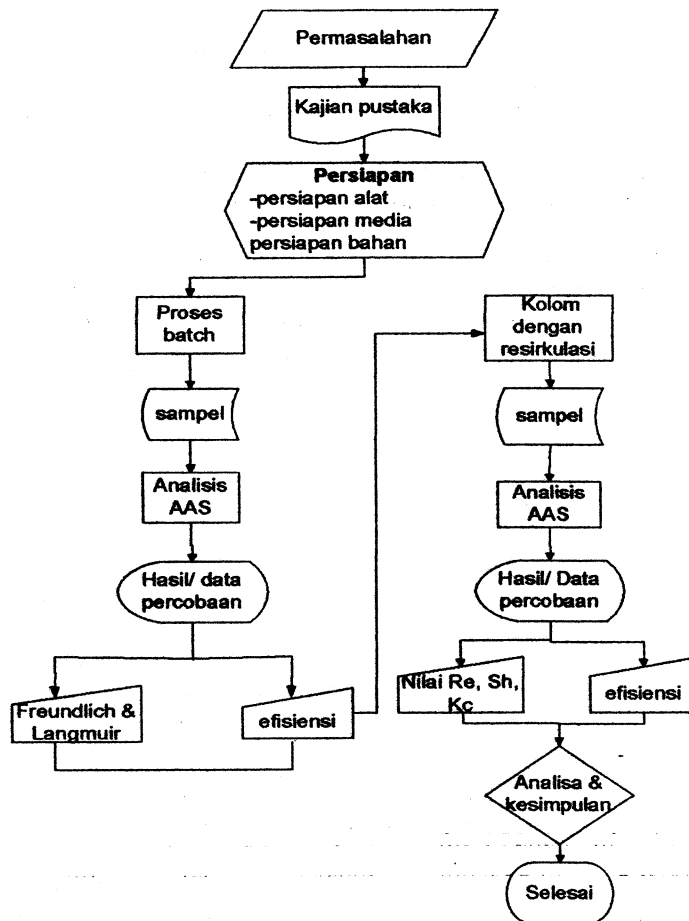
Gambar 2 Gambar alat percobaan kolom resirkulasi
Sumber: Hasil penelitian, 2004

- Keterangan:
1. Pompa air jenis submersibel
 2. Bak umpan dan penampung overflow.
 3. Pipa inlet D = 1 inch
 4. Bak pengatur debit
 5. Pipa peluap D = 5/8 inch
 6. Kolom D = 1 inch
 - a. Kran pengatur debit 1
 - b. Flow meter
 - c. Kran pengatur debit 2

Adapun tahapan penelitian secara lengkap terlihat pada gambar 3.

HASIL DAN PEMBAHASAN

Variabel tetap pada percobaan batch adalah konsentrasi nikel sebesar 4 mg/l, pH 6.7, suhu 28°C. Waktu kontak 60 menit dengan pengambilan sampel tiap 10 menit, pengadukan 75 rpm (Benefield, 1982). Variabel bebas adalah ukuran butir media yang digunakan yaitu 10-20 MESH dan 20-40 MESH. Hasil penelitian terlihat pada gambar 4 berikut ini.



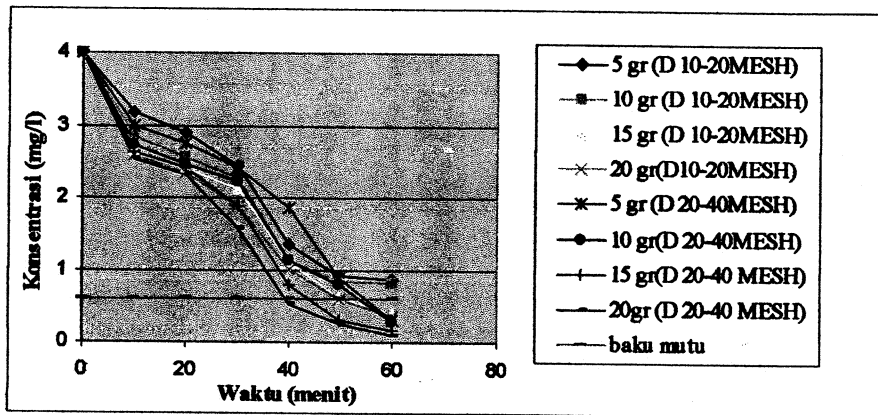
Gambar 3 Metodologi penelitian
Sumber: Hasil penelitian, 2004

Dari gambar 4 terlihat bahwa semakin lama konsentrasi nikel akan semakin turun dengan bertambahnya waktu. Penurunan dominan terjadi pada menit ke 10. Hal ini karena pada menit 10 menit pertama, akan terjadi kontak langsung larutan dengan zeolit yang masih segar sehingga kapasitas pertukaran ion masih besar (Sundstrom dan Klei, 1979). Semakin besar berat media yang digunakan maka penurunan konsentrasi nikel juga makin besar (Benefield, 1982). Pada ukuran media 10-20 MESH dengan berat 15 dan 20 gram sudah mampu menurunkan nikel sampai pada batas yang diijinkan yaitu sesuai dengan Standar Baku Baku Mutu Limbah Cair industri Pelapisan Logam dengan Surat Keputusan Gubernur No 660-1-02/1997 yaitu sebesar 0.6 mg/l. Ukuran media 20-40 MESH dengan waktu kontak 60 menit ternyata sudah dapat menurunkan nikel sampai pada batas yang diijinkan. Penelitian serupa pernah dilakukan oleh Wahyuni (2003) dengan variasi berat

media 5 sampai 30 gram. Dalam penelitian tersebut penurunan merkuri dengan zeolit paling besar dicapai pada berat media 30 gram dengan efisiensi penyisihan sebesar 88%. Pada waktu kontak yang sama ternyata zeolit diameter 20-40 MESH mencapai efisiensi yang lebih tinggi daripada zeolit dengan ukuran diameter 10-20 MESH. Ukuran 20-40 MESH selanjutnya akan dipakai di dalam percobaan kolom resirkulasi. Berikut grafik penurunan nikel untuk berbagai variasi butir media yang digunakan.

Pada gambar 4 terlihat bahwa konsentrasi turun dan kemudian cenderung stabil pada menit-menit terakhir yaitu pada menit ke 50-60 menit. Hal ini terjadi karena dengan bertambahnya waktu kontak maka kecepatan penurunan konsentrasi nikel akan berkurang dan akhirnya konstan pada menit ke 50-60. Pada saat inilah terjadi kesetimbangan dan zeolit sudah jenuh sehingga perlu dilakukan regenerasi (Benefield, 1982). Pada menit ke 50-60 menit luas bidang transfer massa

menjadi lebih curam sehingga pertukaran ion yang terjadi lebih sedikit daripada 10 menit pertama. Hal ini dikarenakan adanya desorpsi. Zeolit akan mengeluarkan kembali logam nikel sedikit demi sedikit ke dalam larutan sampai terjadinya kesetimbangan dimana kecepatan adsorpsi sama dengan kecepatan desorpsi. Pada saat inilah tidak terjadi lagi penurunan konsentrasi nikel (Reynold, 1982; Burton dan Tchobanoglous, 1991).



Gambar 4 Kurva penurunan konsentrasi nikel pada zeolit berukuran 10-20 MESH dan 20-40 MESH
Sumber: Hasil penelitian, 2004

Penentuan jenis isotherm

Konsentrasi setimbang digunakan untuk menentukan isotherm Freundlich dan Langmuir. Isotherm yang mempunyai nilai R² paling besar yang nantinya akan digunakan untuk menentukan persamaan yang akan digunakan (Burton dan Tchobanoglous, 1991).

Dari hasil perhitungan, dipilih persamaan Freundlich untuk model persamaan yang digunakan.

Ukuran butir 20-40 MESH merupakan ukuran butir yang akan digunakan di dalam proses percobaan kolom resirkulasi.

Percobaan kolom resirkulasi

Percobaan kolom resirkulasi digunakan untuk mencari kemampuan zeolit di dalam menurunkan kadar nikel. Selain itu juga akan dihitung nilai koefisien transfer masa dan bilangan Reynold, Schmit, dan Sherwood untuk berbagai macam variasi debit sehingga akan dapat menentukan kondisi operasi yang diinginkan (Treyball, 1984). Berikut hasil perhitungan bilangan Reynold, Schmit dan Sherwood (tabel 1).

Tabel 1 Hasil perhitungan untuk mencari kc, Reynold, Schmit dan Sherwood

V (m/s)	Schmit	Reynold	Kc	Sherwood
9,48x 10 ⁻⁴	2,15 x10 ³	0.45	3.29 x 10 ⁻⁵	5,06 x 10 ⁴
18,95 x 10 ⁻⁴	2,15 x10 ³	0.90	4.15 x 10 ⁻⁵	6,37 x 10 ⁴
28,43 x 10 ⁻⁴	2,15 x10 ³	1.36	4.74 x 10 ⁻⁵	7,29 x 10 ⁴
37,91 x 10 ⁻⁴	2,15 x10 ³	1.81	5.22 x 10 ⁻⁵	8,03 x 10 ⁴
47,38 x 10 ⁻⁴	2,15 x10 ³	2.26	5.63 x 10 ⁻⁵	8,60 x 10 ⁴

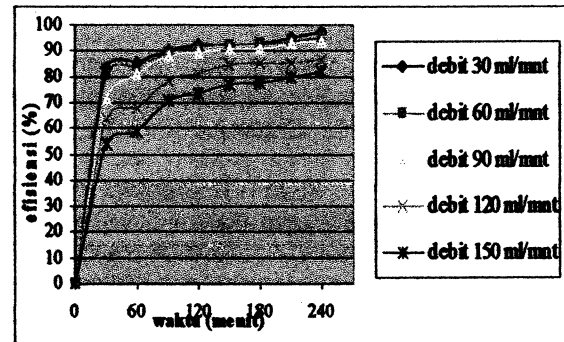
Sumber: Hasil perhitungan, 2004

Pada tabel 1 terlihat bahwa nilai bilangan Schmit relatif sama dengan variasi waktu dan ukuran butir media karena nilai bilangan Schmit hanya dipengaruhi oleh viskositas, masa jenis dan difusitas. Bilangan Reynold dipengaruhi oleh beberapa faktor antara lain diameter butiran, kecepatan sedangkan nilai massa jenis dan viskositasnya tetap. Bilangan Reynold akan naik dengan bertambahnya kecepatan fluida (Geankoplis, 1983). Hal ini disebabkan dengan semakin cepatnya aliran fluida maka turbulensinya semakin besar akibatnya lapisan tipis yang terbentuk disekitar butir akan menjadi lebih tipis sehingga hambatan perpindahan massa dari fluida ke padatan menjadi lebih kecil. Bertambahnya kecepatan aliran akan mengakibatkan nilai koefisien transfer massa akan semakin besar sehingga nilai bilangan Reynold makin tinggi (Sudarmanto, 1996 ; Rodyaningsih, 2002).

Nilai bilangan Reynold berada pada kisaran 0.45-2.26. Nilai ini masih berada pada kisaran bilangan Reynold yang disyaratkan yaitu sebesar 0.0016 sampai 1500, sehingga untuk merancang kondisi operasi nilai bilangan Reynold harus berada pada range tersebut (Geankoplis, 1983).

Dari penelitian dan data yang didapat, hubungan antara bilangan Reynold dan Sherwood adalah sebagai berikut: $NSh = 4.726 NRe^{1.6524}$

Variasi debit akan memberikan pengaruh terhadap penurunan konsentrasi dan efisiensi terhadap waktu. Konsentrasi akan turun seiring berjalannya waktu sedangkan efisiensi akan naik tetapi kemudian akan turun karena kapasitas pertukaran ionnya sudah berkurang (Sundstrom dan Klei, 1979). Pendapat tersebut juga didukung dengan penelitian yang dilakukan oleh Bendiyase dan Munawar (1999) dengan menggunakan kolom resirkulasi. Dalam penelitian tersebut disebutkan bahwa konsentrasi warna zat tekstil pada kolom resirkulasi terisi karbon aktif akan turun berdasarkan waktu. Dari hasil penelitian didapatkan hubungan penurunan konsentrasi zat warna terhadap waktu. Berikut grafik konsentrasi dan efisiensi penyisihan nikel terhadap waktu untuk berbagai variasi debit.



Gambar 5 Kurva hubungan antara konsentrasi dan efisiensi terhadap waktu

Sumber: Hasil penelitian, 2004

KESIMPULAN

Zeolit mampu menurunkan konsentrasi nikel sehingga memenuhi baku mutu yang disyaratkan melalui Surat Keputusan Gubernur Jateng yaitu sebesar 0.6 mg/l. Pada percobaan batch, zeolit dengan ukuran butir 20-40 MESH mampu menurunkan konsentrasi nikel sampai 0.1mg/l dengan waktu 60 menit dan berat media sebesar 20 gram. Pada percobaan kolom resirkulasi efisiensi tertinggi sebesar 81,4% dicapai pada waktu 151 menit.

Nilai bilangan Reynold dan Sherwood mempunyai hubungan; $Nsh = 4.726 Nre^{1.6374}$. Nilai ini masih berada pada kisaran bilangan Reynold yaitu 0.0016-1500.

UCAPAN TERIMA KASIH

Disampaikan terima kasih kepada Nurandani Hardyanti dan Rien Anggraeni atas terselesaikannya penelitian ini.

DAFTAR PUSTAKA

- Andriyani, Y., 1996. Penurunan Parameter Pencemar Air Buangan Industri Tekstil dengan Menggunakan Zeolit. Sekolah Tinggi Teknik Lingkungan, Yogyakarta. (Skripsi S₁).
- Anonim., 1993. Kajian Nikel Departemen Pertambangan dan Energi, Dirjen Pertambangan Umum, Puslitbang Teknologi Mineral, Bandung.
- Bendiyase, M., Munawar, T., 1999. Sorpsi pada Kolom Terisi Karbon Aktif dengan Sistem Daur Ulang. Fakultas Teknik, Jurusan Teknik Kimia,

- Universitas Gajah Mada, Yogyakarta.
(Skripsi S₁).
- Benefield, L.D., Weand. B.L., 1982. Process Chemistry For Water and Wastewater Treatment. Englewood Cliffts, New Jersey.
- Budayani, R., 2000. Pemanfaatan Abu Layang Sebagai Bahan sintetis Zeolit untuk Penukar Ion Limbah B3. Sekolah Tinggi Teknik Lingkungan, Yogyakarta.
- Geankoplis, C. J., 1983. Transport Processes and unit Operation. 2nd, Allyn and Baeon Inc, Boston.
- Burton, F. L., Tchobanoglous, G., 1991. Waste Water Engineering Treatment Disposal and Reuse. Mc Graw Hill Publising Company, New York.
- Reynold, T. D., 1982. Unit Operation and Prosesess in Environmental Engineering. Brooks Cole Engineering Division, California.
- Rodyaningdih, E., 2002. Adsorpsi Phenol Menggunakan Batu Apung, Pengaruh Suhu dan Kecepatan Pengadukan Terhadap Koefisien Transfer Massa. Fakultas Teknik Jurusan Teknik Kimia, Universitas Diponegoro, Semarang. (Laporan Penelitian tidak dipublikasikan).
- Santoso, B., 1997. Penurunan Kسادahan Air Tanah dengan Menggunakan Zeolit Sebagai Penukar Ion. Sekolah Tinggi Teknik Lingkungan, Yogyakarta.
- Sudarmanto, A., 1996. Koefisien Perpindahan Massa Padat Cair dalam tangki Berpengaduk. Fakultas Teknik Jurusan Teknik Kimia, Universitas Diponegoro, Semarang.
- Sundstrom, D. W., Klei, H. E., 1979. Waste Water Treatment. Prestice-Hall Inc, Englewood Clifft, New Jersey.
- Sutarti., 1994. Zeolit. Pusat Dokumentasi dan Informasi Ilmiah Lembaga Ilmu Pengetahuan Indonesia, Jakarta.
- Treyball., R. E., 1981. Mass Transfer Operation. 3rd edition, Mc Graw Hill Book Company, Tokyo.
- Wahyuni, A.D., 2003. Pengolahan Tanah Tercemar Merkuri Menggunakan Zeolit, Sekolah Tinggi Teknik Lingkungan, Yogyakarta.