

**PENGARUH AKTIVASI ASAM PADA ZEOLIT ALAM
TUREN TERHADAP KAPASITAS TUKAR KATION
 Ni^{2+} , Co^{2+} , Mn^{2+} , DAN Fe^{3+}**

SKRIPSI

oleh :
SISKA YULIATI
0410923043-92



**JURUSAN KIMIA
FAKULTAS MATEMATIKA DAN ILMU PENGETAHUAN ALAM
UNIVERSITAS BRAWIJAYA
MALANG
2008**

**PENGARUH AKTIVASI ASAM PADA ZEOLIT ALAM
TUREN TERHADAP KAPASITAS TUKAR KATION
 Ni^{2+} , Co^{2+} , Mn^{2+} , DAN Fe^{3+}**

SKRIPSI

Sebagai salah satu syarat untuk memperoleh
gelar Sarjana Sains dalam bidang Kimia

oleh :

SISKA YULIATI
0410923043-92



**JURUSAN KIMIA
FAKULTAS MATEMATIKA DAN ILMU PENGETAHUAN ALAM
UNIVERSITAS BRAWIJAYA
MALANG
2008**

LEMBAR PENGESAHAN SKRIPSI

**PENGARUH AKTIVASI ASAM PADA ZEOLIT ALAM
TUREN TERHADAP KAPASITAS TUKAR KATION
 Ni^{2+} , Co^{2+} , Mn^{2+} , DAN Fe^{3+}**

oleh :

SISKA YULIATI
0410923043-92

**Setelah dipertahankan di depan Majelis Penguji
pada tanggal
dan dinyatakan memenuhi syarat untuk memperoleh gelar
Sarjana Sains dalam bidang Kimia**

Pembimbing I

Pembimbing II

Dra. Tutik Setianingsih, M.Si.
NIP. 132 085 943

Ulfa Andayani, SSi., M.Si.
NIP. 132 125 720

**Mengetahui,
Ketua Jurusan Kimia
Fakultas MIPA Universitas Brawijaya**

M.Farid Rahman, S.Si., M.Si.
NIP. 132 158 726

LEMBAR PERNYATAAN

Saya yang bertanda tangan di bawah ini :

Nama : Siska Yuliati
NIM : 0410923043-92
Jurusan : Kimia
Penulis skripsi berjudul : Pengaruh Aktivasi Asam Pada Zeolit Alam Turen Terhadap Kapasitas Tukar Kation Ni^{2+} , Co^{2+} , Mn^{2+} , dan Fe^{3+} .

Dengan ini menyatakan bahwa :

1. Isi dari skripsi yang saya buat adalah benar-benar karya sendiri dan tidak menjiplak karya orang lain, selain nama-nama yang termaktub di isi dan tertulis di daftar pustaka dalam skripsi ini.
 2. Apabila dikemudian hari ternyata skripsi yang saya tulis terbukti hasil jiplakan, maka saya akan bersedia menanggung segala resiko yang akan saya terima.
- Demikian pernyataan ini dibuat dengan segala kesadaran.

Malang, Juli 2008
Yang menyatakan,

(Siska Yuliati)
NIM. 0410923043-92

PENGARUH AKTIVASI ASAM PADA ZEOLIT ALAM TUREN TERHADAP KAPASITAS TUKAR KATION Ni^{2+} , Co^{2+} , Mn^{2+} , DAN Fe^{3+}

ABSTRAK

Telah dilakukan penelitian tentang pengaruh aktivasi asam zeolit alam Turen terhadap kapasitas tukar kation Ni^{2+} , Co^{2+} , Mn^{2+} , dan Fe^{3+} . Metode yang digunakan untuk menentukan kapasitas tukar kation adalah metode volumetri dengan cara titrasi asam basa. Zeolit sebanyak 10 gram diaktivasi dengan 100 mL HCl 0,5 M dan dikocok dengan kecepatan pengocokan 200 rpm selama 60 menit. Pada penentuan kapasitas tukar kation 1 gram zeolit dikontakkan dengan larutan kation logam M^{n+} 300 ppm dan dikocok dengan kecepatan pengocokan 200 rpm selama 120 menit. Hasil penelitian menunjukkan bahwa aktivasi dengan larutan HCl dapat meningkatkan kapasitas tukar kation zeolit sebesar 2,19 x, 2,16 x, 2,14 x, dan 1,58 x untuk Mn^{2+} , Ni^{2+} , Co^{2+} , dan Fe^{3+} .

Kata kunci : *zeolit, kapasitas tukar kation, aktivasi asam*

INFLUENCE OF ACID ACTIVATION ON THE TUREN ZEOLITE TOWARD ITS CATION EXCHANGE CAPACITY OF Ni^{2+} , Co^{2+} , Mn^{2+} , AND Fe^{3+}

ABSTRACT

The influence of acid activation toward cation exchange capacity of Ni^{2+} , Co^{2+} , Mn^{2+} , and Fe^{3+} of Turen zeolite had been investigated. The cation exchange capacity was determined with volumetry method. A 10 gram zeolite was activated using 100 mL HCl 0.5 M and shaken at 200 rpm for 60 minutes. The cation exchange capacity was determined using a 1 gram zeolite, which was contacted with M^{n+} 300 ppm and shaken at 200 rpm for 120 minutes. The results showed that cation exchange capacity of zeolite improved 2.19 x, 2.16 x, 2.14 x, and 1.58 x for Mn^{2+} , Ni^{2+} , Co^{2+} , and Fe^{3+} respectively.

Key Word : *zeolite, cation exchange capacity, acid activation*

KATA PENGANTAR

Puji syukur kehadiran Allah SWT atas segala rahmat, hidayah dan ridho serta petunjukNya sehingga penyusunan skripsi ini dapat terselesaikan dengan baik. Sholawat serta salam semoga tetap tercurahkan kepada junjungan kita Nabi besar Muhammad SAW beserta seluruh umatnya.

Skripsi yang berjudul *Pengaruh Aktivasi Asam Pada Zeolit Alam Turen Terhadap Kapasitas Tukar Kation Ni^{2+} , Co^{2+} , Mn^{2+} , dan Fe^{3+}* ini disusun sebagai salah satu syarat mendapatkan gelar Sarjana Sains dalam bidang Kimia Fakultas MIPA Universitas Brawijaya. Penyusunan skripsi ini tidak terlepas dari bantuan yang diberikan oleh berbagai pihak, maka pada kesempatan ini penulis mengucapkan terima kasih kepada :

1. Dra. Tutik Setianingsih, M.Si. dan Ulfa Andayani, SSi., M.Si. selaku dosen pembimbing I dan II atas segala bimbingan, pengarahan dan kesabaran yang diberikan kepada penulis selama penyusunan skripsi ini.
2. Drs.Warsito, M.S. selaku dosen penasehat akademik yang telah memberikan bimbingan selama kuliah.
3. M. Farid Rahman, S.Si., M.Si. selaku Ketua Jurusan Kimia yang telah memberikan fasilitas kepada penulis untuk mengadakan penelitian di seluruh laboratorium kimia.
4. Dr. drh. Aulanni'am, DES, Dr. Soebiantoro, Apt.,M.Sc, Ir. Bambang Poerwadi, MS, dan Akhmad Sabarudin, Dr.Sc selaku dosen penguji atas segala masukan dan saran yang diberikan kepada penulis untuk perbaikan naskah skripsi ini.
5. Bapak dan Ibuku tercinta, terima kasih atas semua doa, semangat, perhatian dan kasih sayangnya selama ini.
6. Teman-temanku Kimia 2004 dan semuanya terima kasih telah banyak membantu dan saling berbagi selama ini.
7. Dan semua pihak yang telah membantu tersusunnya skripsi ini.

Penulis menyadari bahwa tulisan ini masih banyak kekurangan dan jauh dari sempurna, sehingga kritik dan saran diharapkan dari pembaca. Semoga tulisan ini dapat bermanfaat bagi pemerhati Kimia dan pembaca sekalian, khususnya penulis.

Malang, Juli 2008

Penulis



DAFTAR ISI

	Halaman
HALAMAN JUDUL	i
HALAMAN PENGESAHAN	ii
HALAMAN PERNYATAAN	iii
ABSTRAK	iv
ABSTRACT	v
KATA PENGANTAR	vi
DAFTAR ISI	viii
DAFTAR GAMBAR	xi
DAFTAR TABEL	xii
DAFTAR LAMPIRAN	xiv
 BAB I PENDAHULUAN	
1.1 Latar Belakang	1
1.2 Rumusan Masalah	3
1.3 Batasan Masalah	3
1.4 Tujuan Penelitian	3
1.5 Manfaat Penelitian	3
 BAB II TINJAUAN PUSTAKA	
2.1 Mineral Zeolit Alam Turen	4
2.2 Sifat Kimia dan Fisika Zeolit	5
2.3 Aktivasi Zeolit.....	6
2.3.1 Aktivasi Fisika	6
2.3.2 Aktivasi Kimia	7
2.4 Kapasitas Tukar Kation (KTK)	8
2.5 Logam Transisi.....	10
2.5.1 Nikel	10
2.5.2 Kobal	11
2.5.3 Besi	11
2.5.4 Mangan	12
2.6 Titrasi Asam-Basa	12
2.7 Analisis Kadar Logam.....	13
2.7.1 Penentuan Ni (II) Secara Spektrofotometri dengan Pereaksi Dimetilglioksim	13

2.7.2 Penentuan Co (II) Secara Spektrofotometri dengan Pereaksi Garam-R-Nitroso	13
2.7.3 Penentuan Fe (III) Secara Spektrofotometri dengan Pereaksi Tiosianat	14
2.7.4 Penentuan Mn (II) Secara Spektrofotometri dengan Pereaksi Periodat.....	14
2.8. Hipotesis	15

BAB III METODE PENELITIAN

3.1 Tempat dan Waktu Penelitian	16
3.2 Bahan dan Alat Penelitian	16
3.2.1 Bahan Penelitian	16
3.2.1.1 Mineral Zeolit	16
3.2.1.2 Bahan Kimia	16
3.2.2 Alat Penelitian	16
3.3 Tahapan Penelitian	16
3.4 Cara Kerja Penelitian	17
3.4.1 Preparasi Zeolit	17
3.4.2 Aktivasi Zeolit dengan Larutan Asam HCl	17
3.4.3 Penentuan Kapasitas Tukar Kation Zeolit Hasil Aktivasi Terhadap Kation Ni^{2+} , Co^{2+} , Fe^{3+} , dan Mn^{2+}	17
3.4.4 Penentuan Kadar Logam Secara Spektrofotometri.....	18
3.4.4.1 Logam Nikel (Ni)	18
3.4.4.1.1 Penentuan λ maks.....	18
3.4.4.1.2 Pembuatan Kurva Baku	18
3.4.4.1.3 Analisis Kation Ni^{2+}	19
3.4.4.2 Logam Kobal (Co)	19
3.4.4.2.1 Penentuan λ maks.....	19
3.4.4.2.2 Pembuatan Kurva Baku	19
3.4.4.2.3 Analisis Kation Co^{2+}	20
3.4.4.3 Logam Besi (Fe)	20
3.4.4.3.1 Penentuan λ maks.....	20
3.4.4.3.2 Pembuatan Kurva Baku	20
3.4.4.3.3 Analisis Kation Fe^{3+}	20
3.4.4.4 Logam Mangan (Mn).....	21
3.4.4.4.1 Penentuan λ maks.....	21
3.4.4.4.2 Pembuatan Kurva Baku	21

3.4.4.4.3 Analisis Kation Mn^{2+}	21
3.5 Analisis dan Pengolahan Data	22
3.5.1 Perhitungan Persamaan Regresi Linier dan Koefisien Korelasi	22
3.5.2 Analisis Data	22
BAB IV HASIL DAN PEMBAHASAN	
4.1 Preparasi dan Aktivasi Zeolit.....	23
4.2 Pengaruh Aktivasi Asam Zeolit Terhadap Kapasitas Tukar Kation Mn^{2+} , Ni^{2+} , Co^{2+} , dan Fe^{3+}	25
BAB V KESIMPULAN DAN SARAN	
5.1 Kesimpulan	29
5.2 Saran	29
DAFTAR PUSTAKA	30



DAFTAR GAMBAR

	Halaman
Gambar 2.1. Struktur mordenit dan klinoptilolit pada zeolit	5
Gambar 2.2. Struktur primer zeolit	6
Gambar 2.3. Proses aktivasi asam pada zeolit	7
Gambar 2.4. Pembentukan senyawa kompleks nikel (II)-dimetilglioksim.....	13
Gambar 2.5. Pembentukan senyawa kompleks Co (II)-R-nitroso	14
Gambar 2.6. Pembentukan senyawa kompleks Besi (III) tiosianat.....	14
Gambar 2.7. Pembentukan senyawa permanganat.....	15
Gambar L.4.1. Kurva serapan Ni^{2+} pada berbagai panjang gelombang	56
Gambar L.4.2. Kurva baku Ni^{2+} pada λ maks = 530 nm	57
Gambar L.4.3. Kurva serapan Co^{2+} pada berbagai panjang gelombang	59
Gambar L.4.4. Kurva baku Co^{2+} pada λ maks = 500 nm.....	60
Gambar L.4.5. Kurva serapan Fe^{3+} pada berbagai panjang gelombang	62
Gambar L.4.6. Kurva baku Fe^{3+} pada λ maks = 480 nm	63
Gambar L.4.7. Kurva serapan Mn^{2+} pada berbagai panjang gelombang	65
Gambar L.4.8. Kurva baku Mn^{2+} pada λ maks = 540 nm.....	66

DAFTAR TABEL

	Halaman
Tabel 2.1	Komposisi kimia zeolit alam jenis mordenit 4
Tabel 2.2	Analisis ukuran pori zeolit dengan metode BET 8
Tabel 4.1	Data kapasitas tukar kation zeolit terhadap kation Ni^{2+} , Co^{2+} , Mn^{2+} , dan Fe^{3+} 26
Tabel L.3.1	Penentuan konsentrasi NaOH 54
Tabel L.3.2	Penentuan konsentrasi HCl 55
Tabel L.4.1	Data serapan Ni^{2+} pada berbagai panjang gelombang 56
Tabel L.4.2	Data serapan Ni^{2+} pada berbagai konsentrasi 57
Tabel L.4.3	Data perhitungan hubungan konsentrasi larutan Ni^{2+} dan absorbansi 58
Tabel L.4.4	Data serapan Co^{2+} pada berbagai panjang gelombang 59
Tabel L.4.5	Data serapan Co^{2+} pada berbagai konsentrasi 60
Tabel L.4.6	Data perhitungan hubungan konsentrasi larutan Co^{2+} dan absorbansi 61
Tabel L.4.7	Data serapan Fe^{3+} pada berbagai panjang gelombang 62
Tabel L.4.8	Data serapan Fe^{3+} pada berbagai konsentrasi 63
Tabel L.4.9	Data perhitungan hubungan konsentrasi larutan Fe^{3+} dan absorbansi 64
Tabel L.4.10	Data serapan Mn^{2+} pada berbagai panjang gelombang 65
Tabel L.4.11	Data serapan Mn^{2+} pada berbagai konsentrasi 66
Tabel L.4.12	Data perhitungan hubungan konsentrasi larutan Mn^{2+} dan absorbansi 67
Tabel L.5.1	Data konsentrasi masing-masing ion logam yang terserap pada 1 g zeolit tanpa aktivasi 68
Tabel L.5.2	Data konsentrasi masing-masing ion logam yang terserap pada 1 g zeolit hasil aktivasi dengan HCl 0,5 M 68
Tabel L.6.1	Volume NaOH untuk titrasi filtrat zeolit tanpa aktivasi setelah kontak dengan larutan masing- masing ion logam 72

Tabel L.6.2	Volume NaOH untuk titrasi filtrat zeolit hasil aktivasi dengan HCl 0,5 M setelah kontak dengan larutan masing-masing ion logam.....	73
Tabel L.6.3	Data kapasitas tukar kation zeolit tanpa aktivasi.....	73
Tabel L.6.4	Data kapasitas tukar kation zeolit hasil aktivasi dengan HCl 0,5 M	74
Tabel L.7.1	Data analisis kapasitas tukar kation Fe^{3+} oleh zeolit tanpa aktivasi dan zeolit teraktivasi.....	76
Tabel L.7.2	Data analisis kapasitas tukar kation Co^{2+} oleh zeolit tanpa aktivasi dan zeolit teraktivasi.....	77
Tabel L.7.3	Data analisis kapasitas tukar kation Ni^{2+} oleh zeolit tanpa aktivasi dan zeolit teraktivasi.....	78
Tabel L.7.4	Data analisis kapasitas tukar kation Mn^{2+} oleh zeolit tanpa aktivasi dan zeolit teraktivasi.....	79
Tabel L.7.5	Data kapasitas tukar kation zeolit hasil aktivasi dengan HCl 0,5 M pada masing-masing kation logam	80
Tabel L.7.6	Hasil analisis sidik ragam pengaruh aktivasi asam pada mineral zeolit terhadap kapasitas tukar kation Ni^{2+} , Co^{2+} , Mn^{2+} , dan Fe^{3+}	82
Tabel L.7.7	Hasil uji BNT pengaruh aktivasi asam zeolit terhadap kapasitas tukar kation Ni^{2+} , Co^{2+} , Mn^{2+} , dan Fe^{3+}	83
Tabel L.8.1	Data perubahan pH filtrat zeolit tanpa aktivasi dan zeolit hasil aktivasi dengan HCl 0,5 M setelah kontak dengan masing-masing larutan	84

DAFTAR LAMPIRAN

	Halaman
Lampiran 1 Diagram Alir Penelitian	34
Lampiran 2 Pembuatan Larutan dan Perhitungan	48
Lampiran 3 Standarisasi Larutan	54
Lampiran 4 Penentuan λ maks dan Kurva Baku	56
Lampiran 5 Penentuan Kapasitas Tukar Kation Zeolit	68
Lampiran 6 Pengolahan Data Kapasitas Tukar Kation	69
Lampiran 7 Uji Statistik Penentuan Kapasitas Tukar Kation	76
Lampiran 8 Data pH	84
Lampiran 9 Daftar Singkatan	85



BAB I

PENDAHULUAN

1.1. Latar Belakang

Indonesia memiliki potensi zeolit alam dalam jumlah yang cukup besar dan tersebar di 46 lokasi, antara lain : di Lampung, Jawa Barat, Jawa Tengah dan Jawa Timur. Beberapa lokasi di Indonesia yang pernah diteliti, diketahui mineral zeolit yang sangat baik di Cikalong dan Malang Selatan dengan kandungan zeolit 55-85% dan kapasitas tukar kation (KTK) antara 115-177 meq/100 gram (Suyartono dan Hussaini, 1991). Bahkan mineral jenis ini telah dieksplorasi secara komersial dalam jumlah yang cukup besar. Agar dapat dimanfaatkan lebih luas, zeolit harus mempunyai spesifikasi tertentu, sehingga perlu dilakukan usaha pengembangan potensi zeolit agar daya gunanya lebih bervariasi dan menguntungkan.

Sejauh ini beberapa karakter zeolit telah dikaji antara lain zeolit mempunyai kemampuan sebagai penukar kation karena zeolit mempunyai kerangka yang bersitus negatif, sehingga dapat mengikat suatu kation untuk menetralkan muatan dan kation tersebut bisa dipertukarkan dengan kation lain. Selain itu, zeolit juga mempunyai struktur sangkar tiga dimensi (*framework*) yang tersusun atas kristal alumino silikat, mempunyai rongga dan saluran yang ditempati oleh ion logam alkali dan alkali tanah seperti Na^+ , K^+ , Mg^{2+} , dan Ca^{2+} serta molekul air yang mudah terhidrasi. Ion logam dan molekul air tersebut dapat diganti oleh ion atau molekul lain secara reversibel tanpa merusak struktur sehingga zeolit dapat dimanfaatkan sebagai penukar ion yang dapat diaplikasikan untuk berbagai macam proses pemisahan di dunia industri dan pengelolaan limbah (Thamzil, 1993).

Kapasitas tukar kation (KTK) mineral zeolit yang cenderung rendah disebabkan adanya senyawa-senyawa pengotor dalam zeolit alam, seperti : feldspar, magnetit, dan kuarsa yang dapat menutupi permukaan rongga-rongga zeolit sehingga mengganggu proses pertukaran ion. Rendahnya kapasitas tukar kation zeolit bisa ditingkatkan melalui aktivasi secara kimia. Aktivasi mineral secara kimia dapat dilakukan dengan menambahkan larutan asam seperti HCl. Asam ini mampu melarutkan senyawa-senyawa pengotor yang menutup sebagian pori zeolit. Konsentrasi HCl berpengaruh terhadap pengaktifan gugus-gugus aktif pada zeolit. Semakin besar

konsentrasi HCl yang digunakan, maka akan semakin banyak pula gugus asam Bronsted yang terdapat pada permukaan zeolit (Hilyati dan Bambang, 1991). Atom H pada gugus asam Bronsted yang terdapat pada permukaan zeolit mudah ditukarkan oleh kation-kation logam. Oleh karena itu, aktivasi zeolit dengan menggunakan larutan HCl dapat meningkatkan kapasitas tukar kation mineral zeolit. Metode aktivasi mineral alam yang dilakukan untuk meningkatkan kapasitas tukar kation telah dilakukan oleh Riani (1999) menggunakan mineral zeolit yang diaktivasi dengan larutan asam HCl pada variasi konsentrasi 0,1-0,5 M. Hasil penelitian menunjukkan bahwa pada konsentrasi 0,5 M semakin banyak ion H^+ yang menggantikan kation alkali/alkali tanah (Na^+ , K^+ , Mg^{2+} , dan Ca^{2+}) dalam struktur zeolit, yaitu sebesar 62,25 mek/100g.

Kation logam yang akan digunakan dalam penelitian ini adalah Ni^{2+} , Co^{2+} , Mn^{2+} , dan Fe^{3+} . Logam nikel, kobal, mangan, dan besi merupakan unsur logam yang banyak digunakan pada industri pelapisan baja, industri otomotif, bahan industri elektronik, dan alat rumah tangga. Selain itu, keempat logam tersebut merupakan golongan transisi yang mempunyai sifat khusus, diantaranya bersifat logam sehingga dapat menghantarkan listrik dan panas yang baik, logamnya lebih keras, memiliki titik didih dan titik leleh yang tinggi. Namun keberadaan unsur logam tersebut dalam lapisan kerak bumi berada sebagai senyawa yang bergabung dengan senyawa-senyawa logam lain sehingga diperlukan usaha pemisahan untuk mendapatkan unsur logam tersebut (Bouma, 2008). Oleh karena itu, dengan menggunakan zeolit hasil aktivasi sebagai fasa diam penukar kation diharapkan dapat meningkatkan hasil pemisahan dari mineral logam-logam tersebut.

Berdasarkan uraian diatas, pada penelitian ini dilakukan penentuan kapasitas tukar kation Ni^{2+} , Co^{2+} , Fe^{3+} dan Mn^{2+} terhadap zeolit yang telah diaktivasi menggunakan asam HCl. Aktivasi zeolit menggunakan asam diharapkan dapat meningkatkan kapasitas tukar kation zeolit, sehingga dapat meningkatkan daya guna zeolit sebagai fasa diam penukar kation, maka dengan kapasitas tukar kation zeolit yang lebih besar diharapkan dapat meningkatkan hasil pemisahan ion-ion logam yang terkandung dalam mineral.

1.2 Rumusan Masalah

Berdasarkan latar belakang di atas, maka dapat dirumuskan permasalahan, yaitu apakah aktivasi asam pada mineral zeolit dapat meningkatkan kapasitas tukar kation zeolit terhadap kation Ni^{2+} , Co^{2+} , Fe^{3+} dan Mn^{2+} ?

1.3 Batasan Masalah

Ruang lingkup penelitian ini dibatasi oleh :

1. Aktivasi pada kondisi optimum hasil penelitian Riani (1999).
2. Penentuan nilai tukar kation menggunakan metode *batch*.

1.4 Tujuan Penelitian

Tujuan dari penelitian ini adalah mengetahui aktivasi asam pada mineral zeolit dapat meningkatkan kapasitas tukar kation zeolit terhadap kation Ni^{2+} , Co^{2+} , Fe^{3+} dan Mn^{2+} .

1.5 Manfaat Penelitian

Dari penelitian ini diharapkan dapat meningkatkan peranan zeolit sebagai fasa diam dalam kromatografi penukar kation untuk pemisahan logam yang terkandung dalam batuan.

BAB II

TINJAUAN PUSTAKA

2.1 Mineral Zeolit Alam Turen

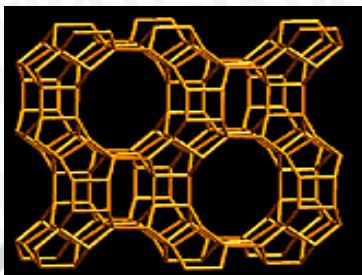
Mineral zeolit telah dikenal sejak tahun 1756 oleh Axel Frederick Cronstedt. Pada tahun 1984 Joseph V. Smith, mendefinisikan zeolit sebagai alumina silikat yang memiliki struktur ruang tertutup dan terdapat beberapa ion besar dan molekul air, keduanya memiliki kebebasan untuk bergerak sehingga memungkinkan terjadinya pertukaran ion. Dengan demikian, zeolit merupakan mineral yang terdiri dari kristal alumino silikat terhidrasi yang mengandung kation alkali atau alkali tanah dalam kerangka tiga dimensi. Ion-ion logam tersebut dapat diganti oleh kation lain tanpa merusak struktur zeolit dan dapat menyerap air secara reversibel (Thamzil dan Gunandjar, 1999).

Zeolit hasil penambangan mempunyai jenis dan komposisi yang beraneka ragam tergantung lokasinya. Beberapa lokasi di Indonesia yang pernah diteliti, diketahui mineral zeolit yang sangat baik di Cikalong dan Malang Selatan dengan kandungan zeolit 55-85% dan kapasitas tukar kation (KTK) antara 115-177 meq/100 gram (Suyartono dan Hussaini, 1991).

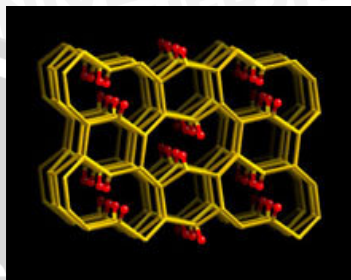
Zeolit alam yang berasal dari Malang Selatan (Turen) memiliki komposisi 84,2% mordenit dan klinoptilolit 1-2%. Zeolit alam jenis mordenit tersebut mempunyai rumus kimia $[\text{Na}_8(\text{Al}_8\text{Si}_{40}\text{O}_{96}) \cdot 24\text{H}_2\text{O}]$ dengan komposisi kimia sebagai berikut (Suyartono dan Hussaini, 1991) :

Tabel 2.1 Komposisi kimia zeolit alam jenis mordenit

Komposisi kimia	Kadar (%)
(SiO ₂)	64,63%
(Al ₂ O ₃)	13,66%
CaO	3,41%
Na ₂ O	2,09%
K ₂ O	2,05%
lain-lain	11,56%



Struktur Mordenit



Struktur Klinoptilolit

Gambar 2.1 Struktur mordenit dan klinoptilolit pada zeolit (Meier, 2008).

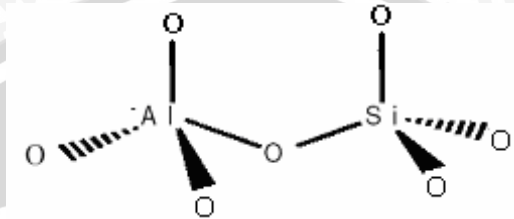
Zeolit alam dari Turen, selain mengandung mordenit dan klinoptilolit, juga terdapat senyawa-senyawa lain diantaranya plagioklas, feldspar, magnetit dan kuarsa. Senyawa-senyawa ini dapat mengganggu atau mengurangi penyerapan pada zeolit karena akan menutupi permukaan pada rongga-rongga zeolit (Suganal, 1990).

2.2 Sifat-Sifat Kimia dan Fisika Zeolit

Mineral zeolit adalah kelompok mineral alumino silikat terhidrasi yang mengandung kation alkali atau alkali tanah dan mempunyai rumus kimia $LmAl_xSi_yO_z \cdot nH_2O$, dimana m, x, y, dan z merupakan bilangan 2 hingga 10, n koefisien dari H_2O , serta L adalah logam, secara empiris ditulis $(M^+, M^{2+})Al_2O_3 \cdot gSiO_2 \cdot zH_2O$, dimana M^+ berupa Na^+ atau K^+ dan M^{2+} berupa Mg^{2+} , Ca^{2+} , atau Fe^{2+} , Li^{2+} , Sr^{2+} atau Ba^{2+} dalam jumlah kecil yang dapat menggantikan M^+ atau M^{2+} , g dan z bilangan koefisien. Densitas zeolit antara 2,0-2,3 g/cm^3 dan memiliki warna yang bermacam-macam. Struktur zeolit dapat dibedakan dalam tiga komponen yaitu rangka alumino silikat, ruang kosong saling berhubungan yang berisi kation logam, dan molekul air (Harben dan Kuzvart, 1996).

Zeolit di alam tidak diperoleh dalam bentuk murninya, tetapi masih banyak terdapat pengotor di dalamnya. Kation yang mungkin terikat pada sisi aktif zeolit antara lain Na^+ , K^+ , Mg^{2+} , Ca^{2+} , dan Fe^{2+} . Zeolit dalam keadaan murni berwarna putih, namun keberadaan senyawa pengotor menyebabkan zeolit berwarna merah muda hingga coklat kemerahan, kekuning-kuningan atau kehijau-hijauan, tergantung dari derajat ketidak murnian zeolit tersebut (Tsitsishvili, dkk, 1992).

Unit bangun primer adalah SiO_4 dan AlO_4 yang berbentuk tetrahedral. Strukturnya mengikuti gambar berikut (Anwar dan Komar, 1985):



Gambar 2.2 Struktur primer zeolit (Anwar dan Komar, 1985).

Sifat-sifat zeolit alam yang lain, yaitu bersifat dehidrasi, adsorpsi, katalis, penyaring / pemisah. Zeolit juga dapat bersifat sebagai penukar ion, dimana ion-ion pada rongga atau kerangka elektrolit berguna untuk menjaga kenetralan zeolit. Ion-ion yang digunakan untuk menjaga kenetralan dalam rangka zeolit tersebut bisa dipertukarkan dengan ion lain dari larutan sekitarnya. Proses pertukaran ini tergantung dari ukuran dan muatan ion serta jenis zeolitnya (Sutarti dan Minta, 1991).

2.3 Aktivasi Zeolit

Kualitas zeolit alam dapat ditingkatkan melalui proses aktivasi. Aktivasi dapat dilakukan dengan dua cara yaitu aktivasi fisika dan aktivasi kimia (Suyartono dan Hussaini, 1991):

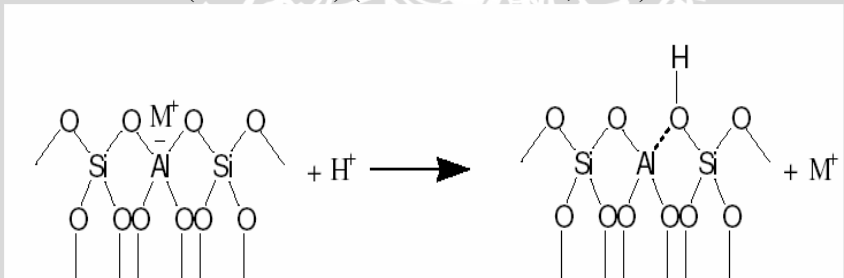
2.3.1 Aktivasi Fisika

Pengaktifan dengan pemanasan merupakan proses dehidrasi untuk melepaskan molekul air yang ada pada zeolit yang nantinya akan digunakan oleh ion yang diadsorpsi. Setelah dehidrasi, kation-kation dalam pori menjadi tidak terlindungi dan mengakibatkan interaksi yang lebih efektif dengan ion teradsorpsi. Dehidrasi dimaksudkan untuk mempertinggi keaktifan zeolit dalam penggunaannya sebagai penukar ion (Suyartono dan Hussaini, 1991).

2.3.2 Aktivasi Kimia

Proses aktivasi secara kimia, umumnya dilakukan dengan menggunakan asam mineral misalnya HCl (asam klorida). Aktivasi dimaksudkan untuk mengganti semua kation yang ada pada zeolit dengan ion H^+ . Ion H^+ tersebut akan dapat mengaktivasi permukaan zeolit sehingga dapat meningkatkan kapasitas tukar kation zeolit (Smart dan Moore, 1992).

Aktivasi zeolit dengan asam (seperti HCl) dengan konsentrasi tertentu dapat meningkatkan kapasitas adsorpsi maupun kapasitas tukar kation dari zeolit. Hal ini disebabkan oleh semakin besarnya jumlah ion H^+ yang masuk kedalam struktur zeolit maka semakin besar pula jumlah kation logam alkali atau alkali tanah dalam zeolit yang tergantikan dengan ion H^+ (H-zeolit) sehingga zeolit mempunyai gugus aktif yang mudah melepaskan proton yaitu gugus asam Bronsted (Poerwadi, dkk, 1995). Peristiwa pergantian ion logam yang ada dalam zeolit dengan ion hidrogen akibat dari aktivasi zeolit dengan HCl dapat menyebabkan terbentuknya gugus asam Bronsted (Gambar 2.3) (Edward dan Rees, 1987).



Gambar 2.3 Proses aktivasi asam pada zeolit
(Edward dan Rees, 1987).

Zeolit hasil aktivasi asam memiliki luas permukaan spesifik dan volume pori yang lebih besar dibanding dengan zeolit tanpa aktivasi. Perbedaan karakter fisik tersebut dikarenakan lepasnya kation-kation dan oksida-oksida logam yang berada dalam pori zeolit hasil aktivasi asam, akibatnya rongga yang ada dalam pori zeolit teraktivasi asam menjadi lebih luas, hal ini ditunjukkan oleh hasil analisis ukuran pori zeolit menggunakan metode BET sebagai berikut (Susanto, 2007):

Tabel 2.2 Hasil analisis pori zeolit dengan ukuran 60-80 mesh menggunakan metode BET

Ukuran Pori	Jenis Zeolit	
	Alam	Aktivasi Asam
Jari-jari (Å)	17,7526	14,0727
Luas Permukaan Spesifik (m ² /g)	10,4849	24,7764
Volume pori (cm ³ /g)	9,3067	17,4336

Penelitian Andayani dkk (2007) mempelajari tentang aktivasi menggunakan asam, basa, dan polarisasi terhadap kemampuan zeolit sebagai penukar kation NH_4^+ . Hasil penelitian menunjukkan bahwa aktivasi menggunakan asam HCl 2 M, basa NaOH 2 M, dan polarisasi menggunakan NaOH 2 M dapat meningkatkan kapasitas tukar kation zeolit berturut-turut 4,7 kali, 1,8 kali, dan 6,6 kali terhadap kapasitas tukar kation zeolit tanpa aktivasi.

2.4 Kapasitas Tukar Kation (KTK)

Kapasitas total pertukaran ion dari zeolit adalah ukuran kuantitas dari kemampuan zeolit untuk mengikat ion-ion yang dapat dipertukarkan yang tergantung pada jumlah gugus-gugus aktif ion per satuan bobot zeolit. Kapasitas total pertukaran ion biasanya dinyatakan sebagai miliekivalen per gram zeolit kering. Bilangan ini berguna untuk memperkirakan berapa jumlah zeolit yang diperlukan. Bila kapasitas zeolit kecil, maka diperlukan zeolit dengan jumlah yang berlebih untuk mengadakan pertukaran dengan ion-ion dari larutan eksternal (Smart dan Moore, 1992).

Kapasitas Tukar Kation (KTK) dari zeolit bervariasi dari 1,5 sampai 6 mek/g. Kapasitas tukar kation zeolit ini banyak tergantung pada jumlah atom Al dalam struktur zeolit yang jauh lebih tinggi dibandingkan dengan KTK batuan lempung, seperti kaolinit (0,03-0,15 mek/g), bentonit (0,80-1,50 mek/g) dan vermikulit (1-1,50 mek/g) (Sofyan dan Pratomo, 1996).

Proses pertukaran ion adalah proses pengikatan ion secara elektrostatis pada gugus fungsi di permukaan padatan dipertukarkan dengan ion dari larutan yang dilewatkan pada zat padat tersebut. Proses pertukaran ion yang terjadi antara ion dari padatan dan ion dari larutan merupakan reaksi reversibel. Padatan penukar ion harus

mempunyai jaringan molekuler yang terbuka untuk memudahkan ion mudah keluar dan masuk secara bebas (Weber, 1972).

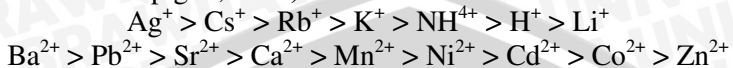
Mineral *clay* merupakan polimer anorganik yang dikelompokkan sebagai penukar ion anorganik yang secara alami dapat mengadakan pertukaran dengan ion lain dari luar dengan adanya pengaruh H_2O (Muhdarina dan Linggawati, 2003). Menurut Dorfner (1991), jika zeolit berada dalam larutan berair maka air dapat menempati rongga-rongga zeolit dan hal ini memungkinkan terjadi pergerakan kation-kation. Struktur zeolit yang bersitus negatif akan mengikat kation logam alkali atau alkali tanah untuk menetralkan muatan dan kation-kation tersebut dapat dengan mudah tertukar oleh kation-kation lain yang berada dalam larutan berair. Proses pertukaran kation-kation ini yang menjadi dasar bahwa mineral zeolit dapat dijadikan sebagai penukar kation dan mempunyai nilai KTK.

Faktor-faktor yang dapat mempengaruhi KTK dari suatu mineral jenis *clay* adalah muatan pada lapisan mineral yang disumbangkan oleh gugus aktif dan muatan pada jenis ion yang dipertukarkan. Pertukaran kation dapat terjadi apabila kation yang dipertukarkan mempunyai muatan yang lebih besar dibandingkan dengan kation yang bertindak sebagai *counter* ion (Dorfner, 1991).

Mineral zeolit merupakan polimer anorganik yang dapat mengadakan proses pertukaran dengan kation lain sehingga zeolit mempunyai nilai KTK dan dapat dijadikan sebagai fasa diam dalam proses pertukaran kation sehingga diasumsikan zeolit dapat berperan sebagai resin penukar kation. Menurut Braithwaite dan Smith (1985), afinitas kation dalam larutan berair terhadap fasa diam meningkat seiring meningkatnya muatan. Sedangkan kation dengan muatan yang sama afinitasnya berkebalikan secara proporsional dengan jari-jari ion terhidrasi. Hal ini terkait dengan daya polarisasi kation, semakin besar daya polarisasi kation maka afinitas kationnya terhadap fasa diam semakin meningkat dan lebih terikat kuat pada fasa diam.

Secara kuantitatif kemampuan suatu kation untuk dapat dipertukarkan dengan kation lain disebut koefisien selektifitas. Semakin tinggi koefisien selektifitas maka kation tersebut akan terikat lebih kuat (Zolotov dan Shpigun, 1988).

Adapun urutan selektifitas pertukaran kation, sebagai berikut (Zolotov dan Shpigun, 1988) :



Menurut Zolotov dan Shpigun (1988) pertukaran ion meningkat dengan menurunnya ukuran jari-jari ion terhidrasi dan meningkatnya muatan kation. Tetapi pada kasus tertentu, ukuran jari-jari ion terhidrasi akan memberikan pengaruh yang signifikan terhadap pertukaran kation dibandingkan dengan pengaruh muatan kation. Semakin kecil ukuran jari-jari ion terhidrasi maka kemampuan tukar kation semakin meningkat. Ukuran jari-jari ion terhidrasi Ni^{2+} , Co^{2+} , Mn^{2+} , yaitu 6Å dan Fe^{3+} sebesar 9Å (Dean, 1985).

2.5 Logam Transisi

Logam transisi adalah semua unsur yang dapat membentuk satu atau lebih ion stabil yang memiliki orbital d yang tidak terisi penuh (*incompletely filled d orbitals*). Beberapa logam transisi yang dipelajari antara lain : nikel, kobal, besi, dan mangan merupakan unsur-unsur logam yang banyak dimanfaatkan sebagai bahan dasar pada industri metalurgi dan kimia seperti sebagai bahan dasar paduan logam (*alloy*), yang memiliki daya hantar panas dan listrik yang cukup besar serta tahan terhadap suhu tinggi. Paduan dari logam-logam tersebut banyak digunakan pada industri pelapisan baja, industri mesin, kendaraan, pesawat terbang, elektronik, dan peralatan gelas. Keberadaan logam nikel, kobal, besi, mangan dalam lapisan kerak bumi berada sebagai senyawa yang bergabung dengan senyawa-senyawa logam lain sehingga diperlukan usaha pemisahan untuk mendapatkan unsur logam tersebut (Bouma, 2008).

2.5.1 Nikel

Nikel merupakan unsur golongan VIII B pada periode IV yang merupakan logam transisi dengan nomor atom 28 dan berat molekul 58,71 g/mol. Konfigurasi elektron Ni (II) adalah $[\text{Ar}]3d^8$. Logam nikel berwarna putih keperakan yang keras, mengkilap, bersifat sedikit magnetis, dapat ditempa dan sangat kokoh. Mempunyai titik leleh pada 1455°C dan titik lebur pada 2732°C . Logam nikel banyak digunakan sebagai bahan pelapis secara

elektrokimia dan campuran logam. Nikel terdapat secara alamiah di alam sebagai sulfida dan silikatnya (Arsyad, 2001). Salah satu contoh senyawa nikel adalah nikel klorida heksahidrat ($\text{NiCl}_2 \cdot 6\text{H}_2\text{O}$) berbentuk kristalin berwarna hijau, struktur kristal monoklinik, larut dalam air, dan alkohol (Windholz, 1983).

2.5.2 Kobal

Kobal merupakan salah satu unsur logam transisi, termasuk dalam golongan VIII B pada periode IV dengan nomor atom 27 dan berat molekul 58,933 g/mol serta mempunyai densitas 8,832 g/cm³. Konfigurasi elektron elektron Co (II) adalah $[\text{Ar}]3d^7$. Kobal termasuk logam transisi berwujud abu-abu, larut pada HNO_3 pekat, sedikit bersifat magnetis, mempunyai titik leleh pada 1490°C dan titik lebur pada 2870°C. Kobal banyak digunakan sebagai bahan dasar pesawat terbang dan campuran logam (Arsyad, 2001). Salah satu contoh senyawa kobal adalah kobal klorida heksahidrat ($\text{CoCl}_2 \cdot 6\text{H}_2\text{O}$) memiliki struktur kristal monoklinik, berbentuk kristalin berwarna merah, titik leleh 87°C, bila dipanaskan pada temperatur 52^o-56^oC akan melepaskan 4H₂O sehingga membentuk kristal dihidrat yang berwarna biru. Apabila dipanaskan pada temperatur 100°C akan melepaskan 5H₂O sehingga membentuk monohidrat yang berwarna violet, higroskopis, berupa padatan dengan bentuk tidak beraturan. Kobal klorida heksahidrat ($\text{CoCl}_2 \cdot 6\text{H}_2\text{O}$) larut dalam air, alkohol, aseton, gliserol, eter. (Windholz, 1983).

2.5.3 Besi

Besi merupakan salah satu unsur golongan transisi, termasuk golongan VIII B pada periode IV dengan nomor atom 26 dan berat molekul 55,847 g/mol. Konfigurasi elektron Fe (III) adalah $[\text{Ar}] 3d^5$. Kompleks Fe (III) kebanyakan berbentuk oktahedral (Cotton dan Wilkinson, 1989). Salah satu contoh senyawa besi adalah besi ammonium sulfat ($\text{NH}_4\text{Fe}(\text{SO}_4)_2 \cdot 12\text{H}_2\text{O}$) yang mempunyai bentuk kristal oktahedral dengan sifat transparan, tidak berbau, berwarna violet muda, densitas 1,71 g/cm³, titik leleh 39-41°C, dapat melepaskan 12H₂O pada temperatur 230°C, sangat larut dalam air, tetapi tidak larut dalam alkohol (Sax dan Lewis, 1987).

2.5.4 Mangan

Mangan merupakan unsur golongan transisi, termasuk golongan VII B pada periode IV dengan nomor atom 25 dan berat molekul 54,938 g/mol. Konfigurasi elektron Mn (II) adalah $[\text{Ar}] 3d^5$. Garam Mn (II) kebanyakan larut dalam air. Tetapan kesetimbangan bagi pembentukan kompleks Mn (II) relatif kecil karena ion Mn (II) tidak memiliki energi penstabil medan. Namun ligan seperti etilendiamin, oksalat membentuk kompleks yang dapat diisolasi dari larutan (Cotton dan Wilkinson, 1989). Salah satu contoh senyawa mangan adalah mangan sulfat monohidrat ($\text{MnSO}_4 \cdot \text{H}_2\text{O}$) berwarna merah pucat, dapat melepaskan H_2O pada temperatur $400^0\text{-}450^0\text{C}$. Larut dalam air dan tidak larut dalam alkohol (Windholz, 1983).

2.6 Titrasi Asam-Basa

Titration yaitu penambahan secara cermat volume suatu larutan yang mengandung zat A yang konsentrasinya diketahui, kepada larutan kedua yang mengandung zat B yang konsentrasinya tidak diketahui, yang akan mengakibatkan reaksi antara keduanya secara kuantitatif. Titik akhir titration bisa diketahui dengan penambahan indikator, yang akan menimbulkan perubahan warna. Indikator yang sering digunakan untuk menentukan larutan asam kuat (HCl), dengan penitrannya adalah basa kuat (NaOH) yaitu indikator fenolftalein yang memiliki rentang pH antara 8,2 sampai 10 (Oxtoby, dkk, 2001).

Dalam titration asam basa ini melibatkan HCl yang merupakan asam kuat dalam air akan terurai sempurna menjadi H^+ dan Cl^- , sedangkan NaOH yang merupakan basa kuat dalam air juga akan terurai menjadi Na^+ dan OH^- . Jika HCl dan NaOH dicampurkan maka akan terbentuk garam NaCl yang bersifat netral dalam air. Kesetimbangan disosiasi air tidak akan terganggu dikarenakan konsentrasi ion hidrogen dalam larutan sama dengan konsentrasi ion hidroksida. Berdasarkan fakta di atas, jika ada ion hidrogen yang berasal dari asam kuat dalam larutan maka dapat diketahui jumlahnya dengan cara titration menggunakan basa kuat. Titik akhir titration menunjukkan jumlah ion hidrogen yang ada dalam larutan sama dengan jumlah hidroksida yang ditambahkan (Christian, 1986).

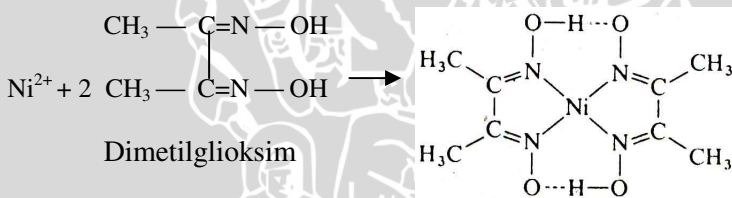
Dalam penentuan asam digunakan larutan baku sekunder basa kuat, sedangkan untuk penentuan basa digunakan larutan baku sekunder asam kuat. Zat baku utama yang lazim digunakan untuk

pembakuan larutan HCl adalah natrium karbonat (NaCO_3). Larutan basa kuat juga harus dibakukan terlebih dahulu, yaitu dengan menggunakan larutan asam oksalat ($\text{H}_2\text{C}_2\text{O}_4$). Syarat zat yang digunakan sebagai zat baku primer yaitu harus sangat murni, tidak mudah berubah susunan kimianya, harus bereaksi dengan zat yang ditentukan secara stoikiometri, cepat dan terukur, harus mempunyai massa relatif yang tinggi (Rivai, 1995).

2.7 Analisis Kadar Logam

2.7.1 Penentuan Ni (II) Secara Spektrofotometri dengan Pereaksi Dimetilgliksim

Penentuan nikel dapat dilakukan dengan menggunakan spektrofotometri sinar tampak. Ion logam Ni^{2+} dalam larutan dikomplekskan dengan dimetilgliksim ($\text{C}_4\text{H}_8\text{N}_2\text{O}_2$) membentuk larutan berwarna merah yang mengandung senyawa kompleks Ni(II)-dimetilgliksim. Kompleks yang terbentuk dapat ditentukan absorbansinya pada panjang gelombang 530 nm (Basset, dkk, 1989).

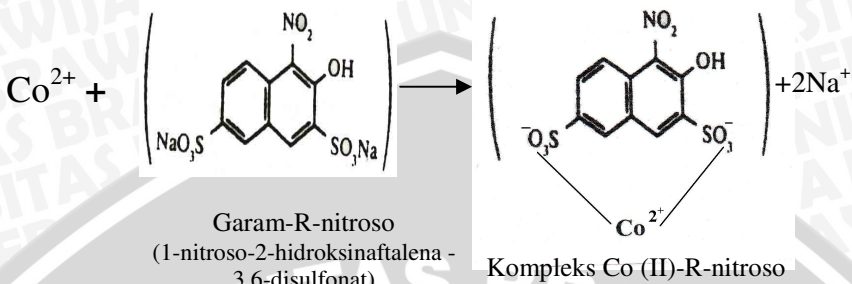


Kompleks Ni (II)-dimetilgliksim

Gambar 2.4 Pembentukan senyawa kompleks Ni (II)dimetilgliksim (Svehla, 1990).

1.7.2 Penentuan Co (II) Secara Spektrofotometri dengan Pereaksi Garam-R-Nitroso

Penentuan kobal dapat dilakukan dengan menggunakan spektrofotometri sinar tampak. Ion logam Co^{2+} dalam larutan dikomplekskan dengan larutan garam-R-nitroso membentuk senyawa kompleks berwarna merah tua. Kompleks yang terbentuk dapat ditentukan absorbansinya pada panjang gelombang 500 nm (Willard, dkk, 1974).



Gambar 2.5 Pembentukan senyawa kompleks Co (II)-R-nitroso (Svehla, 1990).

2.7.3 Penentuan Fe (III) Secara Spektrofotometri dengan Pereaksi Tiosianat

Penentuan besi (III) dapat dilakukan dengan menggunakan spektrofotometri sinar tampak. Ion logam Fe^{3+} dalam larutan akan bereaksi dengan tiosianat untuk menghasilkan senyawa kompleks yang berwarna merah tua. Pada konsentrasi tiosianat yang rendah spesi berwarna yang berlimpah adalah $[\text{Fe}(\text{SCN})]^{2+}$, pada konsentrasi tiosianat 0,1 N sebagian besar adalah $[\text{Fe}(\text{SCN})_2]^{+}$, dan pada konsentrasi tiosianat yang sangat tinggi adalah $[\text{Fe}(\text{SCN})_6]^{3+}$. Dalam penerapan spektrofotometri digunakan tiosianat yang berlebih untuk meningkatkan intensitas dan kemantapan warna. Kompleks yang terbentuk dapat ditentukan absorbansinya pada panjang gelombang 480 nm (Basset, dkk, 1989).

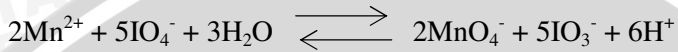


Gambar 2.6 Pembentukan senyawa kompleks Besi (III) tiosianat (Svehla, 1990).

2.7.4 Penentuan Mn (II) Secara Spektrofotometri dengan Pereaksi Periodat

Penentuan Mn (II) dapat dilakukan dengan menggunakan spektrofotometri sinar tampak. Penentuan mangan dalam jumlah kecil biasanya ditetapkan secara spektrofotometri dengan dioksidasi menjadi asam permanganat. Zat pengoksidasi yang digunakan adalah

ammonium persulfat dalam medium asam fosfat-asam nitrat dengan hadirnya sedikit perak nitrat sebagai katalis. Dalam larutan asam yang panas, periodat mengoksidasi ion mangan secara kuantitatif menjadi asam permanganat. Absorbansi diukur pada panjang gelombang 540 nm (Willard, dkk, 1974) :



Gambar 2.7 Pembentukan senyawa permanganat (Svehla, 1990).

2.8 Hipotesis

Berdasarkan latar belakang dan tinjauan pustaka, dapat dikemukakan suatu hipotesis bahwa aktivasi menggunakan larutan asam (HCl) pada zeolit dapat meningkatkan kapasitas tukar kation zeolit terhadap kation Ni^{2+} , Co^{2+} , Fe^{3+} , dan Mn^{2+} .



BAB III

METODE PENELITIAN

3.1 Tempat dan Waktu Penelitian

Penelitian dilaksanakan mulai tanggal 2 Januari sampai dengan 20 Maret 2008 di Laboratorium Kimia Anorganik, Jurusan Kimia, Fakultas MIPA, Universitas Brawijaya, Malang.

3.2 Bahan dan Alat Penelitian

3.2.1 Bahan Penelitian

3.2.1.1 Mineral Zeolit

Zeolit yang digunakan berupa bongkahan yang dibeli dari pabrik mineral di desa Turen Kabupaten Malang, Jawa Timur.

3.2.1.2 Bahan Kimia

Bahan-bahan kimia yang digunakan semua berderajat *pro analisis*, yaitu : $\text{NiCl}_2 \cdot 6\text{H}_2\text{O}$, $\text{CoCl}_2 \cdot 6\text{H}_2\text{O}$, $\text{MnSO}_4 \cdot \text{H}_2\text{O}$, $\text{NH}_4\text{Fe}(\text{SO}_4)_2 \cdot 12\text{H}_2\text{O}$, NaOH , $\text{C}_6\text{H}_8\text{O}_7 \cdot \text{H}_2\text{O}$, $(\text{NH}_4)_2\text{S}_2\text{O}_8$, $\text{C}_4\text{H}_8\text{N}_2\text{O}_2$, NaIO_4 , KCNS , CH_3COONa , $\text{C}_{10}\text{H}_4(\text{OH})(\text{SO}_3\text{Na})_2\text{NO}$, $\text{H}_2\text{C}_2\text{O}_4 \cdot 2\text{H}_2\text{O}$, Na_2CO_3 , I_2 , KI , HCl pekat 37% (bj= 1,19 kg/L), H_3PO_4 pekat 85% (bj= 1,71 kg/L), CH_3COOH glasial 100% (bj= 1,05 kg/L), NH_3 pekat 25 % (bj= 0,91 kg/L), HNO_3 pekat 65% (bj= 1,41 kg/L), indikator metil orange, indikator fenolftalein, kecuali akuades.

3.2.2 Alat Penelitian

Peralatan yang digunakan dalam penelitian ini meliputi : peralatan gelas laboratorium, neraca analitis merk Toledo AL 204, spektrofotometer merk Photomech 301-A, pengocok elektrik merk Edmund Buhler SM 25, pH meter merk Inolab, ayakan ukuran 60 dan 80 mesh, oven, statif, botol semprot dan penangas air.

3.3 Tahapan Penelitian

Tahapan kerja penelitian adalah sebagai berikut :

1. Preparasi zeolit
2. Aktivasi zeolit

3. Penentuan kapasitas tukar kation zeolit hasil aktivasi terhadap kation Ni^{2+} , Co^{2+} , Fe^{3+} , dan Mn^{2+}
4. Analisis dan pengolahan data

3.4 Cara Kerja Penelitian

3.4.1 Preparasi Zeolit

Mengacu pada penelitian Rosanti (2003), bongkahan mineral zeolit ditumbuk dan dihomogenkan ukurannya menggunakan ayakan ukuran 60 mesh. Zeolit yang lolos dari ayakan pertama diayak lagi dengan menggunakan ayakan ukuran 80 mesh. Zeolit yang tertahan pada ayakan kedua dicuci dengan akuades, kemudian dikeringkan dalam oven pada temperatur 105°C selama 2 jam dan didinginkan. Zeolit yang kering tersebut ditimbang sampai diperoleh massa konstan.

3.4.2 Aktivasi Zeolit dengan Larutan Asam HCl

Mengacu pada penelitian Riani (1999), zeolit sebanyak 10 gram dimasukkan dalam erlenmeyer dan ditambahkan larutan HCl 0,5 M sebanyak 100 mL. Selanjutnya dikocok menggunakan pengocok elektrik selama 60 menit dengan kecepatan 200 rpm, kemudian didiamkan lalu disaring dan dicuci dengan akuades sampai bebas klor (filtrat ditambah 2-3 tetes larutan AgNO_3 0,5 M, tidak menghasilkan endapan atau filtrat tidak keruh). Selanjutnya zeolit dipanaskan pada temperatur 105°C sampai berat konstan.

3.4.3 Penentuan Kapasitas Tukar Kation Zeolit Hasil Aktivasi Terhadap Kation Ni^{2+} , Co^{2+} , Fe^{3+} , dan Mn^{2+}

Zeolit yang tidak teraktivasi dan telah diaktivasi ditimbang masing-masing 1 gram, kemudian dimasukkan kedalam erlenmeyer dan ditambahkan 100 mL larutan yang mengandung ion logam (Ni^{2+} , Co^{2+} , Fe^{3+} , dan Mn^{2+}) dengan konsentrasi 300 ppm yang sudah diketahui pH-nya. Kemudian dikocok menggunakan pengocok elektrik dengan kecepatan 200 rpm selama 120 menit. Setelah itu dipisahkan dengan penyaringan, kemudian filtrat diukur pH-nya. Selanjutnya filtrat dititrasi dengan larutan NaOH 0,0992 N (hasil pembakuan) menggunakan indikator fenoltalein. Jumlah NaOH yang bereaksi setara dengan H^{+} yang tertukar, sedangkan sisa

konsentrasi masing-masing ion logam dalam filtrat dapat diukur secara spektrofotometri seperti pada sub bab 3.4.4.1.3, 3.4.4.2.3, 3.4.4.3.3, dan 3.4.4.4.3 (masing-masing dilakukan pengulangan sebanyak 3 kali). Perhitungan kapasitas tukar kation digunakan rumus sebagai berikut:

$$\text{KTK} = (V \text{ NaOH}_{(2)} - V \text{ NaOH}_{(1)}) \times N_{\text{NaOH}} \times A \times B \quad (3.1)$$

dimana : $V \text{ NaOH}_{(1)}$ = Volume NaOH awal

$V \text{ NaOH}_{(2)}$ = Volume NaOH akhir

N = Normalitas

Volume larutan yang dikontakkan

$$A = \frac{\text{Volume yang dititrasi}}{100 \text{ g zeolit}}$$

$$B = \frac{\text{Jumlah g zeolit yang dikontakkan}}{\text{KTK = Kapasitas Tukar Kation}}$$

3.4.4 Penentuan Kadar Logam Secara Spektrofotometri

3.4.4.1 Logam Nikel (Ni)

3.4.4.1.1 Penentuan λ maks

Larutan Ni^{2+} 100 ppm dipipet sebanyak 1,0 mL, dimasukkan ke dalam labu ukur 50 mL. Selanjutnya ditambahkan 10 mL ammonium sitrat, 5 mL iodium, 20 mL amoniakal DMG, dan akuades sampai tanda batas. Larutan didiamkan selama 10 menit dan diukur absorbansinya pada panjang gelombang 400-560 nm.

3.4.4.1.2 Pembuatan Kurva Baku

Pada penentuan kurva baku digunakan larutan baku pada berbagai konsentrasi yang memenuhi hukum Lambert-Beer yaitu 0, 1, 2, 3, 4, 5, 6, dan 7 ppm yang dibuat dengan cara mengencerkan sejumlah volume tertentu, berturut-turut 0,0; 0,5; 1,0; 1,5; 2,0; 2,5; 3,0; dan 3,5 mL dari larutan Ni^{2+} 100 ppm, dimasukkan ke dalam labu ukur 50 mL. Selanjutnya ditambahkan 10 mL ammonium sitrat, 5 mL iodium, 20 mL amoniakal DMG, dan akuades sampai tanda batas. Larutan didiamkan selama 10 menit dan diukur absorbansinya pada panjang gelombang maksimum. Setelah itu dibuat kurva

hubungan antara konsentrasi Ni^{2+} sebagai sumbu X dan absorptansi sebagai sumbu Y.

3.4.4.1.3 Analisis Kation Ni^{2+}

Larutan sampel dipipet sebanyak 2,0 mL, dimasukkan ke dalam labu ukur 50 mL. Selanjutnya ditambahkan 10 mL ammonium sitrat, 5 mL iodium, 20 mL amoniakal DMG, dan akuades sampai tanda batas. Larutan didiamkan selama 10 menit dan diukur absorptansinya pada panjang gelombang maksimum.

3.4.4.2 Logam Kobal (Co)

3.4.4.2.1 Penentuan λ maks

Larutan Co^{2+} 100 ppm dipipet sebanyak 1,0 mL, dimasukkan ke dalam gelas kimia 50 mL, kemudian ditambahkan 2 mL larutan nitroso-R 0,2%, 2 gram natrium asetat, dan buffer asetat sampai pH 5,5. Selanjutnya larutan dipanaskan dan ditambahkan 1 mL HCl pekat. Setelah larutan didinginkan, dipindahkan ke dalam labu ukur 50 mL dan ditambahkan akuades sampai tanda batas. Larutan didiamkan selama 10 menit dan diukur absorptansinya pada panjang gelombang 400-580 nm.

3.4.4.2.2 Pembuatan Kurva Baku

Pada penentuan kurva baku digunakan larutan baku pada berbagai konsentrasi yang memenuhi hukum Lambert-Beer yaitu 0,0; 0,5; 1,0; 1,5; 2,0; 2,5; dan 3,0 ppm yang dibuat dengan cara mengencerkan sejumlah volume tertentu, berturut-turut 0,0; 0,25; 0,5; 0,75; 1,0; 1,25; dan 1,5 mL dari larutan Co^{2+} 100 ppm, dimasukkan ke dalam gelas kimia 50 mL, kemudian ditambahkan 2 mL larutan nitroso-R 0,2%, 2 gram natrium asetat, dan buffer asetat sampai pH 5,5. Selanjutnya larutan dipanaskan dan ditambahkan 1 mL HCl pekat. Setelah larutan didinginkan, dipindahkan ke dalam labu ukur 50 mL dan ditambahkan akuades sampai tanda batas. Larutan didiamkan selama 10 menit dan diukur absorptansinya pada panjang gelombang maksimum. Selanjutnya dibuat kurva hubungan antara konsentrasi Co^{2+} sebagai sumbu X dan absorptansi sebagai sumbu Y.

3.4.4.2.3 Analisis Kation Co^{2+}

Larutan sampel dipipet sebanyak 2,0 mL, dimasukkan ke dalam gelas kimia 50 mL, kemudian ditambahkan 2 mL larutan nitroso-R 0,2%, 2 gram natrium asetat, dan buffer asetat sampai pH 5,5. Selanjutnya larutan dipanaskan dan ditambahkan 1 mL HCl pekat. Setelah larutan didinginkan, dipindahkan ke dalam labu ukur 50 mL dan ditambahkan akuades sampai tanda batas. Larutan didiamkan selama 10 menit dan diukur absorbansinya pada panjang gelombang maksimum.

3.4.4.3 Logam Besi (Fe)

3.4.4.3.1 Penentuan λ maks

Larutan Fe^{3+} 100 ppm dipipet sebanyak 1,0 mL, dimasukkan ke dalam labu ukur 50 mL. Selanjutnya ditambahkan 5 mL KSCN 2 M, 3 mL HNO_3 4 M, dan akuades sampai tanda batas. Larutan diukur absorbansinya pada panjang gelombang 400-560 nm.

3.4.4.3.2 Pembuatan Kurva Baku

Pada penentuan kurva baku digunakan larutan baku pada berbagai konsentrasi yang memenuhi hukum Lambert-Beer yaitu 0, 1, 2, 3, 4 dan 5 ppm yang dibuat dengan cara mengencerkan sejumlah volume tertentu, berturut-turut 0,0; 0,5; 1,0; 1,5; 2,0; dan 2,5 mL dari larutan Fe^{3+} 100 ppm, dimasukkan ke dalam labu ukur 50 mL. Selanjutnya ditambahkan 5 mL KSCN 2 M, 3 mL HNO_3 4 M, dan akuades sampai tanda batas. Larutan diukur absorbansinya pada panjang gelombang maksimum. Setelah itu dibuat kurva hubungan antara konsentrasi Fe^{3+} sebagai sumbu X dan absorbansi sebagai sumbu Y.

3.4.4.3.3 Analisis Kation Fe^{3+}

Larutan sampel dipipet sebanyak 2,0 mL, dimasukkan ke dalam labu ukur 50 mL. Selanjutnya ditambahkan 5 mL KSCN 2 M, 3 mL HNO_3 4 M, dan akuades sampai tanda batas. Larutan diukur absorbansinya pada panjang gelombang maksimum.

3.4.4.4 Logam Mangan (Mn)

3.4.4.4.1 Penentuan λ maks

Larutan Mn^{2+} 100 ppm dipipet sebanyak 1,0 mL, dimasukkan ke dalam gelas kimia 50 mL, kemudian ditambahkan 10 mL HNO_3 pekat dan dipanaskan. Setelah larutan didinginkan, ditambahkan 1 gram $(\text{NH}_4)_2\text{S}_2\text{O}_8$ sambil dipanaskan. Selanjutnya ditambahkan 10 mL akuades, 10 mL H_3PO_4 pekat, dan 0,5 gram NaIO_4 , kemudian larutan dipanaskan kembali sampai mendidih. Setelah larutan didinginkan, dipindahkan ke dalam labu ukur 50 mL dan ditambahkan akuades sampai tanda batas. Larutan diukur absorbansinya pada panjang gelombang 400-600 nm.

3.4.4.4.2 Pembutan Kurva Baku

Pada penentuan kurva baku digunakan larutan baku pada berbagai konsentrasi yang memenuhi hukum Lambert-Beer yaitu 0, 5, 7, 10, 13, 15, 17, dan 20 ppm yang dibuat dengan cara mengencerkan sejumlah volume tertentu, berturut-turut 0,0; 2,5; 3,5; 5,0; 6,5; 7,5; 8,5; dan 10,0 mL dari larutan Mn^{2+} 100 ppm, dimasukkan ke dalam gelas kimia 50 mL, kemudian ditambahkan 10 mL HNO_3 pekat dan dipanaskan. Setelah larutan didinginkan, ditambahkan 1 gram $(\text{NH}_4)_2\text{S}_2\text{O}_8$ sambil dipanaskan. Selanjutnya ditambahkan 10 mL akuades, 10 mL H_3PO_4 pekat, dan 0,5 gram NaIO_4 , kemudian larutan dipanaskan kembali sampai mendidih. Setelah larutan didinginkan, dipindahkan ke dalam labu ukur 50 mL dan ditambahkan akuades sampai tanda batas. Larutan diukur absorbansinya pada panjang gelombang maksimum. Selanjutnya dibuat kurva hubungan antara konsentrasi Mn^{2+} sebagai sumbu X dan absorbansi sebagai sumbu Y.

3.4.4.4.3 Analisis Kation Mn^{2+}

Larutan sampel dipipet sebanyak 2,0 mL, dimasukkan ke dalam gelas kimia 50 mL, kemudian ditambahkan 10 mL HNO_3 pekat dan dipanaskan. Setelah larutan didinginkan, ditambahkan 1 gram $(\text{NH}_4)_2\text{S}_2\text{O}_8$ sambil dipanaskan. Selanjutnya ditambahkan 10 mL akuades, 10 mL H_3PO_4 pekat, dan 0,5 gram NaIO_4 , kemudian larutan dipanaskan kembali sampai mendidih. Setelah larutan didinginkan, dipindahkan ke dalam labu ukur 50 mL dan

ditambahkan akuades sampai tanda batas. Larutan diukur absorbansinya pada panjang gelombang maksimum.

3.5 Analisis dan Pengolahan Data

3.5.1 Perhitungan Persamaan Regresi Linier dan Koefisien Korelasi

Persamaan regresi linier digunakan untuk membuat kurva standart. Secara umum persamaan regresinya dinyatakan sebagai $y = ax$. Nilai koefisien a dihitung dengan persamaan :

$$a = \frac{\sum XY}{\sum X^2} \quad (3.2)$$

Adapun koefisien korelasi ditentukan dengan persamaan :

$$r = \frac{\sum XY}{\sqrt{\sum X^2 \sum Y^2}} \quad (3.3)$$

dimana : x = konsentrasi larutan baku (ppm)

y = absorbansi

a = kemiringan garis regresi

r = koefisien korelasi

3.5.2 Analisa Data

Data kapasitas tukar kation zeolit terhadap kation Ni^{2+} , Co^{2+} , Mn^{2+} , dan Fe^{3+} dianalisis menggunakan Rancangan Acak Lengkap (RAL) untuk mengetahui pengaruh dari tiap perlakuan dengan uji F pada taraf nyata 1%. Apabila terdapat perbedaan dilanjutkan dengan uji beda nyata terkecil (BNT) 1 %.

BAB IV

HASIL DAN PEMBAHASAN

Pada penelitian ini telah dilakukan penentuan kapasitas tukar kation oleh zeolit hasil aktivasi menggunakan larutan HCl 0,5 M terhadap kapasitas tukar kation awal dan jenis kation yang dipelajari untuk ditentukan kapasitas tukar kationnya adalah Ni^{2+} , Co^{2+} , Mn^{2+} , dan Fe^{3+} .

Penelitian ini dilakukan melalui beberapa tahapan yaitu preparasi zeolit, aktivasi zeolit menggunakan larutan HCl 0,5 M, dan penentuan kapasitas tukar kation zeolit, sehingga dapat dipelajari pengaruh jenis kation logam dan pengaruh hasil aktivasi terhadap kemampuan zeolit sebagai penukar kation.

4.1 Preparasi dan Aktivasi Zeolit

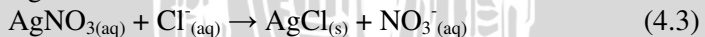
Langkah awal preparasi zeolit dilakukan dengan cara penumbukan untuk mendapatkan ukuran zeolit yang lebih kecil sehingga memiliki luas permukaan yang lebih besar dengan sisi aktif yang lebih banyak dalam proses pertukaran kation. Langkah selanjutnya pengayakan zeolit menggunakan ayakan ukuran 60 dan 80 mesh yang bertujuan untuk menyeragamkan ukuran partikel. Homogenisasi bertujuan menghomogenkan penyebaran ukuran partikel, jika ukuran partikel zeolit tidak seragam maka luas permukaan yang mungkin dilalui oleh kation menjadi bervariasi. Hal ini menyebabkan luas tempat kontak pertukaran kation pada permukaan zeolit berbeda-beda sehingga terjadi proses pertukaran kation yang kurang optimal dan akan berpengaruh terhadap nilai kapasitas tukar kation zeolit.

Setelah diperoleh zeolit ukuran 60-80 mesh, selanjutnya dilakukan aktivasi dengan larutan HCl 0,5 M. Tujuan aktivasi ini, pertama untuk melarutkan mineral-mineral pengotor yang ada pada zeolit sehingga pori-pori zeolit lebih terbuka. Kedua, untuk menggantikan kation-kation tertukar (alkali atau alkali tanah) dalam struktur zeolit dengan ion H^+ sehingga zeolit mempunyai gugus asam Bronsted. Mengingat ukuran H^+ lebih kecil dari kation-kation logam sehingga secara fisik menyebabkan rongga pori lebih terbuka. Selain itu, atom H pada gugus asam Bronsted mudah dilepaskan kembali sebagai H^+ melalui proses pertukaran ion.

Digunakan asam HCl pada proses aktivasi, karena asam HCl merupakan asam kuat yang mudah terdisosiasi secara sempurna sehingga lebih efektif melepaskan H^+ dalam larutan. Selain itu, tidak digunakan jenis asam kuat yang lain (seperti : H_2SO_4 , HNO_3 , HBr) karena adanya kemungkinan potensi adsorpsi terhadap anion dari asam kuat yang dapat berpengaruh pada proses pertukaran kation. Asam HCl mempunyai ukuran anion yang lebih kecil dibandingkan dengan ukuran anion dari jenis asam kuat yang lain maka dengan adanya kemungkinan potensi adsorpsi terhadap Cl^- diharapkan lebih kecil sehingga tidak mengganggu proses pertukaran kation.

Pengocokan yang dilakukan selama proses aktivasi bertujuan meningkatkan energi kinetik supaya kontak antara larutan HCl dengan zeolit lebih sering terjadi sehingga meningkatkan interaksi antara H^+ dengan permukaan zeolit yang dapat meningkatkan reaktifitas H^+ dalam menggantikan kation lain yang ada dalam struktur zeolit. Menurut Brady (1999), difusi dalam zat padat lebih lambat dari pada dalam cairan karena zat padat memiliki kerapatan molekul yang besar sehingga hanya ion-ion yang mempunyai energi kinetik besar yang dapat bergerak dan berinteraksi dengan zat padat.

Selama proses aktivasi terjadi interaksi antara H^+ dari larutan HCl dengan permukaan zeolit yang memungkinkan H^+ berinteraksi dengan rantai silika melalui gaya Van Der Waals sehingga interaksi H^+ mudah dilepaskan saat pencucian dengan akuades. Selain itu, sisa larutan HCl pada permukaan zeolit dapat dihilangkan saat pencucian dengan akuades, untuk mengetahui zeolit telah bebas klor dilakukan uji kualitatif menggunakan $AgNO_3$. Apabila di dalam filtrat masih terdapat endapan putih maka zeolit masih mengandung Cl^- , dengan reaksi sebagai berikut :



Selanjutnya dilakukan pemanasan zeolit hasil aktivasi pada temperatur $105^\circ C$ bertujuan menghilangkan molekul air yang terdapat pada permukaan zeolit sehingga diperoleh zeolit dengan berat konstan.

4.2 Pengaruh Aktivasi Asam Zeolit Terhadap Kapasitas Tukar Kation Mn^{2+} , Ni^{2+} , Co^{2+} , dan Fe^{3+}

Zeolit mempunyai rongga-rongga pori yang dapat memudahkan mobilitas ion-ion yang keluar dan masuk sehingga proses pertukaran kation dapat berlangsung secara optimal. Menurut Lee (1994) ukuran jari-jari ion Mn^{2+} , Ni^{2+} , Co^{2+} , dan Fe^{3+} masing-masing 0,67Å, 0,69Å, 0,74Å, dan 0,64Å. Dengan ukuran kation yang lebih kecil dari rongga pori zeolit (17,75Å) memungkinkan kation-kation tersebut berinteraksi dengan sisi aktif zeolit dan mengalami pertukaran kation.

Proses pertukaran kation yang terjadi dimulai dengan difusi kation logam (Ni^{2+} , Co^{2+} , Mn^{2+} , dan Fe^{3+}) yang ada dalam larutan ke permukaan zeolit. Interaksi selanjutnya antara kation dengan spesi ion H^+ dari gugus asam Bronsted yang terdapat pada permukaan aktif zeolit yang bersifat tolak-menolak sehingga terjadi pertukaran kation. Reaksi pertukaran kation dapat dituliskan sebagai berikut :



dimana : Z = gugus aktif pada zeolit
H = ion hidrogen
M = kation logam (meliputi : Ni^{2+} , Co^{2+} , Mn^{2+} , dan Fe^{3+})
n = bilangan muatan kation

Proses pertukaran kation ditunjukkan dengan peningkatan jumlah ion H^+ dalam fasa ruah sehingga diperoleh data perubahan pH menjadi lebih asam sebagaimana ditunjukkan pada Tabel L.8.1. Fenomena tersebut dimungkinkan adanya pertukaran kation antara ion H^+ yang bertindak sebagai *counter* ion yang dapat dipertukarkan dengan kation Ni^{2+} , Co^{2+} , Mn^{2+} , dan Fe^{3+} dalam fasa ruah. Kation Ni^{2+} , Co^{2+} , Mn^{2+} , dan Fe^{3+} mampu menggantikan ion H^+ yang terdapat pada gugus aktif zeolit karena H^+ memiliki muatan yang lebih kecil dibandingkan kation-kation tersebut.

Tabel 4.1 dapat dilihat bahwa kapasitas tukar kation zeolit pada berbagai jenis kation logam berbeda-beda. Hal ini didukung oleh data uji statistik varian satu arah yang tercantum pada Tabel L.7.6, dapat diketahui bahwa nilai $F_{hitung} > F_{tabel}$ artinya terdapat pengaruh jenis kation logam (Ni^{2+} , Co^{2+} , Mn^{2+} , dan Fe^{3+}) terhadap kapasitas tukar kation zeolit. Hal ini menunjukkan adanya perbedaan

yang nyata antara kapasitas tukar kation zeolit teraktivasi asam terhadap kation Ni^{2+} , Co^{2+} , Mn^{2+} , dan Fe^{3+} dengan kesalahan 1 %. Perbedaan tersebut disebabkan karena jenis kation logam yang digunakan untuk pertukaran kation memiliki jari-jari ion, jari-jari ion terhidrasi, dan muatan kation yang berbeda sehingga memberikan kapasitas tukar kation yang berbeda.

Tabel 4.1 Data kapasitas tukar kation zeolit terhadap kation Ni^{2+} , Co^{2+} , Mn^{2+} , dan Fe^{3+}

Jenis Kation	Zeolit Tanpa Aktivasi	Zeolit Aktivasi dengan HCl 0,5 M	Peningkatan KTK
	KTK (mek/100g)	KTK (mek/100g)	
Fe^{3+}	$1,26 \pm 0,06$	$1,98 \pm 0,00$	1,58 x
Co^{2+}	$3,97 \pm 0,10$	$8,50 \pm 0,06$	2,14 x
Ni^{2+}	$4,23 \pm 0,06$	$9,16 \pm 0,06$	2,16 x
Mn^{2+}	$6,22 \pm 0,06$	$13,62 \pm 0,06$	2,19 x

Dari hasil penelitian yang dicantumkan pada Tabel 4.1 dapat diketahui bahwa jenis kation logam berpengaruh terhadap kapasitas tukar kation zeolit, yaitu kation Mn^{2+} mempunyai KTK sebesar 13,62 mek/100g, KTK Ni^{2+} sebesar 9,16 mek/100g, dan KTK Co^{2+} sebesar 8,50 mek/100g. Hal ini terkait dengan ukuran jari-jari ion $\text{Mn}^{2+} < \text{Ni}^{2+} < \text{Co}^{2+}$, sehingga menyebabkan daya polarisasi $\text{Mn}^{2+} > \text{Ni}^{2+} > \text{Co}^{2+}$ terhadap O—H pada gugus asam Bronsted zeolit akibat gaya tarik Mn^{2+} paling kuat terhadap basa Lewis atom O pada O—H gugus asam Bronsted. Adanya gaya tarik-menarik antara kation logam dengan atom O dapat melemahkan ikatan gugus O—H pada gugus asam Bronsted dalam struktur zeolit sehingga mendesak H^+ keluar menuju ke fasa ruah. Hal ini sesuai dengan Braithwaite dan Smith (1985), bahwa ukuran ion yang semakin kecil memiliki daya polarisasi yang lebih besar sehingga afinitas kation di dalam resin akan semakin besar dan lebih terikat kuat pada gugus aktif resin.

Selain itu, kation Mn^{2+} juga mempunyai konfigurasi elektron $[Ar]3d^5$ dengan jumlah elektron yang paling sedikit pada orbital d dibandingkan kation Ni^{2+} dan Co^{2+} , sehingga kation Mn^{2+} lebih bersifat elektropositif. Hal ini menyebabkan terjadinya gaya tarik-menarik antara kation Mn^{2+} dengan atom O pada O—H gugus asam Bronsted sehingga kation Mn^{2+} berpotensi mendesak H^+ keluar menuju ke fasa ruah. Menurut Lee (1994) ion Mn^{2+} merupakan ion logam transisi yang tidak dapat membentuk konfigurasi seperti gas mulia. Bila ion tidak dapat membentuk konfigurasi seperti gas mulia maka ion tersebut mempunyai muatan yang besar pada permukaannya dan mempunyai daya polarisasi yang besar.

Pada penelitian ini, kation Fe^{3+} mempunyai kapasitas tukar kation sebesar 1,98 mek/100g. Hal ini disebabkan oleh muatan Fe^{3+} yang lebih besar dan ukuran jari-jari ion terhidrasi Fe^{3+} juga lebih besar dibandingkan dengan Ni^{2+} , Co^{2+} , Mn^{2+} (sesuai pada sub bab 2.4). Hal ini menyebabkan proses migrasi kation ke gugus-gugus aktif yang terdapat pada permukaan zeolit menjadi lebih sulit sehingga jumlah kation Fe^{3+} yang dapat mengalami pertukaran dengan H^+ paling sedikit.

Pada Tabel 4.1 dapat dilihat bahwa kapasitas tukar kation zeolit teraktivasi asam lebih besar dibandingkan kapasitas tukar kation zeolit tanpa aktivasi. Hal ini didukung oleh hasil uji t (Lampiran 7) yang menunjukkan perbedaan yang nyata antara kapasitas tukar kation zeolit teraktivasi dengan zeolit tanpa aktivasi terhadap kation Ni^{2+} , Co^{2+} , Mn^{2+} , dan Fe^{3+} . Perbedaan ini terkait dengan karakter fisik dan karakter kimia dari zeolit teraktivasi maupun yang tidak teraktivasi. Sebagaimana disebutkan pada sub bab 2.3.2, secara fisik zeolit teraktivasi mempunyai luas permukaan spesifik 2,36 x dan volume pori 1,87 x lebih besar dibandingkan dengan zeolit tanpa aktivasi. Perbedaan karakter fisik tersebut dikarenakan lepasnya kation-kation dan oksida-oksida logam yang berada dalam pori zeolit hasil aktivasi dengan larutan asam akibatnya rongga yang ada dalam pori zeolit teraktivasi menjadi lebih terbuka. Rongga yang menjadi lebih terbuka dapat mengoptimalkan proses pertukaran kation karena dapat memudahkan mobilitas kation yang keluar dan masuk secara bebas dalam pori zeolit.

Karakter kimia yang terdapat pada zeolit teraktivasi asam juga berpengaruh terhadap peningkatan kapasitas tukar kation zeolit. Zeolit teraktivasi asam memiliki banyak gugus asam Bronsted yang mudah melepaskan H^+ (Gambar 2.3). Selain itu, ukuran H^+ lebih kecil dibandingkan kation Na^+ , K^+ , Ca^{2+} , dan lain-lain yang terdapat pada zeolit yang tidak diaktivasi dengan larutan asam, sehingga lebih mudah ditolak oleh kation-kation Ni^{2+} , Co^{2+} , Mn^{2+} , dan Fe^{3+} yang mempunyai ukuran lebih besar dibandingkan H^+ .



BAB V

KESIMPULAN DAN SARAN

5.1 Kesimpulan

Berdasarkan hasil penelitian dapat disimpulkan bahwa aktivasi asam pada zeolit alam Turen dapat meningkatkan kapasitas tukar kation zeolit terhadap kation Ni^{2+} , Co^{2+} , Mn^{2+} , dan Fe^{3+} masing-masing 2,19 x, 2,16 x, 2,14 x, dan 1,58 x lebih besar dibandingkan zeolit yang tidak diaktivasi.

5.2 Saran

Perlu dipelajari selektifitas pertukaran kation menggunakan zeolit teraktivasi. Selain itu, perlu dilakukan aktivasi lebih lanjut misalnya menggunakan NaOH dan kalsinasi untuk meningkatkan kapasitas tukar kation zeolit menjadi lebih besar.



DAFTAR PUSTAKA

- Andayani, U., A. Wiryawan dan E. Indahyanti. 2007. Peningkatan Kapasitas Tukar Kation Zeolit Alam dengan Metode Pilarisasi. *Laporan Penelitian*. Kimia. Fakultas MIPA. Universitas Brawijaya. Malang. hal. 13.
- Anwar, M. dan P.A. Komar. 1985. Prospek Pemanfaatan Zeolit Asal Nanggung untuk Penyerap Anion Nitrat dan Nitrit. *Laporan Teknik Pengembangan*. Pusat Pengembangan Teknologi Mineral (PPTM) dan Universitas Padjadjaran. Bandung. hal. 22.
- Arsyad, M. Natsir. 2001. Kamus Kimia. Gramedia Pustaka Utama. Jakarta. hal. 177, 228-229.
- Basset, J., R.C. Denney, G.H. Jeffery dan J. Mendham. 1989. Textbook of Quantitative Chemical Analysis. 5th Edition. Longman Group Ltd. London. pp. 690-691, 694-695.
- Bouma, J. 2008. Logam Transisi. <http://f31bdeda1787aeb62a87442e0a7869bf.ta.licestudy.org/id/logam%20transisi> , tanggal akses : 31 Maret 2008.
- Brady, J.E. 1999. Kimia Universitas Asas dan Struktur. Edisi Kelima. Jilid I. Binarupa Aksara. Jakarta. hal 522.
- Braithwaite A. dan Smith, F.J. 1985. Chromatographic Methods. 4th Edition. Chapman and Hall. New York. pp.104.
- Christian, G.D. 1986. Analytical Chemistry, 4th Edition. John Wiley and Sons. Canada. pp. 452.
- Cotton, F.A. dan G. Wilkinson. 1989. Kimia Anorganik Dasar. Universitas Indonesia. Jakarta. hal 458-467.
- Dean, J. A. 1985. Lange's Handbook of Chemistry. 13th Edition. McGraw Hill Book Co. New York. pp. 5-6.

- Dorfner, K. 1991. Ion Exchanger. Walter de Gruyter & Co. Berlin. pp. 496-504.
- Edward, F.T.L. dan L.V.C. Rees. 1987. Dealumination Of Sodium Y Zeolit With Hydrochloric Acid. *J. Physical Chemistry Laboratories*. Imperial College of Science and Technology. London. pp.1531-1533.
- Harben, B.W. dan M. Kuzvart. 1996. Industrial Minerals : A Global Geology, *Dalam Metal Bulletin PLC Ltd*. London. pp. 445-450 .
- Hilyati dan W. Bambang. 1991. Adsorpsi Zat Warna Tekstil Pada Zeolit Alam Dari Bayah. *Dalam Buletin JKTI Puslitbang Kimia Terapan Vol. 1 No. 2*. Bandung. hal. 65-70.
- Lee, J.D. 1994. Concise Inorganic Chemistry. 4th Edition. Chapman and Hall. New York. pp. 156-157.
- Meier, W.M. 2008. Database Of Zeolite Structures. http://izasc.ethz.ch/fmi/xsl/IZA-SC/ftc_fw.xsl?db=Atlas_main&-lay=fw&-max=25&STC=MOR&-find, tanggal akses : 31 Maret 2008
- Muhdarina dan A. Lingawati. 2003. Pilarisasi Kaolinit Alam Untuk Meningkatkan Kapasitas Tukar Kation. *Jurnal Natur Indonesia Vol 6(1)*. Kimia. FMIPA. Universitas Riau. hal. 20-23.
- Oxtoby, D.W., H.P. Gillis dan H.N. Norman. 2001. Prinsip-Prinsip Kimia Modern. Edisi Keempat. Jilid I. Erlangga. Jakarta. hal 161, 303.
- Poerwadi, B., K. Budi dan Pariadi. 1995. Prospek Pemanfaatan Zeolit Alam Indonesia Sebagai Adsorben Limbah Cair dan Media Fluidisasi dalam Kolom Fluidisasi. *Jurnal Penelitian Ilmu-Ilmu Teknik Vol. 10 No. 1*. ISSN 0852-1751. Universitas Brawijaya. Malang. hal. 31.

- Riani, B. 1999. Pengaruh HCl Pada Aktivasi Zeolit Alam Turen Terhadap Kapasitas Tukar Kation Ca^{2+} dan Mg^{2+} . *Skripsi*. Fakultas MIPA. Jurusan Kimia. Universitas Brawijaya. Malang. hal. 21, 30.
- Rivai, H. 1995. Asas Pemeriksaan Kimia. Penerbit Universitas Indonesia (UI-Press). Jakarta. hal 49-55, 117, 135.
- Rosanti, V.F. 2003. Studi Pengaruh Komposisi Fase Gerak (HCl-Metanol) Terhadap Pemisahan Ni^{2+} dan Co^{2+} dengan Fase Diam Zeolit Pada Kromatografi Kolom. *Skripsi*. Fakultas MIPA. Jurusan Kimia. Universitas Brawijaya. Malang. hal. 18.
- Sax, N. I. dan R. J. Lewis. 1987. Hawley's Condensed Chemical Dictionary. 11th Edition. Van Nostrand Reinhold Co. New York. pp. 512.
- Svehla, G. 1990. Buku Teks Analisis Anorganik Kualitatif Makro Dan Semimikro. PT. Kalman Media Pusaka. Jakarta. hal 263, 280, 283, 288.
- Smart, L., dan M. Moore. 1992. Solid State Chemistry an Introduction. Chapman and Hall. London. pp. 183-209.
- Sofyan, Y. dan B. Pratomo. 1996. Potensi Zeolit Untuk Pengolahan Limbah Industri. *Seminar Bersama UNAND Limau Manis*. Padang.
- Suganal. 1990. Penggunaan Zeolit Bayah Sebagai Penukar Kation Logam Berat Pada Pengolahan Air Buangan Proses Elektroplating di DKI Jakarta. *Laporan Teknik Pengembangan No. 137*. PPTM. Bandung. hal. 22-34.
- Susanto, B.T.A. 2007. Studi Kemampuan Zeolit Pada Pengendalian Hilangnya Nitrogen Dalam Pupuk Kandang. *Skripsi*. Fakultas MIPA. Jurusan Kimia. Universitas Brawijaya. Malang. hal. 51.

- Sutarti, M. dan R. Minta. 1991. Zeolit Tinjauan Literatur. Edisi 1. PDII. Jakarta. hal 1-45.
- Suyartono dan Hussaini. 1991. Tinjauan Terhadap Kegiatan Penelitian Karakteristik dan Pemanfaatan Zeolit. *Dalam Buletin PPTM Vol. 13 No. 4*. Bandung. hal. 1-3.
- Thamzil. 1993. Potensi Zeolit untuk Mengolah Limbah Industri dan Radioaktif. <http://digilib.unikom.ac.id/go.php?id=jbptitbpgdl-proc-1993-melia-1191-zeolit-17k>. tanggal akses : 25 November 2007.
- Thamzil dan Gunandjar. 1999. Pemanfaatan Mineral Alam Zeolit untuk Mendukung Pelestarian Lingkungan. <http://digilib.unikom.ac.id/go.php?id=jbptitbpgdl-proc-1999-melia-1082-zeolit-15k>. tanggal akses : 5 Desember 2007.
- Tsitsishvili, G.V.T., T.G. Andronikashvili, G.N. Kirov dan L.D. Filizova. 1992. Natural Zeolites. Ellies Horwood Ltd. New York. pp. 54.
- Willard, H., L. Merrit dan J.A. Dean. 1974. Instrumental Methods of Analysis. 5th Edition. Van Nostrand Companyt. New York. pp. 114-117.
- Windholz, M. 1983. The Merck Index, 10th Edition. Merck & Co Inc. USA. pp. 346, 578, 818, 933.
- Weber, W.J. 1972. Physicochemical Processes For Water Quality Control. John Wiley and Sons. New York. pp. 199, 229-296.
- Zolotov, YU.A. dan O. Shpigun. 1988. Ion Chromatography In Water Analysis. John Wiley and Sons. New York. pp. 40.

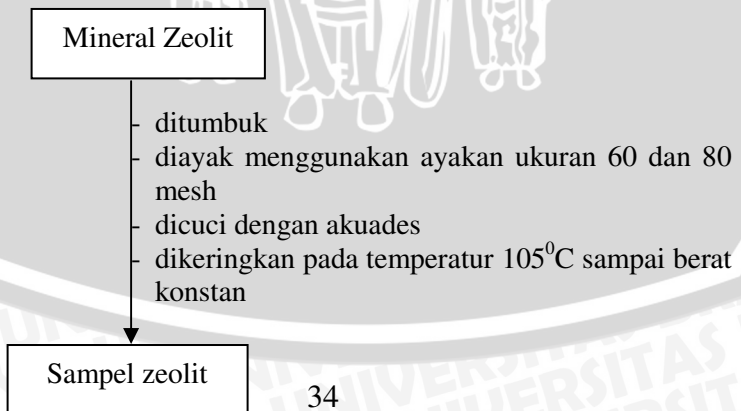
LAMPIRAN 1

DIAGRAM ALIR PENELITIAN

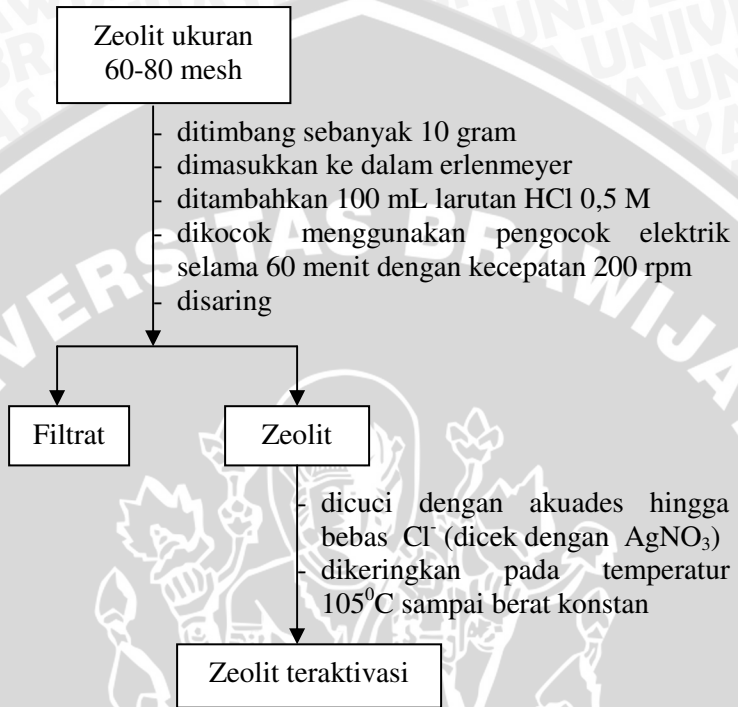
L.1.1 Tahapan Penelitian



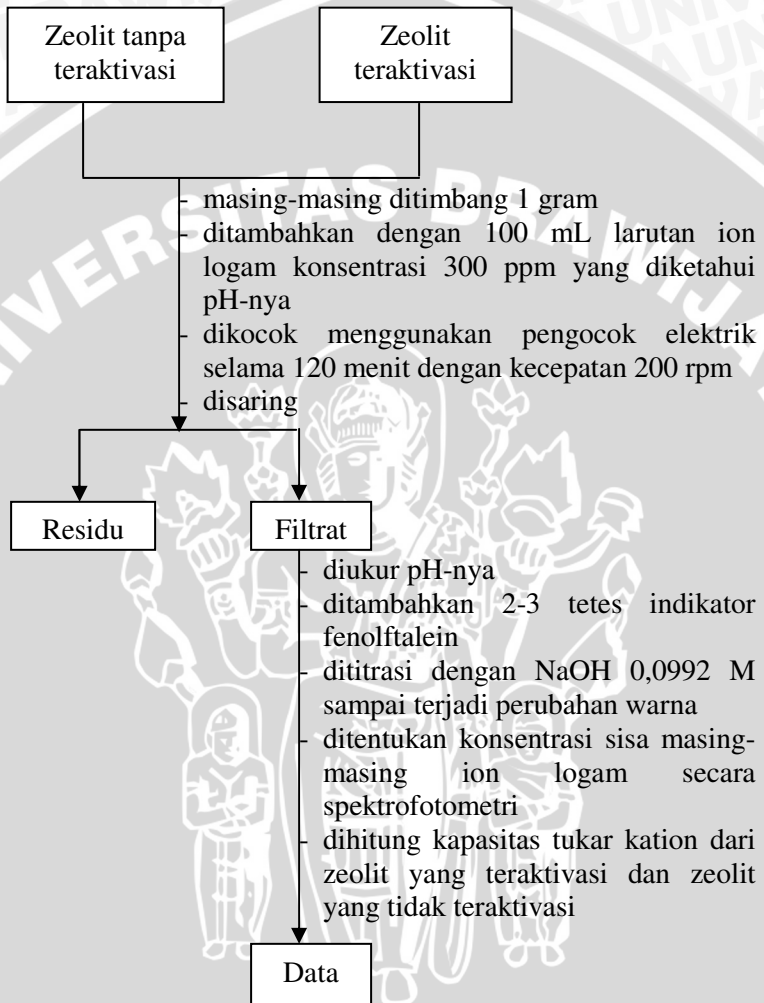
L.1.2 Preparasi Zeolit



L.1.3 Aktivasi Zeolit dengan HCl 0,5 M



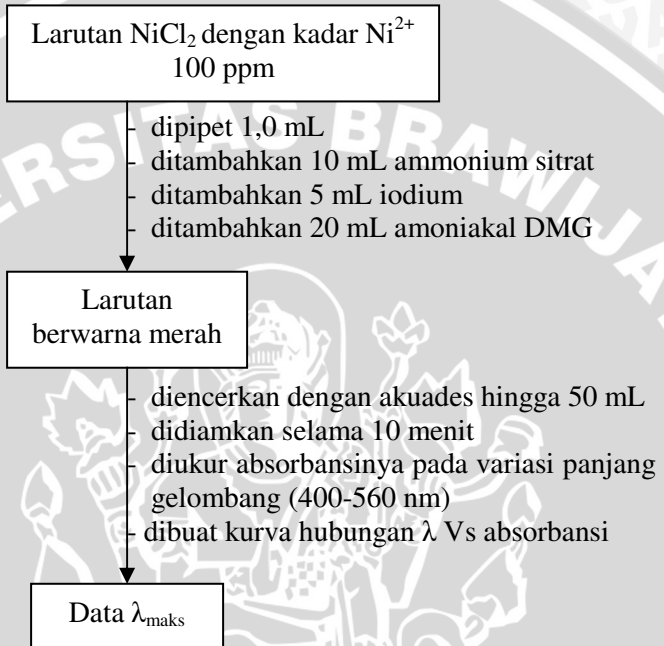
L.1.4 Penentuan Kapasitas Tukar Kation Zeolit Terhadap Kation Ni^{2+} , Co^{2+} , Fe^{3+} , dan Mn^{2+}



L.1.5 Penentuan Kadar Logam Secara Spektrofotometri

L.1.5.1 Logam Nikel (Ni)

a. Penentuan λ maksimum



b. Penentuan kurva baku

Larutan NiCl_2 dengan kadar Ni^{2+}
100 ppm

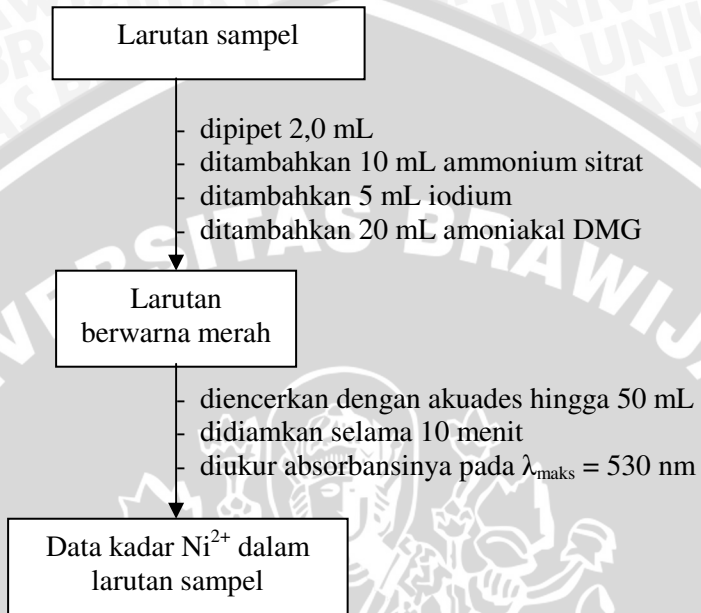
- dipipet masing-masing 0,0; 0,5; 1,0; 1,5; 2,0; 2,5; 3,0; dan 3,5 mL
- ditambahkan 10 mL ammonium sitrat
- ditambahkan 5 mL iodium
- ditambahkan 20 mL amoniakal DMG

Larutan
berwarna merah

- diencerkan dengan akuades hingga 50 mL
- didiamkan selama 10 menit
- diukur absorbansinya pada $\lambda_{\text{maks}} = 530 \text{ nm}$
- dibuat kuva baku hubungan konsentrasi Vs absorbansi

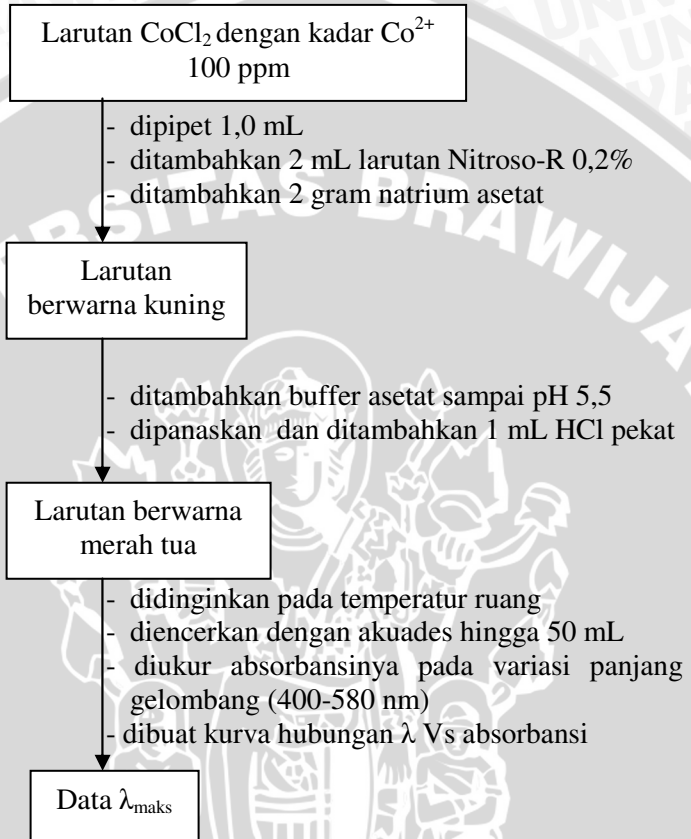
Persamaan Kurva Baku

c. Analisis Kation Ni^{2+}

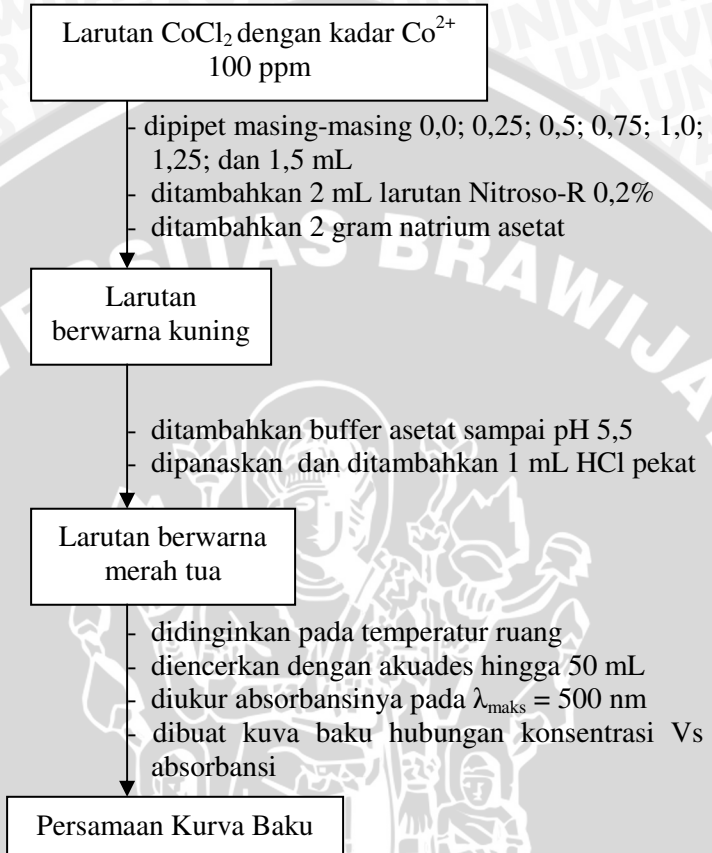


L.1.5.2 Logam Kobal (Co)

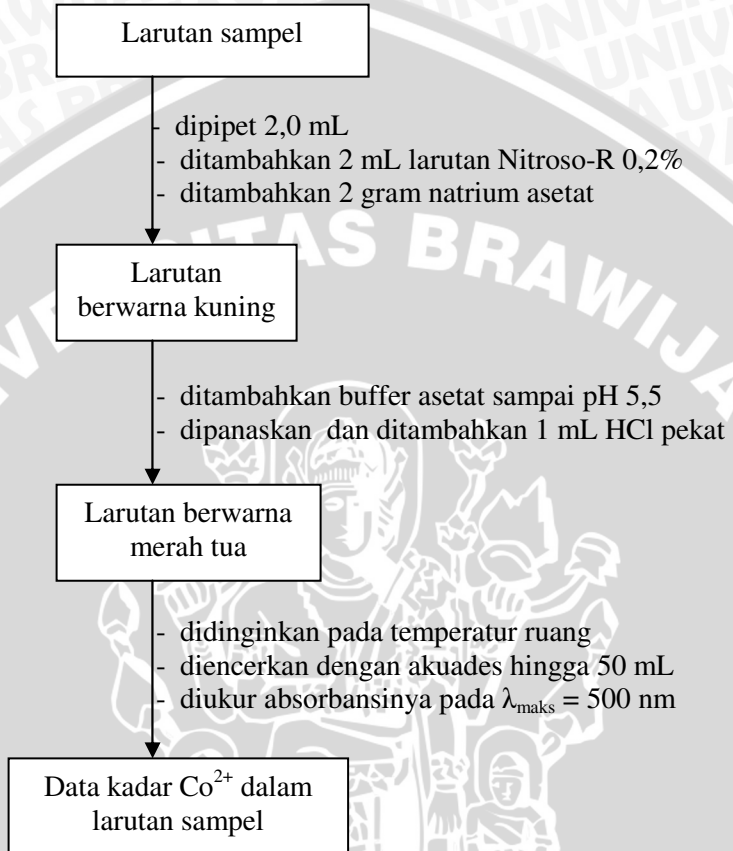
a. Penentuan λ maksimum



b. Penentuan kurva baku



c. Analisis Kation Co^{2+}



L.1.5.3 Logam Besi (Fe)

a. Penentuan λ maksimum

Larutan $\text{NH}_4\text{Fe}(\text{SO}_4)_2$ dengan
kadar Fe^{3+} 100 ppm

- dipipet 1,0 mL
- ditambahkan 5 mL KSCN 2 M
- ditambahkan 3 mL HNO_3 4 M

Larutan berwarna
merah tua

- diencerkan dengan akuades hingga 50 mL
- diukur absorbansinya pada variasi panjang gelombang (400-560 nm)
- dibuat kurva hubungan λ Vs absorbansi

Data λ_{maks}

a. Penentuan kurva baku

Larutan $\text{NH}_4\text{Fe}(\text{SO}_4)_2$ dengan kadar Fe^{3+} 100 ppm

- dipipet masing-masing 0,0; 0,5; 1,0; 1,5; 2,0; dan 2,5 mL
- ditambahkan 5 mL KSCN 2 M
- ditambahkan 3 mL HNO_3 4 M

Larutan berwarna merah tua

- diencerkan dengan akuades hingga 50 mL
- diukur absorbansinya pada $\lambda_{\text{maks}} = 480 \text{ nm}$
- dibuat kuva baku hubungan konsentrasi Vs absorbansi

Persamaan Kurva Baku

c. Analisis Kation Fe^{3+}

Larutan sampel

- dipipet 2,0 mL
- ditambahkan 5 mL KSCN 2 M
- ditambahkan 3 mL HNO_3 4 M

Larutan berwarna merah tua

- diencerkan dengan akuades hingga 50 mL
- diukur absorbansinya pada $\lambda_{\text{maks}} = 480 \text{ nm}$

Data kadar Fe^{3+} dalam larutan sampel

L.1.5.4 Logam Mangan (Mn)

a. Penentuan λ maksimum

Larutan MnSO_4 dengan kadar
 Mn^{2+} 100 ppm

- dipipet 1,0 mL
- ditambahkan 10 mL HNO_3 pekat dan dipanaskan
- didinginkan pada temperatur ruang
- ditambahkan 1 gram ammonium persulfat $(\text{NH}_4)_2\text{S}_2\text{O}_8$ dan dipanaskan
- ditambahkan 10 mL akuades
- ditambahkan 10 mL H_3PO_4 pekat
- ditambahkan 0,5 gram NaIO_4 dan dipanaskan

Larutan
berwarna violet

- didinginkan pada temperatur ruang
- diencerkan dengan akuades hingga 50 mL
- diukur absorbansinya pada variasi panjang gelombang (400-600 nm)
- dibuat kurva hubungan λ Vs absorbansi

Data λ_{maks}

b. Penentuan kurva baku

Larutan MnSO_4 dengan kadar
 Mn^{2+} 100 ppm

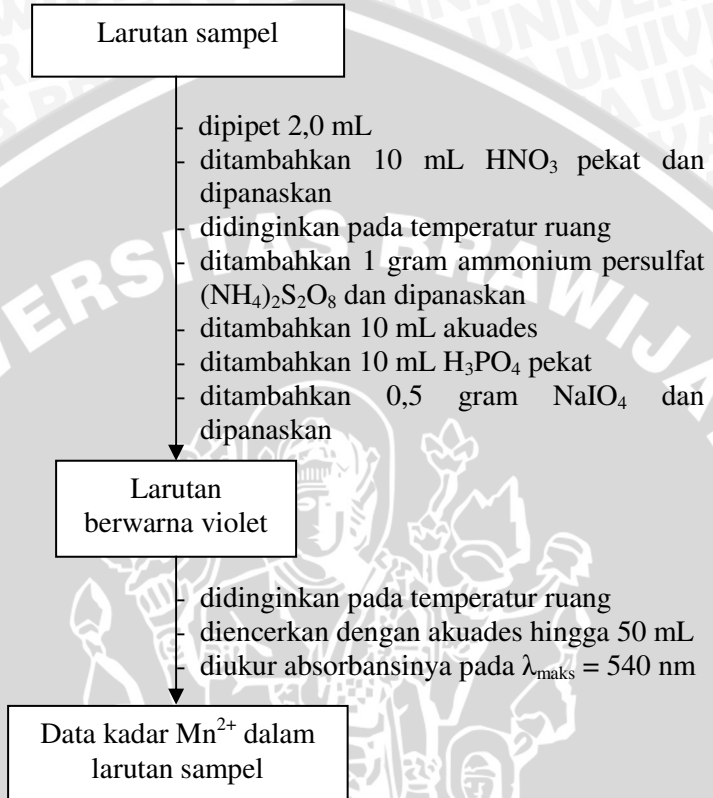
- dipipet masing-masing 0,0; 2,5; 3,5; 5,0; 6,5; 7,5; 8,5; dan 10,0 mL
- ditambahkan 10 mL HNO_3 pekat dan dipanaskan
- didinginkan pada temperatur ruang
- ditambahkan 1 gram ammonium persulfat $(\text{NH}_4)_2\text{S}_2\text{O}_8$ dan dipanaskan
- ditambahkan 10 mL akuades
- ditambahkan 10 mL H_3PO_4 pekat
- ditambahkan 0,5 gram NaIO_4 dan dipanaskan

Larutan
berwarna violet

- didinginkan pada temperatur ruang
- diencerkan dengan akuades hingga 50 mL
- diukur absorbansinya pada $\lambda_{\text{maks}} = 540 \text{ nm}$
- dibuat kuva baku hubungan konsentrasi Vs absorbansi

Persamaan Kurva Baku

c. Analisis Kation Mn^{2+}



LAMPIRAN 2

PEMBUATAN LARUTAN DAN PERHITUNGAN

L.2.1 Larutan Stok NiCl_2 dengan kadar Ni^{2+} 1000 ppm

Ditimbang secara teliti sebanyak 2,0244 gram padatan $\text{NiCl}_2 \cdot 6\text{H}_2\text{O}$ dan dilarutkan dalam 100 mL akuades pada gelas kimia 250 mL. Larutan NiCl_2 kemudian dipindahkan ke dalam labu ukur 500 mL dan ditambah dengan akuades hingga tanda batas.

Cara perhitungan :

Diketahui volume larutan stok $\text{Ni}^{2+} = 500 \text{ mL} = 0,5 \text{ L}$

Berat Ni^{2+} yang terdapat didalam larutan = $1000 \text{ ppm} \times 0,5 \text{ L}$
= 500 mg Ni^{2+}
= $0,5 \text{ gram Ni}^{2+}$

$$\begin{aligned}\text{Berat NiCl}_2 \cdot 6\text{H}_2\text{O} &= \frac{\text{Mr NiCl}_2 \cdot 6\text{H}_2\text{O}}{\text{Ar Ni}} \times \text{berat Ni}^{2+} \\ &= \frac{237,70 \text{ gram/mol}}{58,71 \text{ gram/mol}} \times 0,5 \text{ gram} \\ &= 2,0244 \text{ gram}\end{aligned}$$

L.2.2 Larutan Stok CoCl_2 dengan kadar Co^{2+} 1000 ppm

Ditimbang secara teliti sebanyak 2,0186 gram padatan $\text{CoCl}_2 \cdot 6\text{H}_2\text{O}$ dan dilarutkan dalam 100 mL akuades pada gelas kimia 250 mL. Larutan CoCl_2 kemudian dipindahkan ke dalam labu ukur 500 mL dan ditambah dengan akuades hingga tanda batas.

Cara perhitungan :

Diketahui volume larutan stok $\text{Co}^{2+} = 500 \text{ mL} = 0,5 \text{ L}$

Berat Co^{2+} yang terdapat didalam larutan = $1000 \text{ ppm} \times 0,5 \text{ L}$
= 500 mg Co^{2+}
= $0,5 \text{ gram Co}^{2+}$

$$\begin{aligned}\text{Berat CoCl}_2 \cdot 6\text{H}_2\text{O} &= \frac{\text{Mr CoCl}_2 \cdot 6\text{H}_2\text{O}}{\text{Ar Co}} \times \text{berat Co}^{2+} \\ &= \frac{237,93 \text{ gram/mol}}{58,933 \text{ gram/mol}} \times 0,5 \text{ gram} \\ &= 2,0186 \text{ gram}\end{aligned}$$

L.2.3 Larutan Stok $\text{NH}_4\text{Fe}(\text{SO}_4)_2$ dengan kadar Fe^{3+} 1000 ppm

Ditimbang secara teliti sebanyak 4,3171 gram padatan $\text{NH}_4\text{Fe}(\text{SO}_4)_2 \cdot 12\text{H}_2\text{O}$ dan dilarutkan dalam 100 mL akuades pada gelas kimia 250 mL serta ditambahkan 10 mL larutan HCl pekat. Larutan $\text{NH}_4\text{Fe}(\text{SO}_4)_2$ kemudian dipindahkan ke dalam labu ukur 500 mL dan ditambah dengan akuades hingga tanda batas.

Cara perhitungan :

Diketahui volume larutan stok $\text{Fe}^{3+} = 500 \text{ mL} = 0,5 \text{ L}$

$$\begin{aligned}\text{Berat } \text{Fe}^{3+} \text{ yang terdapat didalam larutan} &= 1000 \text{ ppm} \times 0,5 \text{ L} \\ &= 500 \text{ mg } \text{Fe}^{3+} \\ &= 0,5 \text{ gram } \text{Fe}^{3+}\end{aligned}$$

$$\begin{aligned}\text{Berat } \text{NH}_4\text{Fe}(\text{SO}_4)_2 \cdot 12\text{H}_2\text{O} &= \frac{\text{Mr } \text{NH}_4\text{Fe}(\text{SO}_4)_2 \cdot 12\text{H}_2\text{O}}{\text{Ar Fe}} \times \text{berat } \text{Fe}^{3+} \\ &= \frac{482,19 \text{ gram/mol}}{55,847 \text{ gram/mol}} \times 0,5 \text{ gram} \\ &= 4,3171 \text{ gram}\end{aligned}$$

L.2.4 Larutan Stok MnSO_4 dengan kadar Mn^{2+} 1000 ppm

Ditimbang secara teliti sebanyak 1,5383 gram padatan $\text{MnSO}_4 \cdot \text{H}_2\text{O}$ dan dilarutkan dalam 100 mL akuades pada gelas kimia 250 mL. Larutan MnSO_4 kemudian dipindahkan ke dalam labu ukur 500 mL dan ditambah dengan akuades hingga tanda batas.

Cara perhitungan :

Diketahui volume larutan stok $\text{Mn}^{2+} = 500 \text{ mL} = 0,5 \text{ L}$

$$\begin{aligned}\text{Berat } \text{Mn}^{2+} \text{ yang terdapat didalam larutan} &= 1000 \text{ ppm} \times 0,5 \text{ L} \\ &= 500 \text{ mg } \text{Mn}^{2+} \\ &= 0,5 \text{ gram } \text{Mn}^{2+}\end{aligned}$$

$$\begin{aligned}\text{Berat } \text{MnSO}_4 \cdot \text{H}_2\text{O} &= \frac{\text{Mr } \text{MnSO}_4 \cdot \text{H}_2\text{O}}{\text{Ar Mn}} \times \text{berat } \text{Mn}^{2+} \\ &= \frac{169,02 \text{ gram/mol}}{54,938 \text{ gram/mol}} \times 0,5 \text{ gram} \\ &= 1,5383 \text{ gram}\end{aligned}$$

L.2.5 Larutan HCl 0,5 M

Dipipet 20,7 mL larutan HCl pekat (37%, $\rho = 1,19 \text{ kg/L}$) dan dimasukkan ke dalam labu ukur 500 mL yang telah berisi akuades seperempat bagian dan diencerkan dengan akuades sampai tanda batas. Perlakuan dilakukan dalam lemari asam.

Cara perhitungan :

Untuk membuat 500 mL larutan HCl 0,5 M dari larutan HCl pekat (37%; $\rho = 1,19 \text{ kg/L}$), maka :

$$\begin{aligned}\text{mol HCl} &= \text{konsentrasi} \times \text{volume} \\ &= 0,5 \text{ M} \times 0,5 \text{ L} \\ &= 0,25 \text{ mol}\end{aligned}$$

$$\begin{aligned}\text{massa HCl} &= \text{mol HCl} \times \text{Mr HCl} \\ &= 0,25 \text{ mol} \times 36,5 \text{ gram/mol} \\ &= 9,1250 \text{ gram}\end{aligned}$$

$$\begin{aligned}\text{Volume HCl} &= \frac{\text{massa}}{\text{kadar} \times \text{massa jenis}} \\ &= \frac{9,1250 \text{ gram}}{0,37 \times 1,19 \text{ gram/mL}}\end{aligned}$$

$$\text{Volume HCl} = 20,7 \text{ mL}$$

L.2.6 Larutan Natrium Asetat 0,2 M

Ditimbang 4,1020 gram CH_3COONa dan dilarutkan dalam 100 mL akuades pada gelas kimia 250 mL. Kemudian larutan dipindahkan ke dalam labu ukur 250 mL dan diencerkan dengan akuades hingga tanda batas.

Cara perhitungan :

Untuk membuat 250 mL larutan CH_3COONa 0,2 M, maka :

$$\begin{aligned}\text{mol CH}_3\text{COONa} &= \text{konsentrasi} \times \text{volume} \\ &= 0,2 \text{ M} \times 0,25 \text{ L} \\ &= 0,05 \text{ mol}\end{aligned}$$

$$\begin{aligned}\text{massa CH}_3\text{COONa} &= \text{mol CH}_3\text{COONa} \times \text{Mr CH}_3\text{COONa} \\ &= 0,05 \text{ mol} \times 82,04 \text{ gram/mol} \\ &= 4,1020 \text{ gram}\end{aligned}$$

L.2.7 Larutan Asam Asetat 0,2 M

Dipipet 2,8 mL larutan asam asetat glasial (100%, $b_j = 1,05 \text{ kg/L}$) dan dimasukkan ke dalam labu ukur 250 mL yang telah berisi akuades seperempat bagian dan diencerkan dengan akuades sampai tanda batas. Perlakuan dilakukan dalam lemari asam.

Cara perhitungan :

Untuk membuat 250 mL larutan CH_3COOH 0,2 M dari larutan CH_3COOH pekat (100%; $b_j = 1,05 \text{ kg/L}$), maka :

$$\begin{aligned}\text{mol CH}_3\text{COOH} &= \text{konsentrasi} \times \text{volume} \\ &= 0,2 \text{ M} \times 0,25 \text{ L} \\ &= 0,05 \text{ mol}\end{aligned}$$

$$\begin{aligned}\text{massa CH}_3\text{COOH} &= \text{mol CH}_3\text{COOH} \times \text{Mr CH}_3\text{COOH} \\ &= 0,05 \text{ mol} \times 60,05 \text{ gram/mol} \\ &= 3,0025 \text{ gram}\end{aligned}$$

$$\begin{aligned}\text{Volume CH}_3\text{COOH} &= \frac{\text{massa}}{\text{kadar} \times \text{massa jenis}} \\ &= \frac{3,0025 \text{ gram}}{1 \times 1,05 \text{ gram / mL}}\end{aligned}$$

$$\text{Volume CH}_3\text{COOH} = 2,8 \text{ mL}$$

L.2.8 Larutan Asam Nitrat 4 M

Dipipet 27,5 mL larutan asam nitrat (65%, $b_j = 1,41 \text{ kg/L}$) dan dimasukkan ke dalam labu ukur 100 mL yang telah berisi akuades seperempat bagian dan diencerkan dengan akuades sampai tanda batas. Perlakuan dilakukan dalam lemari asam.

Cara perhitungan :

Untuk membuat 100 mL larutan HNO_3 4 M dari larutan HNO_3 pekat (65%; $b_j = 1,41 \text{ kg/L}$), maka :

$$\begin{aligned}\text{mol HNO}_3 &= \text{konsentrasi} \times \text{volume} \\ &= 4 \text{ M} \times 0,1 \text{ L} \\ &= 0,4 \text{ mol}\end{aligned}$$

$$\begin{aligned}\text{massa HNO}_3 &= \text{mol HNO}_3 \times \text{Mr HNO}_3 \\ &= 0,4 \text{ mol} \times 63 \text{ gram/mol} \\ &= 25,2 \text{ gram}\end{aligned}$$

$$\begin{aligned}\text{Volume HNO}_3 &= \frac{\text{massa}}{\text{kadar} \times \text{massa jenis}} \\ &= \frac{25,2 \text{ gram}}{0,65 \times 1,41 \text{ gram/mL}}\end{aligned}$$

$$\text{Volume HNO}_3 = 27,5 \text{ mL}$$

L.2.9 Larutan KSCN 2 M

Ditimbang 19,4320 gram KSCN dan dilarutkan dalam 50 mL akuades pada gelas kimia 100 mL. Larutan KSCN dipindahkan ke dalam labu takar 100 mL dan ditambah dengan akuades hingga tanda batas.

Untuk membuat 100 mL larutan KSCN 2 M, maka :

$$\begin{aligned}\text{mol KSCN} &= \text{konsentrasi} \times \text{volume} \\ &= 2 \text{ M} \times 0,1 \text{ L} \\ &= 0,2 \text{ mol}\end{aligned}$$

$$\begin{aligned}\text{massa KSCN} &= \text{mol KSCN} \times \text{Mr KSCN} \\ &= 0,2 \text{ mol} \times 97,16 \text{ gram/mol} \\ &= 19,4320 \text{ gram}\end{aligned}$$

L.2.10 Larutan Nitroso-R Salt 0,2%

Ditimbang 0,2000 gram Nitroso-R dan dilarutkan dalam 50 mL akuades pada gelas kimia 100 mL. Selanjutnya larutan tersebut dipindahkan ke dalam labu ukur 100 mL dan ditambah dengan akuades hingga tanda batas.

L.2.11 Larutan Ammonium Sitrat

Ditimbang 50,0000 gram asam sitrat monohidrat dan dilarutkan dalam 67,5 mL ammonium hidroksida pekat pada gelas kimia 250 mL. Selanjutnya larutan tersebut dipindahkan ke dalam labu ukur 100 mL dan ditambah dengan akuades hingga tanda batas.

L.2.12 Larutan Amoniakal Dimetilglioksim

Ditimbang 0,1000 gram dimetilglioksim dan dilarutkan dalam 50 mL ammonium hidroksida pekat pada gelas kimia 250 mL. Selanjutnya larutan tersebut dipindahkan ke dalam labu ukur 100 mL dan ditambah dengan akuades hingga tanda batas.

L.2.13 Larutan Iodium

Ditimbang 0,6350 gram Iod dan 7,5000 gram KI, kemudian dilarutkan dengan akuades pada gelas kimia 50 mL. Selanjutnya larutan tersebut dipindahkan ke dalam labu ukur 50 mL dan ditambah dengan akuades hingga tanda batas.



LAMPIRAN 3

STANDARISASI LARUTAN

L.3.1 Standarisasi Larutan NaOH

➤ *Cara kerja :*

Ditimbang 0,6314 g $\text{H}_2\text{C}_2\text{O}_4 \cdot 2\text{H}_2\text{O}$ dilarutkan dalam gelas kimia dengan akuades. Dipindahkan secara kuantitatif ke dalam labu ukur 100 mL dan diencerkan hingga tanda batas.

Dipipet 5 mL larutan $\text{H}_2\text{C}_2\text{O}_4$ menggunakan pipet volume, ditambahkan 10 mL akuades dan 1-2 tetes indikator pp, kemudian dititrasasi dengan larutan NaOH hingga terjadi perubahan warna.

➤ *Reaksi :*



$$[\text{H}_2\text{C}_2\text{O}_4] = n / V$$

$$= 0,0501 \text{ M}$$

$$\text{Mol H}_2\text{C}_2\text{O}_4 = M \times V$$

$$= 0,0501 \text{ M} \times 5 \text{ mL}$$

$$= 0,2505 \text{ mmol}$$

$$\text{Mol NaOH} = 2/1 \times 0,2505 \text{ mmol} = 0,501 \text{ mmol}$$

$$\text{Jadi, } [\text{NaOH}] = n / V$$

$$= 0,501 \text{ mmol} / 5,04 \text{ mL}$$

$$= 0,0994 \text{ M}$$

➤ *Data [NaOH]*

Tabel L.3.1 Penentuan konsentrasi NaOH

NO	V asam oksalat (mL)	[asam oksalat] (M)	V NaOH (mL)	[NaOH] (M)
1	5	0,0501	5,04	0,0994
2	5	0,0501	5,06	0,0990
[NaOH] Rata-rata (M)				0,0992

L.3.2 Standarisasi Larutan HCl

➤ *Cara kerja :*

Ditimbang 5,3016 g Na₂CO₃ anhidrat, dilarutkan dalam gelas kimia dengan akuades. Dipindahkan secara kuantitatif ke dalam labu ukur 100 mL dan diencerkan hingga tanda batas.

Dipipet 5 mL larutan Na₂CO₃ dengan pipet volume, ditambahkan 10 mL akuades dan 2-3 tetes indikator metil orange, kemudian dititrasi dengan HCl hingga terjadi perubahan warna.

➤ *Reaksi :*



$$[\text{Na}_2\text{CO}_3] = n / V$$

$$= 0,5002 \text{ M}$$

$$\text{Mol Na}_2\text{CO}_3 = M \times V$$

$$= 0,5002 \text{ M} \times 5 \text{ mL}$$

$$= 2,501 \text{ mmol}$$

$$\text{Mol HCl} = 2/1 \times 2,501 \text{ mmol} = 5,002 \text{ mmol}$$

$$\text{Jadi, } [\text{HCl}] = n / V$$

$$= 5,002 \text{ mmol} / 9,89 \text{ mL}$$

$$= 0,5058 \text{ M}$$

➤ *Data [HCl]*

Tabel L.3.2 Penentuan konsentrasi HCl 0,5 M

NO	V Na ₂ CO ₃ (mL)	[Na ₂ CO ₃] (M)	V HCl (mL)	[HCl] (M)
1	5	0,5002	9,89	0,5058
2	5	0,5002	9,92	0,5042
[HCl] Rata-rata (M)				0,5050

LAMPIRAN 4

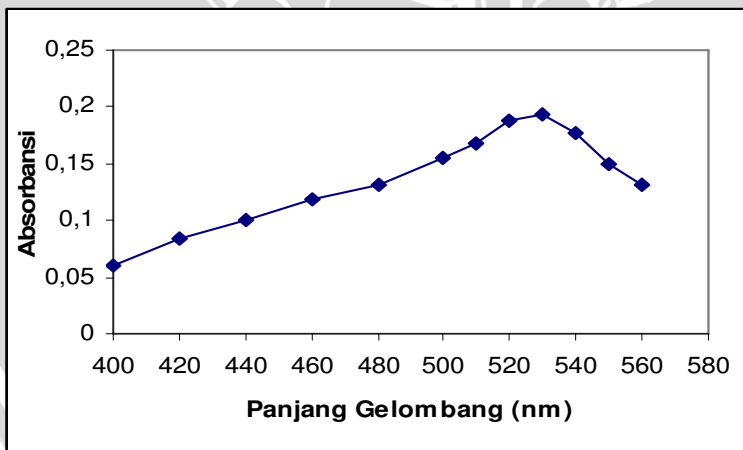
PENENTUAN λ MAKS DAN KURVA BAKU

A. Logam Nikel (Ni)

Tabel L.4.1 Data serapan Ni^{2+} pada berbagai panjang gelombang

λ (nm)	Absorbansi		Rata-rata
	1	2	
400	0,0655	0,0555	0,0605
420	0,0862	0,0809	0,0836
440	0,1024	0,0969	0,0997
460	0,1249	0,1135	0,1192
480	0,1367	0,1249	0,1308
500	0,1612	0,1487	0,1550
510	0,1739	0,1612	0,1676
520	0,1938	0,1805	0,1872
530*	0,2007	0,1871	0,1939
540	0,1805	0,1739	0,1772
550	0,1549	0,1427	0,1488
560	0,1367	0,1249	0,1308

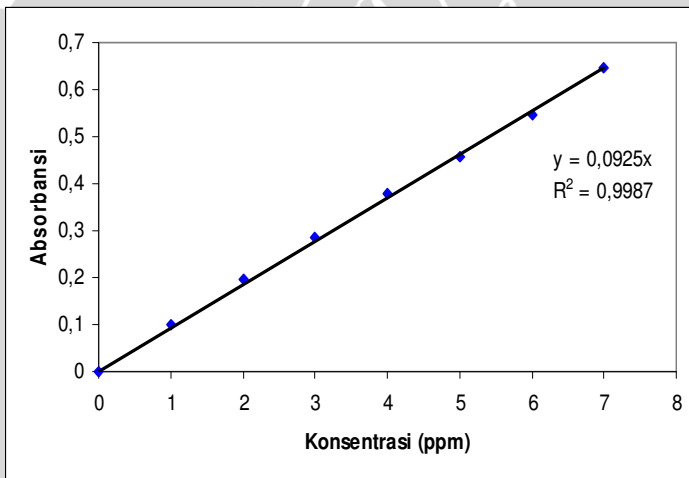
Keterangan * = panjang gelombang maksimum



Gambar L.4.1 Kurva serapan Ni^{2+} pada berbagai panjang gelombang

Tabel L.4.2Data serapan Ni^{2+} pada berbagai konsentrasi

Ni(II) (ppm)	Absorbansi		Rata- rata	SD
	1	2		
0	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000
1	0,0969	0,1024	0,0997	0,0039
2	0,1938	0,1972	0,1955	0,0024
3	0,2840	0,2882	0,2861	0,0030
4	0,3820	0,3768	0,3794	0,0037
5	0,4559	0,4559	0,4559	0,0000
6	0,5376	0,5528	0,5452	0,0107
7	0,6576	0,6383	0,6480	0,0136



Gambar L.4.2 Kurva baku Ni^{2+} pada $\lambda_{\text{maks}} = 530 \text{ nm}$

Perhitungan Koefisien Regresi Persamaan Garis Kurva Baku

Tabel L.4.3 Data perhitungan hubungan konsentrasi larutan Ni^{2+} dan absorbansi

$[\text{Ni}^{2+}]$ (X_i)	Absorbansi (Y_i)	X_i^2	Y_i^2	$X_i Y_i$
0	0,0000	0	0,0000	0,0000
1	0,0997	1	0,0099	0,0997
2	0,1955	4	0,0382	0,3910
3	0,2861	9	0,0819	0,8583
4	0,3794	16	0,1439	1,5176
5	0,4559	25	0,2078	2,2795
6	0,5452	36	0,2972	3,2712
7	0,6480	49	0,4199	4,5360
Σ	2,6098	140	1,1990	12,9533

Persamaan garis $y = 0,0925 x$

Untuk mencari nilai a digunakan persamaan (3.2) :

$$a = \frac{\sum X_i Y_i}{\sum X_i^2} = \frac{12,9533}{140} = 0,0925$$

Koefisien regresi dari persamaan garis $y = ax$ (3.3) :

$$R^2 = \frac{\sum xy}{\sqrt{\sum x^2 y^2}}$$

$$R^2 = \frac{12,9533}{\sqrt{140 \times 1,1990}}$$

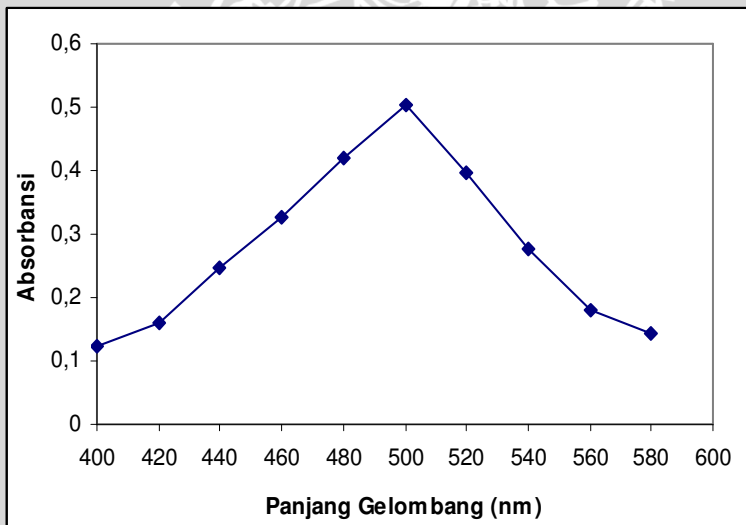
$$R^2 = 0,9987$$

B. Logam Kobalt (Co)

Tabel L.4.4 Data serapan Co^{2+} pada berbagai panjang gelombang

λ (nm)	Absorbansi		Rata-rata
	1	2	
400	0,1308	0,1192	0,1250
420	0,1675	0,1549	0,1612
440	0,2518	0,2441	0,2480
460	0,3372	0,3188	0,3280
480	0,4318	0,4089	0,4204
500 *	0,5086	0,4949	0,5018
520	0,4089	0,3872	0,3981
540	0,2840	0,2676	0,2758
560	0,1871	0,1739	0,1805
580	0,1487	0,1367	0,1427

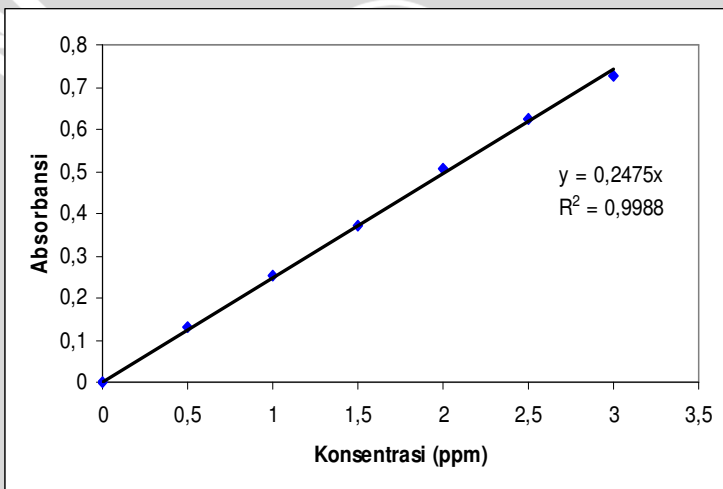
Keterangan * = panjang gelombang maksimum



Gambar L.4.3 Kurva serapan Co^{2+} pada berbagai panjang gelombang

Tabel L.4.5 Data serap Co^{2+} pada berbagai konsentrasi

Co(II) (ppm)	Absorbansi		Rata-rata	SD
	1	2		
0,0	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000
0,5	0,1308	0,1337	0,1323	0,0021
1,0	0,2518	0,2557	0,2538	0,0028
1,5	0,3665	0,3768	0,3717	0,0073
2,0	0,5017	0,5086	0,5052	0,0049
2,5	0,6108	0,6383	0,6246	0,0194
3,0	0,7212	0,7328	0,7270	0,0082



Gambar L.4.4 Kurva baku Co^{2+} pada $\lambda_{\text{maks}} = 500 \text{ nm}$

Perhitungan Koefisien Regresi Persamaan Garis Kurva Baku

Tabel L.4.6 Data perhitungan hubungan konsentrasi larutan Co^{2+} dan absorbansi

$[\text{Co}^{2+}]$ (X_i)	Absorbansi (Y_i)	X_i^2	Y_i^2	$X_i Y_i$
0,0	0,0000	0,00	0,0000	0,0000
0,5	0,1323	0,25	0,0175	0,0662
1,0	0,2538	1,00	0,0644	0,2538
1,5	0,3717	2,25	0,1382	0,5576
2,0	0,5052	4,00	0,2552	1,0104
2,5	0,6246	6,25	0,3901	1,5615
3,0	0,7270	9,00	0,5285	2,1810
Σ	2,6146	22,75	1,3940	5,6304

Persamaan garis $y = 0,2475 x$

Untuk mencari nilai a digunakan persamaan (3.2) :

$$a = \frac{\sum X_i Y_i}{\sum X_i^2} = \frac{5,6304}{22,75} = 0,2475$$

Koefisien regresi dari persamaan garis $y = ax$ (3.3) :

$$R^2 = \frac{\sum xy}{\sqrt{\sum x^2 y^2}}$$

$$R^2 = \frac{5,6304}{\sqrt{22,75 \times 1,3940}}$$

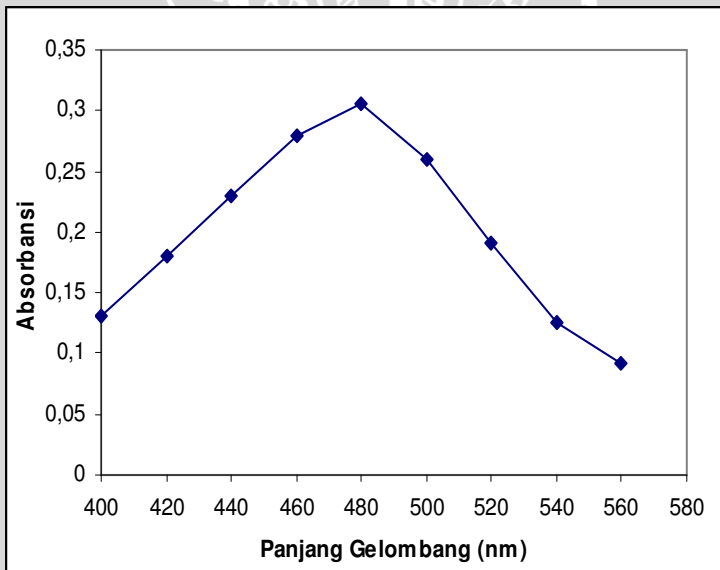
$$R^2 = 0,9988$$

C. Logam Besi (Fe)

Tabel L.4.7 Data serapan Fe^{3+} pada berbagai panjang gelombang

λ (nm)	Absorbansi		Rata-rata
	1	2	
400	0,1367	0,1249	0,1308
420	0,1871	0,1739	0,1805
440	0,2366	0,2218	0,2292
460	0,2840	0,2757	0,2799
480 *	0,3098	0,3010	0,3054
500	0,2676	0,2518	0,2597
520	0,1938	0,1871	0,1905
540	0,1308	0,1192	0,1250
560	0,0969	0,0862	0,0916

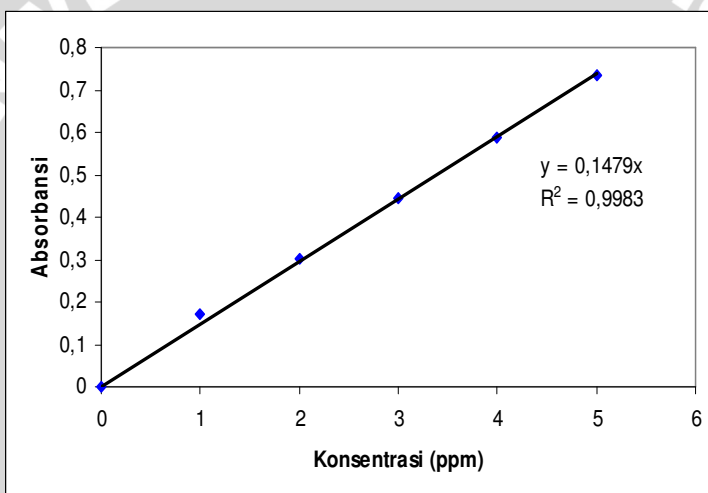
Keterangan * = panjang gelombang maksimum



Gambar L.4.5 Kurva serapan Fe^{3+} pada berbagai panjang gelombang

Tabel L.4.8 Data serapan Fe^{3+} pada berbagai konsentrasi

Fe(III) (ppm)	Absorbansi		Rata-rata	SD
	1	2		
0	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000
1	0,1739	0,1675	0,1707	0,0045
2	0,3054	0,3010	0,3032	0,0031
3	0,4437	0,4498	0,4468	0,0043
4	0,5768	0,6021	0,5895	0,0179
5	0,7212	0,7447	0,7330	0,0166



Gambar L.4.6 Kurva baku Fe^{3+} pada $\lambda_{\text{maks}} = 480\text{nm}$

Perhitungan Koefisien Regresi Persamaan Garis Kurva Baku

Tabel L.4.9 Data perhitungan hubungan konsentrasi larutan Fe^{3+} dan absorbansi

$[\text{Fe}^{3+}]$ (X_i)	Absorbansi (Y_i)	X_i^2	Y_i^2	$X_i Y_i$
0	0,0000	0	0,0000	0,0000
1	0,1707	1	0,0291	0,1707
2	0,3032	4	0,0919	0,6064
3	0,4468	9	0,1996	1,3404
4	0,5895	16	0,3475	2,3580
5	0,7330	25	0,5373	3,6650
Σ	2,2432	55	1,2055	8,1405

Persamaan garis $y = 0,1479 x$

Untuk mencari nilai a digunakan persamaan (3.2) :

$$a = \frac{\sum X_i Y_i}{\sum X_i^2} = \frac{8,1405}{55} = 0,1479$$

Koefisien regresi dari persamaan garis $y = ax$ (3.3) :

$$R^2 = \frac{\sum xy}{\sqrt{\sum x^2 y^2}}$$

$$R^2 = \frac{8,1405}{\sqrt{55 \times 1,2055}}$$

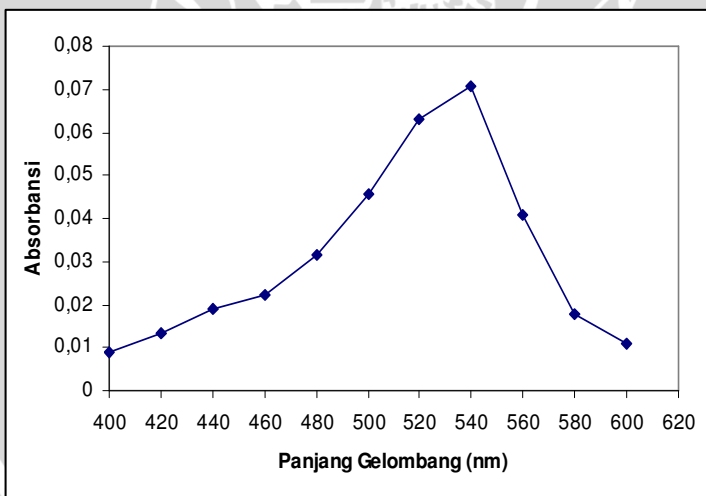
$$R^2 = 0,9983$$

D. Logam Mangan (Mn)

Tabel L.4.10 Data serapan Mn^{2+} pada berbagai panjang gelombang

λ (nm)	Absorbansi		Rata-rata
	1	2	
400	0,0088	0,0088	0,0088
420	0,0132	0,0132	0,0132
440	0,0223	0,0155	0,0189
460	0,0269	0,0177	0,0223
480	0,0362	0,0269	0,0316
500	0,0506	0,0410	0,0458
520	0,0655	0,0605	0,0630
540 *	0,0757	0,0655	0,0706
560	0,0458	0,0362	0,0410
580	0,0223	0,0132	0,0178
600	0,0132	0,0088	0,011

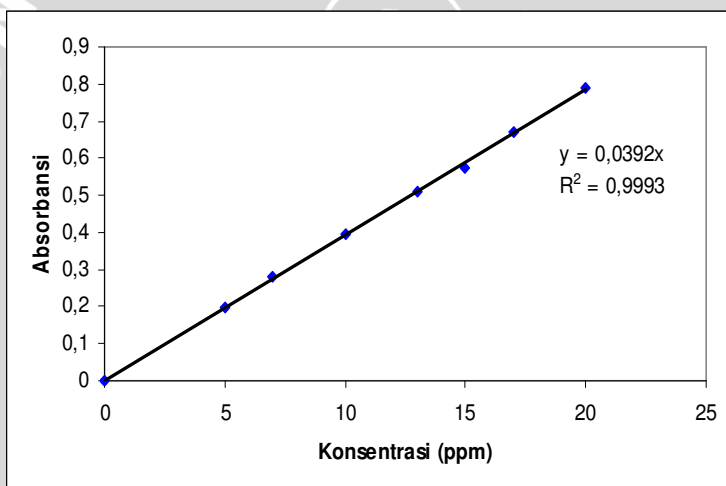
Keterangan * = panjang gelombang maksimum



Gambar L.4.7 Kurva serapan Mn^{2+} pada berbagai panjang gelombang

Tabel L.4.11 Data serapan Mn^{2+} pada berbagai konsentrasi

Mn(II) (ppm)	Absorbansi		Rata-rata	SD
	1	2		
0	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000
5	0,2007	0,1938	0,1973	0,0049
7	0,2757	0,2882	0,2820	0,0088
10	0,3925	0,3979	0,3952	0,0038
13	0,4949	0,5229	0,5089	0,0198
15	0,5607	0,5850	0,5729	0,0172
17	0,6383	0,6990	0,6687	0,0429
20	0,7959	0,7825	0,7892	0,0095



Gambar L.4.8 Kurva baku Mn^{2+} pada $\lambda_{\text{maks}} = 540 \text{ nm}$

Perhitungan Koefisien Regresi Persamaan Garis Kurva Baku

Tabel L.4.12 Data perhitungan hubungan konsentrasi larutan Mn^{2+} dan absorbansi

$[\text{Mn}^{2+}]$ (X_i)	Absorbansi (Y_i)	X_i^2	Y_i^2	$X_i Y_i$
0	0,0000	0	0,0000	0,0000
5	0,1973	25	0,0389	0,9865
7	0,2820	49	0,0795	1,9740
10	0,3952	100	0,1562	3,9520
13	0,5089	169	0,2590	6,6157
15	0,5729	225	0,3282	8,5935
17	0,6687	289	0,4472	11,3679
20	0,7892	400	0,6228	15,7840
Σ	3,4142	1257	1,9318	49,2736

Persamaan garis $y = 0,0392 x$

Untuk mencari nilai a digunakan persamaan (3.2) :

$$a = \frac{\sum X_i Y_i}{\sum X_i^2} = \frac{49,2736}{1257} = 0,0392$$

Koefisien regresi dari persamaan garis $y = ax$ (3.3) :

$$R^2 = \frac{\sum xy}{\sqrt{\sum x^2 y^2}}$$

$$R^2 = \frac{49,2736}{\sqrt{1257 \times 1,9318}}$$

$$R^2 = 0,9993$$

LAMPIRAN 5

PENENTUAN KAPASITAS TUKAR KATION ZEOLIT

Tabel L.5.1 Data konsentrasi masing-masing ion logam yang terserap pada 1 g zeolit tanpa aktivasi

Jenis logam	Absorbansi (A)			[logam] awal (ppm)	[logam] dalam filtrat (ppm)			[logam] terserap (ppm)			NTK (mek/100g)			[logam] terserap rata-rata	
	1	2	3		1	2	3	1	2	3	1	2	3	ppm	mek/100g
Fe ³⁺	0,3325	0,3344	0,3316	300	281,0176	282,6234	280,2569	18,9824	17,3766	19,7431	10,1970	9,3325	10,6025	18,7007	10,0440
Co ²⁺	0,5229	0,5302	0,5229	300	264,0909	267,7778	264,0909	35,9091	32,2222	35,9091	12,1828	10,9341	12,1828	34,6801	11,7666
Ni ²⁺	0,1871	0,1904	0,1884	300	252,8378	257,2973	254,5946	47,1622	42,7027	45,4054	16,0629	14,5455	15,4630	45,0901	15,3571
Mn ²⁺	0,0757	0,0747	0,0762	300	241,3903	238,2015	242,9847	58,6097	61,7985	57,0153	21,3345	22,4908	20,7521	59,1421	21,5258

Tabel L.5.2 Data konsentrasi masing-masing ion logam yang terserap pada 1 g zeolit hasil aktivasi dengan HCl 0,5 M

Jenis logam	Absorbansi (A)			[logam] awal (ppm)	[logam] dalam filtrat (ppm)			[logam] terserap (ppm)			NTK (mek/100g)			[logam] terserap rata-rata	
	1	2	3		1	2	3	1	2	3	1	2	3	ppm	mek/100g
Fe ³⁺	0,3010	0,2993	0,3002	300	254,3949	252,9581	253,7187	45,6051	47,0419	46,2813	24,4958	25,2675	24,8565	46,3094	24,8733
Co ²⁺	0,3872	0,3883	0,3925	300	195,5556	196,1111	198,2323	104,4444	103,8889	101,7677	35,4310	35,2496	34,5333	103,3670	35,0713
Ni ²⁺	0,1135	0,1135	0,1163	300	153,3784	153,3784	157,1622	146,6216	146,6216	142,8378	49,9427	49,9378	48,6393	145,3603	49,5066
Mn ²⁺	0,0343	0,0339	0,0334	300	109,3750	108,0995	106,5051	190,6250	191,9005	193,4949	69,3687	69,8398	70,4201	192,0068	69,8809

LAMPIRAN 6

PENGOLAHAN DATA KAPASITAS TUKAR KATION

A. Penentuan Kapasitas Tukar Kation Secara Spektrofotometri

Contoh perhitungan :

➤ Nilai kapasitas tukar kation Fe^{3+}

Diketahui : Slope (a) = 0,1479

Absorbansi (A) = 0,3325

$$fp = \frac{250 \text{ mL}}{50 \text{ mL}} \times \frac{50 \text{ mL}}{2 \text{ mL}}$$

$$\begin{aligned} [\text{Fe}^{3+}] \text{ dalam filtrat} &= \frac{A}{a} \times fp \\ &= \frac{0,3325}{0,1479} \times 125 \\ &= 281,0176 \text{ ppm} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} [\text{Fe}^{3+}] \text{ terserap} &= [\text{Fe}^{3+}] \text{ awal} - [\text{Fe}^{3+}] \text{ dalam filtrat} \\ &= 300 \text{ ppm} - 281,0176 \text{ ppm} \\ &= 18,9824 \text{ ppm} \end{aligned}$$

Dihitung dengan cara yang sama untuk $[\text{Fe}^{3+}]$ terserap pada pengulangan kedua dan ketiga. Dari $[\text{Fe}^{3+}]$ terserap, dalam ppm diubah menjadi mek/100 g.

$$\begin{aligned} &= \frac{100 \text{ mL}}{1000 \text{ mL}} \times [\text{Fe}^{3+}] \text{ terserap} \times 1 \text{ L} \\ &= \frac{100 \text{ mL}}{1000 \text{ mL}} \times 18,9824 \text{ mg/L} \times 1 \text{ L} \\ &= 1,89824 \text{ mg} \\ &= \frac{1,89824 \text{ mg}}{1/3 \times 55,847 \text{ mg/mek}} \times \frac{100 \text{ g}}{1,0000 \text{ g}} \\ &= 10,1970 \text{ mek/100 g} \end{aligned}$$

- Nilai kapasitas tukar kation Co^{2+}

Diketahui : Slope (a) = 0,2475

Absorbansi (A) = 0,5229

$$fp = \frac{250 \text{ mL}}{50 \text{ mL}} \times \frac{50 \text{ mL}}{2 \text{ mL}}$$

$$\begin{aligned} [\text{Co}^{2+}] \text{ dalam filtrat} &= \frac{A}{a} \times fp \\ &= \frac{0,5229}{0,2475} \times 125 \\ &= 264,0909 \text{ ppm} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} [\text{Co}^{2+}] \text{ terserap} &= [\text{Co}^{2+}] \text{ awal} - [\text{Co}^{2+}] \text{ dalam filtrat} \\ &= 300 \text{ ppm} - 264,0909 \text{ ppm} \\ &= 35,9091 \text{ ppm} \end{aligned}$$

Dihitung dengan cara yang sama untuk $[\text{Co}^{2+}]$ terserap pada pengulangan kedua dan ketiga. Dari $[\text{Co}^{2+}]$ terserap, dalam ppm diubah menjadi mek/100 g.

$$\begin{aligned} &= \frac{100 \text{ mL}}{1000 \text{ mL}} \times [\text{Co}^{2+}] \text{ terserap} \times 1 \text{ L} \\ &= \frac{100 \text{ mL}}{1000 \text{ mL}} \times 35,9091 \text{ mg/L} \times 1 \text{ L} \\ &= 3,59091 \text{ mg} \\ &= \frac{3,59091 \text{ mg}}{1/2} \times \frac{100 \text{ g}}{1,0003 \text{ g}} \\ &= 12,1828 \text{ mek/100 g} \end{aligned}$$

- Nilai kapasitas tukar kation Ni^{2+}

Diketahui : Slope (a) = 0,0925

Absorbansi (A) = 0,1871

$$fp = \frac{250 \text{ mL}}{50 \text{ mL}} \times \frac{50 \text{ mL}}{2 \text{ mL}}$$

$$\begin{aligned}
 [\text{Ni}^{2+}]_{\text{dalam filtrat}} &= \frac{A}{a} \times fp \\
 &= \frac{0,1871}{0,0925} \times 125 \\
 &= 252,8378 \text{ ppm}
 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
 [\text{Ni}^{2+}]_{\text{terserap}} &= [\text{Ni}^{2+}]_{\text{awal}} - [\text{Ni}^{2+}]_{\text{dalam filtrat}} \\
 &= 300 \text{ ppm} - 252,8378 \text{ ppm} \\
 &= 47,1622 \text{ ppm}
 \end{aligned}$$

Dihitung dengan cara yang sama untuk $[\text{Ni}^{2+}]$ terserap pada pengulangan kedua dan ketiga. Dari $[\text{Ni}^{2+}]$ terserap, dalam ppm diubah menjadi mek/100 g.

$$\begin{aligned}
 &= \frac{100\text{mL}}{1000\text{mL}} \times [\text{Ni}^{2+}]_{\text{terserap}} \times 1\text{L} \\
 &= \frac{100\text{mL}}{1000\text{mL}} \times 47,1622 \text{ mg/L} \times 1\text{L} \\
 &= 4,71622 \text{ mg} \\
 &= \frac{4,71622 \text{ mg}}{\frac{1}{2} \times 58,71 \text{ mg/mek}} \times \frac{100 \text{ g}}{1,0002 \text{ g}} \\
 &= 16,0629 \text{ mek/100 g}
 \end{aligned}$$

➤ Nilai kapasitas tukar kation Mn^{2+}
 Diketahui : Slope (a) = 0,0392
 Absorbansi (A) = 0,0757

$$fp = \frac{250 \text{ mL}}{50 \text{ mL}} \times \frac{50 \text{ mL}}{2 \text{ mL}}$$

$$\begin{aligned}
 [\text{Mn}^{2+}]_{\text{dalam filtrat}} &= \frac{A}{a} \times fp \\
 &= \frac{0,0757}{0,0392} \times 125 \\
 &= 241,3903 \text{ ppm}
 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
 [\text{Mn}^{2+}]_{\text{terserap}} &= [\text{Mn}^{2+}]_{\text{awal}} - [\text{Mn}^{2+}]_{\text{dalam filtrat}} \\
 &= 300 \text{ ppm} - 241,3903 \text{ ppm} \\
 &= 58,6097 \text{ ppm}
 \end{aligned}$$

Dihitung dengan cara yang sama untuk $[\text{Mn}^{2+}]$ terserap pada pengulangan kedua dan ketiga. Dari $[\text{Mn}^{2+}]$ terserap, dalam ppm diubah menjadi mek/100 g.

$$\begin{aligned}
 &= \frac{100\text{mL}}{1000\text{mL}} \times [\text{Mn}^{2+}]_{\text{terserap}} \times 1\text{L} \\
 &= \frac{100\text{mL}}{1000\text{mL}} \times 58,6097 \text{ mg/L} \times 1\text{L} \\
 &= 5,86097 \text{ mg} \\
 &= \frac{5,86097 \text{ mg}}{1,0001 \text{ g}} \times \frac{100 \text{ g}}{1} \\
 &= 586,100 \text{ mek/100 g} \\
 &= 21,3345 \text{ mek/100 g}
 \end{aligned}$$

B. Penentuan Kapasitas Tukar Kation Secara Volumetri

Tabel L.6.1 Volume NaOH untuk titrasi filtrat zeolit tanpa aktivasi setelah kontak dengan larutan masing-masing ion logam

V NaOH awal = 5 mL $\{V_1\}$

Jenis logam	V filtrat yang dititrasi (mL)	V NaOH akhir 0,0992 N (mL) $\{V_2\}$			V NaOH rata-rata
		1	2	3	
Fe^{3+}	100	5,13	5,13	5,12	5,13
Co^{2+}	100	5,39	5,40	5,41	5,40
Ni^{2+}	100	5,43	5,42	5,43	5,43
Mn^{2+}	100	5,62	5,63	5,63	5,63

Tabel L.6.2 Volume NaOH untuk titrasi filtrat zeolit hasil aktivasi dengan HCl 0,5 M setelah kontak dengan larutan masing-masing ion logam

V NaOH awal = 5 mL {V₁}

Jenis logam	V filtrat yang dititrasi (mL)	V NaOH akhir 0,0992 N (mL) {V ₂ }			V NaOH rata-rata
		1	2	3	
Fe ³⁺	100	5,20	5,20	5,20	5,20
Co ²⁺	100	5,86	5,85	5,86	5,86
Ni ²⁺	100	5,92	5,92	5,93	5,92
Mn ²⁺	100	6,38	6,37	6,37	6,38

Tabel L.6.3 Data kapasitas tukar kation zeolit tanpa aktivasi

Jenis logam	KTK (mek/100 g)			KTK rata-rata (mek/100 g)
	1	2	3	
Fe ³⁺	1,2896	1,2893	1,1900	1,2563 ± 0,0574
Co ²⁺	3,8676	3,9676	4,0660	3,9671 ± 0,0992
Ni ²⁺	4,2647	4,1660	4,2643	4,2317 ± 0,0569
Mn ²⁺	6,1498	6,2477	6,2484	6,2153 ± 0,0567

Tabel L.6.4 Data kapasitas tukar kation zeolit hasil aktivasi dengan HCl 0,5 M

Jenis logam	KTK (mek/100 g)			KTK rata-rata (mek/100 g)
	1	2	3	
Fe ³⁺	1,9838	1,9838	1,9836	1,9837 ± 0,0001
Co ²⁺	8,5278	8,4303	8,5303	8,4961 ± 0,0570
Ni ²⁺	9,1255	9,1246	9,2219	9,1573 ± 0,0559
Mn ²⁺	13,6841	13,5863	13,5863	13,6189 ± 0,0565

Perhitungan untuk kapasitas tukar kation digunakan persamaan :

$$KTK = (V \text{ NaOH}_{(2)} - V \text{ NaOH}_{(1)}) \times N_{\text{NaOH}} \times A \times B \quad (3.1)$$

dimana : $V \text{ NaOH}_{(1)}$ = Volume NaOH awal

$V \text{ NaOH}_{(2)}$ = Volume NaOH akhir

N = Normalitas

Volume larutan yang dikontakkan

$A = \frac{\text{Volume yang dititrasi}}{\text{Volume larutan yang dikontakkan}}$

$B = \frac{100 \text{ g zeolit}}{\text{Jumlah g zeolit yang dikontakkan}}$

KTK = Kapasitas Tukar Kation

Contoh perhitungan :

Diketahui : Volume NaOH awal	= 5 mL
Volume NaOH akhir	= 5,13 mL
Volume larutan yang dikontakkan	= 100 mL
Volume yang dititrasi	= 100 mL
Massa zeolit yang dikontakkan	= 1,0000 g
[NaOH]	= 0,0992 N

$$\begin{aligned} \text{KTK} &= (V_{\text{NaOH}(2)} - V_{\text{NaOH}(1)}) \times [\text{NaOH}] \times A \times B \\ &= (5,13 \text{ mL} - 5 \text{ mL}) \times 0,0992 \text{ N} \times \frac{100 \text{ mL}}{100 \text{ mL}} \times \frac{100 \text{ g}}{1,0000 \text{ g}} \\ &= 0,13 \text{ mL} \times 0,0992 \text{ N} \times 1 \times 100 \\ &= 1,2896 \text{ mek/100 g} \end{aligned}$$



LAMPIRAN 7

UJI STATISTIK PENENTUAN KTK

A. Uji Statistik Perbandingan Kapasitas Tukar Kation Zeolit Teraktivasi dan Zeolit Tanpa Aktivasi

Untuk mengetahui apakah terdapat perbedaan yang berarti antara kapasitas tukar kation zeolit tanpa aktivasi dengan zeolit teraktivasi terhadap masing-masing kation logam, maka dilakukan uji t-berpasangan sebagai berikut:

Tabel L.7.1 Data analisis kapasitas tukar kation logam Fe^{3+} oleh zeolit tanpa aktivasi dan zeolit teraktivasi

Jenis	KTK (mek/100g)			Rerata $\pm$ SD
	1	2	3	
Tanpa teraktivasi	1,2896	1,2893	1,1900	$1,2563 \pm 0,0574$
Aktivasi dengan HCl 0,5 M	1,9838	1,9838	1,9836	$1,9837 \pm 0,0001$

$$\begin{aligned} S_d &= SD_1 - SD_2 \\ &= 0,0574 - 0,0001 \\ &= 0,0573 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} |\bar{x}_d| &= |\bar{x}_1 - \bar{x}_2| \\ &= 1,2563 - 1,9837 \\ &= 0,7274 \end{aligned}$$

$$\text{Sehingga, } t = \frac{\bar{x}_d}{s_d} \frac{\sqrt{n}}$$

$$t = 0,7274 \frac{\sqrt{3}}{0,0573}$$

$$t = 21,9877$$

Nilai kritis $t_{\alpha/2}$ adalah 6,965 ($P=0,01$) dengan derajat kebebasan ($n-1$), sehingga dari perhitungan menunjukkan bahwa t hitung (21,9877) $> t$ tabel (6,965) maka hipotesis nol ditolak berarti ada perbedaan yang nyata antara kapasitas tukar kation zeolit tanpa aktivasi dengan zeolit hasil aktivasi dengan HCl 0,5 M.

Tabel L.7.2 Data analisis kapasitas tukar kation logam Co^{2+} oleh zeolit tanpa aktivasi dan zeolit teraktivasi

Jenis	KTK (mek/100g)			Rerata $\pm$ SD
	1	2	3	
Tanpa teraktivasi	3,8676	3,9676	4,0660	3,9671 $\pm$ 0,0992
Aktivasi dengan HCl 0,5 M	8,5278	8,4303	8,5303	8,4961 $\pm$ 0,0570

$$\begin{aligned}
 S_d &= SD_1 - SD_2 \\
 &= 0,0992 - 0,0570 \\
 &= 0,0422
 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
 |\bar{x}_d| &= |\bar{x}_1 - \bar{x}_2| \\
 &= 3,9671 - 8,4961 \\
 &= 4,5290
 \end{aligned}$$

$$\text{Sehingga, } t = \bar{x}_d \frac{\sqrt{n}}{s_d}$$

$$t = 4,5290 \frac{\sqrt{3}}{0,0422}$$

$$t = 185,8876$$

Nilai kritis $t_{\alpha/2}$ adalah 6,965 ($P=0,01$) dengan derajat kebebasan ($n-1$), sehingga dari perhitungan menunjukkan bahwa t hitung (185,8876) $> t$ tabel (6,965) maka hipotesis nol ditolak berarti ada perbedaan yang nyata antara kapasitas tukar kation zeolit tanpa aktivasi dengan zeolit hasil aktivasi dengan HCl 0,5 M.

Tabel L.7.3 Data analisis kapasitas tukar kation logam Ni^{2+} oleh zeolit tanpa aktivasi dan zeolit teraktivasi

Jenis	KTK (mek/100g)			Rerata $\pm$ SD
	1	2	3	
Tanpa teraktivasi	4,2647	4,1660	4,2643	4,2317 $\pm$ 0,0569
Aktivasi dengan HCl 0,5 M	9,1255	9,1246	9,2219	9,1573 $\pm$ 0,0559

$$\begin{aligned}
 S_d &= SD_1 - SD_2 \\
 &= 0,0569 - 0,0559 \\
 &= 0,0010
 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
 |\bar{x}_d| &= |\bar{x}_1 - \bar{x}_2| \\
 &= 4,2317 - 9,1573 \\
 &= 4,9256
 \end{aligned}$$

$$\text{Sehingga, } t = \bar{x}_d \frac{\sqrt{n}}{s_d}$$

$$t = 4,9256 \frac{\sqrt{3}}{0,0010}$$

$$t = 8531,3895$$

Nilai kritis t_{α} adalah 6,965 ($P=0,01$) dengan derajat kebebasan ($n-1$), sehingga dari perhitungan menunjukkan bahwa t hitung (8531,3895) $>$ t tabel (6,965) maka hipotesis nol ditolak berarti ada perbedaan yang nyata antara kapasitas tukar kation zeolit tanpa aktivasi dengan zeolit hasil aktivasi dengan HCl 0,5 M.

Tabel L.7.4 Data analisis kapasitas tukar kation logam Mn^{2+} oleh zeolit tanpa aktivasi dan zeolit teraktivasi

Jenis	KTK (mek/100g)			Rerata $\pm$ SD
	1	2	3	
Tanpa teraktivasi	6,1498	6,2477	6,2484	6,2153 $\pm$ 0,0567
Aktivasi dengan HCl 0,5 M	13,6841	13,5863	13,5863	13,6189 $\pm$ 0,0565

$$\begin{aligned}
 S_d &= SD_1 - SD_2 \\
 &= 0,0567 - 0,0565 \\
 &= 0,0002
 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
 |\bar{x}_d| &= |\bar{x}_1 - \bar{x}_2| \\
 &= 6,2153 - 13,6189 \\
 &= 7,4036
 \end{aligned}$$

$$\text{Sehingga, } t = \frac{\bar{x}_d}{s_d} \frac{\sqrt{n}}$$

$$t = 7,4036 \frac{\sqrt{3}}{0,0002}$$

$$t = 64117,0568$$

Nilai kritis t_{α} adalah 6,965 ($P=0,01$) dengan derajat kebebasan ($n-1$), sehingga dari perhitungan menunjukkan bahwa t hitung (64117,0568) $>$ t tabel (6,965) maka hipotesis nol ditolak berarti ada perbedaan yang nyata antara kapasitas tukar kation zeolit tanpa aktivasi dengan zeolit hasil aktivasi dengan HCl 0,5 M.

B. Uji Statistik Pengaruh Aktivasi Asam Zeolit Terhadap Kapasitas Tukar Kation Ni^{2+} , Co^{2+} , Mn^{2+} , dan Fe^{3+}

Tabel L.7.5 Data kapasitas tukar kation zeolit hasil aktivasi dengan HCl 0,5 M pada masing-masing kation logam

Jenis Kation	KTK (mek/100g)			Rerata $\pm$ SD
	1	2	3	
Fe^{3+}	1,9838	1,9838	1,9836	$1,9837 \pm 0,0001$
Co^{2+}	8,5278	8,4303	8,5303	$8,4961 \pm 0,0570$
Ni^{2+}	9,1255	9,1246	9,2219	$9,1573 \pm 0,0559$
Mn^{2+}	13,6841	13,5863	13,5863	$13,6189 \pm 0,0565$

Ada tidaknya pengaruh aktivasi asam zeolit terhadap kapasitas tukar kation Ni^{2+} , Co^{2+} , Mn^{2+} , dan Fe^{3+} maka dilakukan uji F dengan langkah- langkah sebagai berikut :

1. Menghitung Faktor Koreksi (FK)

$$\text{FK} = \frac{\left[\sum_{i=1}^p \sum_{j=1}^n (Y_{ij}) \right]^2}{\sum_{i=1}^p ni}$$

$$\text{FK} = \frac{(99,7683)^2}{12}$$

$$\text{FK} = 829,4761$$

2. Menghitung Jumlah Kuadrat (JK)

a) Jumlah Kuadrat_{Total}

$$\begin{aligned} JK_{\text{total}} &= \left[\sum_{i=1}^p \sum_{j=1}^n (Y_{ij})^2 \right] - FK \\ &= [(1,9838)^2 + (1,9838)^2 + \dots + (13,5863)^2] - 829,4761 \\ JK_{\text{total}} &= 206,8950 \end{aligned}$$

b) Jumlah Kuadrat_{perlakuan}

$$\begin{aligned} JK_{\text{perlakuan}} &= \frac{\sum_{i=1}^p \left(\sum_{j=1}^n Y_{ij} \right)^2}{n_i} - FK \\ &= \frac{[(5,9512)^2 + \dots + (40,8567)^2]}{3} - 829,4721 \\ JK_{\text{perlakuan}} &= 206,8759 \end{aligned}$$

c) Jumlah Kuadrat_{Galat percobaan}

$$\begin{aligned} JK_{\text{galat percobaan}} &= JK_{\text{total}} - JK_{\text{perlakuan}} \\ &= 206,8950 - 206,8759 \\ &= 0,0191 \end{aligned}$$

3. Analisa Sidik Ragam (Uji F)

a) Kuadrat Tengah_{perlakuan}

$$\begin{aligned} KT_{\text{perlakuan}} &= \frac{JK_{\text{perlakuan}}}{dB_{\text{perlakuan}}} \\ &= \frac{206,8759}{3} \\ &= 68,9586 \end{aligned}$$

b) Kuadrat Tengah_{Galat perlakuan}

$$KT_{\text{galat percobaan}} = \frac{JK_{\text{galat percobaan}}}{dB_{\text{galat percobaan}}}$$

$$KT_{\text{galat percobaan}} = \frac{0,0191}{8}$$

$$KT_{\text{galat percobaan}} = 0,0024$$

c) Menghitung Nilai F

$$F_{\text{hitung}} = \frac{KT_{\text{perlakuan}}}{KT_{\text{galat percobaan}}}$$

$$F_{\text{hitung}} = \frac{68,9586}{0,0024}$$

$$F_{\text{hitung}} = 28831,2100$$

Tabel L.7.6 Hasil analisis sidik ragam pengaruh aktivasi asam zeolit terhadap kapasitas tukar kation Ni^{2+} , Co^{2+} , Mn^{2+} , dan Fe^{3+}

Sumber keragaman	dB	JK	KT	F_{hitung}	F	
					hitung	tabel
Perlakuan	3	206,8759	68,9586	28831,2100	28831,2100	7,59
Galat	8	0,0191	0,0024			
Total	11	206,8950				

Untuk menghitung beda nyata terhadap perlakuan, maka dibuat hipotesis nol (H_0) dan hipotesis alternatif (H_1) sebagai berikut:
 H_0 = tidak ada pengaruh perlakuan

H_1 = minimal 1 pasang pengaruh perlakuan menunjukkan perbedaan
 Jika $F_{\text{hitung}} > F_{\text{tabel}}$ maka H_0 ditolak, berarti ada perbedaan nyata perlakuan dan dilakukan uji Beda Nyata Terkecil (BNT).

Menentukan BNT :

$$\text{BNT (a)} = t_{\text{tabel}} (a/2; \text{dBg}) \vee 2KTg/n$$

1. Menghitung beda rata-rata antar perlakuan

2. Menarik kesimpulan

a. Jika $\text{BNT (a)} < (X_A - X_B)$ berarti ada beda nyata

b. Jika $\text{BNT (a)} > (X_A - X_B)$ berarti tidak ada beda nyata

Berdasarkan Tabel L.7.6 menunjukkan bahwa F hitung > F tabel maka H_0 ditolak, berarti ada perbedaan yang nyata antar perlakuan. Untuk mengetahui perlakuan yang berbeda dilakukan uji BNT dengan taraf kesalahan 1%

$$BNT_{(\alpha)} = t_{\left(\frac{\alpha}{2}; dB\right)} \sqrt{\frac{2KT_{GP}}{r}}$$

$$BNT_{(0,05)} = t_{(0,005;8)} \sqrt{\frac{2 \times 0,0024}{3}} = 3,355 \times 0,04 = 0,1342$$

Tabel L.7.7 Hasil uji BNT pengaruh aktivasi asam zeolit terhadap kapasitas tukar kation Ni^{2+} , Co^{2+} , Mn^{2+} , dan Fe^{3+}

Jenis Kation	NTK (mek/100g)	1	2	3	4
		1,9837	8,4961	9,1573	13,6189
Fe^{3+}	1,9837	0,0000	6,5124*	7,1736*	11,6352*
Co^{2+}	8,4961		0,0000	0,6612*	5,1228*
Ni^{2+}	9,1573			0,0000	4,4616*
Mn^{2+}	13,6189				0,0000

Keterangan : * = beda nyata pada taraf 1 %

LAMPIRAN 8

DATA pH

Tabel L.8.1 Data perubahan pH filtrat zeolit tanpa aktivasi dan zeolit hasil aktivasi dengan HCl 0,5 M setelah kontak dengan masing-masing larutan

Jenis Kation	pH awal	Zeolit tanpa aktivasi		Zeolit aktivasi dengan HCl 0,5 M	
		pH akhir	Δ pH	pH akhir	Δ pH
Fe ³⁺	2,34	2,32	0,02	2,30	0,04
Co ²⁺	6,46	6,41	0,05	6,36	0,10
Ni ²⁺	6,37	6,29	0,08	6,20	0,17
Mn ²⁺	6,55	6,37	0,18	6,16	0,39

LAMPIRAN 9

DAFTAR SINGKATAN

Simbol/Singkatan

Keterangan

Å	Angstrom (1×10^{-10} m)
BNT	Beda Nyata Terkecil
BET	Brunauer-Emmet-Teller
bj	berat jenis
$^{\circ}\text{C}$	derajat celcius
cm^3	sentimeter kubik
DMG	dimetilglioksim
g	gram
kg	kilogram (10^3 gram)
KTK	Kapasitas Tukar Kation
L	liter
M^{n+}	kation logam
M	molaritas
m^2	meter persegi
mg	miligram (10^{-3} gram)
mL	mililiter (10^{-3} liter)
mek	miliekivalen
N	normalitas
nm	nanometer (10^{-9} m)
ppm	part per million
rpm	rotation per minutes
SD	standar deviasi